

### 1. 基本事項

技術番号	BR010001-V0424			
技術名	斜張橋斜材点検装置 コロコロチェッカー			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	西松建設株式会社 佐賀大学			
連絡先等	TEL: 03-3502-0218	E-mail:	yuki_tezuka@nishimatsu.co.jp yuusuke_takahara@nishimatsu.co.jp   西松建設 手塚裕紀、高原裕介	
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県愛甲郡愛川町	
技術概要	コロコロチェッカーは、斜張橋の斜材保護管表面全周をカメラで撮影するワイヤレスの自走式ロボットである。撮影画像を用いて斜材表面の全周の損傷等の形状・寸法・位置を記録し保存する。損傷検出ソフトによる画像解析によって変状を自動で抽出し、損傷の位置・形状等を展開図などの帳票として出力保存でき、損傷は原画像を拡大することによって詳細を確認することができる。搬入・設置スペースを確保できれば、通常は交通規制を必要としない。また、人による作業は橋面上だけであり、高所作業を必要としない。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(斜張橋)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(斜材表面の亀裂、変形・欠損)	
		共通		
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は、斜材を抱き込む形で装着し、斜材を駆動車輪と従動車輪とで挟み込み、電動モーターにより斜材上を昇降することができる。斜材上を移動しながら機器に内蔵した4台のカメラにより、保護管の全周を連続的に動画撮影する。撮影した画像は機器に内蔵されるSDカードに記録・保存され、計測終了後に取り出して専用ソフトによる処理を行う。機器の操作は、操作用ノートPCにより行う。操作用ノートPCは無線LANにより計測機器と接続する。操作用ノートPCにより機器の操作とリアルタイムのカメラ映像の確認ができる。</p>		
移動装置	機体名称	コロコロチェッカー		
	移動原理	(型式)【接触型】【懸架型】 本体下側部分を開けて本体内部の駆動車輪と従動車輪により斜材保護管を囲むようにセットして本体下部を閉じる。駆動車輪を電動モーターで駆動させることにより、斜材上を昇降する。		
	運動制御機構	通信	・無線LAN:IEEE802.11n 2.4GHz対応	
		測位	・従動輪に設置された距離計(エンコーダー)により斜材上の位置を測定	
		自律機能	・自律機能なし	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置)</li> <li>・最大外形寸法(L500mm×W500mm×H500mm 部分的な凸部を除く)</li> <li>・最大重量(約30kg)</li> </ul>		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリーなどの仮設電源が必要</li> <li>・動力源:電気式・電源供給容量:リチウムイオンバッテリー、容量 348Wh(87Wh×4個)・電源定格出力:電圧14.4V、最大電流10A・モータ定格出力:120W(30W×4個)</li> </ul>		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・2時間以上(0~40℃ 使用条件などで短くなる可能性がある)		
計測装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フルハイビジョンビデオカメラ 4台</li> <li>・約207万画素(横1,920画素×縦1,080画素)</li> </ul>	
		パン・チルト機構	-	
		角度記録・制御機構 機能	-	
		測位機構	・走行機構と共用	
	耐久性	・防水、防塵性なし		
	動力	・移動装置、計測装置共有のバッテリーより供給(Vマウント型バッテリーパック)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・2時間以上(0~40℃ 使用条件などで短くなる可能性がある)			
データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録メディア(SDカード)に保存</li> <li>・操作用ノートPCに送られたリアルタイムのモニタリング画像はモニタリングのみでPCには保存されない</li> </ul>		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	・移動装置、計測装置共有のバッテリーより供給(Vマウント型バッテリーパック)		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【接触型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(500、370、500)(mm)	・斜材ケーブル間距離:600mm以上 ・ケーブル間隔が上記以下のツインケーブルでは適用不可 ・機器外寸が500mm×500mm×500mmであり、ケーブル中心から最遠部までの距離は360mm、隣接するケーブルの直径の最大値Φ230mmの場合、 $360+230/2 \approx 500 < 600$ ・性能値は進入可能な最小空間寸法を示すため、上記ケーブル間隔と機器外寸から算出した値である。
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル)(2021) 実施年 2024年 ケーブル間隔 4m	・ケーブル間隔4m(上下) ・ケーブル径:φ170、180mm ・角度:24°
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【接触型】 ・最大距離:510m	・操作用ノートPCと本機とのWi-Fi通信が可能な見通し距離300m(周囲の環境や電波状況により変化) ・見通しのよい平地にて510mの距離で操作用ノートPCと本機間のWi-Fi通信が可能なことを確認した。
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル)(2021) 実施年 2024年 ・調査延長:79m	・ケーブル径:φ180mm ・角度:24°
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	【接触型】 ・移動速度:0.087m/s	・撮影(移動)速度:5±0.5m/min(0.075~0.092m/s) 斜材角度により移動速度は変動するため、平均移動速度を性能値とした。 ・斜材角度:65°以下 ・その他の条件は、6. 留意事項(その1)、(その2)の点検時条件の通り	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2024年 ①移動速度:0.092m/s ②移動速度:0.087m/s	ケーブル径 φ180mm ・角度:24° ・表面:ポリエチレン ・表面凹凸:無処理 ・風速:0~0.6m/s ①往路(主桁→主塔) ②復路(主塔→主桁)	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 斜材の変状 (2024) 実施年 2024年 ・検出率:100% ・的中率:88%	・ケーブル径:φ、180mm ・風速:0~0.6m/s ・照度:9.2kLux  ・検出率=正解箇所数/損傷箇所数(真値)=100%(30箇所/30箇所)  ・的中率=正解箇所数/箇所数(誤検出含む)=88%(30箇所/34箇所)	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2024年 フルカラー識別可能	・被写体距離:75.5m ・照度:9.2kLux ・風速:0~0.6m/s		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>・取得した映像について損傷検出ソフトにより下記の処理を行う</p> <p>①映像を再生し、フレーム毎に自動判定で損傷箇所を抽出する。(自動)</p> <p>②損傷箇所の情報を保存し、映像を静止画で出力する。(自動)</p> <p>③出力した映像を目視確認し、汚れなど明らかに損傷ではないと判断できるものは除外する。(手動)</p> <p>(損傷の検出は、画像の濃淡変化から自動判定しているため、キズやひびわれなどの損傷以外に、汚れも損傷として 検出される場合がある。)</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「傷検知アプリケーションPhase3.0」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・斜材保護管表面のキズ、亀裂、ひびわれ、変形・欠損	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・該当なし(ひびわれを損傷として検出するが、ひびわれ以外の損傷との区別はできない)
		ひび割れ幅および長さの計測方法	-
		ひび割れ以外	<p>・映像の濃淡変化について、ソフトが自動で輝度のしきい値を決定し、しきい値を超えた部位を損傷と自動判定して抽出する。</p> <p>・カメラ画角内の明るさの差を自動で補正して損傷を判定して抽出することで、ケーブル全面の損傷の検出精度を確保している。</p> <p>・撮影条件・仕様等</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ:フルハイビジョンビデオカメラ</li> <li>2) 撮影設定:シャッター速度固定</li> <li>3) 撮影速度:5±0.5m/min(0.075~0.092m/s)</li> <li>4) LED照明:機器周囲を黒いカバーで覆い遮光することで、日照等の影響を排除</li> <li>5) ラップ率:映像による連続撮影</li> <li>6) 画質:動画、静止画ともに約207万画素(横1,920画素×縦1,080画素)</li> <li>7) 画質フォーマット:動画:mkv、抽出した静止画:JPG</li> </ol> <p>・損傷範囲の大きさは、損傷を検知した箇所が含まれる斜材方向および斜材と直角方向の範囲の大きさをソフトにより自動算出する。</p> <p>・画素数から損傷範囲の大きさを演算している。斜材表面とカメラの距離が固定されており、損傷範囲の大きさは、斜材表面のカメラに最も近い場所で画素数当りの長さを基準に算出される。このため、カメラから遠い部分については、長さの誤差が発生する。この誤差は 斜材径が小さいほど大きくなる。</p>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<p>・損傷に対する検出精度の検証は行っていない。</p> <p>・損傷の検出は、画像の濃淡変化から自動判定しているため、キズやひびわれなどの損傷以外に、汚れも損傷として検出される場合がある。出力した映像を目視確認し、汚れなど明らかに損傷ではないと判断できるものは除外する。</p>
		変状の描画方法	・映像の濃淡変化について、ソフトが自動で輝度のしきい値を決定し、しきい値を超えた部位を損傷と自動判定して抽出し、静止画像上に範囲を線で表示する。
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	動画:mkv、抽出した静止画:JPG
		ファイル容量	4GByte
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		傷の長さ1mmを検出するためには、(0.2)mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		・損傷と汚れの選別は技術者の判断で行う。	
出力ファイル形式	帳票:html、帳票一覧表:html、報告書xlsx、映像:mkv、画像:jpg		
調書作成支援の手順	<p>斜材保護管に関する各管理者の点検調書は、管理者により求められる書式が異なる。本技術の損傷検出ソフトから出力した帳票類(帳票:htmlファイル、報告書:EXCELファイル、映像:mkvファイル、画像:jpgファイル)でよい場合は、そのまま提出する。CADによる展開図が必要な場合は、帳票のhtmlファイルの展開図をCADに書き写す。損傷の一覧表については、帳票 一覧表のhtmlファイルの内容をコピーしてEXCEL等の表に貼り付けて活用することが可能である。</p> <p>本技術の専用ソフトによる帳票作成の手順は下記の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①本計測機器により画像データを取得する。</li> <li>②ソフトをインストールしたPCを立ち上げ、所定のフォルダに撮影した動画の全データをコピーする。</li> <li>③ソフトを起動し、路線名、橋梁名、橋梁の諸元等の必要情報を入力する。</li> <li>④出力先のフォルダを選択する。</li> <li>⑤ソフトの開始ボタンをクリックして処理を開始すると出力先のフォルダに調査結果調書の展開図および損傷一覧表が自動作成される。また、損傷箇所の画像ファイルについてフォルダが自動作成され、各画像が自動保存される。</li> <li>⑥自動抽出された調査結果調書の損傷一覧表の画像を確認し、報告書に載せる損傷を選択し、報告書作成ボタンをクリックすると報告書(ケーブルNo.、距離、損傷の大きさ、撮影日等の項目と該当箇所の画像が掲載された表)が自動作成される。</li> <li>⑦調査結果報告書、調査結果調書(展開図、損傷一覧表)、損傷箇所連続画像、動画ファイルを電子データで取りまとめて提出する。調査結果報告書、調査結果調書、損傷箇所連続画像は印刷物として提出する。</li> </ol>		
調書作成支援の適用条件	<p>・本計測機器により取得された画像であれば、本技術の専用ソフトによる帳票作成が可能</p> <p>・斜材保護管に関する発注者の点検調書は、管理者により求められる書式が異なる。点検調書が本技術のソフトから出力した帳票類でよい場合は、そのまま提出する。</p> <p>・CADによる展開図が必要な場合は、帳票のhtmlファイルの展開図をCADに書き写すことで活用可能。損傷の一覧表の書式が指定されている場合、帳票一覧表のhtmlファイルの内容が活用可能。</p>		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・損傷検出ソフト「傷検知アプリケーションPhase3.0」(自社開発ソフト)		

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	・照明灯などの障害物がある場合は高所作業車と併用	-
	安全面への配慮	・交通規制の必要がない条件であれば、計測中の交通には支障しない	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	下記の場合には交通規制が必要となる。 ・道路外に搬出入スペースがない場合 ・装置の設置・撤去のスペース(幅1.5m×長さ1.5m)がない場合 ・斜材への装置取付の際、高所作業車が必要な場合  歩道通行止めまたは車道部1車線規制などは斜材位置と搬出入スペースにより異なる。	-
	その他	下記の場合は作業中止 ・降雨、降雪がある場合 ・風速10m/s以上の場合 ・直射日光等の影響により装置内温度が40℃を超える場合	-

6. 留意事項(その2)

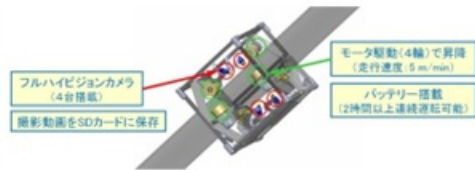
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・専門技術者が実施する	-
必要構成人員数	技師1名、技術員2名、見張り1名 合計4名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格不要	-
作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操作用PCの配置範囲として4㎡ 搬出入車両1台分駐車スペース 高所作業車が必要な場合は高所作業車駐車スペース 操作場所:計測機器より300m以内	-
点検費用	【橋梁条件】 橋種 [斜張橋] 部位・部材 [斜材保護管] 活用範囲 [斜材総延長 5,000]m 検出項目 [保護管表面の傷、亀裂、ひびわれ、欠損] <費用> 合計 5,000,000円 (諸経費除く)	高所作業車が不要の場合
作業条件・運用条件 保険の有無、保障範囲、費用	第三者への損害および橋梁等への損害に対する賠償保険を調査業務の都度加入する。	-
自動制御の有無	自律制御なし	-
利用形態:リース等の入手性	調査業務を西松建設か提携コンサルが実施する。	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時には調査業務を担当する西松建設あるいは 提携コンサルが対応する。	-
センシングデバイスの点検	調査開始前の動作確認	-
その他	下記の場合は適用不可・斜材径φ90~230mm以外。 ・斜材長が300mを超える場合 ・直径5mm以上の段差がある場合 ・斜材角度が65°を超える場合 ・斜材上や近接する場所に回避できない障害物がある場合 ・斜材断面が矩形 ・保護管の被覆がない斜材 ・間隔の狭いツインケーブルの斜材	-

## 7. 図面

測定状況の例



ロボットロチェッカーの特徴



斜材点検の手順

準備

取付け

調査・点検





1. 基本事項

技術番号		BR010002-V0424			
技術名		超望遠レンズによる高層構造物の外観検査技術			
技術バージョン		R2	作成:	2024年3月	
開発者		株式会社アルファ・プロダクト			
連絡先等		TEL: 03-6457-2666 082-545-6653	E-mail:	t.hara@alpha-product.co.jp arii-k@chodai.co.jp	技術部 原 徹
現有台数・基地		3	基地	東京都江東区青海2-4-10 東京都立産業技術研究センター 製品開発支援ラボ313	
技術概要		<p>1、特長</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・足場不要で外観検査ができる技術</li> <li>・90m離れた地点から撮影した画像で、1ピクセル当たり0.3mmの精度を持つ</li> <li>・撮影距離40mで1ピクセルあたり0.2mm、撮影距離100mで1ピクセルあたり0.5mm</li> <li>・撮影範囲を厳守することで精度は原理的に維持される</li> <li>・撮影した画像をPCのモニターで拡大表示し、細部を詳細に見ることで鋼構造物の塗装の剥離、腐食、欠損等を把握することができる</li> </ul> <p>2、機器構成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1眼レフカメラ1台、三脚、望遠レンズ、レリーズ(リモートコントロールシャッター)、簡易測量機能付レーザー距離計、レーザー墨出器</li> <li>・夜間は照明使用</li> <li>・箱桁内部では充電式特殊ストロボ使用</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋			
	対象部位	上部構造(斜張橋) 下部構造(橋脚,橋台)			
	損傷の種類	鋼	①腐食 ⑤防食機能の劣化		
		コンクリート	⑥ひびわれ		
		その他			
共通	③変形・欠損				
検出原理	画像(静止画)				

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル1眼レフカメラ</li> <li>・大型三脚</li> <li>・望遠ズームレンズ</li> <li>・レリーズ(リモートコントロールシャッター)</li> <li>・接眼レンズアダプター</li> <li>・簡易測量機能付きレーザー距離計</li> <li>・レーザー墨出器</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	人力。撮影ポイント毎に人間が装置一式をかついで移動する。	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レーザー距離計で撮影対象との距離を測定し、事前の設定精度に適合する撮影距離の位置を決定する。</li> <li>・三脚をセットし、カメラとレンズ、レンズフード、レリーズ、接眼レンズアダプターを取り付ける。</li> <li>・撮影対象の照度に合わせた露出を設定し、撮影する。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル1眼レフカメラ:幅146×高さ124×奥行78.5mm、約1.0kg</li> <li>・レンズ:AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VRの場合、径約108×長さ268mm、約2.3kg</li> <li>・三脚(Husky3段、折り畳み時:長さ77×幅15×高さ12cm、3.7kg)</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Nikon D850(最高精度の場合)</li> <li>4575万画素、シャッター速度:1/8000-30秒、ISO 64-25600、AF</li> <li>・使用頻度の高いレンズ/AF-S Nikkor 200-500mm f/5.6E ED VR</li> <li>・焦点距離:200-500mm、f値:5.6、画角:12度20分-5度</li> <li>・レンズは現場条件により適宜選択する。</li> </ul>
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	簡易測量機能付きレーザー距離計(LEICA DISTO D810)
		測位機構	-
	耐久性	防塵、防滴構造(メーカー表示に記載はない)	
	動力	カメラ内蔵バッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約1840コマ(CIPA/カメラ映像機器工業会規格):0℃~40℃、湿度85%以下(結露しない事)		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラ本体のスロットにSDカードをセットする。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ本体にセットしたSDカードもしくはXQDカードに記録。</li> <li>・8256×5504pix. JPG, FINEモードの場合、1画像サイズは約22MB。</li> <li>・64GBSDカード1枚で約1900枚記録可能。</li> <li>・SDカードはUHSスピードクラス3以上を推奨。</li> </ul>	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
4-1 計測速度(撮影速度)		性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	雨天、降雪、強風時は撮影不可。	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2023年 ①0.022m <sup>2</sup> /sec ②0.031m <sup>2</sup> /sec	① ・撮影面積:16.5 m <sup>2</sup> ・被写体距離:15 m ・撮影時間:755 秒 ・風速:0~2.5 m/s ② ・撮影面積:16.5 m <sup>2</sup> ・被写体距離:30 m ・撮影時間:529秒 ・風速:0~1.8 m/s	
	4-2 計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2023年 最小ひびわれ幅:- ① ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.51mm ② ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:-mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.48mm	① ・被写体距離:15 m ・照度:2.82~9.93 kLux ・風速:0~2.5 m/s ② ・被写体距離:30 m ・照度:2.94~9.93 kLux ・風速:0~1.8 m/s
計測装置	長さ計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	
			標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:96% 実施年 2023年 ・相対誤差:100%	実施年 2020年 ・真値:3.029m ・測定値:3m ・カメラ:Nikon D850(4575万画素) ・レンズ:AI AF Zoom-Nikkor 80-400mm f/4.5-5.6 G ED VR ・リモートコードMC36A ・撮影距離:10.5m ・仰角:22~30度 実施年 2023年 ・真値:1.114m ・測定値:1.114m ・カメラ:SONY α 7R IV ・撮影距離:30m
	4-3 オルソ画像精度		性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
				2-1-12	実施年 2020 ・真値(x,y)=(-2.893,0.897) (m) ・測定値(x,y)=(-2.945,0.902) (m) ・カメラ:Nikon D850(4575万画素)
	位				

4-4 色識別性能	置精度	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2020 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.052, 0.005) (m)  実施年 2023 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(-0.001, 0.000) (m)	・レンズ:AI AF Zoom-Nikkor 80-400mm f/4.5-5.6 G ED VR ・リモートコードMC36A ・撮影距離:10.5m ・仰角:22~30度  実施年 2023年 ・真値:1.114m ・測定値:1.114m ・カメラ:SONY α 7R IV ・撮影距離:30m
	性能確認シートの有無	※	有	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2020 ・フルカラーチャート識別可能  実施年 2023 ・フルカラーチャート識別可能	実施年 2020 ・被写体距離:3.7 m ・照度:223 Lux ・風速:0.8m/s  実施年 2023 ・被写体距離:30 m ・照度:2.94~9.93 kLux ・風速:0~1.8 m/s	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像をPCの画面上で拡大し、変状を確認する。 ②腐食や塗装剥離については画像で人間が確認する。 ③確認した変状は種類別にマーキングする。 ④画素サイズから変状の範囲を計算し、画像上で記入する。 ⑤扱いやすい区分で画像を接合する。 ⑥接合画像をエクセルに貼り付け、接合した区分単位で変状の総括表を作成する。 ※撮影時の仰角が大きくなるほど高さ方向の長さが圧縮される。この歪は通常は画像では補正せず、変状の総括表作成後に総括表の対象区分の仰角から、変状の高さのみ一括で補正する。 ※画像の歪補正も可能であるが、費用が追加される。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	画像接合ソフト/Autopano giga4 画像編集ソフト/Adobe Photosyop エクセル		
	検出可能な変状	腐食、塗装の剥離、変形、欠損		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・床板のひびわれについては目で確認し、長さとはピクセル単位で計算する。 ・計測したひびわれは画像上でマーキングし、長さとは変状の総括表に記入する。	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	PCの画像上で、ピクセル単位でカウントし、撮影時の画素の大きさから長さとは幅を計算する。	
		ひび割れ以外	・画像編集ソフトを使用し、画像をモニター上で原寸の約1/3程度に拡大し、詳細に確認する。 ・必要に応じてさらに拡大して確認する。 ・画像上で変状をマーキングする。 ・JPGデータで保存し、エクセルに貼り付ける。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	人間が行う	
		変状の描画方法	画像編集ソフトで、画像の変状箇所を手でマーキングする。	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	制限なし	
		カラー／白黒画像	カラー 白黒画像	
画素分解能		・撮影距離とカメラ、使用レンズによって異なるが、最も性能の高い構成では以下ようになる。 撮影距離100mで撮影画像の1ピクセルあたり0.5mm、撮影距離90mで1ピクセルあたり0.3mm、40mで1ピクセルあたり0.2mm。		
その他留意事項		解像度を補正する技術は使用しない。		
出力ファイル形式	JPEG			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	-			

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歪を最小限にするために、焦点距離70mm以上のレンズを使用するが、その最短撮影距離は1.1m。これにボディとレンズの奥行、撮影者のスペースを考慮し、仰向けに寝て撮影するとして、実際の最短撮影距離は2.0m。</li> <li>・立って撮影する場合の最短撮影距離は3.1m。</li> <li>・明るさについては照明を使用するので問題はない。夜間撮影も問題ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・箱桁内部では充電式の特種ストロボ使用で、密閉空間でも安全に撮影可能。</li> </ul>
	周辺条件	人が歩いて撮影箇所に行ける事	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象との距離を正確に測定するためにレーザー距離計を使用するが、直射日光が強く当たる面ではレーザーDOTが認識されず、測定不能になる場合がある。</li> <li>・同様にレーザー墨出機のレーザーも、直射日光が強く当たる面では識別できない場合がある。</li> <li>・上記を避けるために、太陽の角度と対象面の位置を確認し、撮影時間を選定する必要がある。</li> <li>・対象との距離を正確に測定するためにレーザー距離計を使用するが、直射日光が強く当たる面ではレーザーDOTが認識されず、測定不能になる場合がある。</li> <li>・同様にレーザー墨出機のレーザーも、直射日光が強く当たる面では識別できない場合がある。</li> <li>・上記を避けるために、太陽の角度と対象面の位置を確認し、撮影時間を選定する必要がある。</li> </ul>	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・撮影についてはカメラに対する相応の知識と屋外撮影の経験が必要。(例:日本写真家協会相当の撮影技術保持者) ・要請により上記会員で当社の講習を受けた撮影者を派遣することができる。 ・当社での撮影請負も可能。	-
	必要構成人員数	撮影者1名、補助1名。 (照明が必要な場合※はさらに1~2名必要。) ※1.28Klux以下。	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	橋梁条件 橋種:コンクリート橋 橋脚1基全周撮影 高さ:14m、幅8m 適用範囲:300m2(0.1mm精度) オルソ画像提供 費用:54万円 (税、交通費、宿泊費別)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	オートフォーカス、手振れ補正、自動露出	-
	利用形態:リース等の入手性	・機材込みでの撮影者の派遣 ・調査業務の受注も可	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	撮影前の点検	-
その他	・水濡れは厳禁 ・また湿度が高い状態ではレンズが曇るので対策が必要 ・対象面の明るさが1.28Klux以下の場合には照明が必要	-	



7. 図面

床版撮影



- ① レンズフード
- ② レンズ
- ③ デジタル一眼レフカメラ
- ④ 接眼レンズアダプター  
カメラを上に向けて撮影する時、ファインダーの画像を90度  
偏向させて表示する。
- ⑤ 三脚
- ⑥ リリーズ (リモートシャッター)  
シャッターを直接指で押すと揺れるため、  
ケーブルを介して手でシャッターを押すアダプター。
- ⑦ 簡易測量機能付きレーザーポインター





# 1. 基本事項

技術番号		BR010003-V0424		
技術名		構造物点検調査ヘリスシステム(SCIMUS:スキームス)		
技術バージョン		-	作成:	2024年3月
開発者		中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)		
連絡先等		TEL: 03-5339-1738	E-mail: h.katakawa.aa@c-nexco-het.jp	経営企画部 技術開発課 片川 秀幸
現有台数・基地		3台	基地	神奈川県相模原市橋本台1-10-7
技術概要		<p>構造物点検調査ヘリスシステムとは、無人航空機(以下「ドローン」という)に搭載したデジタル一眼レフカメラ(以下「カメラ」という)を用いて橋梁を撮影し、変状を把握する技術である。撮影は、FPVモニタ(機体に取り付けたカメラからの映像を無線で伝送してディスプレイで確認するシステム)で確認しながら行う。</p> <p>【飛行及び撮影方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●上部構造 (床版)・・・カメラを垂直方向に設置し、ドローンは床版下面を定速で飛行させ、連続撮影しながら床版面を撮影する。</li> <li>●上部構造 (主桁、横桁等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンを桁間に侵入させて地上からFPVモニタにより撮影アングルを制御し各部位の撮影を行う。</li> <li>●下部構造(橋脚、橋台等)・・・カメラを水平方向に設置し、ドローンは橋脚側面を定速で飛行させ、連続自動撮影しながら橋脚面を撮影する。</li> <li>●橋梁付属物(支承、排水装置等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンをホバリングさせて地上からFPVモニタにより撮影アングルを制御し撮影を行う。</li> </ul> <p>【変状の抽出】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ひびわれ・・・連続撮影した画像をソフトウェアでオルソ補正、結合した後、技術者が目視にて幅、長さについて抽出し展開図への記入及び表に取りまとめる。</li> <li>●その他の変状・・・撮影した画像を技術者が拡大するなどを行い、展開図への記入及び表にとりまとめる。</li> </ul>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版) 下部構造(橋脚、橋台) 支承部(支承本体、アンカーボルト、落橋防止システム、沓座モルタル、台座コンクリート) 排水施設(排水ます、排水管)		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ③ゆるみ・脱落 ⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		基本ベース機器 …… ドローン(4枚羽、電動モータ、バッテリー)、ガードフレーム、GNSS装置、自律飛行装置、飛行制御ボード、(衝突防止装置) 画像撮影機材 …… カメラ(動画、静止画)、SDカードに保存 カメラ制御機材 ○カメラ方向制御 …… ① 自動 ジャイロ(カメラの水平垂直制御)付可動雲台(90°) ② 手動 可動雲台(水平360°垂直90°)、雲台手動制御機器 ○カメラ撮影制御 …… 地上画像確認モニタ、手動撮影機器	
移動装置	機体名称	スキームス(SCIMUS)	
	移動原理	【飛行型】 機体は、4枚羽のドローンであり、基本的にはGNSS測位により自律飛行可能であるが、現場条件によっては、人が操縦して飛行させる。 (構造物下面では位置制御に使用する公共座標(GPS等)が不感であるためドローンの移動の指示は操縦装置から手動で行う。)	
	運動制御機構	通信	【無線通信】 操縦系周波数2.4GHz帯、画像伝送系周波数5.8GHz帯
		測位	GNSS測位(全地球航法衛星システム)
		自律機能	IMU(ジャイロ、加速度計)、磁気センサ、バロメータによるデータをフライトコントロールプログラムにより制御する。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・係留ロープの装着 ・プロペラガード(水平・垂直)
	外形寸法・重量	・外形寸法 L1,091mm×W1,091mm×H178mm ・重量 約5.4kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法 200×200×200mm ・最大重量 4kg	
	動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:22.2V×2個、計20500mA	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・20分(外気温:20℃の場合)	
計測装置	設置方法	機体上部または下部に可動雲台又は回転雲台を取り付け、カメラをボルトにより取付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・SONY製カメラ α7RIII:126.9×95.6×737.7mm 657g 55mm:70.5×64.4mm 120g ・CANON製カメラ EOS R:135.8×98.3×84.4mm 660g 50mm:39.3×69.2mm 160g	
	センシングデバイス	カメラ	・SONY製カメラ α7RIII(センサーサイズ 35mmフルサイズ 4240万画素 横7952×縦5304) 焦点距離55mm ・CANON製カメラ EOS R(センサーサイズ 35mmフルサイズ 3030万画素 横6720×縦4480) 焦点距離50mm
		パン・チルト機構	・水平0°~360° ・鉛直0°~90°
		角度記録・制御機構機能	撮影は、ジャイロ機構により制御された可動雲台を用いてカメラを撮影対象面に向けて行う。また、鋸桁溶接部や支承部を撮影する場合は、FPVモニタでカメラ映像を確認し、回転、チルトを手動で行う。いずれも撮影角度を記録する機能はない。
		測位機構	カメラに搭載されているGNSS測位(全地球航法衛星システム)
	耐久性	防塵・防水性能無し	
	動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・計測装置として使用しているカメラに内蔵されているリチウムイオンバッテリー(交換可能)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・SONY製カメラ α7RIII :190分(20℃) ・CANON製カメラ EOS R :140分(23℃)	
	データ収集・通信装置	設置方法	撮影された画像は、撮影と同時にカメラに内蔵されている画像記録装置に収納される。
外形寸法・重量(分離構造の場合)		一体構造(カメラに内蔵)	
データ収集・記録機能		画像記録装置にSDカードをデータ記録媒体として挿入しておき、物理的にデータを収集する。	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		-	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-	
動力		・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・計測装置として使用しているカメラ内蔵のリチウムイオンバッテリー(交換可能)	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 変化量:0cm	・停止飛行時:水平移動なし ・風速:2.5m/s(検証時の風速)
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(2500、2500、-) (mm)	・高さ:3m以内
	標準試験値	-	・構造物(床版、主桁)までの距離:70cm ・風速:2.5m/s(検証時の風速)
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:130m	・130m(係留ロープを用いた実測値の最大) ・目視範囲内の飛行 ・係留ロープを用いて一定のテンションでドローンをつなぐ(安全対策)
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
4-1 計測速度(撮影速度)		性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 【飛行型】 ・移動速度:0.20m/sec		<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影速度:0.20m/sec</li> <li>・移動方向に垂直(水平)方向の視野:36.2437°</li> <li>・移動方向のラップ率:40%</li> <li>・移動距離:10 m</li> <li>・被写体距離:3 m</li> <li>・撮影時間:49 秒</li> <li>・風速:0.6 m/s</li> </ul>	
4-2 計測精度		性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 最小ひびわれ幅:0.1mm <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm</li> <li>・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm</li> <li>・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.03mm</li> <li>・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.04mm</li> <li>・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.07mm</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・検出可能な最小ひびわれ幅:0.1mm</li> <li>・計測精度:0.04mm</li> <li>・カメラ:SONY ILCE-7RM3</li> <li>・被写体距離:3m</li> <li>・照度:167.1 lx</li> <li>・風速:1.0m/s</li> <li>・気温:10.2℃</li> <li>・焦点距離:55mm</li> <li>・シャッター速度:1/500-1500 秒</li> <li>・絞り:f3.5</li> <li>・ISO値:100-1600</li> </ul>	
計測装置 4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 0.14%(相対誤差)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・真値:3.029m</li> <li>・測定値:3.025m</li> <li>・カメラ:SONY ILCE-7RM3</li> <li>・被写体距離:3m</li> <li>・照度:10300 lx</li> <li>・風速:1.4m/s</li> <li>・気温:12.0℃</li> <li>・焦点距離:55mm</li> <li>・シャッター速度:1/500-1500 秒</li> <li>・絞り:f3.5</li> <li>・ISO値:100-1600</li> <li>・フォーカス:55mm</li> <li>・画像pixel数:7952、5304</li> </ul>
	位置精度		性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.002、0.009) (m)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・真値(x、y)=(-2.893、0.897) (m)</li> <li>・測定値(x、y)=(-2.891、0.888) (m)</li> <li>・カメラ:SONY ILCE-7RM3</li> <li>・被写体距離:3m</li> <li>・照度:10300 lx</li> <li>・風速:1.4m/s</li> <li>・気温:12.0℃</li> <li>・焦点距離:55mm</li> <li>・シャッター速度:1/500-1500 秒</li> <li>・絞り:f3.5</li> <li>・ISO値:100-1600</li> <li>・フォーカス:55mm</li> <li>・画像pixel数:7952、5304</li> </ul>
		性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
				<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影速度:0.20m/s</li> <li>・カメラ:SONY ILCE-7RM3</li> </ul>	

<p>4-4 色識別性能</p>	<p>標準試験値</p>	<p>標準試験方法 (2019)                  実施年 2020年                  フルカラー識別可能</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・被写体距離: 3m</li> <li>・照度: 50.9 lx</li> <li>・風速: 0m/s</li> <li>・気温: 13.3℃</li> <li>・焦点距離: 55mm</li> <li>・シャッター速度: 1/500-1500 秒</li> <li>・絞り: f3.5</li> <li>・ISO値: 100-1600</li> <li>・フォーカス: 55mm</li> <li>・画像pixel数: 7952、5304</li> </ul>
------------------	--------------	--	--

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		① 撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ補正し結合する。(自動) ② 結合した画像中のひびわれ等について、人が抽出(描画)して長さ・幅を計測する。(手動) ③ 抽出したひびわれを人が展開図化及び表化する。(手動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	Agisoft社製「Metashape」(オルソ補正結合処理) 保全工学研究所社製:「Kuraves」(ひびわれ描画)		
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)、漏水(範囲)、鉄筋露出(長さ)		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	オルソ補正結合された画像をKuravesを使用しPC画面でトレースし抽出する。 1)カメラ:デジタル1眼レフ 2)撮影モード:マニュアルモード 3)ISO感度:ISO1600以下(フラッシュ使用) 4)ラップ率:40%以上 5)画質:最高(ファインモード) 6)画質フォーマット:JPEG 7)解像度0.3mm/PIX以下(最小ひびわれ幅0.1mmの場合)	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	長さ:オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuraves」に取り込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定して計測する。 幅:オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuravesu」に取り込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定し、ソフトウェア中のクラックスケールにて幅を計測する。	
		ひび割れ以外	オルソ補正、結合した画像で人が抽出する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	近接目視と同等	
		変状の描画方法	ひびわれ:ポリライン ひびわれ以外:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG形式	
		ファイル容量	30MB	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには、0.3mm/画素以下であることが必要である。		
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は、検出が困難		
出力ファイル形式	JPEG形式			
調書作成支援の手順		①画像データを取得する。 ②上記変状検出手順①～③によりひびわれ展開図を作成する。 ③ひびわれ展開図を確認しながら、橋梁点検支援システム「橋視郎」で国土交通省定期点検要領様式を作成・出力する。		
調書作成支援の適用条件		・以下の条件の画像データが得られるように撮影する。 1)カメラレンズを被写体に向けて撮影(なるべく正対する) 2)画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 3)ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.1mm、計測精度0.1mm」となるように撮影		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		JIPテクノサイエンス社製「橋視郎 ver7.0」(市販ソフト)		



## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下に人が侵入できる箇所	① 床版、橋脚 …… 可動雲台(上横方向) ② 桁間(進入可能な場合) …… 回転チルト雲台(水平360°垂直90°)
	周辺条件	撮影(飛行)箇所周辺に民家等の建物や電線、樹木がある場合及び電波塔などがある場合は不可	-
	安全面への配慮	係留ロープ使用 計測中の注意喚起表示 気象観測装置の設置	-
	無線等使用における混線等対策	通信は2.4Ghz帯(2.400GHz~2.497GHz)の周波数帯域でスペクトラム分散方式で行う。	-
	道路規制条件	橋梁等の場合道路上の通行者の視界に入らないよう、地覆より上には飛行させない。	-
	その他	離発着場所 □3m×3m 平面が必要 雨天、強風(5m/s)時飛行不可	-

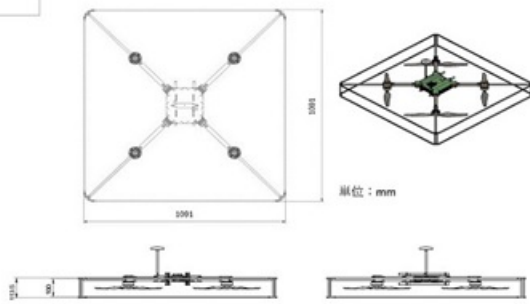
6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	JUIDA無人航空機操縦技能、無人航空機安全運航管理者	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作者1人、撮影者1人、補助者1人 合計4名	現場責任者は「道路橋点検士」資格保有者
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操縦者は高度な操縦技術をもち、機体の保守に関する知識、ドローンの安全に対する知識を持つ者が行う。以下の要件のうち、①かつ②を満たすと共に、③又は④のいずれかを満たすものとする。 ①航空法の申請に必要な10時間以上の訓練飛行を行ったもの。 ②この訓練飛行は、屋外の訓練を含み、訓練内容は実際の現地条件に合致したものとする。 ここでいう現地条件とは、係留用ケーブルを結束した状態、飛行高さ(距離)、風速条件をいう。 なお、風速は地上1.5mでの10分間平均風速5m/sでの屋外訓練を行い、限界状態を経験する。 ③専門会社による操縦研修を受講したもの。 ④民間資格JUIDA操縦技能証明と同等以上の資格を有するもの。	モニタ撮影を実施する場合は、無線三級陸上無線技士資格が必要。
	作業ヤード・操作場所	飛行体を目視確認可能な位置 離発着場所 □3m×3m 平面が必要	-
	点検費用	橋梁条件 橋種:[コンクリート橋、鋼橋] 部位・部材 橋床版 活用範囲 800㎡/日 検出項目 ひびわれ 550,000円/日  橋種:[コンクリート橋、鋼橋] 部位・部材 橋脚 活用範囲 2,000㎡/日 検出項目 ひびわれ 450,000円/日	現地状況により異なる
	保険の有無、保障範囲、費用	動産保険および施設賠償責任保険加入済	-
	自動制御の有無	自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	業務受託	飛行機材、撮影機材等トータルなシステムとなっているため機体等のリースや販売、持ち込み機器の採用は難しい。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社サポート	-
	センシングデバイスの点検	計測ごとに、現地で、撮影機器のキャリブレーションを行う。(撮影距離の確認、クラックスケール等による画素、幅の確認)	-
その他	第三者影響範囲(交差道路、民家)は適用不可	-	

## 7. 図面

ベース機体図面

ベース機体図面

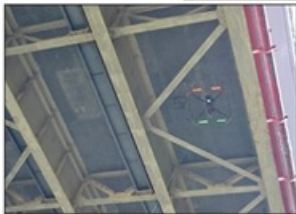


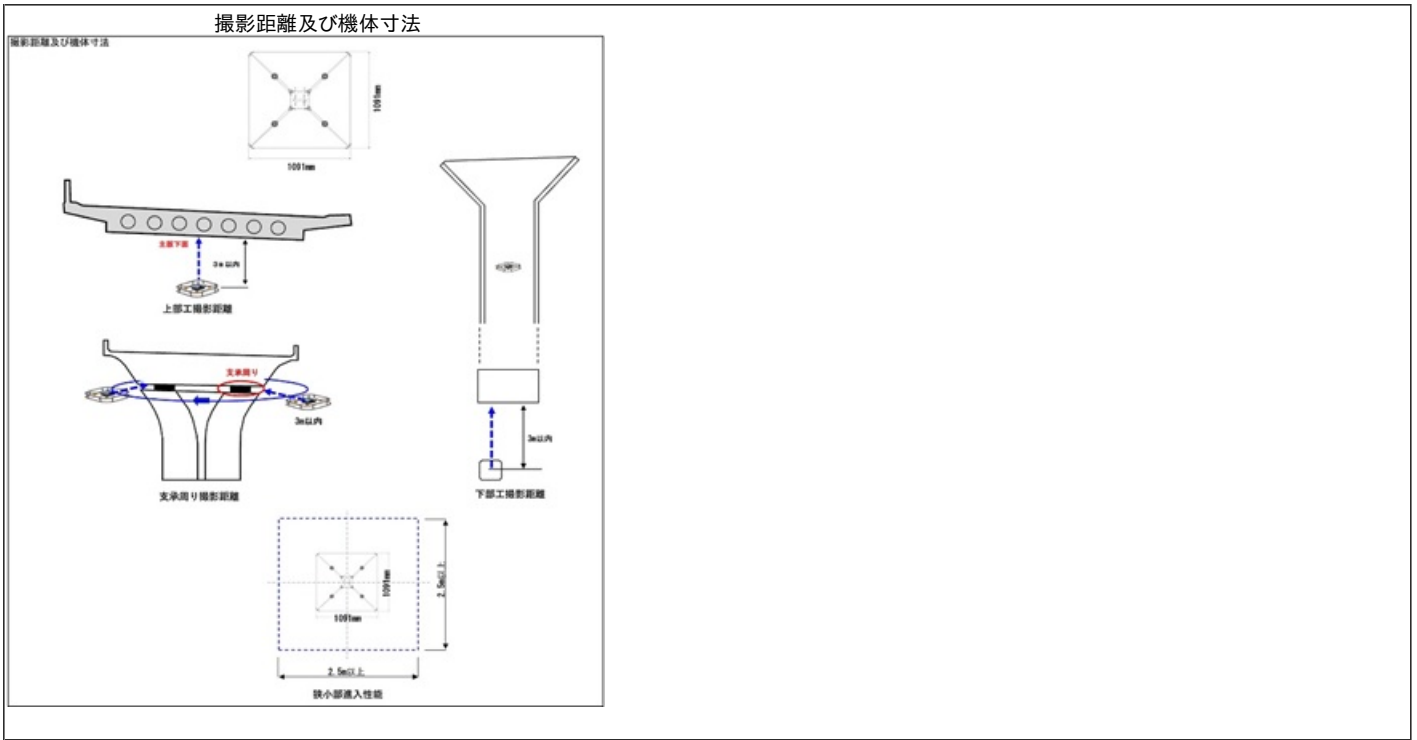
機体 (カメラ含む)



計測状況

計測 (撮影) 状況





# 1. 基本事項

技術番号	BR010004-V0424		
技術名	主桁フランジ把持式点検装置(Turretsタレット)		
技術バージョン	Ver1	作成:	2024年3月
開発者	株式会社イクシス		
連絡先等	TEL: 044-589-1500	E-mail: ixс-npro@ixs.co.jp	ビジネス開発サポート部門 金野寿哉
現有台数・基地	1台	基地	神奈川県川崎市幸区新川崎7-7
技術概要	本技術は、橋梁各部の点検時に自走式ユニット機能を有するロボットにてカメラ撮影を行い取得した画像データを用いて専用アプリケーションで床版のひびわれの自動検出と主桁鋼材の腐食状態測定を行う技術である。		
技術区分	橋種	鋼橋	
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,対傾構,横構) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版)	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ
		その他	
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑬変色・劣化 ⑭漏水・滞水 ⑮変形・欠損		
検出原理	画像(静止画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は画像取得機能を有した移動式ロボットある移動装置内にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</li> <li>・アタッチメント部は、昇降及び橋梁横断方向へ移動する機構を有する装置により測定デバイスレンズ部が測定箇所付近に近接し画像データを取得することが可能であり、計測したデータは制御用PCに記録・保存される。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【懸架型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁の主桁下フランジを挟む形で本体左右走行ユニットを設置する。</li> <li>・下フランジ上を自走し径間方向を、カーボンレール上を観測装置が自動走行し幅員方向を測定し本体に搭載された自動昇降機構(伸縮式)と橋梁横断方向へ移動する機構を有する装置を用いて測定対象物の状況に応じた撮影位置を調整する。</li> <li>・撮影終了後、機器を次の点検位置へ移設する。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真1. 走行ユニットの下フランジ設置 (把持) 状況</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真2. 昇降装置</p> </div> </div>	
	運動制御機構	通信	・有線式
		測位	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着)</li> <li>・測定最大距離50m</li> </ul>
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置):</li> <li>・最大外形寸法(L600mm×W3000mm×H300mm)</li> <li>・合計最大重量(50kgf)、ユニットあたりの重量 15kg程度</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:外部電源</li> <li>・定格容量:100V、5A</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「移動装置と一体的な構造」・橋梁の主桁下フランジを挟む形で本体左右走行ユニットを設置する。</li> <li>・隣接する下フランジ間距離は、最低1000mm～最長2800mm以内</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦222.5mm×横15.0mm)、ピクセル数(2020万画素)、焦点距離(50mm)
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平-180°～+180°</li> <li>・鉛直-20°～+90°</li> </ul>
		角度記録・制御機構機能	・橋梁縦断横断方向、PAN軸、Tilt軸、ズーム自動制御可能
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着)</li> <li>・測定最大距離50m以内</li> </ul>
	耐久性	-	
動力	・外部電源(発電機等AC100V出力)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	・ノート型パソコン(オペレーティングシステム Windows10)	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	最大外形寸法(W270 mm×L188 mm×H19 mm) 最大重量 (1.1kgf)	
	データ収集・記録機能	・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを制御用PC内部に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	2-1-30	
	動力	・外部電源(発電機等AC100V)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給	

	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	
--	------------------------------	--

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【懸架型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(600、3000、1800)(mm)	・最大外形寸法(L600mm×W3000mm×H300mm+ 昇降装置H1500mm)が進入できる空間があること
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【懸架型】 ・橋軸方向最大:50m 写真1. 鉛直方向可動部  	・橋軸方向は、最大50m ・橋軸直角方向は桁間距離最大2.8m、鉛直方向1.5m
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。


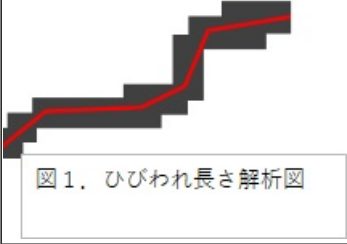


4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		無	
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
		性能値	・最小ひびわれ幅:0.05mm ・計測精度:未検証		
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.52mm		
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※		有
			性能値	未検証	
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0.17%	
		位置精度	性能確認シートの有無 ※		有
			性能値	未検証	
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.011, 0.023) (m)	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有		
	性能値	未検証			
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 (照度 93.8 lx) フルカラーチャート識別可能			

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>①ひびわれの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを抽出する。                  ②ひびわれ幅、長さを自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。                  ③撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。ロボットの位置情報等を基に自動でつなぎ合わせる。                  ④抽出したひびわれをDXFに自動で変換する。                  ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で入力する。</p>	
<p>ソフトウェア名</p>	<p>・「イクシクラウド Ver1.0」(自社開発ソフト)                  WEBアプリケーションの為、随時バージョンアップをして提供します。</p>	
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(幅、長さ)                  ・腐食</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひび割れ</p>	<p>・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出                  検出方法及びひびわれ幅算出                  ①取得画像からひびわれ位置を検出(コンクリート部分とひびわれ部の色の違いにより判別)                  ②ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。                  ・撮影条件・仕様等                  弊社ロボットに搭載のカメラ(撮影条件調整済)にて撮影                  【移動方向ラップ率】                  30%                  【被写体との距離】                  ひびわれ幅分解能 0.05mm 測定距離 0.5m以内                  ひびわれ幅分解能 0.2mm 測定距離 2.0m以内                  ・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出に用いる教師データは、コンクリート構造物としてRC床版橋におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約5橋分、総数10径間)を解析ソフトウェア開発者が学習させている。</p> 
	<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅: 画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ幅自動(算出)                  ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。                  ・長さ: 画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ沿いの長さを自動(算出)計測                  ①ひびわれとして抽出された画像領域(下図黒)を細線化し、形状を折れ線として抽出する                  ②折れ線を構成する各線分について2点座標間の距離を算出して合計することで、ひびわれの全長をピクセル単位で求める</p> 
	<p>ひび割れ以外</p>	<p>・人が画像を確認する。</p>
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・ひびわれの検出: 検出率95%(測定対象面積200㎡の場合)</p>
	<p>変状の描画方法</p>	<p>・点群データ(ラスタ画像)                  ただし、ひびの幅・長さを算出する際や、DXFに変換する際に、内部的にベクタとしてひびを扱う</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG (弊社のロボットにて撮影した画像)</p>
<p>ファイル容量</p>	<p>6MB程度 (弊社のロボットにて撮影した画像)</p>	
<p>カラー／白黒画像</p>	<p>カラー</p>	
<p>画素分解能</p>	<p>ひびわれ幅                  ①0.2mmを検出(測定点との距離2.0m以内) 0.3mm/Pixel 以内 (当社計測装置のロボットにて撮影した画像)</p>	
<p>その他留意事項</p>	<p>・超解像技術を利用                  ・弊社のロボット以外で撮影した画像に関しては応相談                  ・測定対象において勾配がある場合は、勾配率を調査入力が必要</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>WEBアプリケーションにてビューワを提供、以下の情報をダウンロードで提供                  JPEGで個別の損傷抽出した画像と、つなぎあわせた1径間の画像</p>	

	DXFで1径間の損傷位置の図面
調書作成支援の手順	<p>①点検ロボットで計測記録した画像を当社に何らかの手段で引き渡す。</p> <p>②当社にてデータの解析及び合成を行う                  ※損傷抽出機能、複数毎の画像データの合成、画像データのラップ率は30%で重ね合わせ画像データ類似点を検出し重ね合わせる。</p> <p>③損傷マップの自動作成機能                  前工程で得られた損傷個所の位置情報から損傷マップを自動作成、ひびわれ幅損傷マップは、ひび幅により色分けして表示される。</p> <p>④クラウドから解析結果のデータをダウンロードし、出力する。                  ※インターネット網に接続しているパソコンが必要</p>
調書作成支援の適用条件	<p>・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。</p> <p>1) 被写体に対して正対して撮影</p> <p>2) ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.2mmの場合は、画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影する。測定点と計測装置距離は、2.0m以内</p>
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	<p>・現地での入力: 弊社より提供のPC (現場での作業時のみ)</p> <p>・点検調書データのダウンロード: ブラウザ Chrome</p> <p>・「イクシスクラウド ver1.0」(自社開発ソフト)</p>

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下と移動装置の離隔は、0.4m以上を保持すること。 桁下空間として1.5mが必要。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	高所作業における一般的な安全事項実施のこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	装置設置位置(橋梁下部工天端)へ立ち入りの際に交通規制を行う可能性がある。	-
	その他	計測装置設置・撤去時作業足場を設けること	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	計測装置設置・測定マニュアル(イクシス社製)の理解	-
	必要構成人員数	操作1人、補助員2人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格作業は無し	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置外観が視通できる範囲	-
	点検費用	対象となる橋梁条件を設定し、その点検費用を記載する。 ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まない。 【橋梁条件】 橋種[鋼桁橋] 支間長[50m] 幅員[10m] 部位・部材[鋼製桁及びコンクリート床版] 活用範囲:床版500m2 検出項目:鋼製桁の腐食、コンクリート床版のひび割れ(長さ、幅) 費用:2,000,000円(機器レンタル費+計測費+画像解析費)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	無	-
	自動制御の有無	無	-
	利用形態:リース等の入手性	レンタル /画像解析	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり	-
	センシングデバイスの点検	製品提供会社(イクシス社)による自社点検	-
その他	-	-	

## 7. 図面

- ・ 一体構造 (移動装置 + 計測装置) :
- ・ 最大外形寸法 (L600mm × W3000mm × H300mm + 昇降装置H1500mm)
- ・ 最大重量 (25kgf)

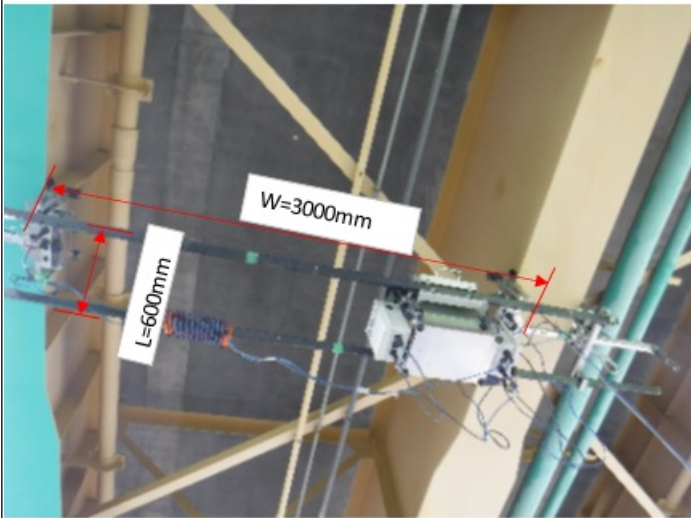


写真1. 外寸図記載

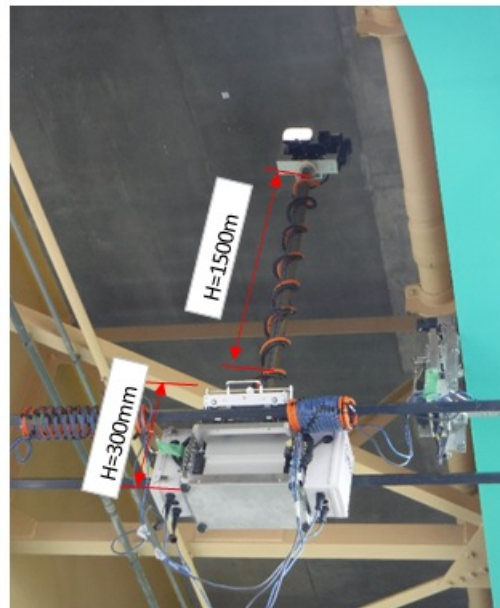


写真2. 外寸図記載

1. 基本事項

技術番号	BR010006-V0424		
技術名	光波測量機「KUMONOS」及び高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム「シン・クモノス」		
技術バージョン	-	作成:	2024年3月
開発者	クモノスコーポレーション株式会社		
連絡先等	TEL: 072-749-1188	E-mail: nakaniwa.kota@kumonos.co.jp	KUMONOS技術部 中庭幸太
現有台数・基地	3セット(KUMONOS+カメラ) ※KUMONOSのみは10セット	基地	大阪府箕面市、神奈川県川崎市、福岡県福岡市
技術概要	<p>・当該技術は、遠方より損傷の形状や幅を計測できる光波測量機「KUMONOS」(※1)と高解像度カメラ(※2)の撮影・補正を組み合わせることで、構造物表面の変状確認が可能な技術である。</p> <p>・「KUMONOS」で計測した形状や幅をもとに写真を補正することができるとともに、現地の情報をデジタルデータとして保存できる。</p> <p>・KUMONOS単体でも確認は可能(※3)だが、高解像度カメラ画像を組み合わせた作業でも、損傷の量に関係なく、一定の時間で現場作業を進めることができる。</p> <p>※1. 光波測量機にクラックスケールを内蔵し、対象物及び損傷の形状や幅を遠方より正確に計測・自動図化できるシステム。                  ※2. フルサイズセンサーのデジタル1眼レフカメラ                  ※3. 損傷量が少ない場合、KUMONOS単体による調査が可能。カメラでの撮影を行わないため、画像は出力されない。CADデータのみ出力となる。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版,アーチ,ラーメン,斜張橋) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版) RC床版橋(上部構造(主桁))	
	損傷の種類	鋼	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ
		その他	
共通	⑱変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉓変形・欠損		
検出原理	画像(静止画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機はクラックスケール内蔵トータルステーション「KUMONOS」及び高解像度カメラにより構成する。「KUMONOS」にて対象物の形状や代表的な損傷(ひびわれ等)の位置座標を計測し、高解像度カメラにて損傷を画像に保存する。損傷の量や計測箇所から構造物までの位置関係で配置を任意で確定し、各装置を設置し、計測する。データは各機器のSDカードに保存され、専用解析ソフトを用いて図化処理及び画像処理を実施する。</p> <p>〈KUMONOS計測手順〉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 損傷及び形状を直視できる箇所にKUMONOSを設置する。</li> <li>2. 目視にて形状を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて変化点を計測する。 ※写真補正のための形状を計測する。</li> <li>3. 目視にてひびわれ・損傷を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて幅・形状を計測する。</li> <li>4. 計測したデータをパソコンに保存し、KUMONOS専用解析ソフトを用いてCAD図化する。</li> </ol> <p>〈高解像度カメラ撮影手順〉</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 損傷及び形状を直視できる箇所にカメラを設置する。</li> <li>2. 形状と損傷が抽出できる画角で撮影する。</li> <li>3. 撮影した画像をパソコンに保存する。</li> </ol> <p>KUMONOSの計測データを基にカメラで撮影した画像のあおり補正を行う。</p>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	対象物及び損傷が直接目視確認できる地上部分に三脚を用いて機器(KUMONOS及びカメラ)を設置する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	KUMONOS:203×226×325(mm) ※測量三脚を除く 高解像度カメラ:152×117×76(mm) ※望遠レンズを除く	
	センシングデバイス	カメラ	[カメラ] ・CANON製カメラ 型番 5DS ・センサーサイズ(縦24mm×横36mm)、ピクセル数(縦5,792pixel×横8,688pixel)、焦点距離(24mm~600mm)
		パン・チルト機構	[カメラ] 使用するカメラ用三脚のパン・チルト可動範囲 ・水平0°~360° ・鉛直-30°~90°
		角度記録・制御機構 機能	[KUMONOS] ・2級A光波測量機(5")の性能に準ずる精度。 [KUMONOS及びカメラ] ・計測・撮影者が調整ねじを利用して直接制御をおこなう。
		測位機構	[KUMONOS] ・KUMONOSにより基準点観測を行うことで任意の座標系における測位を行う。
	耐久性	[KUMONOS] ・IP66 [カメラ] ・3分程度の小雨	
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:11.1V、5.9Ah(KUMONOS)、7.2V、1865mAh(カメラ)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	KUMONOS ・連続稼働時間8時間(外気温:-20度~55度) カメラ ・連続稼働時間1時間45分(外気温:23度)	
	設置方法	[KUMONOS及びカメラ] 移動装置と一体的な構造	



データ収集・通信装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	[KUMONOS及びカメラ] ・記録メディア (SDカード) に保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	[KUMONOS及びカメラ] ・移動装置のバッテリーより供給
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・撮影速度:1000㎡/日	・静止状態で撮影者が任意の速度でカメラ撮影を行う。 ・1日1,000㎡程度の撮影が可能である。 ・画素分解能:0.5mm/Pixel ・移動方向に垂直な方向の視野:2,896mm ・移動方向ラップ率:30%	
		標準試験値	未検証	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・最小ひびわれ幅:0.007mm ・計測精度:未検証	・最小ひびわれ幅0.007mm(器械から対象物までの距離が1.5mの場合) ・デモクラックパネルを使用	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 ・最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.02mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.12mm	・撮影速度:静止状態 ・被写体との距離:一般的に市販されている望遠レンズ(600mm)を使用し、1ピクセル当たり0.5mmを確保できる距離は約70mとなる。 補助手段:KUMONOSを併用する	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0.03%	・真値:3.029m ・測定値:3.03m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.009) (m)	・真値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(-2.895, 0.896) (m) ・撮影角度:対象面から45度以下が望ましい
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 フルカラーチャート識別可能	カメラのシャッター速度を変更することで、曇天時や日陰部分の識別も可能。		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①KUMONOSで計測したデータを自社開発KUMONOS解析図化ソフトでCAD化する。(自動) ②画像解析ソフトにCADデータを読み込む。(手動) ③撮影した画像を1枚ごとにあり補正しつなぎ合わせる。補正及びつなぎ合わせでは、KUMONOSにて計測した形状を使用する。画像はJPEGにて保存する。(手動) ④ひびわれの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれ形状・幅を抽出する。(自動) ⑤抽出したひびわれ形状・幅を目視で確認し、DXFデータにて保存する。(手動) ⑥CADソフトにて自動抽出データ・画像・KUMONOS計測データを合成する。(手動) ⑦CADソフトにてひびわれ形状及び幅を確認し、起終点及び変化点を手動でつなぐ。(手動) ⑧ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。(手動) ⑨自社開発数量抽出ソフトにて損傷の数量を抽出する。(自動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・自社開発KUMONOS解析図化ソフト ・市販CADソフト ・市販画像解析ソフト(ただし、CADが読み込み可能で、1ピクセルの1/5程度の幅のクラックが自動抽出できるものとする) ・自社開発数量抽出ソフト	
	検出可能な変状	・自動抽出:ひびわれ(形状・幅・長さ) ・手動抽出:写真から確認できる損傷(ひびわれ・遊離石灰・剥離・鉄筋露出・豆板等)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	撮影条件・仕様等 1) カメラ:デジタル一眼レフ 2) 撮影設定:絞り優先設定 3) ISO感度:ISO200以下 4) ラップ率:オーバーラップ 30%程度 5) 画質:5,030万画素 6) 画質フォーマット:JPEG 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと ・コンクリート部分とひびわれ部の色の違いによる自動検出(ひびわれのみ、その他は手動検出)
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:画像解析ソフトによる自動抽出及びKUMONOS計測した幅 ・長さ:CAD上起終点及び変化点を人力で指定する。 ・長さ:数量抽出ソフトによりひびわれ長さを集計
		ひび割れ以外	・KUMONOSにて計測した損傷を自社開発解析図化ソフトでCAD化する。 ・人が画像を確認して、変状を人力でトレースする。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・テストパネル(ひびわれの輪郭がはっきりしたもの)の場合、100%ひびわれ形状・幅を抽出可能。
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	撮影画像1枚当たり20MB程度
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.2mmを検出するためには1mm/Pixel以下であることが必要 ※自社基準として0.2mmを計測する場合は0.5mm/Pixel以下を使用	
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・コンクリート表面が著しく汚れている場合は検出が困難 ・対象面が球体の場合は抽出不可能 ・現場の明るさが281?以下で撮影した画像の場合は抽出が困難 ・表面被覆箇所等、施工目地がなく寸法がわからない箇所の損傷を撮影した場合は抽出が困難(対象物にマーキングを行う場合は対応可能) ・トンネル内部や橋脚柱部側面の円柱形状について、断面形状が複雑に変化するものは抽出が困難	
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 画像ファイル:JPEG 図面データ:DWG・DXF		
調書作成支援の手順	本システムより出力した成果を活用し、調書作成を目的として、調書に貼り付けるために損傷図等を作成することができる。 <手順> ①適応条件に記載の条件により画像データおよび図面データを取得する。 ②調書の様式をパソコンに取り込み、パソコン上で画像データおよびCADデータの確認、操作が可能となるように調整する。 ③画像データおよび図面データをパソコンに取り込み、各編集ソフトを起動する。 ④調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑤損傷が映っている写真を手動で抽出し、調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑥調書に使用できる形式(JPEG等)で損傷図を変更し、保存する。		
調書作成支援の適用条件	・適応条件に記載の条件により取得した画像データおよび図面データであること。		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・画像データ・CADデータ編集用パソコン:OS Windows10 Pro ・画像解析ソフト(市販ソフト) ・CADソフト(市販ソフト)		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入できないほど水辺でないこと。	-
	周辺条件	損傷が直接目視でき、機材を設置できる足場があること。	機材設置に必要な最小スペース 幅1m,高さ1.5m
	安全面への配慮	・光波測量機が発射するレーザーを車・人等に向けない。 ・機材設置場所をカラーコーン等で明示する。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・歩道上に機材を設置する場合は交通誘導員等が必要、道路上に機材を設置する場合は道路規制が必要。	-
	その他	高解像度カメラを使用した場合、最大70m離れたところから点検できる。 大雨の場合、計測不可。	1ピクセル0.5mmで撮影するためには600mmの望遠レンズを使用する必要がある。テレコンバーターを使用することで撮影距離を延長することができる。

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	クモノス技術者検定(レベル1)の終了 クモノス技術者検定(レベル2)の終了	自社にて年1回実施。 レベル1:壁面・平面が計測できる レベル2:曲面が計測できる
	必要構成人員数	最低必要人員は1名。 カメラと光波測量機を同時に使用する場合は2名。	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	クモノス技術者検定(レベル1)の終了 クモノス技術者検定(レベル2)の終了	自社にて年1回実施。 レベル1:壁面・平面が計測できる レベル2:曲面が計測できる
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	KUMONOS技術者が現場で橋脚を計測した場合、KUMONOS計測の場合、1,000㎡計測費用約26万円/1,000㎡(直接人件費)、解析費用約27万円/1,000㎡(直接人件費) レンタルの場合、約41万円/週 (技術指導費2人含む) 【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 50m 全幅員 20 m 部位・部材 [ 床版・橋脚 ] 活用範囲 [1000]m2 検出項目 [ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水/遊離石灰/鉄筋露出]	-
	保険の有無、保障範囲、費用	任意	-
	自動制御の有無	無	-
	利用形態:リース等の入手性	1. KUMONOS技術者が現地計測 2. 購入 3. レンタル(自社にて対応)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制有。計測サポート・成果作成サポート体制を社内にて構築している。但し、弊社から購入・レンタルした企業に限る。	-
センシングデバイスの点検	測量機器の校正点検を1回/年実施する	-	
その他	計測・撮影する際の精度を担保するための照度は281Lxとする。	-	

## 7. 図面

ひび割れ計測システムKUMONOS



<https://youtu.be/KbFOMYmZuw>

高解像度カメラ





1. 基本事項

技術番号	BR010007-V0424			
技術名	画像解析を用いたコンクリート構造物のひびわれ定量評価技術			
技術バージョン	Ver.01	作成:	2024年3月	
開発者	大成建設株式会社			
連絡先等	TEL: 045-814-7228	E-mail:	kenichi.horiguchi@sakura.taisei.co.jp 技術センター 堀口賢一	
現有台数・基地	-	基地	大成建設(株)技術センター 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1	
技術概要	<p>本技術は、コンクリートのひびわれをデジタル画像から画像解析により抽出し、定量評価する技術であり、画像解析にウェーブレット変換を用いることを特徴とする。また、ひびわれを抽出して、定量的に評価するためには、いくつかの処理プロセスを経る必要があるが、本技術ではこれらを手順通りに実施できるようにひとつのプログラムソフトに集約してシステム化している。これにより、コンクリートのひびわれ図(CAD図)を半自動で描画できる。また、ひびわれ幅ごとのひびわれ長さのヒストグラムを自動で描画し、ひびわれ総延長、平均ひびわれ幅、およびひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)を自動で算出できる。</p> <p>本技術の主な処理プロセスは、以下①~④のとおりである。①コンクリートのひびわれの写ったデジタル画像を入力画像として、ひびわれ近傍を太線でトレースしてひびわれ候補領域を指定する。②この範囲の全ての画素に対してウェーブレット変換を行い、一つひとつの画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいてひびわれを判別する。③ひびわれと判別された画素を抽出して、ひびわれ図をCAD形式ファイルに出力する。④ウェーブレット係数から画素ごとにひびわれ幅を算定し、ひびわれ長さのヒストグラムを描画し、ひびわれ総延長、平均ひびわれ幅、およびひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)を算出する。</p> <p>ウェーブレット変換による画像解析は、ひびわれ位置の画素とその周囲の画素の輝度値を用いた処理の結果に基づいてひびわれを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひびわれの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくいため、デジタル画像上のひびわれを検出するのに適している。また、ウェーブレット係数とひびわれ幅の相関が高いことから、カメラの種類や撮影方法によらず、検出したいひびわれの最小幅に対応した画質の画像を撮影できれば、目視が困難な箇所でも画像からひびわれの位置を特定し、幅、長さなどを算定できる。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本技術は、①撮影条件設定、②分解能計算、③あおり補正、④画像合成、⑤ひびわれトレース、ならびに⑥ひびわれ画像解析の各プログラムから構成されており、これらをひとつのプログラムソフトに統合してシステム化したものである。	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2023年 0.013m2/sec		・撮影面積:16.5 m2 ・被写体距離:3.2 m ・撮影時間:1237秒 ・風速:0.0~7.3 m/s
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2023年 最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.11mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.23mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.22mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.10mm		・被写体距離:3.2 m ・照度:8.12~74.6kLux ・風速:0.0~7.3 m/s
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	-	-		
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2023 ・フルカラーチャート識別可能		・被写体距離:3.2 m ・照度:10.3~66.8 kLux ・風速:0.0~5.5 m/s	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>本技術では、コンクリートのひびわれをデジタル画像から抽出し、ひびわれの幅や長さを定量的に評価できる。ひびわれの抽出結果や定量的な評価結果は、以下に示すような処理プロセスごとの個別のプログラムソフトを実行することで得られるが、各プログラムソフトをひとつに集約して、ひびわれ画像解析システムとしている。</p> <p>①撮影条件設定(半自動): 目標とする空間分解能のデジタル画像を撮影するために、使用するカメラやレンズごとに撮影距離や焦点距離を設定する。</p> <p>②分解能計算(半自動): 撮影画像が、目標とした空間分解能で撮影されていることを確認する。</p> <p>③あおり補正(半自動): 画像内に矩形の隅角部を基準点に指定して、正対画像に補正する。</p> <p>④画像合成(半自動): 分割して撮影した画像の重なる領域を指定して、ひとつの画像に合成する。</p> <p>⑤ひびわれトレース(手動): ひびわれ直上をひびわれ幅より数倍太い線でトレースする。</p> <p>⑥ひびわれ画像解析(自動): トレース範囲内の全ての画素を対象に、ウェーブレット変換による画像解析を実行する。また、この結果に基づいて、ひびわれ図やひびわれの幅、長さなどを出力する。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>「コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE(ティー・ドット・ウェーブ)」(自社開発ソフト) 必要スペック: Windows10 64bit, MS Excel2013以降</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ (幅、長さ、ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)をひびわれ全画素に対して算定)</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひび割れ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影画像に対してウェーブレット変換による画像解析を行い、画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいて、画素ごとにひびわれの判別を行う。</li> <li>・ウェーブレット変換による画像解析は、ひびわれ位置の画素とその周囲のコンクリート面の画素の輝度値を用いた解析処理の結果に基づいてひびわれを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひびわれの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくい。</li> <li>・撮影条件・仕様等             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲: 0.2~0.8mm/pixel</li> <li>2) カメラ: デジタル一眼レフカメラ(推奨), デジタルカメラ</li> <li>3) 撮影設定: 三脚固定の場合は絞り優先設定(F6.3以上を推奨) UAV撮影の場合は露出速度優先設定(1/500秒以下を推奨)</li> <li>4) ISO感度: 200以下</li> <li>5) ラップ率: 30%</li> <li>6) 画質: 最高(ファイン)</li> <li>7) 画質フォーマット: JPEG</li> <li>8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</li> </ol> </li> </ul>
	<p>【ひびわれ幅】 ひびわれと判別された画素のウェーブレット係数は、ひびわれ幅の実測値と高い相関がある。これを用いて、本画像解析システムには、予めウェーブレット係数からひびわれ幅を算定する計算式が組み込まれているため、ひとつの画素ごとにひびわれ幅を算定できる。 ただし、これにより算定できるひびわれ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4倍から2倍の範囲となる。例えば、撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合、算定できるひびわれ幅は0.2mmから1.6mmの範囲となる。</p> <p>【ひびわれ長さ】 撮影画像の空間分解能と、ひびわれと判別された画素の数を乗じて算定される。ただし、隣り合う画素が斜め45°方向の部分については、空間分解能を<math>\sqrt{2}</math>倍した長さで算定される。</p>
	<p>ひび割れ以外</p> <p>-</p>
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> <p>実際のコンクリートのひびわれ幅の実測値と本手法による解析値を比較したところ、以下の通りであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影画像の空間分解能が0.4mm/pixelの場合 測定点数144点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は79%, ±0.3mmの範囲にある割合は93%</li> <li>・撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合 測定点数216点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は68%, ±0.3mmの範囲にある割合は81%</li> </ul> <p>なお、実測値は2人の点検員が同じ場所のひびわれ幅をクラックスケールで計測したものであり、解析値はカメラを3機種用いて同じ場所のひびわれ幅を本手法により推定したものであり、ここではその全てのデータに対して比較している。</p>
	<p>変状の描画方法</p> <p>ひびわれ: ポリライン</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p> <p>JPEG</p>
	<p>ファイル容量</p> <p>制限無し</p>
	<p>カラー/白黒画像</p> <p>カラー</p>
	<p>画素分解能</p> <p>本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲は0.2~0.8mm/pixelである。この時に算定できるひびわれ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4~2倍の範囲である。 ・例えば、空間分解能0.4mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.1~0.8mmとなる。 ・例えば、空間分解能0.8mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.2~1.6mmとなる。 ただし、定量的に評価できるひびわれ幅の最小値は0.1mmである。すなわち、空間分解能0.2mm/pixelの画像であっても、この場合に評価できるひびわれ幅の最小値は、空間分解能の1/4である0.05mmではなく、0.1mmとなる。</p>
	<p>その他留意事項</p> <p>ひびわれ直上がチョーキングされている場合は、ひびわれを正確に検出することが難しい。また、検出された場合でも、ひびわれ幅を正確に定量的に評価することも難しい。</p>
<p>出力ファイル形式</p>	<p>JPG/DXF/MS Excel</p> <p style="text-align: center;">2-1-53</p>

<p>調書作成支援の手順</p>	<p>本画像解析を実行すると、出力結果がJPG形式やDXF形式、MS Excelファイルとして、自動的に所定のフォルダー内に保存される。また、これらをMS Excelのシート上に一括して貼付したファイルが自動的に生成される。そのため、点検調書などを作成する時に、個別ファイルを専用のアプリケーションを立ち上げることなく、MS Wordなどの文書ファイルに効率的に貼付することができる。</p> <p>本画像解析を実行して得られる結果は以下のファイルである。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1)入力画像(あおり補正、画像合成などを実施した後の画像)(JPG形式)</li> <li>2)ひびわれ図(DXF形式)</li> <li>3)入力画像上にひびわれ図を重ねた画像(JPG形式)</li> <li>4)ひびわれ幅ごとのひびわれ長さに関するヒストグラム(MS Excelファイル)</li> </ol> <p>このひびわれ図は、ひびわれ幅の範囲ごとに色分けして表示することができる。また、Excelファイルのヒストグラム上には、以下の値が自動的に表示される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5)ひびわれ総延長</li> <li>6)平均ひびわれ幅</li> <li>7)ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)</li> </ol> <p>なお、予め書式に合わせたMS Excel形式の出力フォーマットを作成しておけば、書式に合わせて出力を自動化することもできる。</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。</li> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 撮影画像の空間分解能が、0.2~0.8mm/pixelの画像であること。</li> <li>2) 検出したいひびわれの最小幅に対して、空間分解能をその最小幅の2倍以下の範囲に設定した画像であること。 (例えば、検出したいひびわれの最小幅が0.2mmのとき、撮影画像の空間分解能を0.8mm/pixel以下に設定)</li> <li>3) 被写体に正対した時の法線に対して、30°以内の角度で撮影した画像であること。</li> </ol> </ul>
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE(ティー・ドット・ウェーブ)(自社開発ソフト)</li> <li>・Windows10 64bit</li> <li>・MS Excel2013以降</li> </ul>

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	-	-

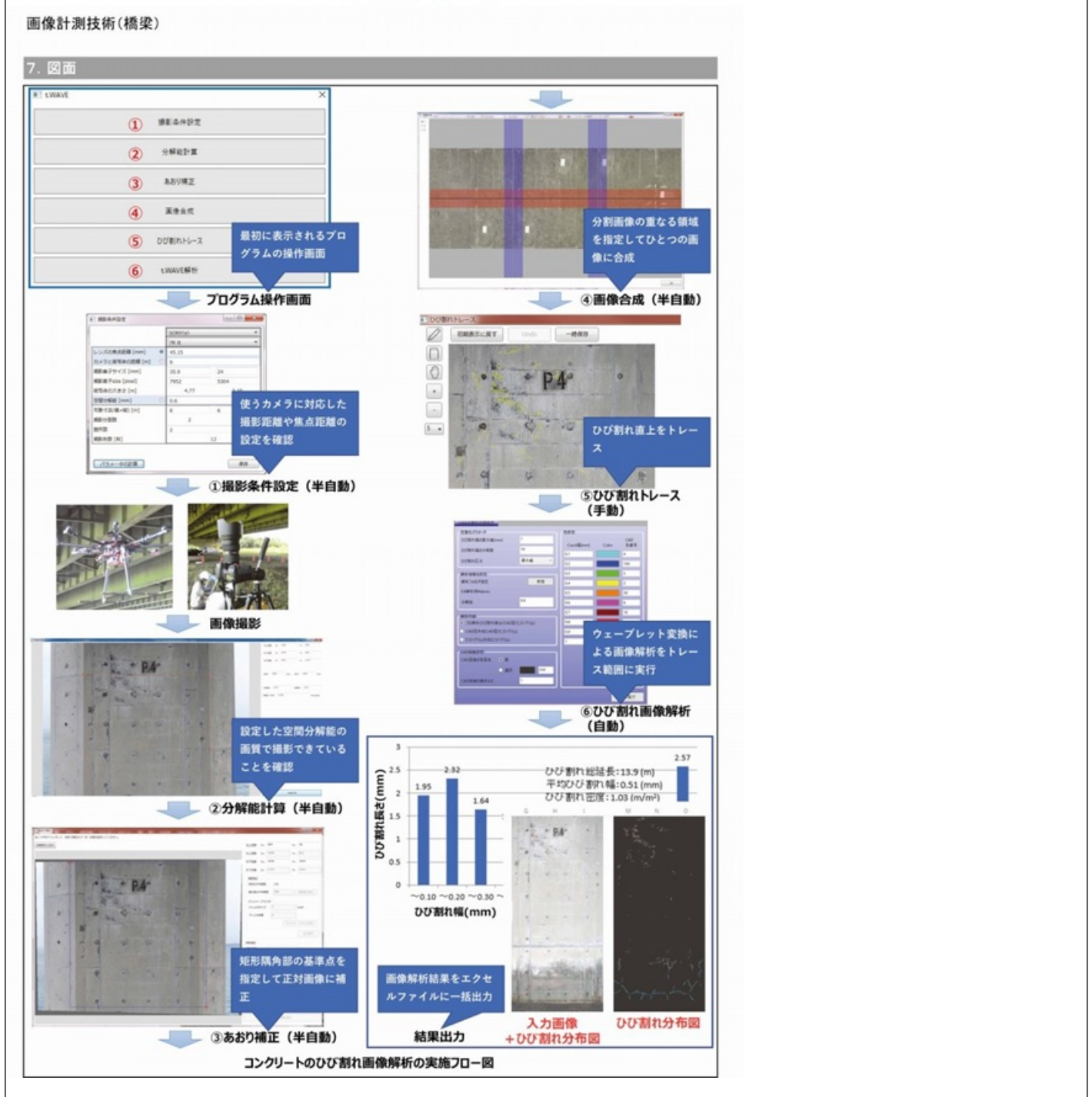
6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特に必要なし	マニュアルに従って操作すれば解析可能
	必要構成人員数	ひびわれ画像解析プログラム操作1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	現場, オフィス等	-
	点検費用	橋梁条件 橋脚の側面 3,000m <sup>2</sup> (高さ10m×周長15mの橋脚側面20面) ※橋梁橋脚の側面を地上から視認して操縦可能なUAVを用いて撮影して, 本技術によるひびわれ画像解析を実施した場合(現地撮影費用と屋内画像解析費用の合算) 調査費用:100万円(現地撮影), 200万円(画像解析) 機械経費:30万円(UAV使用) その他費用:100万円(交通費・管理経費など) 合計:430万円	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	クラウドでの解析. 年間契約者は月300枚まで追加料金なしで利用可能 少量利用者:1000円/枚(クラウド版のみ) 年間契約者:240万円(スタンドアロン版(3ライセンス)インストール可能)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	プログラムの導入および使用方法に関するサポートあり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	



7. 図面

コンクリートのひび割れ画像解析の実施フロー図



# 1. 基本事項

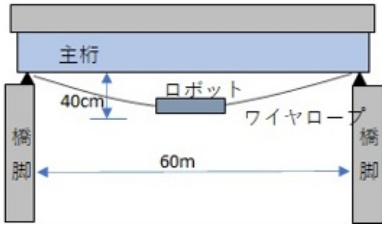
技術番号	BR010008-V0424			
技術名	ワイヤ吊下式目視点検ロボット			
技術バージョン	バージョン1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社イクシス			
連絡先等	TEL: 044-589-1500	E-mail: ix-s-npro@ixs.co.jp	ビジネス開発ロボット部門 金野寿哉	
現有台数・基地	4台	基地	神奈川県川崎市幸区新川崎7-7	
技術概要	本技術は、構造物の高所の目視点検をワイヤ架設式の移動式ロボットにてカメラ撮影を取入れて行う技術で、取得した画像データを用いて専用アプリケーションで床版のひびわれの自動検出を行う技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋		
	対象部位	上部構造(床版) H形鋼桁橋(その他(上部構造(主桁、床版)))		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ④破断 ⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ	
		その他		
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損			
検出原理	画像(静止画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は画像取得機能を有した移動式ロボットある移動装置内にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</li> <li>・アタッチメント部は、姿勢自動調整装置により測定デバイスレンズ部が測定箇所に対し常時正対し画像データを取得することが可能であり、計測したデータは制御用PCに記録・保存される。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【懸架型】</p> <p>計測装置は懸架型であり、測定起点側と終点側のそれぞれ2箇所ずつ計4点で固定されたロープ2本の上にガイドローラーを設置する機構で、計測位置に移動し停止して測定(静止画撮影)する作業を一定間隔で繰り返す。撮影位置への位置調整は、本体の設置されているワイヤーを手動または、自動巻取りウインチ装置で行う。</p>  <p>図1. 計測装置設置図</p>   <p>写真1. ワイヤ敷設状況</p>	
	運動制御機構	通信	・有線式
		測位	・回転式パルスカウンターにて距離を算出し測位(パルスカウンターは、ガイドローラーに装着)
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置):</li> <li>・最大外形寸法(L600mm×W600mm×H300mm)</li> <li>・最大重量(15kg)</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:外部電源</li> <li>・定格容量:100V、2A</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	<p>・「移動装置と一体的な構造」移動装置の側面部左右2箇所(計4箇所)に専用アタッチメントで2本のロープを挟みこむ様に設置する。</p>  <p>写真1. 移動装置設置状況</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CANON製カメラ 型番EOS70</li> <li>・センサーサイズ(縦222.5mm×横15.0mm)、ピクセル数(1800万画素)、焦点距離(18mm)</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平15°~-15°</li> <li>・鉛直15°~-15°</li> </ul>
		角度記録・制御機構 機能	・PAN軸、Tilt軸自動制御可能
測位機構		・移動装置測位機構と共用	
耐久性	-	2-1-59	
動力	・外部電源(発電機等AC100V出力)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給		

	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
データ収集・通信装置	設置方法	・ノート型パソコン(オペレーティングシステム Windows10)
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	最大外形寸法(W270 mm×L188 mm×H19 mm) 最大重量 (1.1kg)
	データ収集・記録機能	・カメラで取得した画像データを記録メディア(SDカード)または制御用PCに保存する。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・外部電源(発電機等AC100V)より移動装置へ専用電源ケーブルにて供給
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	
	標準試験値	-	
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	
	標準試験値	-	
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【懸架型】 ・最大ロープの長さ:50m	・ロープは2本、長さは、最小5m～最大50m範囲で径間 起点側と終点側に敷設すること。 ・ロープには、980Nの張力を掛けること
	標準試験値	未検証 	
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	-	
	標準試験値	-	


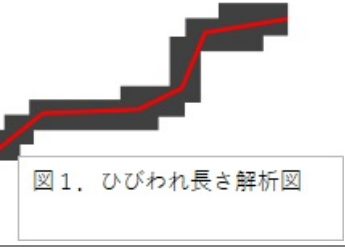
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		無		
		性能値	未検証		-	
		標準試験値	未検証		-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有		
		性能値	・最小ひびわれ幅0.05mm ・計測精度:未検証		-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.09mm		・超解像度を使用 ・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:1.0m ・照度:261.3 lx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
			性能値	未検証		-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0.86%		・真値:3.029m ・測定値:3.003m  ・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:3.0m ・照度:91.2 lx
		位置精度	性能確認シートの有無 ※		無	
			性能値	未検証		-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.069, 0.044) (m)		・真値(x, y)=(2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(2.824, 0.853) (m) ・照度:91.2 lx
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有			
	性能値	未検証		-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 フルカラチャート識別可能		・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:1.0m ・照度:91.2 lx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>①ひびわれ箇所の自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを抽出する。</p> <p>②撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。ロボットの位置情報等を基に自動でつなぎ合わせる。</p> <p>③ひびわれ幅、長さを自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>・「イクシスクラウド Ver1.0」(自社開発ソフト)</p> <p>WEBアプリケーションの為、随時バージョンアップをして提供します。</p>	
	検出可能な変状	<p>・ひびわれ(幅、長さ)</p>	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<p>・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出 検出方法及びひびわれ幅算出</p> <p>①取得画像からひびわれ位置を検出(コンクリート部分とひびわれ部の色の違いにより判別)</p> <p>②ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。</p> <p>・撮影条件・仕様等 弊社ロボットに搭載のカメラ(撮影条件調整済)にて撮影</p> <p>【移動方向ラップ率】 30%</p> <p>【被写体との距離】 ひびわれ幅分解能 0.05mm 測定距離 0.5m以内 ひびわれ幅分解能 0.2mm 測定距離 2.0m以内</p> <p>・画像解析ソフト(自社開発ソフト)による自動検出に用いる教師データは、コンクリート構造物としてRC床版橋におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約5橋分、総数10径間)を解析しソフトウェア開発者が学習させている。</p> 
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<p>・幅:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ幅自動(算出) ひびわれに直交するピクセル数と解像度よりひびわれ幅を自動算出する。</p> <p>・長さ:画像解析ソフト(自社開発ソフト)によりひびわれ沿いの長さを自動(算出)計測</p> <p>①ひびわれとして抽出された画像領域(下図黒)を細線化し、形状を折れ線として抽出する</p> <p>②折れ線を構成する各線分について2点座標間の距離を算出して合計すること、ひびわれの全長をピクセル単位で求める</p> 
		ひび割れ以外	<p>・人が画像を確認する</p>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<p>・ひびわれの検出:検出率95%(測定対象面積200㎡の場合)</p>
	変状の描画方法	<p>・点群データ(ラスタ画像)</p> <p>ただし、ひびの幅・長さを算出する際や、DXFに変換する際に、内部的にベクタとしてひびを扱う</p>	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG (当社計測装置にて撮影した画像)
		ファイル容量	6MB程度 (当社計測装置にて撮影した画像)
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		ひびわれ幅 ①0.2mmを検出(測定点との距離2.0m以内) 0.3mm/Pixel 以内 (当社計測装置のロボットにて撮影した画像)	
その他留意事項		<p>・超解像技術を利用</p> <p>・当社計測装置以外で撮影した画像に関しては応相談</p>	
出力ファイル形式	<p>WEBアプリケーションにてビューワを提供、以下の情報をダウンロードで提供</p> <p>JPEGで個別の損傷抽出した画像と、つなぎあわせた1径間の画像</p> <p>DXFで1径間の損傷位置の図面</p>		
		<p>①点検ロボットで計測記録した画像を当社に何らかの手段で引き渡す。</p> <p>②当社にてデータの解析及び合成を行う 2-1-63</p> <p>※損傷抽出機能、複数毎の画像データの合成、画像データのラップ率は30%で重ね合わせ画像データ類似点を検出し重ね合わせる。</p>	

<p><b>調書作成支援の手順</b></p>	<p>③損傷マップの自動作成機能 前工程で得られた損傷個所の位置情報から損傷マップを自動作成、ひびわれ幅損傷マップは、ひび幅により色分けして表示される。 ④クラウドから解析結果のデータをダウンロードし、出力する。 ※インターネット網に接続しているパソコンが必要</p>
<p><b>調書作成支援の適用条件</b></p>	<p>・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1) 被写体に対して正対して撮影 ※センシングデバイス(カメラユニット)部は、内臓の角度計で傾き値を取得し自動鉛直補正正対する機能を有する。 2) ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.2mmの場合は、画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影する。測定点と計測装置距離は、2.0m以内</p>
<p><b>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</b></p>	<p>・現地での入力: 弊社より提供のPC (現場での作業時のみ) ・点検調書データのダウンロード: ブラウザ Chrome ・「イクシスクラウド ver1.0」(自社開発ソフト)</p>



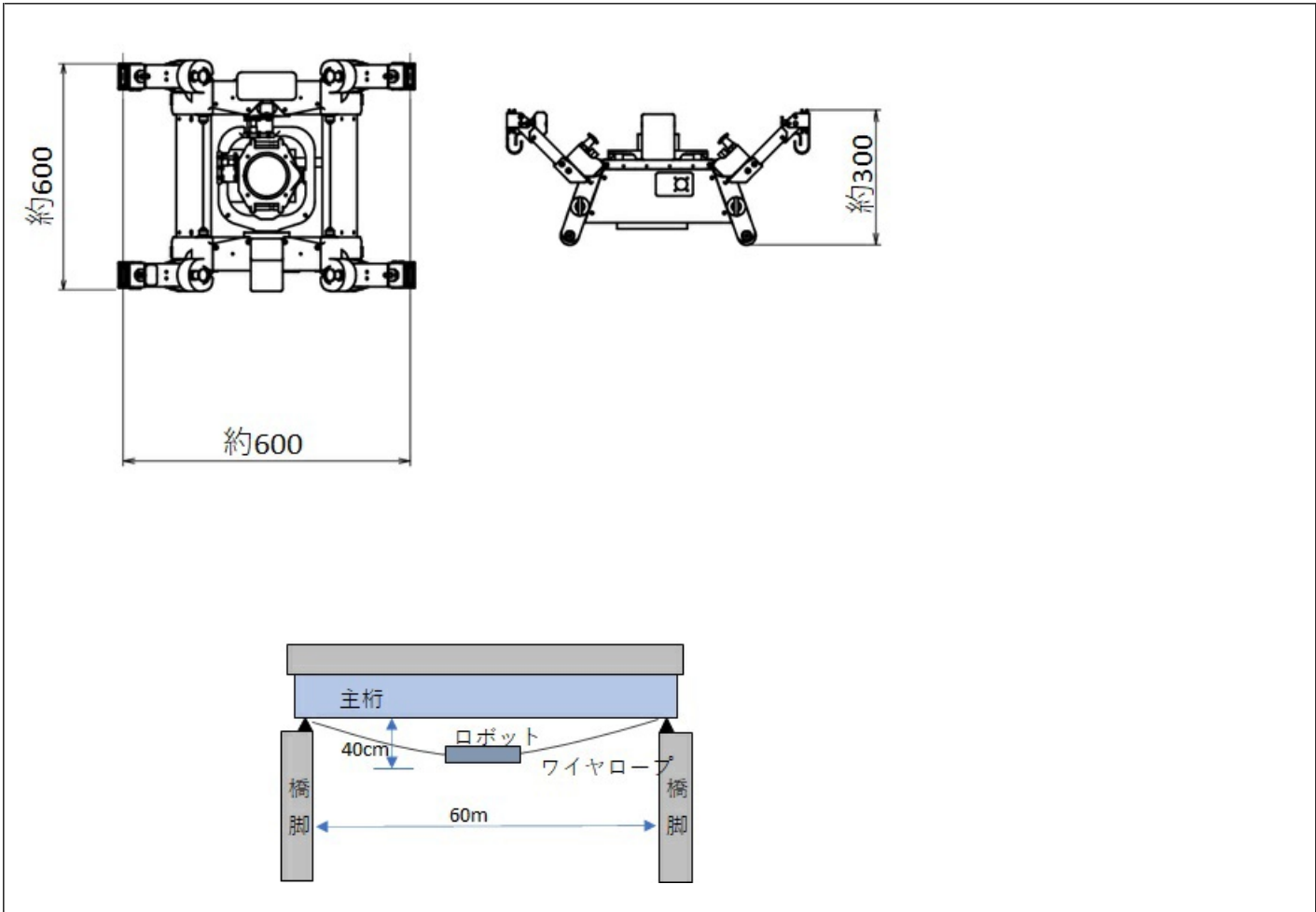
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下と移動装置の離隔幅は、0.4m以上を保持すること。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	高所作業における一般的な安全事項実施のこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	装置設置位置(橋脚天端)へ立ち入りの際に交通規制を行う可能性がある。	-
	その他	計測装置設置・撤去時作業足場を設けること	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	計測装置設置・測定マニュアル(イクシス社製)の理解	-
	必要構成人員数	操作1人、補助員2人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格作業は無し	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置外観が視通できる範囲	-
	点検費用	対象となる橋梁条件を設定し、その点検費用を記載する。 ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まない。 【橋梁条件】 橋種[鋼桁橋] 支間長[最大50m] 幅員[10m] 部位・部材:[コンクリート床版] 活用範囲:500m2 検出項目:ひび割れ(長さ、幅) 費用:¥1,000,000(機器レンタル費+計測費+画像解析費)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態:リース等の入手性	レンタル/画像解析	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり	-
	センシングデバイスの点検	製品提供会社(イクシス社)による自社点検	自社点検項目に従い実施
その他	-	-	

### 7. 図面



# 1. 基本事項

技術番号	BR010009-V0424		
技術名	全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術		
技術バージョン	-	作成:	2024年3月
開発者	株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク		
連絡先等	TEL: 03-6264-4648	E-mail: jiw_dbk@jiw.co.jp	事業推進部 建設土木担当
現有台数・基地	J2:200機 S2+:50機 X2:3機 X10:2機	基地	〒104-0061東京都港区六本木7-10-25 〒537-0021大阪府大阪市東成区東中本3-16-23 NTT東成ビル3F
技術概要	<p>本技術は狭小部(直径1.2m空間)に進入可能なインフラ点検用ドローンに関するものである。本計測機器は飛行中、画像処理によって構造物をリアルタイムで3次元空間として把握し、画像処理の機能によって一定の離隔(J2,S2+,X2,X10:1m、50cm)を確保しながら障害物との衝突を自動的に回避するドローンである。これらの機能は非GPS環境下に於いても動作する。前面部にはsonyのセンサーを用いたデジタルカメラを搭載している。点検用途で利用するための角度変更が可能なチルト、およびブレ防止のジンバル(3軸ジンバル)によって動作を制御する。</p> <p>本技術を利用した場合、ドローンによる橋梁の狭小部(部材間)をタブレット端末またはプロポ(送信機)を用いて撮影することができる。狭小部への進入に際して障害物を自動的に回避する機能を有することから、桁間、トラス部材間、フランジ上面、支承付近など、塗装剥がれやひびわれ、腐食状況などを撮影することができる。</p> <p>X2では、J2の機能をそのままに、赤外線カメラ、ズーム機能等を備えている。</p> <p>X10では、赤外線カメラ、ズーム機能、照明等を備えており、オプションパーツにより機能を変更できる。</p> <p>ドローンで撮影した画像をオルソモザイク作成及びひびわれ図、3Dデータ作成等を可能としている。</p> <p>2023年度までに約800橋のドローン点検を実施しており、点検可否及び自社内業システムの使用によって点検全体の効率化を図る技術である。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン,斜張橋,外ケーブル,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,遮音施設,照明施設,標識施設,舗装) 排水施設(排水管) 点検施設 添架物 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版・側壁・底版・隔壁・その他,翼壁,周辺地盤) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版,支承部(支承本体)) RC床版橋(上部構造(主桁),支承部(支承本体))	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ
		その他	⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害 ⑰その他
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑭定着部の異常 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損 ㉒土砂詰まり		
検出原理	画像(静止画/動画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>[J2, X2, S2+, X10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の上面部と底面部に各3点ずつ、計6点の魚眼カメラを搭載している。</li> <li>・計測機器を稼働させるためのバッテリーは磁力で計測機器本体の底面部に装着および脱着する。</li> <li>・移動装置の前面部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを装着し、飛行中、動画の自動撮影を実施する。静止画を撮影する場合、操縦者が操作する送信機に有線接続されたタブレット端末から撮影ボタンによる操作が必要となる。計測したデータは計測機器に内蔵されるmicroSDカードに記録・保存される。</li> <li>・計測データは計測終了後、計測機器に挿入されているmicroSDカードから処理用端末にコピーし、処理を行う。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	J2, X2, S2+, X10	
	移動原理	<p>[J2, X2, S2+, X10]</p> <p>〈飛行型〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機体は4枚羽のドローンであり、搭載された6点の魚眼カメラの映像から周囲との距離を計算し、360°を常時画像解析することで一定の離隔を常に確保し続け、障害物との衝突を回避する。画像処理によって飛行する傍ら、GNSS測位による計測データへの位置情報付与なども可能である。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	<p>[J2, X2, S2+]</p> <p>無線通信を利用。 周波数: 2.4GHz帯、出力: 10mW/MHz</p> <p>[X10]</p> <p>無線通信を利用。 周波数: 2.4GHz帯、出力: 10mW/MHz 周波数: 5GHz帯</p>
		測位	<p>[J2, X2, S2+]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS</li> <li>・GLONASS</li> <li>・V-SLAM</li> </ul> <p>[X10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS</li> <li>・GLONASS</li> <li>・Galileo</li> <li>・BeiDou</li> <li>・V-SLAM</li> </ul>
	自律機能	<p>[J2, X2, S2+, X10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自律機能有、V-SLAMによる制御機構への入力には6点の魚眼カメラ及びメインカメラの映像信号。</li> </ul>	
	衝突回避機能(飛行型のみ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・映像信号を用いた全天球方向の近接物認識により、プロペラから約1mの離隔を確保する。アグレッシブモードという近接撮影モードを利用する際は、プロペラから50cmまでの距離での近接が可能となる。</li> </ul>	
外形寸法・重量	<p>[J2]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置): (L223mm×W273mm×H74mm)</li> <li>・最大外形寸法: (L223mm×W273mm×H74mm)</li> <li>・最大重量(775g)</li> </ul> <p>[X2]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置): (L663mm×W569mm×H211mm)</li> <li>・最大外形寸法: (L663mm×W569mm×H211mm)</li> <li>・最大重量(1325g)</li> </ul> <p>[S2+]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置): (L229mm×W274mm×H126mm)</li> <li>・最大外形寸法: (L229mm×W274mm×H126mm)</li> <li>・最大重量(800g)</li> </ul> <p>[X10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置): (L790mm×W650mm×H145mm)</li> <li>・最大外形寸法: (L790mm×W650mm×H145mm)</li> <li>・最大重量(2110g)</li> </ul>		
搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
動力	<p>仮設電源: 無し</p> <p>[J2]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・移動装置のバッテリーより供給</li> <li>・定格容量: 11.4V、-4,280mAh (48.79Wh)</li> </ul> <p>[J2]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・移動装置のバッテリーより供給</li> <li>・定格容量: 11.4V、-8200mAh (95Wh)</li> </ul> <p>[S2+]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・移動装置のバッテリーより供給</li> <li>・定格容量: 11.07V、-5,410mAh (59.89Wh)</li> </ul> <p>[X10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・移動装置のバッテリーより供給</li> <li>・定格容量: 18.55V、-8419mAh (156Wh)</li> </ul>		
	<p>[J2]</p> <p>23分(外気温: -5~40°Cの場合)</p> <p>[X2]</p> <p>2-1-69</p>		

	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	35分(外気温:-5~40℃の場合) [S2+] 27分(外気温:-5~40℃の場合) ※連続飛行をする場合、一度手元に戻し、電源断→バッテリー交換→電源入(約2分)が追加される [X10] 40分(外気温:-20~45℃の場合)		
計測装置	設置方法	[J2, X2, S2+, X10] 移動装置と一体的な構造		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	センシングデバイス	カメラ	[J2, S2+] ・SONY製カメラ 型番IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056pixel×3040pixel)、焦点距離(20mm[35mm換算]) [X2] SONY製カメラ 型番IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056pixel×3040pixel)、焦点距離(20mm[35mm換算]) 赤外線カメラ FLIRボソン320(ジンバル) ・センサー(非冷却マイクロボロメーター)、ピクセルサイズ(12μm)	
			[X10] ・SONY製カメラ 型番IMX989 広角レンズ ・CMOS(1インチ)、8192 X 6144、焦点距離(20mm[35mm換算]) 望遠カメラ ・CMOS(1/2インチ)、8000 X 6000、焦点距離(190 mm[35 mm 相当]) 狭陰カメラ ・CMOS(1/1インチ)、9248 X 6944、焦点距離(46 mm[35 mm 相当]) 赤外線カメラ Flir Boson+ Uncooled VOx Microbolometer ・センサー(非冷却マイクロボロメーター)、ピクセルサイズ(12 um)	
			パン・チルト機構	[J2, X2, S2+, X10] ・鉛直-110°~90°
			角度記録・制御機構 機能	[J2, X2, S2+, X10] ・ジンバルにて方向制御可能。角度記録なし。
			測位機構	[J2, X2, S2+] ・GLONASS, V-SLAM, IMU, 飛行運動制御機構と共用 [X10] ・GLONASS, Galileo, BeiDou, V-SLAM, IMU, 飛行運動制御機構と共用
	耐久性	-		
	動力	[J2, X2, S2+, X10] ・移動装置のバッテリーより供給(直接接続)		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	[J2, S2+] ・5時間 [X2] ・3時間 [X10] ・5時間 外気温が高いときには、冷却時間が必要。		
データ収集・通信装置	設置方法	[J2, X2, S2+, X10] 移動装置と一体的な構造 移動装置のmicroSDスロットにSDカードを挿入する		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	[J2, X2, S2+, X10] ・記録メディア(microSDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを有線接続された送信機経由でタブレット端末に伝送し、内部ストレージに保存、もしくはmicroSDを取り出し、パソコンなどの内部ストレージにコピーする		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	[J2, X2, S2+, X10] 機体内部のmicroSDカードに保存する		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	移動装置と一体であるバッテリーから供給		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※ 有		
	性能値	未検証	-
	標準試験値	<p>標準試験方法 地上・自然風 (2019)                      実施年 2022年                      &lt;機種J2&gt;変化量:0cm                      &lt;機種X2&gt;・変化量:0cm                      &lt;機種S2+&gt;・変化量:0cm</p> <p>実施年 2024年                      &lt;機種X10&gt;・変化量:0cm</p> <p>標準試験方法 室内・人工風(2023)                      実施年 2024年                      &lt;機種X10&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・風速:3.0m/s 正面(側面)                          水平方向 最大移動量:6cm(10cm)                          鉛直方向 最大移動量:3cm(2cm)</li> <li>・風速:5.0m/s 正面(側面)                          水平方向 最大移動量:13cm(15cm)                          鉛直方向 最大移動量:2cm(2cm)</li> <li>・風速:8.0m/s 正面(側面)                          水平方向 最大移動量:23cm(26cm)                          鉛直方向 最大移動量:8cm(4cm)</li> </ul>	<p>&lt;機種J2&gt;                      ・計測器が雨に晒されないこと                      ・風速11m/s未満の自然風であること</p> <p>&lt;機種X2&gt;                      ・水平移動無し                      ・風速 1.2m/s</p> <p>&lt;機種S2+&gt;                      ・水平移動無し                      ・風速 3.8m/s</p> <p>&lt;機種X10&gt;                      ・水平移動無し                      ・風速 2.2m/s</p>
3-2 進入可能性	性能確認シートの有無 ※ 有		
	性能値	<p>【飛行型】                      &lt;機種J2&gt;                      ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ (-、1200、-) (mm)                      &lt;機種X2&gt;                      ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ (-、3000、-) (mm)                      &lt;機種S2+&gt;                      ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ (-、1200、-) (mm)                      &lt;機種X10&gt;                      (-、3000、-) (mm)</p>	-
	標準試験値	<p>標準試験方法 桁間に進入する場合 (2022)                      実施年 2022年                      【飛行型】                      &lt;機種S2+&gt;                      5.6m×3.7m×3.7m進入可能</p> <p>標準試験方法 桁間に進入しない場合 (2022)                      実施年 2024年                      &lt;機種X10&gt;                      桁下空間:高さ5.0m進入可能</p> 	<p>&lt;S2+&gt;                      ・風速:4.7m/s</p> <p>&lt;機種X10&gt;                      ・風速:4.6m/s</p>
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無		
	性能値	<p>【飛行型】                      &lt;機種J2,S2+&gt;                      ・最大距離:300m</p> <p>&lt;機種X2&gt; 2-1-71                      ・最大距離:500m</p> <p>&lt;機種X10&gt;</p>	<p>&lt;機種J2,S2+&gt;                      ・操作場所からの最大距離300m (狭小部進入による電波の回り込みを含む)                      ・周囲に電波を発するものがないこと                      ※送信機のカタログスペック上、3.5kmまで電波伝送可能だが、本計測装置と併用して通信距離が200mを超える場合には、計測装置からタブレット端末への映像伝送に乱れが生じる場合がある。</p>

		・最大距離:500m	<機種X2><機種X10> ・操作場所からの最大距離500m
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2024年 <機種X10> ・50m	<機種X10> ・風速:2.2m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 <機種J2> ・移動速度:0.7m/s <機種X2> ・移動速度:0.17m/sec <機種S2+> ・移動速度:0.086m/sec 実施年 2024年 <機種X10> ・撮影速度:0.024m <sup>2</sup> /sec	<機種J2> ・風速:1.4m/s <X2> ・風速:0.1m/s ・飛行距離:6.0m ・所要時間:36秒 <S2+> ・風速:3.5m/s ・飛行距離:12.0m ・所要時間:2分20秒 <X10> ・風速:0.0~5.5m/s ・撮影面積:16.5m <sup>2</sup> ・所要時間:11分27秒
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 <機種J2> ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.17mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0mm <機種X2> ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.31mm <機種S2+> ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.095mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.16mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.11mm 実施年 2024年 <機種X10> ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm <sup>2-1-73</sup> 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.3mm	<機種J2> ・被写体距離:2.0m ・照度:253.2lux <機種X2> ・被写体距離: 1.5~2.0 m ・風速:0.1~1.2 m/s ・照度:11.9~76.8 kLux <機種S2+> ・被写体距離:0.5~1.0m ・照度:8.8~79.7lux ・風速: 0.3~1.2 m/s <機種X10> ・被写体距離: 2.0m ・照度: 6.60~63.8 kLux ・風速: 0.0~5.5 m/s

計測装置	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.00mm		
			性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	<p>標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 &lt;機種J2&gt; ・相対誤差:0.03%</p> <p>&lt;機種X2&gt; ・相対誤差:1.62%</p> <p>&lt;機種S2+&gt; ・相対誤差:1.9%</p> <p>実施年 2024年 &lt;機種X10&gt; ・相対誤差:1.3%</p>	<p>&lt;機種J2&gt; ・真値:3.029m ・測定値:3.030m</p> <p>・被写体距離:2m ・風速:1.7m ・照度:16000lux</p> <p>&lt;X2&gt; ・真値:5.056m ・測定値:4.974m</p> <p>・被写体距離 4m ・風速 1.6 m/s ・照度 14.7~40.7 kLux</p> <p>&lt;S2+&gt; ・真値:5.590m ・測定値:5.484m</p> <p>・被写体距離 2.7m ・風速 1.2 m/s ・照度 13.1~79.7 kLux</p> <p>&lt;X10&gt; ・真値:-3.551m ・測定値:-3.512m</p> <p>・被写体距離 5.0m ・風速 0.0~2.6 m/s ・照度 10.3~45.4 kLux</p>
			性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	<p>標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 &lt;機種J2&gt; ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.001, 0.001) (m)</p> <p>&lt;機種X2&gt; ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.014, 0.151) (m)</p> <p>&lt;機種S2+&gt; ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.032, 0.190) (m)</p> <p>実施年 2024年 &lt;機種X10&gt; ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.039, -0.031) (m)</p>	<p>&lt;機種J2&gt; ・真値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(-2.824, 0.896) (m) ・被写体距離:2m ・風速:1.7m ・照度:16000lux</p> <p>&lt;機種X2&gt; ・真値(x, y)=(-4.456, -2.389) (m) ・測定値(x, y)=(-4.442, -2.238) (m) ・被写体距離 4m ・風速 1.6 m/s ・照度 14.7~40.7 kLux</p> <p>&lt;機種S2+&gt; ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.045, -2.150) (m) ・被写体距離 2.7m ・風速 1.2 m/s ・照度 13.1~79.7 kLux</p> <p>&lt;X10&gt; ・真値(x, y)=(-3.551, -1.431) (m) ・測定値(x, y)=(-3.512, -1.400) (m)</p> <p>・被写体距離 5.0m ・風速 0.0~2.6 m/s ・照度 10.3~45.4 kLux</p>
			性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	<p>標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 &lt;機種J2&gt; ・相対誤差:0.03%</p>	<p>&lt;機種J2&gt; ・照度:90.3lux</p>
			性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
標準試験値	<p>標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 &lt;機種J2&gt; ・相対誤差:0.03%</p>	<p>&lt;機種J2&gt; ・照度:90.3lux</p>			

長さ計測精度

位置精度

<p>4-4 色識別性能</p>	<p>標準試験値</p>	<p>・フルカラーチャート識別可能                  &lt;機種X2&gt;                  ・フルカラーチャート識別可能                  &lt;機種S2+&gt;                  ・フルカラーチャート識別可能                  実施年 2024年                  &lt;機種X10&gt;</p>	<p>&lt;機種X2&gt;                  ・照度:11.9~76.8 kLux                  &lt;機種S2+&gt;                  ・照度: 13.1~79.7 kLux                  &lt;機種X10&gt;                  ・照度: 10.7~42.4 kLux</p>
------------------	--------------	--	---

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>基本パターン1で変状を検出している パターン1 ①手元モニターで損傷部を目視で確認して、撮影を行う。 ②内業で自社システム(WayMark Yacho)を使用し、1m及び50cmで損傷部を撮影したデータと事前に撮影しているキャリブレーションデータを比較し、測定を行う。</p> <p>パターン2 ドローンで撮影し、得られた画像データから変状を検出する手順を示す。 ステッチ(合成画像)及び損傷画像、3次元点群情報等から損傷の位置、大きさの把握を行う。 ①撮影した画像を正対画像及び1径間及び部材毎でつなぎ合わせる。(ステッチの作成)(手動) ②ひびわれの自動検出ソフトでの抽出及びステッチ画像でクラックスケールと比較を行う。(自動及び手動) ③自動で抽出したのものについては、目視で確認し、手動で消去及び追記を行う。 ④損傷画像でひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出を行う。</p>			
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>富士フイルム株式会社「社会インフラ画像診断サービス ひびみつけ」(市販ソフト) 自社ソフト(WayMark Yacho)</p>		
	<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ0.1mm以上、鋼材の腐食、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出</p>		
	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひび割れ</p>	<p>・「ひびみつけ」はSkydio2によって撮影した画像から近接目視点検の代替として画像診断を行う。 ドローンでの損傷の撮影は正しいカメラ設定と撮り方でないと損傷が写らない可能性があります。 撮影後、「ひびみつけ」は撮影した画像の合成とAIによる損傷検出を行い、画像診断を行う際のサポートを行うツールです。 ・撮影条件及び仕様等 カメラ機種:ドローン内蔵カメラ(1200万画素) 撮影モード:マニュアルモード ISO感度:ISO 200 SSシャッタースピード:床版撮影時(晴天時500 lux以上):1/240秒以上 橋脚撮影時:Auto設定 検出性能:ひび幅0.2mmのひび:0.6mm/画素 詳細:次章撮影距離参照 画質:最高(ファイン・スーパーファイン等)</p>	<p>パターン1 現地で撮影した損傷画像にクラックスケールのキャリブレーション画像を当てて計測する。 橋梁の部材寸法を計測し損傷と比較をして計測する。 パターン2 手動の場合 ステッチ画像で確認できるひびわれを同尺度のクラックスケールを当て込み幅及び長さの計測を行う。 自動の場合 「ひびみつけ」により幅および長さを抽出し作成する。</p>
		<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>	<p>パターン1 現地で撮影した損傷画像にクラックスケールのキャリブレーション画像を当てて計測する。 橋梁の部材寸法を計測し損傷と比較をして計測する。 パターン2 手動の場合 ステッチ画像で確認できるひびわれを同尺度のクラックスケールを当て込み幅及び長さの計測を行う。 自動の場合 「ひびみつけ」により幅および長さを抽出し作成する。</p>	
		<p>ひび割れ以外</p>	<p>ステッチ画像で確認できる損傷を同尺度のクラックスケールを当て込み幅及び長さの計測を行う。</p>	
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>ひびわれの検出:再現率</p>	
		<p>変状の描画方法</p>	<p>ひびわれ:ポリライン ひびわれ以外:ポリゴン 橋梁部材データ:点群データ</p>	
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG、DXF、DWG、TIFF、PNG</p>	
		<p>ファイル容量</p>	<p>-</p>	
		<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー 白黒画像</p>	
<p>画素分解能</p>		<p>検出性能:ひび幅0.2mmのひび:0.6mm/画素</p>		
<p>その他留意事項</p>		<p>画像の品質に精度が伴う。</p>		
<p>出力ファイル形式</p>	<p>JPEG、DXF、DWG、TIFF、PNG</p>			
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>依頼内容によって作成メニューは変わります。 【対応可能項目】 ①飛行前検討で、橋梁資料及び現地状況データを受領し、点検可否及び費用算出を行う ②計画書作成 ③現場撮影(自社システム) ④データ整理(自社システム) ⑤損傷図作成 ⑥点検調書作成 ⑦ひびわれ解析 ⑧3D点群作成 ⑨データを納品</p>			
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>桁内や曇天時は光量が足りず撮影が困難です。 ドローンを移動しながら撮影する場合は、1mph内の速度とし、1shot/sの撮影間隔で撮影する必要がある。 内蔵カメラはISO200より上げると画質劣化の可能性があり。F値 F2.8 対象から正対して撮影する必要があります。</p>			
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>現地での撮影:J2、X2、S2+、X10 2-1-76 データダウンロード、OS:windows8以上、ブラウザ、Chrome</p>			


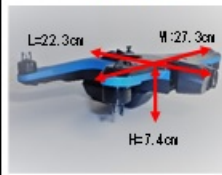





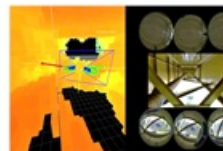
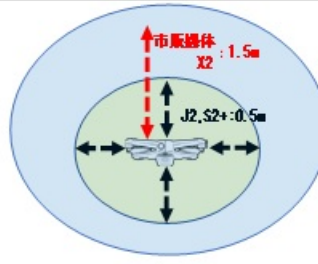

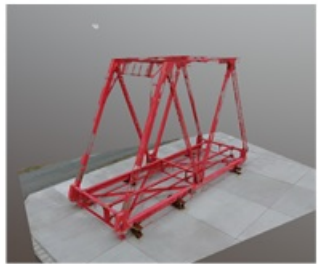
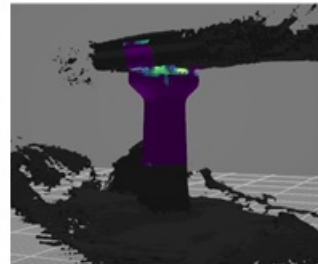

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	【J2, S2+】 桁下高さ1m程度は進入のために必要 【X2】 桁下高さ2m程度は進入のために必要 【X10】 桁下高さ3m程度は進入のために必要	植生がある場合伐採が必要
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	【J2, X2, S2+, X10】 飛行中は操縦者および補助者による監視し、作業中看板の設置。 バッテリーと移動装置を配線構造ではなく、マグネットの接続端子構造にしているため、衝撃を受けた際に本体と外れることにより、発火の危険性が少ない構造となっている。	-
	無線等使用における混線等対策	事前に無線の混線状況を確認すること	-
	道路規制条件	-	路面上での作業を行う時は、第三者及び影響範囲においては、管理者と協議の上、規制等を行う。
	その他	【J2, S2+】 ・現場での離着陸箇所の確認を行うこと ・夜間計測不可 ・雨天計測不可 ・風速(11.2m/s)以上は飛行不可 ・照度が100lux以下は離陸不可 【X2, X10】 ・現場での離着陸箇所を確認を行うこと ・雨天計測不可	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	飛行ソフトウェア操作性について一般的な知識が必要 機体の特性および仕様の専門的な知識が必要	当社の講習を受講すること 橋梁のドローン点検においてはJIWの作業を基本としている
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作員1人、補助員1人 合計3名	現場条件により、現場責任者は操作員又は補助員を兼ねることも可、その場合の必要構成人員数は2名となる
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	当社が実施する講習を受講しており、当社が認可していること	目視外飛行やその他法令で制限される事項については国土交通省の定める「無人航空機 飛行マニュアル」に準ずる
	作業ヤード・操作場所	【J2、X2、S2+】 一般的な無人航空機の飛行環境に準ずる 作業ヤード範囲:1㎡ 操作場所:計測機器より300m以内 【X10】 一般的な無人航空機の飛行環境に準ずる 作業ヤード範囲:2㎡ 操作場所:計測機器より500m以内	【J2、S2+】 照度が確保できない閉空間は飛行不可(箱桁内部など) 離着陸箇所の機体から上空が2m未満の場所は飛行不可【X2】 離着陸箇所の機体から上空が2m未満の場所は飛行不可【X10】 離着陸箇所の機体から上空が3m未満の場所は飛行不可
	点検費用	【J2、S2+】 【橋梁条件】 直轄国道 橋梁定期点検要領による目安 橋種 [コンクリート/鋼橋] 橋長 100m 幅員 20m 部位・部材 [上部工・下部工・路面除く] 活用範囲 [1800㎡] 検出項目 [静止画、動画] 〈費用〉合計 500,000円(税込)(経費含む) 作業時間:1日 3人1班体制時 成果品:画像データ、野帳(自社システムなど) 【X2、X10】 見積対応	・基本撮影条件、橋種、点検面積によって作業内容が異なるため見積り対応となります。 標準項目:事前調査、飛行撮影検討、飛行前現地確認、現場撮影、データ整理、データ分析、損傷図作成 ・データの納品手法(3次元化、オルソモザイク作成)は別途計上
	保険の有無、保障範囲、費用	【J2、X2、S2+、X10】 対人・対物補償保険有	-
	自動制御の有無	【J2、X2、S2+、X10】 対象物へ接近するための自動飛行モード有	特定箇所への接近動作を自動で行うものであり、ウェイポイントによる広域の自動航行ではない
	利用形態:リース等の入手性	当社の研修受講者及び認可しているものにて点検実施	技術対応の例 本技術は、業務委託で実現し提供します。機体の機能確認等に関しては、レンタル及び販売も利用可能。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	【J2】 不具合時対応は、当社講習を受講者が実施	-
センシングデバイスの点検	【J2、X2、S2+、X10】 飛行前にセンサーカメラに付着した塵・汚れなどは清潔な布で拭き取ること	-	
その他	-	-	

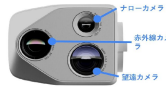
7. 図面

J2		X2	
外観	機体サイズ	外観	機体サイズ
			
V-SLAM (魚眼レンズ)		V-SLAM (魚眼レンズ)	
			
S2+		下面にも同様の箇所あり	
狭隙部への進入性能			
			
3D画像			
			



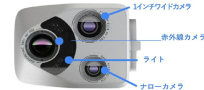
Skydio X10

### センサパッケージ



VT300-Z

モジュール	解像度	対角視野 (DFOV)
ナロー	8.4MP	50°
FLIR	640x512	40°
赤外線	48MP	12°



VT300-L

モジュール	解像度	対角視野 (DFOV)
ナロー	8.4MP	50°
FLIR	640x512	40°
赤外線	58MP	9°
ライト	Up to 2800 lumens	

Skydio X10

### 最も困難な課題に対応できるセンサー

243m(800フィート)でナンバープレートを読み取る



遠方ズームと機体傾きのための48MP赤外線モジュール  
VT300-Zで利用可能

構造物の下側を照らし、コンクリートの0.1mmの亀裂を最大限の忠実度で検出します



マッピングおよび高度検出用の30MP LiDAR赤外線モジュール  
VT300-Lで利用可能

行方不明者と暖かい道路の温度差を感知する



熱検出のための640x512放射状モジュール  
VT300-LとVT300-Zの両方で利用可能

ミッドレンジスタンドオフからの超高分解像度監視と検査



8.4MPナローモジュール  
VT300-LとVT300-Zの両方で利用可能

Skydio X10

### 要素に十分な耐久性

- 高度な耐水耐塵性能**  
IP55準拠 (雨天時のみ)
- 高い耐風性能**  
最大飛行速度: 72km/h (45mi/h)  
最大前進速度: 43km/h (27mi/h)
- 飛行可能高度**  
実用上昇限度: 4,572m (15,000ft)
- 温度変化に対応**  
動作温度範囲: -20°C ~ 45°C (-4°F ~ 113°F)

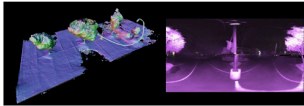


Skydio X10

### 新機能: NightSense

#### 業界初: 暗闇でのビジョンベースの自律飛行

- 自律飛行の絶対的基準であるコンピュータビジョンベースのナイトナビゲーションで、24時間365日、自律飛行ミッションを実行。
- 360度の空間認識と飛行中にインテリジェントな判断を下す。
- 可視光/赤外線で完全な暗闇でも自信を持ってナビゲート



Skydio X10

### モジュール式のプラットフォーム ニーズに合わせたカスタマイズ



Skydio X10

### アタッチメント



#### スポットライト

夜間運用中の視認性の向上

#### スポーキーとマイク

リスクの高い状況でのコミュニケーションと調整の改善

#### ナイトセンス

暗闇の中で自律飛行を許可/可視またはIR

#### AVSSパラシュー

緊急や停機中の車両に対するより安全な操作を可能にします。

#### RTK

正確なナビゲーション、マッピング、データ収集を提供

※各アタッチメントは別売です

Skydio X10

### ハードウェアの技術仕様

機体	
寸法(飛行時)	75cm x 65cm x 14.5cm
寸法(折りたたみ時、バッテリーなし)	38cm x 6.5cm x 10cm
ベース重量(バッテリー付き)	4.85 pounds/2.11 kg
機体仕様	デュアルバンドとデュアルモードの統合構造 折りたたみ式機体
カメラ	
メインカメラ	8K/10K Action Cam 5.6K
温度	Dual band (2.4 GHz and 5 GHz)
ナビゲーションカメラ	50-100 FOV 赤外線カメラ
性能	
速度範囲(風速1級、機体固有条件)	12 km / 7.5 mi
IP規格	IP55
最大飛行時間	48 min
最高速度	72 km/h / 45 mph
動作温度	-20° to 45° C / -4° to 113° F



# 1. 基本事項

技術番号	BR010010-V0424			
技術名	デジタルカメラを用いた画像計測ソリューション			
技術バージョン	1.2.1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 ニコン・トリムブル			
連絡先等	TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp	ジオスペーシャル事業部マーケティング部マーケティング課	
現有台数・基地	量産可能	基地	-	
技術概要	<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルカメラとタブレットPC (Windows10) を接続して使用する。</li> <li>現場に合わせて、一脚や台車付き三脚と組み合わせて、人力により撮影を行う。(図2参照)</li> <li>望遠レンズを使用することで、17m遠の0.2mm幅のひびわれを計測できる。</li> </ul> <p>【ソフトウェアによる撮影・画像合成】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>カメラからタブレットPCに画像を取り込むことで、リアルタイムに確認用合成画像を生成し、取り漏れがないことを確認しながら撮影ができる。(図3参照)</li> <li>環境に合わせて、カメラの設定をひび計測に適切な値に自動で調整します。</li> <li>撮影後に、高解像度合成画像を生成する。</li> </ul> <p>【自動ひびわれ検出・幅計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高解像度合成画像から、自動でひびわれを検出・幅計測ができる。</li> <li>計測したひびわれは、画像と合わせてDWG/DXFとして出力できる。</li> </ul> <p>【ソフトウェア構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高解像度合成画像の生成、自動ひびわれ検出・幅計測は、クラウド/オフィスPCのどちらでもできる。</li> </ul>			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚,橋台) 溝橋(ボックスカルバート)(側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ	①床版ひびわれ
		その他		
		共通		
検出原理	画像(動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は、デジタルカメラ、一脚、タブレットPC、タブレットホルダで構成される。</li> <li>・舗装環境では三脚と台車を使用するなど、現場に合わせて構成を変えることができる。</li> <li>・撮影面に対し、略正対した姿勢で撮影を行う。(相対角30°以内)</li> <li>・床版に対し、本計測機器ごと水平に移動し、対象領域を網羅するように撮影を繰り返す。</li> <li>・タブレット上に、確認用合成画像をリアルタイムに生成する。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・合成画像上に、現在視準している領域枠を重ねて表示することで撮影位置の調整をサポートする。</li> <li>・画像データは、タブレットPCに保存される。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影面に対し、略正対した姿勢で撮影を行う。(相対角30°以内)</li> <li>・床版に対し水平に移動し、対象領域を網羅するように撮影を繰り返す。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	人力	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	一脚に雲台を介して、カメラを取り付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・寸法、重量は使用する一脚により変動する。(図2の構成で:約40cmx40cmx150cm、3.6kgf)</li> <li>・デジタルカメラ寸法・重量                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 外形寸法:約126.5mm x 93.5mm x 229mm</li> <li>- 重量:約1.0kg</li> </ul> </li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	カメラ:(株)ニコン製デジタルカメラZ50 レンズ:(株)ニコン製レンズAF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G またはAF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED またはNIKKOR Z 20mm f/1.8 S またはNIKKOR Z MC 50mm f/2.8 またはNIKKOR Z 85mm f/1.8 S またはNIKKOR Z MC 105mm f/2.8 VR S センサーサイズ:23.5mm x 15.6mm ピクセル数:5568x3712 焦点距離:40mm (AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G)または90mm (AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED) または20mm (NIKKOR Z 20mm f/1.8 S)または50mm (NIKKOR Z MC 50mm f/2.8)または85mm (NIKKOR Z 85mm f/1.8 S)または105mm (NIKKOR Z MC 105mm f/2.8 VR S)
		パン・チルト機構	鉛直方向:上下90° 水平方向:360°
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影済み画像とのオーバーラップが適切な値になったとき、自動撮影を行う。</li> <li>・タブレット上に、確認用合成画像をリアルタイムに生成する。</li> <li>・合成画像上に、視準している領域枠を重ねて表示することで撮影位置の調整をサポートする。</li> <li>・カメラ画像により、撮影開始場所からの相対位置および、面に対する相対角を記録する。</li> </ul>
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高解像度合成画像の生成時に、各画像の撮影位置および自己位置を測位する。</li> <li>・目印となるマーカなどの座標値を記録しておくことで、ひびわれ自動計測ソフトウェアへの取り込み時に、測地系座標を付与できる。</li> </ul>
	耐久性	防水・防塵なし	
	動力	カメラは、内蔵バッテリーにて駆動する。	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約320コマ撮影可能 (標準的な使用例で約1時間に相当)	
	データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データはタブレットPC(Windows10、市販品を使用可能)に保存される。</li> <li>・一脚に、タブレットホルダを介し、タブレットPCを取り付ける。</li> <li>・カメラとタブレットPCをUSBケーブルで接続する。</li> </ul>
外形寸法・重量(分離構造の場合)		使用するタブレットPCにより変動する。	
データ収集・記録機能		タブレットPCの記憶装置に保存する。	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		2-1-82 USB規格の有線通信により、デジタルカメラとタブレットPCは通信を行う。	
セキュリティ(データを伝送)			

	し保存する場合)	-
	動力	タブレットPCは、内蔵バッテリーにて駆動する。
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	使用するタブレットPCにより変動する。

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【接触型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(300、300、300) (mm)	・30cm角の間口があれば進入、撮影可能
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	・撮影中は測位精度の管理を行っていない。
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・移動速度:0.10m/s	・撮影は停止して行う。撮影位置間の移動は、人力のため、使用者による。 参考実験値 ・0.10m/s (AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G、距離 5.0m) ・0.10m/s (AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED、距離 5.0m) ・雨天のもとでの作業不可 ・目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター速度を長く設定する ・対象面に対し、相対角30°以内
		標準試験値	未検証	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	・ひびわれ幅0.2mm 計測誤差:±0.1mm以内	・雨天のもとでの作業不可 ・目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター速度を長く設定する ・対象面に対し、相対角30°以内
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.07mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.08mm	・照度:122.2lx ・AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED使用、距離 4.0m
4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0%	・真値:3.029m ・測定値:3.029m ・照度:10100lx ・雨天のもとでの作業不可 ・目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター速度を長く設定する ・対象面に対し、相対角30°以内
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx、Δy) $\pm(0.004、0.013)$ (m)	・真値(x,y)=(-2.893,0.897)(m) ・測定値(x,y)=(-2.889,0.910)(m) ・照度:10100lx ・雨天のもとでの作業不可 ・目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター

4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有	スピードを長く設定する ・対象面に対し、相対角30°以内
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・フルカラーチャート識別可能		・照度 57.9lx ・雨天のもとでの作業不可 ・目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッター速度を長く設定する ・対象面に対し、相対角30°以内

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>1. 撮影画像の合成とあおり補正を行う。合成およびあおり補正は、画像のオーバーラップ部や撮影ログ情報などから自動で行われる。                  2. 作成した合成画像にスケールを与える。スケールは、撮影距離もしくは合成画像上の2点間距離の指定で付与する方法と、3点以上の既知点を指定しスケールと位置情報を付与する方法がある。                  3. 合成画像から、ひびわれの自動抽出、自動幅計測を行う。                  4. 抽出したひびわれをソフトウェア画面上で目視で確認し、ひびわれ以外の抽出結果を削除する。                  5. CAD機能を用いて、ひびわれの番号・名称の記載を行う。                  6. ひびわれ以外の変状の記載、床版外形のトレースを行う(オフィスPC版のみ)。                  7. 表計算ソフトを用いる場合はひびわれリストの出力を行う。また、CADを用いる場合はDXF/DWGの出力を行う。</p>	
<p>ソフトウェア名</p>	<p>オフィスPC版自社開発ソフト Trimble Business Center Ver.5.30以降                  クラウド版自社開発ソフトSightFusion for Inspection Ver.1.0以降</p>	
<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ(幅および長さ)</p>	
<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひび割れ</p>	<p>・画像解析による自動検出                  画像上の陰影の違いを利用した機械学習による輪郭抽出を適用する。                  撮影条件・仕様等                  1) 本計測機器を使用して撮影を行う                  2) 撮影モード: マニュアルモード                  3) ISO感度: ISO500以下                  4) ラップ率: オーバーラップ 50%                  5) 画質: 最高(ファイン)                  6) 画質フォーマット: JPEG</p>
<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>	<p>・事前準備: 合成画像上に写っている2点間の実際の距離を別途計測しておく(例: コンクリートブロックの角と角)。この計測結果を基準に計算した1ピクセルの大きさをういて幅・長さを算出する。                  ・幅: 検出されたひびわれ近傍の陰影の強度分布を解析する。陰影の強さと見えの関係のキャリブレーション情報を内部に有するため、1ピクセル以下の幅も計測可能(0.5ピクセル程度まで)。ただし、キャリブレーション情報はカメラとレンズの組み合わせにより、異なるため、指定のカメラ・レンズの使用が必要。                  ・長さ: 検出されたひびわれの始点と終点の画像上の座標に、1ピクセルの大きさを乗ずることで算出する。</p>	
<p>ひび割れ以外</p>	<p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</p>	
<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・ひびわれの検出: 再現率90%                  (0.2mmのひびを有するサンプルについて、下記の[画素分解能]に記載の距離で撮影、ひびわれ計測を行い、[計測結果のひびわれ長さ/実際のひびわれ長さ]を再現率としている。)</p>	
<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひびわれ: ポリライン                  ・ひびわれ以外: ポリゴン</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>本計測機器を使用して撮影した、画像およびプロジェクトファイルを使用する</p>
<p>ファイル容量</p>	<p>1プロジェクトあたり、最大200枚まで撮影可能</p>	
<p>カラー／白黒画像</p>	<p>カラー</p>	
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>画素分解能</p>	<p>ひびわれ幅が約0.5ピクセル以上の大きさを持つことが必要となる。                  使用するレンズと計測する最小ひびわれ幅の組み合わせは、下記の通り。                  最小ひびわれ幅0.10mmを計測する場合                  NIKKOR Z 20mm f/1.8 S                  : 推奨距離1.5m以下                  AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G                  : 推奨距離2.5m以下                  NIKKOR Z MC 50mm f/2.8                  : 推奨距離3.0m以下                  AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED                  : 推奨距離4.0m以下                  NIKKOR Z 85mm f/1.8 S                  : 推奨距離7.0m以下                  NIKKOR Z MC 105mm f/2.8 VR S                  : 推奨距離8.5m以下                  最小ひびわれ幅0.20mmを計測する場合                  NIKKOR Z 20mm f/1.8 S                  : 推奨距離3.0m以下                  AF-S DX Micro NIKKOR 40mm f/2.8G                  : 推奨距離5.0m以下                  NIKKOR Z MC 50mm f/2.8                  : 推奨距離6.0m以下                  AF-S Micro NIKKOR 60mm f/2.8G ED                  : 推奨距離10m以下                  NIKKOR Z 85mm f/1.8 S                  : 推奨距離14m以下                  NIKKOR Z MC 105mm f/2.8 VR S                  : 推奨距離17m以下</p>
<p></p>	<p>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難</p>	

		その他留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・濡れた面のひびわれは検出が困難</li> <li>・対象面との相対角30°以下(7. 図面を参照)</li> </ul>
	出力ファイル形式	DXF/DWG	
調書作成支援の手順		-	
調書作成支援の適用条件		-	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		-	



6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	床版の直下で作業可能なこと	-
	周辺条件	目安として照度1000lx以下のときは、下記のいずれかの対策が必要 ・投光器を使用する ・ジンバルなどでカメラのブレ対策をした上で、シャッタースピードを長く設定する	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	桁下が道路である場合は、作業場所について制限が必要	-
	その他	・平面であること ・R形状は不可	-

## 6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	作業者1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・床版の直下(相対角30°以内で撮影できる位置) ・床版から10m以内	-
	点検費用	クラウド版自社開発ソフトSightFusion 使用料 月額10万円~	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	あり 指定オーバーラップになったときに、自動シャッターを行う	-
	利用形態:リース等の入手性	・ソフトウェアは、購入または月額課金制 ・カメラ、レンズは指定機種を使用する ・タブレットPCはOSがWindows10のものを使用する ・機材について未所有の場合は購入	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り 担当営業経由にてサポートを行う	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	最新の対応カメラ、レンズについてはお問合せ下さい。	-

## 7. 図面

図1. 撮影条件概要

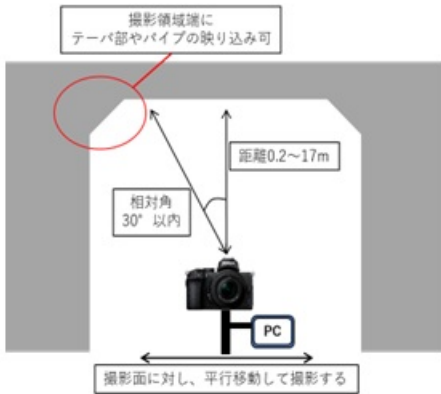
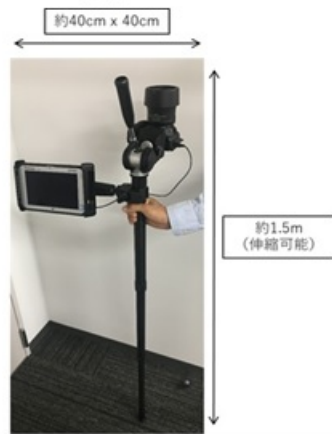
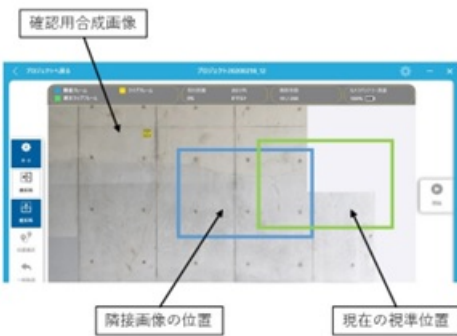


図2. 外形



構成例  
(一脚、パナソニック タフパッドFZ-M1、タブレットホルダー)

図3. 使用時のタブレット画面



1. 基本事項

技術番号	BR010011-V0424			
技術名	画像計測ソリューションNivo-i			
技術バージョン	1.1.1.2	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 ニコン・トリムブル			
連絡先等	TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp	ジオスペーシャル事業部マーケティング部マーケティング課	
現有台数・基地	5台	基地	東京都大田区南蒲田	
技術概要	<p>【画像トータルステーション】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本製品は画像センサを内蔵したサーボトータルステーションであり、画像撮影時の水平角・垂直角・対象までの距離を計測できる。</li> <li>・角度および距離情報から撮影画像をオルソ化し、相対位置を付与することができる。</li> <li>・後方交会法などにより、画像に測地系座標を付与することもできる。</li> <li>・モーターを内蔵しているため、指定した領域の撮影を自動で行うことができる。</li> </ul> <p>【自動ひびわれ検出・幅計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高解像度合成画像をひびわれ自動検出ソフトウェアに取り込み、自動でひびわれを検出・幅計測ができる。</li> <li>・計測したひびわれは、画像と合わせてDWG/DXFとして出力できる。</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ①床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は、画像センサを有するサーボトータルステーションである。</li> <li>・本計測機器は、測量用三脚に取り付けられ、固定した位置で回転しながら視準方向を変えて撮影を行う。</li> <li>・撮影面に対し、相対角45°以内であればひびわれ計測可能な画像を撮影することができる。</li> <li>・計測データはUSBメモリに出力され、計測終了後にひびわれ計測ソフトで解析することができる。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	画像計測ソリューションNivo-i	
	移動原理	【据置】 測量用三脚に本機を固定して計測を行う。	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	測量用三脚に本機を固定する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・約173mm x 174mm x 315mm</li> <li>・約5.2kg</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	画像計測ソリューションNivo-iの内蔵カメラ ピクセル数:1920x1080
		パン・チルト機構	鉛直方向:-40°~90° 水平方向:360°
		角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体のタッチパネル部から、撮影領域を指定する。</li> <li>・撮影領域から撮影計画を生成し、自動撮影を行う。このとき、内部に有するモーターにより、水平軸および垂直軸を回転する。これを繰り返すことで、指定した領域を自動撮影する。</li> <li>・撮影時の角度および対象までの距離を記録する。</li> </ul>
		測位機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測距・測角センサによる後方交会法などにより、自己位置を測位できる。</li> <li>・撮影時の測距・測角値により、撮影した画像位置および画像上のひびわれの位置を測位できる。</li> </ul>
	耐久性	IP55	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:バッテリー</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約8時間		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	内部記憶装置またはUSBメモリに記録する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	USB規格	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	①撮影速度:0.84m2/分 ②撮影速度:1.68m2/分	上段①:約0.014m2/秒(距離20m) 下段②:約0.028m2/秒(距離40m) ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内	
		標準試験値	未検証	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・ひびわれ幅0.2mm 計測誤差:±0.1mm以内	・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 検出可能な最小ひびわれ幅 0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.07mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.13mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度0.08mm	・照度:135lx ・正対距離7.9m ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0%	・真値:3.029m ・測定値:3.029m ・照度:10100lx ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.000, 0.000) (m)	・真値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・照度:10100lx ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 フルカラーチャート識別可能	・照度:57.9lx ・雨天のもとでの作業不可 ・照度500lx以下の時は、投光器が必要 ・対象面に対し、相対角45°以内		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		1. 撮影画像をあおり補正し、位置を付与する。あおり補正、位置付与は、測角・測距情報から行われる。 2. あおり補正済み画像から、ひびわれの自動抽出、自動幅計測を行う。 3. 抽出したひびわれを、ソフトウェア画面上で目視で確認し、ひびわれ以外の抽出結果を削除する。 4. CAD機能を用いて、ひびわれの番号・名称の記載を行う。 5. ひびわれ以外の変状の記載、床版外形のトレースを行う。 6. 表計算ソフトを用いる場合はひびわれリストの出力を行う。また、CADを用いる場合はDXF/DWGの出力を行う。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	オフィスPC版自社開発ソフト Trimble Business Center Ver.5.20以降		
	検出可能な変状	ひびわれ		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像解析による自動検出 画像上の陰影の違いを利用した輪郭抽出を適用する。検出感度は調整可能。</li> <li>・撮影条件・仕様等                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 本計測機器を使用して撮影を行う</li> <li>2) 撮影設定は自動で調整される</li> </ul> </li> </ul>	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前準備：画像までの斜距離を本計測器は得ることができる。この計測結果から計算した1ピクセルの大きさをういて幅・長さを算出する。</li> <li>・幅：検出されたひびわれ近傍の陰影の強度分布を解析する。陰影の強さと見えの関係のキャリブレーション情報を内部に有するため、1ピクセル以下の幅も計測可能(0.5ピクセル程度まで)。</li> <li>・長さ：検出されたひびわれの始点と終点の画像上の座標に、1ピクセルの大きさを乗ずることで算出する。</li> </ul>	
		ひび割れ以外	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース</li> </ul>	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれの検出：再現率85% (0.2mmのひびわれを有するサンプルについて、下記の「画素分解能」に」記載の距離で撮影、ひびわれ計測を行い、「計測結果のひびわれ長さ/実際のひびわれ長さ」を再現率としている。)</li> </ul>	
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ：ポリライン</li> <li>・ひびわれ以外：ポリゴン</li> </ul>	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	本計測機器を使用して撮影した、画像およびXMLファイルを使用する	
		ファイル容量	1プロジェクトあたり、最大1000枚まで撮影可能	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		ひびわれ幅が約0.5ピクセル以上の大きさを持つことが必要となる。 本計測器における最小ひびわれ幅との組み合わせは、下記の通り。 最小ひびわれ幅0.10mmを計測する場合 推奨距離20m以下 最小ひびわれ幅0.20mmを計測する場合 推奨距離40m以下		
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>・濡れた面のひびわれは検出が困難</li> <li>・対象面との相対角45°以下</li> </ul>		
出力ファイル形式	DXF/DWG			
調書作成支援の手順		-		
調書作成支援の適用条件		-		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		-		



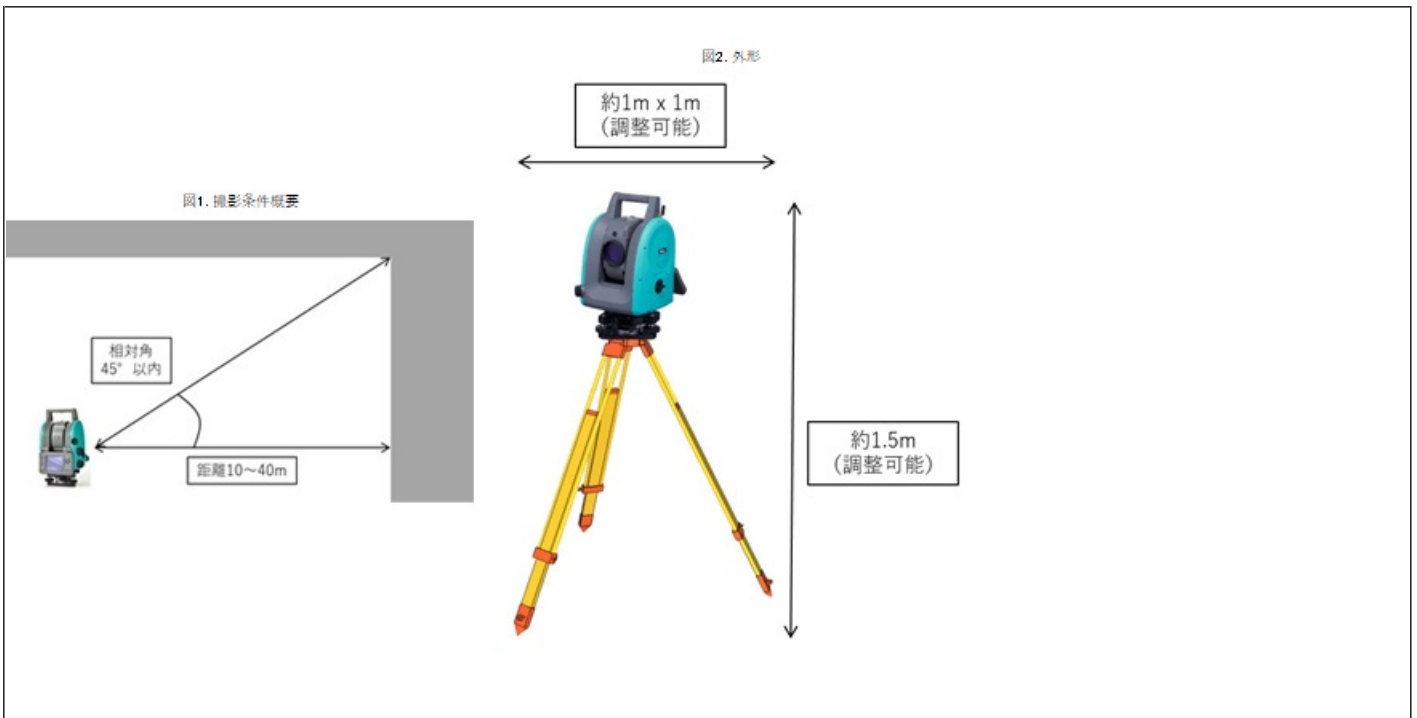
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	照度500lx以下の時は、投光器が必要	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	・平面であること ・R形状は分割すれば撮影可能	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	作業者1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・橋脚・橋台の全体を視認可能な位置 ・相対角45°以内で撮影できる位置 ・橋脚・橋台から10~40m以内	-
	点検費用	・ Nivo-iレンタル費用 35万円/月~ ・ Trimble Business Center購入標準価格 100万円 (ソフトは購入のみ)	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	あり 自動で回転、撮影を繰り返すことで対象面を自動で撮影する	-
	利用形態:リース等の入手性	・ソフトウェアは、購入またはレンタル ・Nivo-i本体はレンタル	詳細は、本カタログ記載の連絡先までお問い合わせ下さい。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り 担当営業経由にてサポートを行う	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

## 7. 図面



## 1. 基本事項

技術番号	BR010012-V0424			
技術名	UAVを用いた近接撮影による橋梁点検支援システム			
技術バージョン	Version 1.1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社WorldLink&Company			
連絡先等	TEL: 075-708-2369	E-mail: info@skylinkjapan.com	株式会社WorldLink&Company 事業本部産業ソリューション事業部技術統合課 生田朋広	
現有台数・基地	5台	基地	京都府京都市	
技術概要	本技術は橋梁の点検の業務において、カメラ搭載の可変ピッチプロペラ付UAVを用いて高精度の近接写真撮影を行い、抽出した変状から損傷図を作成し、点検写真と損傷図を納品するサービスである。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は可変ピッチ機構付き6翼のUAV (Unmanned Aerial Vheicle) である移動装置の上部もしくは下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</p> <p>目的に合わせ、撮影距離を調整し、安定した飛行性能により、高品質の写真撮影を実現している。計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p> <p>移動装置の位置・速度制御には測量用トータルステーション(TS)を使用する。移動装置に取り付けたプリズムをトータルステーションから視準し移動装置の位置・速度を測定する。</p>	
移動装置	機体名称	XDC02	
	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>機体は、可変ピッチ機構付き6翼のUAV (Unmanned Aerial Vehicle)であり、測量用トータルステーション(TS)を用いて、橋梁下のGNSS測位ができない場所でも、設定した経路を正確に飛行が可能である。</p> <p>機体には、プリズムが装着されており、TSは、常にUAVの正確な位置を計測している。その位置情報を電波でUAVへ伝えている。UAVは、あらかじめ設定された航路と、実際の位置(TSの計測値)とを比較することで位置ずれを補正しながら、飛行する。可変ピッチ機構とTSを利用した位置補正により、瞬間10m/s程度の突風があっても、xyz軸各軸+/-0.3mの誤差で飛行が可能である。</p> <p>また、レーザー測距センサーを前・上・下の3方向に装着しており、衝突回避や、対象物との距離を一定にするために用いている。</p> <p>これら機能により、対象物との距離を一定に保ち、正対した写真撮影を実現している。</p>	
	運動制御機構	通信	無線通信、2.4GHz帯、10mW
		測位	トータルステーション自動追尾測位
		自律機能	自動飛行機能有、制御機構への入力は、トータルステーションによるUAVの位置・速度測位情報
		衝突回避機能(飛行型のみ)	衝突回避制御(レーザー測距センサを前・上・下の3方向の装着しており、あらかじめ設定した距離以上には接近しない制御をしている)
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置に対して、上側もしくは下側に計測装置を装着</li> <li>・最大外形寸法(L1530mm×W1500mm×H755mm、上側に計測装置を付けた場合)</li> <li>・最大重量(11.8kgf)</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専用の計測装置を外した場合</li> <li>・最大外形寸法(L1530mm×W1500mm×H520mm)</li> <li>・重量(9.8kgf)、ペイロード(2kgf)</li> </ul>	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:バッテリー</li> <li>・定格容量:25.9V、9.0Ah × 2</li> <li>・十分な予備バッテリーを用意する場合は、バッテリーの充電設備は特には不要</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大15分(外気温:25℃の場合)	
計測装置	設置方法	移動装置の上部または下部の取付穴に計測機器を取り付ける。計測機器には押し込みによる固定・固定解除式の取付治具が4個取り付けてあり、これを移動装置側の取付穴に挿入することで計測機器を移動装置に固定する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置:最大外形寸法(L210mm×W190mm×H255mm)</li> <li>・最大重量(2kgf)</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SONY製カメラ 型番 α 6000シリーズ</li> <li>・センサーサイズ(縦15.6mm×横23.5mm)、ピクセル数(縦6000pixel×横4000pixel)、焦点距離(50mm)</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平0°~360°</li> <li>・鉛直0°~90°</li> </ul>
		角度記録・制御機構 機能	ジンバルにて上記パン・チルトの制御可能
		測位機構	トータルステーション測位座標
	耐久性	防水・防塵性能についてIPコード非該当	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センシングデバイスであるカメラに内蔵されるバッテリーにより駆動</li> <li>・十分な予備バッテリーを用意する場合は、バッテリーの充電設備は特には不要</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約1時間程度(写真枚数による。バッテリー残量の低下で交換。)		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置の上部または下部に計測装置とともに、データ通信装置を取り付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置:最大外形寸法(L210mm×W190mm×H255mm)</li> <li>・最大重量(2kgf)</li> </ul>	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録メディア(SDカード)に保存</li> <li>・撮影現場にて、専用ストレージへ保存</li> </ul>	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・変化量:30cm	・自然風に対して計測装置をxyz軸各軸+/-0.3m範囲内に維持する。 ・平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2023年 ・変化量:0cm  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:37cm(-)※ 鉛直方向 最大移動量:2cm(-)※ ※試験施設の環境条件(磁場等)により飛行不可能となり、中止  構造物近傍での安定性能、運動位置性能 各橋脚大橋 P2橋脚付近での実験結果 【手放しホバリング定位精度】 	自然風 風速:5.0m/s ホバリング:60秒
3-2 進入可能性	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(6500、7500、4500)(mm)	・平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合(2022) 実施年:2023年  桁下空間:高さ5.0m進入可能	風速2.6m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	ホバリング後、P1~A1~P1の経路で飛行を確認した。 飛行距離:約50m(=7.5+35+7.5)	・平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2023年  ・50m	風速2.6m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・測位誤差: (x、y、z) (±300、±300、±300)(mm)	・速度0.8m/s飛行時において、計測装置の位置ログと自動追尾型トータルステーション測定との誤差はxyz軸各軸+/-0.3m。 ・平均風速5m/sの自然風
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	【飛行型】 ・移動速度:0.8m/s	・標準撮影:0.8m/s (対物離隔3.9m、0.3mm/pixel) ・平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 ・0.0~1.0m/sまで設定可能	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 【飛行型】 ・移動速度:0.58m/s	・風速:1.8 m/s ・移動距離: 10m	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・最小ひびわれ幅0.1mm 計測精度:未検証	・平均風速5m/s(最大風速10m/s)の自然風 照度:500 lx以上	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 ・最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:- ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0mm	照度:2600 lx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0.56%	・真値:3.029m ・測定値:3.012m ・照度:21800 lx
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.022, 0.014) (m)	・真値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(-2.871, 0.911) (m) ・照度:21800 lx
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 フルカラーチャート識別可能	・照度:2614 lx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<b>変状検出手順</b>		各写真は、対象物との離隔距離が一定で、正確にオーバーラップ、サイドラップが確保されているため、高品質なオルソモザイク画像が生成できる。 ①写真撮影(自動飛行で撮影、ピンぼけ写真抽出、ラップ率確認は自動) ②写真選別(自動) ③オルソモザイク画像作成(自動) ④変状抽出(手動) 変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認できるものを抽出 同じ離隔距離で撮影したクラックスケールと比較することで、ひびの幅を計測 長さは、ピクセルの数で計測 ⑤抽出した変状を損傷図としてCAD図へ転記(手動)	
<b>ソフトウェア情報</b>	<b>ソフトウェア名</b>	-	
	<b>検出可能な変状</b>	-	
	<b>損傷検出の原理・アルゴリズム</b>	ひび割れ	-
		ひび割れ幅および長さの計測方法	-
		ひび割れ以外	-
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-
		変状の描画方法	-
	<b>取り扱い可能な画像データ</b>	ファイル形式	-
		ファイル容量	-
		カラー／白黒画像	-
画素分解能		-	
その他留意事項		-	
<b>出力ファイル形式</b>	-		
<b>調書作成支援の手順</b>		WorldLink&Companyが損傷図を作成し、納品する。 その手順は、「画像計測・調書作成支援」「変状検出手順」のとおり	
<b>調書作成支援の適用条件</b>		WorldLink&Companyが納品する損傷図は、点検診断員の判断で作成したものであるが、納入先にて点検調書作成の際は、損傷図の確認、必要に応じ編集が必要となる。	
<b>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</b>		標準損傷図作成、dwg形式で出力。応相談。	



6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	制限なし	-
	桁下条件	桁下高さ6m以上(対物離隔3.9mの標準撮影の場合)	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トータルステーションから見通せること</li> <li>・飛行経路から3m程度内に樹木や架線など飛行を阻害する恐れ の障害物がないこと</li> <li>・UAVの通信を妨害する電磁波を発する無線装置やアンテナが ないこと</li> </ul>	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全教育を含むドローン専用研修を修了したWorldLink&amp; Company指定チームにて運用</li> <li>・3方向距離センサーによる衝突防止機能</li> <li>・想定区域外への逸脱防止為のキルスイッチ、ジオフェンス</li> <li>・機体、機材の定期点検、現場での簡易点検とテストフライト</li> </ul>	-
	無線等使用における混線 等対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機体操縦系は2.4GHz、画像伝送は5GHz帯電波を使い分け</li> <li>・機体操縦系の通信異常時は自動着陸制御</li> </ul>	-
	道路規制条件	橋面より上を飛行しない場合は、道路面の規制は特に必要ない。 橋梁下の飛行エリア内の道路についてなど、現場環境に応じて 交通規制の検討が必要。	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・500lx程度以上の明るさが必要</li> <li>・気温5℃以下は撮影不可</li> <li>・雨天時は撮影不可</li> </ul>	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	(株)WorldLink&Company指定チームにて運用	-
	必要構成人員数	(株)WorldLink&Company運用チームは、3人(機体操作者、ジンバルカメラ操作者、テレメトリ・監督者)	現場の状況に合わせ、安全監視補助者が必要か検討する
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	(株)WorldLink&Company指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	基地局:半径3m以上, 離発着:半径3m以上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 3径間(180m) 検出項目:ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰 活用範囲:3782m2(上部工3783m2 + 下部工705m2) 1,100円/㎡	橋梁毎に、点検撮影仕様、点検撮影部位に基づき個別に費用見積もりします。
	保険の有無、保障範囲、費用	有。 (株)WorldLink&Company業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。	-
	自動制御の有無	自動飛行制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	(株)WorldLink&Companyが請け負い、(株)WorldLink&Company指定チームで運用し、損傷図と撮影写真を納品物とする	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合発生時は、(株)WorldLink&Companyにて対応する	-
	センシングデバイスの点検	社内規定により飛行100時間毎に定期点検を行う	-
その他	-	-	

7. 図面

UAV機体説明

**<UAV機体>**



**機体諸元**

体格(mm)	1530 x 1500 x 525	プロペラ径	18インチ x 6ローター	重量	10.0kg(バッテリー含む)
耐風性能	10m/s	パイロード	2.0kg	飛行時間	15分

**<非GPS環境での位置制御と衝突回避>**

①自己位置計測→位置&速度制御  
: TSLレーザー追尾による高精度測位



プリズムをレーザー追尾

位置情報

TS: 測量用  
トータルステーション

ローカル座標

座標変換

②対物距離計測→衝突回避  
: 光センサーによる3方向計測



上方

下方 前方

**<測距センサーの役割>**

通常	撮影距離および他の2方向距離をテレメトリで送信
異常近接検知	設定距離以下に近づかない自律制御用信号として活用



上: カメラから1.5m以上  
横: カメラから2.6m以上  
ガードから1.8m以上

参考: 接近可能距離(最大瞬間風速10m以下)

1. 基本事項

技術番号	BR010013-V0424			
技術名	高精細画像による橋梁下面や主塔のクラック自動抽出システム			
技術バージョン	R2	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社アルファ・プロダクト			
連絡先等	TEL: 03-6457-2666 082-545-6653	E-mail: t.hara@alpha-product.co.jp arii-k@chodai.co.jp	技術部 原 徹	
現有台数・基地	3	基地	東京都江東区青海2-4-10 東京都立産業技術研究センター 製品開発支援ラボ313	
技術概要	<p>1、特長 NETIS KT 130046-V</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高精細画像から自動でクラックを抽出するシステム。最小精度はクラック幅・長さとも0.1mm。</li> <li>・撮影範囲を厳守することで精度は原理的に維持される。</li> <li>・複数年度のデータを比較することで、クラック経時変化の確認も行える。</li> </ul> <p>2、機器構成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デスクトップパソコン</li> <li>・自動抽出ソフト</li> <li>・画像接合ソフト</li> </ul> <p>3、測定原理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影するカメラのセンサー画素数に設定精度を乗じた数値が撮影範囲になり、1画素が設定精度となる。</li> <li>画素数6000×4000のカメラで設定精度を0.2mmとすると、撮影範囲は1.2m×0.8mとなる。</li> <li>こうして撮影された画像を自社開発の抽出ソフトで処理することにより、ピクセル単位でクラックがカウントされ、ピクセル2個の幅のクラックは幅が0.4mmと計算される。</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版,斜張橋) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ①床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		-	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
	動力	-	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。


4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2020年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.06mm		・センサーと撮影範囲の関係を厳守する事
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・相対誤差:0.96%	
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
標準試験値			標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.052, 0.005) (m)		・真値(x, y)=(-2.893, 0.897) (m) ・測定値(x, y)=(-2.945, 0.902) (m) ・センサーと撮影範囲の関係を厳守する
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・フルカラーチャート識別可能		・フルカラー識別可能 ・精度:0.948006(x, y, 誤差平均値) ・カラーチャート設置場所と同じ明るさでのコンクリート表面を撮影し、補正の基準とする。 ・照度の分かっている社内データのコンクリート画像と上記画像を比較して補正值を決める。 ・カラーチャート画像を補正し、RGB値を読み取る。	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>①設定した精度に合わせ、幅別表示の色を設定する。精度0.2mmであれば、0-0.2mm、0.2-0.4mmというように、0.2mm単位で幅別の表示色を設定する。※                  ②ひびわれの自動抽出ソフトを起動し、画像を認識させる。                  ③デフォルトのガウス係数で(1.5)ガウス型ラプラシアンフィルターを適用する。※1                  ④デフォルトの輝度設定で(128)2値化する。※2                  ⑤ここでクラックがピクセル単位で認識される。                  ⑥デフォルトの閾値で(孤立点除去半径:5)孤立点を除去する。※3                  ⑦デフォルトの亀裂長さ閾値(3)と走査間隔(1)で亀裂を接合する。※4                  ⑧クラックの長さ幅が計算され、幅別に設定したい炉dr表示される。                  ⑨ベクターデータに変換する。※5                  ⑩画像をさらに扱いやすい大きさに接合し、(トンネルでは1スパン)JPEGデータで保存する。                  この時に、画像のみ、あるいはクラックと画像両方での保存のどちらかを選択する。</p> <p>※1、コンクリートクラックは割れであるから、断面は3角形となり、割れに入射した光は入射方向には反射しない。また、コンクリート表面は微細なスポンジ状であり、人工的な目地等ではその縁は細かいギザギザなので、精細に見れば目地の境界線のコントラストはシャープではない。しかしクラックは割れであるので、境界線のコントラストはシャープである。この2点から、クラックは周囲との明暗差が大きく、エッジがシャープである。この特徴でクラックを選別するが、さらにその差を強調するフィルターがラプラシアンフィルターであるが、ノイズに対する感度が高いため、ある程度の平滑化をガウシアンフィルターで前処理している。ガウシアンフィルター+ラプラシアンフィルターである。</p> <p>※2、ガウス型ラプラシアンフィルターでコントラストを高めてから2値化する。フルカラーでの明度の段階は256階調であり、クラック判別のために中間値128以上をクラック、それ以下はクラックでないとする。つまり階調を捨てて、白と黒だけの2値画像に変換する。クラックは黒となる。</p> <p>※3、上記の工程を経ても、ノイズ等が残る。ノイズとクラックの違いは連続する点であるかどうかなので、半径5ピクセル以内に点がない場合はノイズとして消去する。</p> <p>※4、ある長さのクラックが、白の1ピクセルを間にしてまた続く場合は、連続するクラックとしてよいので、3ピクセル以上のクラックが1ピクセル開けて連続する場合は接合する。</p> <p>※5、これまでの2値画像データはラスタデータ(座標軸上でのビットマップデータ)で、各ピクセルはxyの座標で表されるが、多数のクラックを扱うとデータ量が大きくなるため、ベクターデータに変換する。                  ベクターデータでは、ある点からの方向と長さの数式でクラックが記録される。                  ※幅別色分け表示とは別に、クラック長さ幅とクラック幅の平均値、及びクラック最大幅の位置を数値で表し、1本の黒い線で表示したクラックの横に表示するモードも選択できる。</p> 
---------------	--

<p>ソフトウェア名</p>	<p>・クラック自動抽出ソフト FOCUS-α Ver.2.85                  ・画像接合ソフト AUTOpano giga 4</p>															
<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ(幅および長さ)</p> 															
<p>ソフトウェア情報</p>	<table border="1"> <tr> <td>損傷検出の原理・アルゴリズム</td> <td>ひび割れ</td> <td>変状検出手順参照</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ幅および長さの計測方法</td> <td>ピクセル単位でのカウントによる。設定精度が0.2mmであれば、1ピクセルが0.2mmとして幅と長さについてカウントし、測定値とする。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひび割れ以外</td> <td>対応しない</td> </tr> <tr> <td></td> <td>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</td> <td>計測性能に記載</td> </tr> <tr> <td></td> <td>変状の描画方法</td> <td>ピクセル単位のビットデータをベクター変換し、DXFもしくはJPGに変換する。</td> </tr> </table>	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	変状検出手順参照		ひび割れ幅および長さの計測方法	ピクセル単位でのカウントによる。設定精度が0.2mmであれば、1ピクセルが0.2mmとして幅と長さについてカウントし、測定値とする。		ひび割れ以外	対応しない		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	計測性能に記載		変状の描画方法	ピクセル単位のビットデータをベクター変換し、DXFもしくはJPGに変換する。
損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	変状検出手順参照														
	ひび割れ幅および長さの計測方法	ピクセル単位でのカウントによる。設定精度が0.2mmであれば、1ピクセルが0.2mmとして幅と長さについてカウントし、測定値とする。														
	ひび割れ以外	対応しない														
	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	計測性能に記載														
	変状の描画方法	ピクセル単位のビットデータをベクター変換し、DXFもしくはJPGに変換する。														
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<table border="1"> <tr> <td>ファイル形式</td> <td>JPEG</td> </tr> <tr> <td>ファイル容量</td> <td>制限なし</td> </tr> <tr> <td>カラー／白黒画像</td> <td>カラー 白黒画像</td> </tr> <tr> <td>画素分解能</td> <td>2-1-112 ・最小分解値の制限はないが、撮影するカメラのセンサー精度とレンズの分解能が精度の限界となる。通常では0.1mm。 ・経験での最小値は0.065mm。ただし撮影距離は1.5m。</td> </tr> </table>	ファイル形式	JPEG	ファイル容量	制限なし	カラー／白黒画像	カラー 白黒画像	画素分解能	2-1-112 ・最小分解値の制限はないが、撮影するカメラのセンサー精度とレンズの分解能が精度の限界となる。通常では0.1mm。 ・経験での最小値は0.065mm。ただし撮影距離は1.5m。							
ファイル形式	JPEG															
ファイル容量	制限なし															
カラー／白黒画像	カラー 白黒画像															
画素分解能	2-1-112 ・最小分解値の制限はないが、撮影するカメラのセンサー精度とレンズの分解能が精度の限界となる。通常では0.1mm。 ・経験での最小値は0.065mm。ただし撮影距離は1.5m。															



	その他留意事項	コンクリート表面に張り付いた蜘蛛の巣はひびわれとの見分けが困難。
	出力ファイル形式	JPEG/DXF
調書作成支援の手順	-	
調書作成支援の適用条件	-	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	-	

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	-	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・撮影についてはカメラの相応の知識と経験が必要。経験豊富な撮影者を派遣することができる。 ・ソフトの操作は社内講習。	-
	必要構成人員数	1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	室内	-
	点検費用	橋梁条件 橋種:コンクリート橋 部位・部材 橋脚1基(全周クラック自動抽出0.1mm精度) 高さ:14m、幅8m 適用範囲:300m2 検出項目:クラック抽出(DXFデータ変換) 費用:35万円 (税、交通費、宿泊費別)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	クラック抽出そのものは全自動	-
	利用形態:リース等の入手性	・画像撮影からクラック抽出までの受注作業 ・画像からの抽出作業。(ただし画像の撮影条件による)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

7. 図面

クラック抽出プロセス

### 画像からのクラック自動抽出プロセス

オリジナルソフトを使用、抽出処理時間約20秒。(4200万画素画像1枚当たり)

※汚れやペイントを  
クラックとは認識しないアルゴリズムを搭載。  
クラックのみを抽出する。  
大塚工業大学 小堀研一教授監修。

### クラック自動抽出精度と撮影の関係

①カメラの1画素(ピクセル)を設定精度に合わせて撮影する。  
<0.2mm精度の場合>  
使用カメラNikon D7100/2410万画素→6,000×4,000ピクセル  
撮影範囲→6,000×0.2mm, 4,000×0.2mm=1.2m×0.8m

デジタルカメラ	画素	抽出精度	撮影範囲	データサイズ
1620万画素	4928×3280	0.2mm	0.98m×0.65m	7.9MB
2410万画素	6000×4000	0.2mm	1.2m×0.8m	12MB
3680万画素	7360×4912	0.2mm	1.47m×0.98m	16.3MB

抽出精度	幅別区分	色別表示	クラック長さ集計
0.1mm	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm以上	任意の5色	0.1mm単位
0.2mm	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0mm以上	#	0.2mm単位
0.3mm	0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm以上	#	0.3mm単位

②レーザーポインターで撮影範囲を指定して撮影する。  
③ソフトが画像からクラックを抽出、ピクセル単位で幅と長さをカウントする。

### 自動抽出ソフトでの段階別処理画像

ガウス型ラプソフフィルター設定

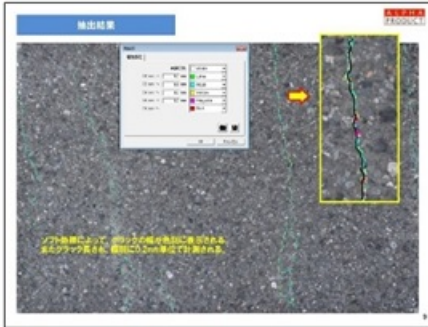
※データは羽田空港滑走路での実証試験で採取したもの。

2値画像設定

孤立点除去

ラスタ→ベクター実装

クラック抽出プロセス



### 2通りのクラック表示

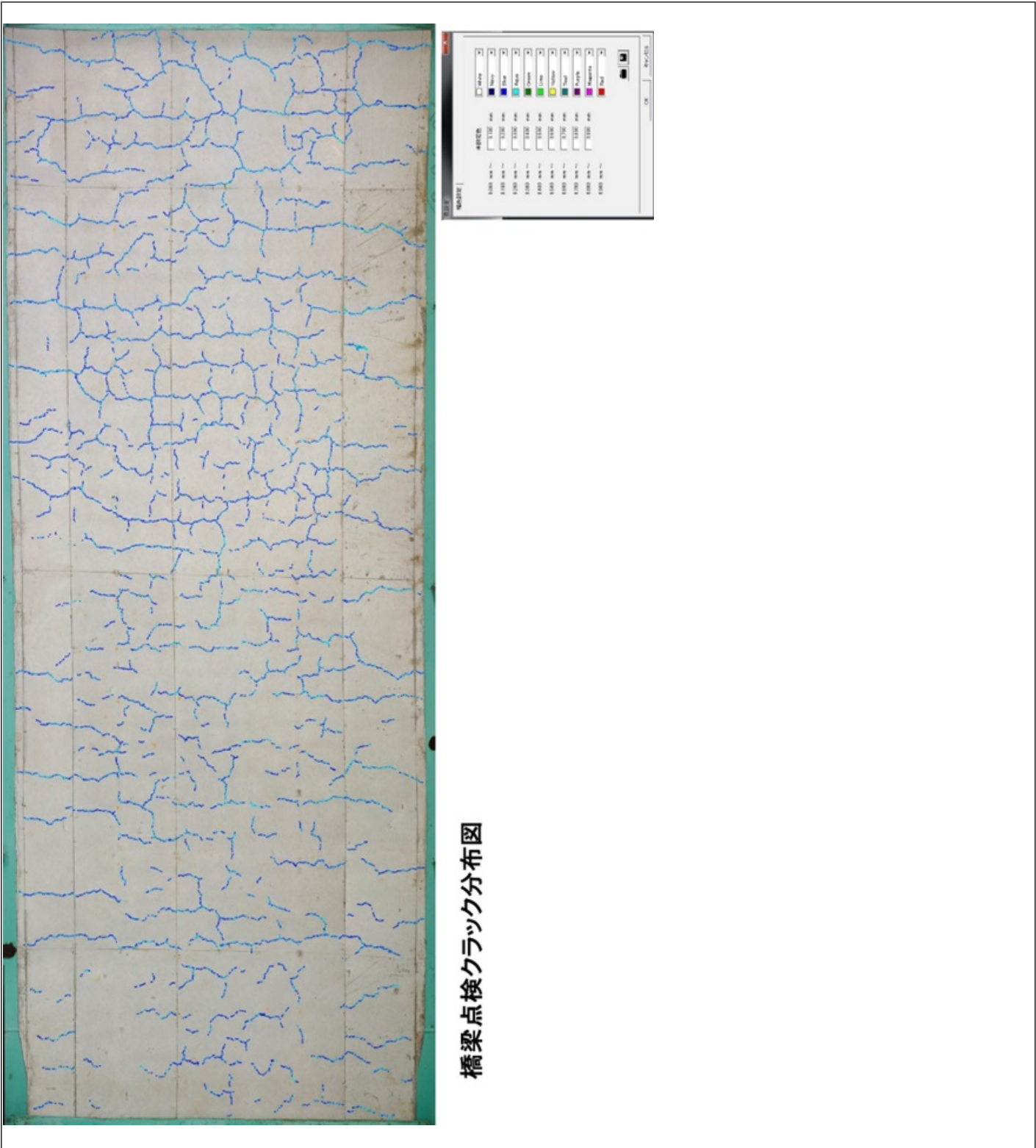
① 詳細表示  
クラックを幅別に色分け表示。累計は幅別の長さ累計。

② 簡易表示  
-クラック単位での長さ表示。  
-クラック幅は、クラック単位での最大値と平均値を表示。最大幅の位置表示。



ひび割れ	長さ(mm)	平均幅(mm)	最大幅(mm)
クラック①	305	0.65	1.2
クラック②	1607	0.64	1.4
クラック③	380	0.61	1.0
クラック④	322	0.67	1.4





## 1. 基本事項

技術番号	BR010014-V0524			
技術名	構造物点検ロボットシステム「SPIDER」			
技術バージョン	第3次	作成:	2024年3月	
開発者	ルーチェサーチ株式会社 株式会社建設技術研究所			
連絡先等	TEL: 082-209-0230	E-mail: contact@luce-s.jp	有木 峻将	
現有台数・基地	3台	基地	広島県東広島市	
技術概要	<p>コンクリート構造物表面を、飛行型ロボット(ドローン)に搭載したカメラで撮影して、静止画像を取得する。この画像から構造物全体のオルソ画像を作成し、損傷部分の位置を明確にする。オルソ画像からひびわれや遊離石灰などの損傷性状を抽出し、点検調書作成の支援をする技術である。</p> <p>使用するドローンは2タイプあり、【機体SPIDER-6】はGPS電波が届く空間では自律飛行、橋梁下面などGPS電波が届かない空間では操縦者の手動操作による。一方【機体SPIDER-ST】は、GPS電波が届く、届かないにかかわらず自律飛行でき、さらに衝突回避機能も有する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ①床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は複数枚の羽のドローンである移動装置の上部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。</p> <p>アタッチメントにより種々のデジタルカメラ(規定の重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</p> <p>計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p>	
移動装置	機体名称	【SPIDER-6】6枚羽機体、【SPIDER-ST】8枚羽機体	
	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>【機体SPIDER-6】機体は6枚羽のドローンで、基本的にGNSS測位により自律飛行が可能であるが、現場条件によっては人が操縦して飛行させる。</p> <p>【機体SPIDER-ST】機体は8枚羽のドローンで、LiDAR-SLAMセンサを搭載している。LiDARからのレーザで、周辺の物体の形状情報を得て、自己位置を推定するとともに3次元空間を把握する。この空間の中に飛行ルートを定義し、以降は自律飛行が可能である。</p>	
	運動制御機構	通信	<p>無線通信</p> <p>・周波数:2.4GHz帯,出力:0.5W</p>
		測位	<p>測位方式</p> <p>【機体SPIDER-6】 GNSS単独測位</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術</p>
		自律機能	<p>自律機能有</p> <p>【機体SPIDER-6】 制御機構への入力はGNSS、IMU</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術</p>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>【機体SPIDER-6】 プロペラガード(水平)</p> <p>【機体SPIDER-ST】 LiDAR-SLAM技術による衝突回避機能</p>
	外形寸法・重量	<p>一体構造(移動装置+計測装置):</p> <p>【機体SPIDER-6】最大外形寸法(L950mm×W950mm×H500mm)、飛行時重量(6.8kgf)・・・バッテリーを含む機体6.1kgf、カメラ他0.7kgf</p> <p>【機体SPIDER-ST】最大外形寸法(L1100mm×W1100mm×H600mm)、飛行重量(12.6kgf)・・・バッテリーを含む機体11.2kgf、レーザ・センサ1.4kgf</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	一体構造のため、記載なし	
	動力	<p>・動力源:電気式</p> <p>・電源供給容量:バッテリー</p> <p>・定格容量:22.2V、16000mA</p>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>バッテリー給電</p> <p>【機体SPIDER-6】 1フライト最大25分</p> <p>【機体SPIDER-ST】 1フライト最大20分</p>		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	一体構造のため、記載なし	
	センシングデバイス	カメラ	<p>SONY α7R</p> <p>・センサーサイズ(縦35.9mm×横24.0mm)、ピクセル数(縦7360pixel×横4912pixel)、焦点距離(0~45mm)</p>
		パン・チルト機構	<p>・水平0°~360°</p> <p>・鉛直0°~±90°</p>
		角度記録・制御機構 機能	・ジンバル水平方向、上下方向制御可能、機体上部もしくは下部方向どちらでも装着可能
		測位機構	<p>・IMU、運動制御機構と共用</p> <p>・マーカ-を特に必要としない</p>
	耐久性	-	
	動力	・移動装置のバッテリーより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>・機体バッテリーの時間と同様</p> <p>【SPIDER-6】 最大25分(外気温:15℃)</p> <p>【SPIDER-ST】 最大20分(外気温:15℃)</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	一体構造のため、記載なし	
	データ収集・記録機能	記録メディア(SDカード)に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 変化量:0cm	・構造物(橋脚、主桁下面)までの距離:150cm、停止飛行時:水平移動無し ・瞬間最大風速1.2m/s未満の自然風(標準試験時)
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(5000、5000、5000)(mm)	-
	標準試験値	未検証	・最小所要空間寸法 縦5000mm×横5000mm×高さ5000mm(機体の上下左右に、2mの余裕を確保する)
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:1000m	-
	標準試験値	未検証	・電波通信可能距離は、1000mであるが、橋脚高50m、桁長200mまでは実績あり
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 【機体SPIDER-6】 0.32m/s 【機体SPIDER-ST】 0.25m/s		・水平方向10mの撮影移動時間から算出
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2020年 【機体SPIDER-6】 最小ひびわれ幅 0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.06mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.08mm  ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.1mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.1mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度0mm 【機体SPIDER-ST】 最小ひびわれ幅 0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測結果なし ・ひびわれ幅0.1mm 計測結果なし ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.1mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度0.1mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度0mm		<機種SPIDER-6> ・照度:560lxの時 <機種SPIDER-ST> ・照度:762lxの時
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種SPIDER-6> ・相対誤差:0.00% <機種SPIDER-ST> ・相対誤差:0.00%	
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種SPIDER-6> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.003, 0.001) (m)  <機種SPIDER-ST> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.000, 0.001) (m)	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <SPIDER-6> ・フルカラーチャート識別可能 <SPIDER-ST> ・フルカラーチャート識別可能		<SPIDER-6> ・照度 158lxの時 <SPIDER-ST> ・照度 118lxの時	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>①撮影画像枚数が多量のため、SfMを活用する。撮影した画像を、市販のソフトを活用して、オルソ(合成)画像を作成する。この後、必要に応じて自社ソフトにより幾何学的補正した画像と入れ替えを行う。</p> <p>②オルソ画像をCAD図面上に貼り付け、ひびわれ性状を手動でトレースする。</p> <p>③画像と対象構造物のスケールを一致させ、画像上に疑似的なクラックスケールを設置して、手動でひびわれ幅を読み取る。</p> <p>④画像と対象構造物のスケールを一致させ、重畳したひびわれ線に対して、CAD上で描画したひびわれ線を手動で計測する。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>オルソ画像作成ソフト</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Pix4D社「Pix4DMapper」</li> <li>・Bentley社「ContextCapture」</li> <li>・自社ソフト</li> </ul>	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ), 鉄筋露出, 漏水・遊離石灰	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<p>損傷位置を明確にするため、オルソ画像を作成する。ドローンによる撮影は、構造物全体を撮影するため、取得枚数が多量となるため、Pix4D、ContextCaptureなどの市販ソフトおよび自社ソフトでSfMを活用する。作成したオルソ画像をCAD上に貼り付け、ひびわれ性状を人が検出する。</p>
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幅:画像と対象構造物のスケールを一致させ、画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測</li> <li>・長さ:画像と対象構造物のスケールを一致させ、重畳したひびわれ線に対してCAD上で描画したひびわれ線を計測</li> </ul>
		ひび割れ以外	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像とリンクさせたCADを使用し、人が画像による損傷を確認し、その変状を人力でトレース</li> <li>・長さ、大きさについては、ひびわれでの計測方法と同様</li> </ul>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	機械学習ではないため、記載せず
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ:ポリライン</li> <li>・ひびわれ以外:ポリゴン</li> </ul>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	撮影画像:JPEG等の画像ファイル形式
		ファイル容量	特に制限はないが、画像を使った後作業者のPC性能により、オルソ画像の解像度を低減あるいは分割し対応可能
		カラー/白黒画像	カラー 白黒画像
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>・現地状況によっては、枯れた植物や蜘蛛の巣が画像に写り込んでいることに注意が必要</li> </ul>	
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式】</p> <p>画像:JPEG等、損傷図:DXF等</p>		
調書作成支援の手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本技術では画像による判読可能な損傷に対して、損傷図作成までの支援技術である。</li> <li>・損傷図作成までの手順は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>①撮影画像をオルソ画像として作成する。</li> <li>②実寸にて対象構造物のCAD図面を作成し、オルソ画像を構造図にマッチさせる。</li> <li>③画像上において損傷(ひびわれ等画像で判読できる損傷)をトレースする。</li> <li>④ひびわれ幅については、疑似的なひびわれスケールにて判読・判定する。</li> <li>⑤長さについては、CADにより計測する。</li> <li>⑥CADによる出力を実施する。</li> </ul> </li> </ul>		
調書作成支援の適用条件	・適用条件は特になし。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	・オートデスク社製「AUTOCAD LT 2020」(市販ソフト)		

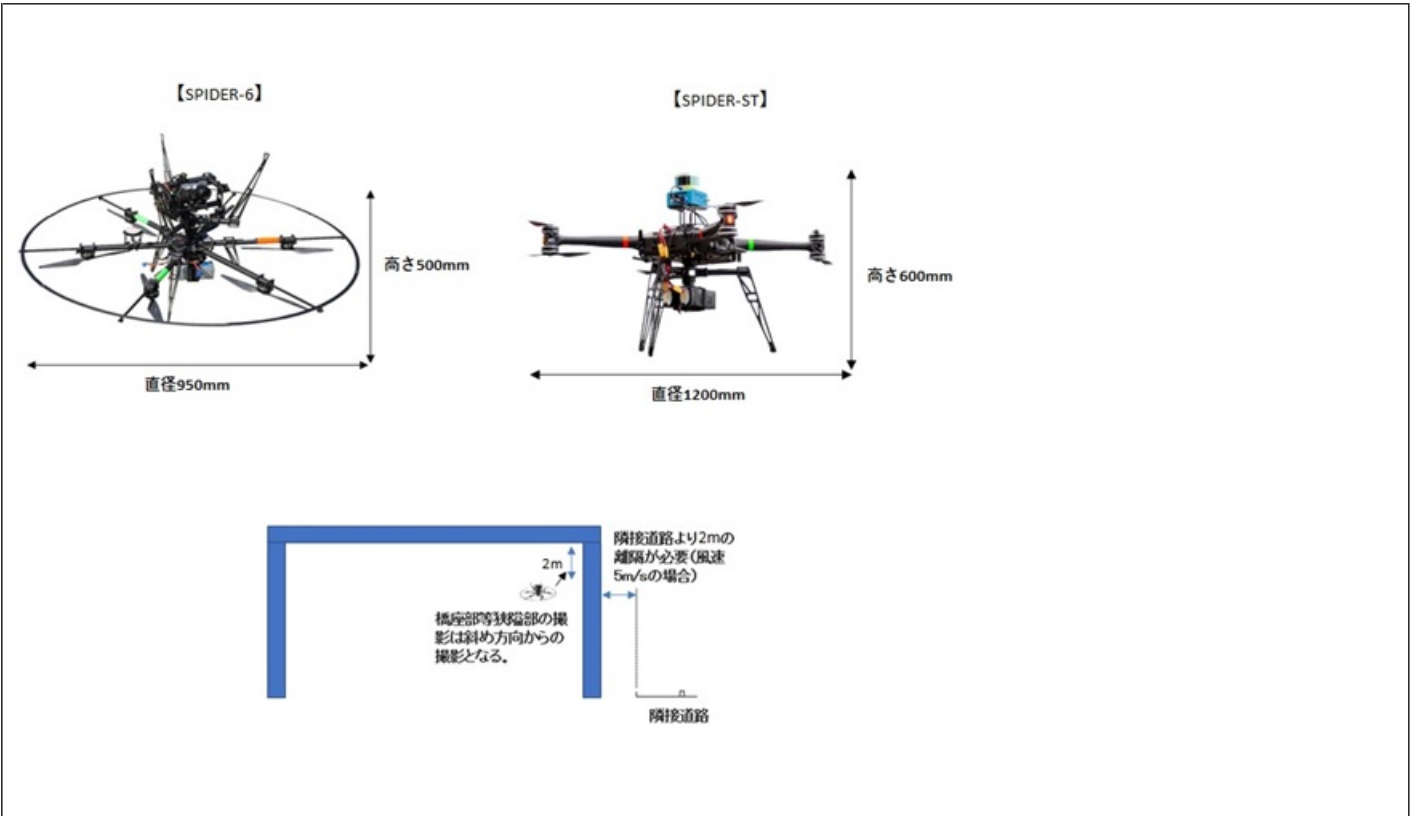
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下高さ2m以上	-
	周辺条件	・周辺に5m以内樹木や架線等が無いこと ・強い電波、電磁を発信している施設がないこと	-
	安全面への配慮	・計測中は注意喚起の看板の設置 ・構造物に近接する樹木、架線の事前現場調査	-
	無線等使用における混線等対策	他の無線利用者との混乱を防ぐため、使用する周波数を、時間の経過とともに自動的に変動させている	-
	道路規制条件	・走行中のドライバーの視界にドローンが入らないように飛行させる ・橋脚を撮影する際、近接した道路がある場合は交通規制が必要となる	-
	その他	-	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスとして用いるカメラは、一般的なデジカメであるため、構造物点検の経験者であれば特に技量は問わない。	
	必要構成人員数	3人(機体操作、撮影、安全管理)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内講習10時間以上を経て、航空局への申請書に記載した操縦者	
	作業ヤード・操作場所	飛行中の機体が目視できる場所	
	点検費用	参考金額 橋梁条件 橋種:コンクリート橋 計測部位:橋脚1基分 活用範囲:280㎡ 検出項目:ひびわれ 写真撮影のみ 約50万 オルソ画像作成まで 約95万 損傷図作成まで 約125万	・作業内容は、写真撮影からオルソ画像作成・損傷図作成まで ・交通費は含まれない ・点検調書の作成は含まれない ・現地条件により撮影の可否判断となる
	保険の有無、保障範囲、費用	対物保険加入(物損、作業員、第三者対象)	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有り	
	利用形態:リース等の入手性	自社所有装置を用いて業務委託で対応	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社で対応	
	センシングデバイスの点検	使用するデジタルカメラについては、特に点検は不要。	
その他	-	-	

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR010015-V0524			
技術名	非GNSS環境対応型ドローンやボールカメラを用いた近接目視点検支援技術			
技術バージョン	Ver.3	作成:	2024年3月	
開発者	三信建材工業株式会社 株式会社ACSL			
連絡先等	TEL: 0532-34-6066	E-mail:	kaihatsu@sanshin-g.co.jp 開発室	
現有台数・基地	PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E、各1機 ボールカメラ : 2本	基地	三信建材工業(株) 愛知県豊橋市神野新田町字二ノ割35-1	
技術概要	<p>【構成概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動体となる非GNSS環境対応型ドローンや伸縮型ポールに高解像度カメラを搭載し、撮影画像を解析ソフトウェアにて処理することにより、構造物表面の変状を検出する技術。</li> <li>・ドローンやボールカメラを必要としない現場・範囲では、ドローンやボールカメラに搭載する高解像度カメラを用いて地上からの撮影にて対応可能。</li> </ul> <p>【移動装置の特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PF2-Vision、Mini-GT3は、非GNSS環境(桁下等のGNSS電波を受信できない環境)においても、Visual SLAM制御による自律飛行制御と衝突回避制御を備えており、安全に近接撮影を行うことが可能。GNSSを使用できる環境であれば、GNSSによる自律飛行制御に切替え、使用できる。</li> <li>・SkydioX2Eは、VisualSLAM制御と全方位衝突回避機能を備えており、安全に近接撮影を行うことが可能。GNSSを使用できる環境であれば、GNSSによる自律飛行制御と全方位衝突回避機能で飛行が可能。</li> <li>・ボールカメラは人の支持により撮影を行うため、移動は人力による。</li> <li>・いずれの機材も、カメラの角度を垂直方向-90°(真下)~90°(真上)に可動することが可能</li> </ul> <p>【検出方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影画像を専用ソフトウェアを用いて図面と合成することにより、画像に寸法情報を付与する。その画像上で変状部をトレースすることにより、変状規模(ひびわれ幅、長さ、等)を自動算出することが可能。</li> <li>・ひびわれ幅は任意の場所で計測することが可能。</li> <li>・クラウドとAIを活用した解析手法を行うことも可能。</li> </ul> <p>【提出可能な主な成果物】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影画像</li> <li>・撮影画像に変状部をハイライト表示したもの(損傷写真として利用可能)</li> <li>・オルソモザイク画像(撮影対象面の画像を合成したもの)</li> <li>・オルソモザイク画像に変状部をハイライト表示したもの</li> <li>・画像から検出した変状部をまとめた損傷図(CADとして出力可能)</li> <li>・撮影画像から3次元モデルの構築、閲覧ビューアーの提供も対応可能。</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 排水施設(排水ます,排水管) 添架物 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ④破断 ⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通	⑨変色・劣化 ⑫変形・欠損			
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数枚羽のドローンである移動装置の上部または下部に搭載されたジンバルにセンシングデバイスであるデジタル一眼レフカメラを固定して計測を行うものである。</li> <li>・ジンバルは垂直方向に、上部搭載時:0°~90°、下部搭載時:-90°~0°の範囲で可動させることが可能。</li> </ul> <p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・4枚羽のドローンである移動装置の前面に搭載されたセンシングデバイスであるカメラモジュール(可視、赤外線)で計測を行うものである。</li> <li>・カメラは機体と一体型となっており、垂直方向に-90°~90°の範囲で可動させることが可能。</li> </ul> <p>&lt;ポールカメラ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・伸縮型ポールの先端にセンシングデバイスであるPF2-Visionと同様のデジタル一眼レフカメラを固定して計測を行うものである。</li> <li>・伸縮型ポールの先端には遠隔操作可能な電動雲台が設置されており、垂直方向に対して360°全方向にカメラを向けることが可能。</li> </ul> <p>&lt;全共通&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測データはカメラに挿入されたSDカードに記録・保存され、SDカードを取り出して処理を行う。</li> </ul>		
		機体名称	PF2-Vision, Mini-GT3, SkydioX2E, ポールカメラ	
		移動原理	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3, SkydioX2E&gt;</p> <p>【飛行型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PF2-Vision:6枚羽、Mini-GT3, SkydioX2E:4枚羽のドローンであり、GNSSを活用できる環境であればGNSSによる自律飛行が可能であり、床版下等のGNSSの電波を精度良く受信できない環境(非GNSS環境)では、Visual SLAMによる自律飛行を可能としている。</li> </ul> <p>&lt;ポールカメラ&gt;</p> <p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・伸縮型ポールを人が支持し、人力で移動する。</li> </ul>	
		運動制御機構	通信	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3&gt;</p> <p>無線通信</p> <p>【操縦装置/機体間】 2.4GHz帯、2.5mW</p> <p>【基地局/機体間】 920MHz帯、20mW</p> <p>【搭載カメラ/地上モニタ間】 5.7GHz帯、800mW</p> <p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <p>無線通信</p> <p>【操縦装置(基地局、映像含む)/機体間】 2.4GHz帯、10mW</p>
移動装置	外形寸法・重量	測位	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3, SkydioX2E&gt;</p> <p>【GNSSを使用できる環境下の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GNSS</li> </ul> <p>【GNSSを使用できない環境下の場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラによる測位(Visual SLAM)</li> </ul>	
		自律機能	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3, SkydioX2E&gt;</p> <p>自律飛行機能有り。</p> <p>【GNSSを使用できる環境下の場合】</p> <p>制御機構への入力ソース…GNSS</p> <p>【GNSSを使用できない環境下の場合】</p> <p>制御機構への入力ソース…カメラ(Visual SLAM)</p>	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>&lt;PF2-Vision&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロペラガード(水平方向)</li> <li>・ステレオカメラによる測域(水平方向)による衝突回避機能を搭載</li> </ul> <p>&lt;Mini-GT3&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロペラガード(水平方向)</li> <li>・ステレオカメラによる測域(水平方向)と、ToFレーザーによる測距(前後・左右・上下)による衝突回避機能を搭載</li> </ul> <p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全方位において、カメラによる測域で衝突回避機能を搭載</li> </ul>	
		測位	<p>&lt;PF2-Vision&gt;</p> <p>【分離構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 1,120mm×W 1,230mm×H 530mm</li> <li>・最大重量 : 約9Kg</li> </ul> <p>&lt;Mini-GT3&gt;</p> <p>【分離構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 704mm×W 704mm×H 300mm</li> <li>・最大重量 : 約4Kg</li> </ul> <p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <p>【一体構造】(移動装置+計測装置)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 663mm×W 569mm×H 211mm</li> <li>・最大重量 : 約1.3Kg</li> </ul>	



		<p>&lt;ボールカメラ&gt;                  【分離構造】                  ・最大外形寸法 : 11,500mm(収納時:1,700mm) φ50mm                  ・最大重量 : 約3.5Kg</p>
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	<p>&lt;PF2-Vision&gt;                  ・最大外形寸法 : L 200mm×W 200mm×H 100mm                  ・最大重量 : 約1Kg</p> <p>&lt;Mini-GT3&gt;                  ・最大外形寸法 : L 200mm×W 200mm×H 100mm                  ・最大重量 : 約0.5Kg</p> <p>&lt;ボールカメラ&gt;                  ・最大外形寸法 : L 200mm×W 200mm×H 100mm                  ・最大重量 : 約1Kg</p>
	動力	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3&gt;                  ・動力源 : 電気式                  ・電源供給方法 : バッテリー                  ・定格容量 : 22.2V、1000mAh (PF2-Vision:2本、Mini-GT3:1本)</p> <p>&lt;SkydioX2E&gt;                  ・動力源 : 電気式                  ・電源供給方法 : バッテリー                  ・定格容量 : 11.4V、8200mAh</p>
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>&lt;PF2-Vision&gt;                  ・約10~15分 (外気温15℃の場合)</p> <p>&lt;Mini-GT3&gt;                  ・約25~30分 (外気温15℃の場合)</p> <p>&lt;SkydioX2E&gt;                  ・約35分 (外気温15℃の場合)</p>
	設置方法	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3&gt;                  ・移動装置(ドローン)の上部または下部に搭載されたジンバルに計測装置をボルトにより取付を行う。</p> <p>&lt;SkydioX2E&gt;                  ・移動装置と一体型。</p> <p>&lt;ボールカメラ&gt;                  ・ボールカメラ先端の専用雲台に計測装置をボルトにより取付を行う。</p>
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>&lt;PF2-Vision, ボールカメラ&gt;                  計測装置 : デジタル一眼レフカメラ                  ・最大外形寸法 : L 72mm×W 113.3mm×H 65.4mm                  ・最大重量 : 507g</p> <p>&lt;Mini-GT3&gt;                  計測装置 : デジタル一眼レフカメラ                  ・最大外形寸法 : L 80mm×W 70mm×H 68mm                  ・最大重量 : 322g</p>
計測装置	センシングデバイス	<p>&lt;PF2-Vision, ボールカメラ: SONY製カメラ&gt;                  ・センサーサイズ : 縦24mm×横35.9mm                  ・ピクセル数 : 縦5,304pixel×横7,952pixel                  ・焦点距離 : 35mm                  ・記録形式 : RAW, JPEG</p>
		<p>&lt;PF2-Vision, ボールカメラ: SIGMA製カメラ&gt;                  ・センサーサイズ : 縦24mm×横35.9mm                  ・ピクセル数 : 縦6,328pixel×横9,520pixel                  ・焦点距離 : 26-70mm                  ・記録形式 : RAW, JPEG</p>
		<p>&lt;Mini-GT3搭載用&gt;                  ・センサーサイズ : 縦15.4mm×横23.2mm                  ・ピクセル数 : 縦3,632pixel×横5,456pixel                  ・焦点距離 : 16-50mm                  ・記録形式 : RAW, JPEG</p>
		<p>&lt;SkydioX2E&gt;                  ・センサーサイズ : 縦4.7mm×横6.2mm                  ・ピクセル数 : 縦3,040pixel×横4,056pixel                  ・焦点距離 : 20mm                  ・記録形式 : JPEG</p>
	パン・チルト機構	<p>&lt;全共通&gt;                  ・鉛直 : -90°~90°</p>
	角度記録・制御機構機能	<p>&lt;PF2-Vision, Mini-GT3, SkydioX2E&gt;                  ・ジンバルにて方向の制御可能。</p>

	測位機構	<p>&lt;ポールカメラ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電動雲台にて方向の制御可能。</li> </ul>
		<p>&lt;PF2-Vision、Mini-GT3、ポールカメラ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン本体及びポールカメラからの測位情報伝達はなし。</li> <li>※画像に座標を付す場合、撮影画像を解析ソフトウェア上で合成し、任意の原点からの座標として設定する。</li> </ul>
		<p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GNSS、Visual SLAM、IMU、飛行運動制御機構と共用</li> </ul>
	耐久性	<p>&lt;全共通&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置における防塵、防水性はなし。</li> </ul>
動力	<p>&lt;SONY製、SIGMA製&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラに搭載されるバッテリーからの電源供給。</li> </ul>	
	<p>&lt;Mini-GT3搭載用&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン本体から有線電源供給。</li> </ul> <p>&lt;SkydioX2E&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン本体から有線電源供給。</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>&lt;SONY製、SIGMA製&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・約30分/約9000枚(外気温15℃、2秒に1回の撮影)</li> <li>2回のフライトに対し、1回のカメラバッテリー交換が必要。</li> </ul>	
データ収集・通信装置	設置方法	<p>&lt;PF2-Vision、Mini-GT3&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置(ドローン)の上部または下部に搭載されたジンバルに計測装置をボルトにより取付を行う。</li> </ul> <p>&lt;ポールカメラ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポールカメラ先端の専用雲台に計測装置をボルトにより取付を行う。</li> </ul>
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>&lt;PF2-Vision、ポールカメラ&gt;</p> <p>計測装置 : SONY製デジタル一眼レフカメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 72mm×W 113.3mm×H 65.4mm</li> <li>・最大重量 : 507g</li> </ul>
		<p>計測装置 : SIGMA製デジタル一眼レフカメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 111mm×W 90mm×H 70mm</li> <li>・最大重量 : 638g</li> </ul>
		<p>&lt;Mini-GT3&gt;</p> <p>計測装置 : デジタル一眼レフカメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法 : L 80mm×W 70mm×H 68mm</li> <li>・最大重量 : 322g</li> </ul>
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測したデータはカメラに挿入されたSDカードに記録・保存される。</li> </ul>
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
動力	-	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※ 有		
	性能値	<p>&lt;機種:PF2-Vision&gt; ・変化量:50cm</p> <p>&lt;機種:Mini-GT3&gt; ・変化量:50cm</p>	<p>外乱収束距離(機体視点) &lt;機種:PF2-Vision、Mini-GT3&gt;全方位:±0.5m</p> <p>・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・天候条件 : 晴天、曇天</p> <p>&lt;機種:PF2-Vision&gt; ・検証時の外乱条件 : 瞬間風速3m/sec未満の自然風</p> <p>&lt;機種:Mini-GT3&gt; 風速:4.6m/s ホバリング:15秒間</p>
	標準試験値	<p>標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2019年 &lt;機種:PF2-Vision&gt; ・変化量:水平移動無し</p> <p>実施年 2024年 &lt;機種:Mini-GT3&gt; ・変化量:水平移動無し</p> <p>実施年 2022年 &lt;機種:SkydioX2E&gt; ・変化量:水平移動無し</p> <p>標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 &lt;機種:PF2-Vision&gt; ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:12cm(21cm) 鉛直方向 最大移動量:35cm(55cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:38cm(48cm) 鉛直方向 最大移動量:28cm(23cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:103cm(41cm) 鉛直方向 最大移動量:32cm(56cm)</p> <p>&lt;機種:Mini-GT3&gt; ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:15cm(13cm) 鉛直方向 最大移動量:5cm(12cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:32cm(29cm) 鉛直方向 最大移動量:6cm(5cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:43cm(-)※ 鉛直方向 最大移動量:14cm(-)※ ※「風速8m/s 側面」の条件による人工風試験は未実施</p> <p>&lt;機種:SkydioX2E&gt; ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:12cm(27cm) 鉛直方向 最大移動量:18cm(23cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:35cm(33cm) 鉛直方向 最大移動量:5cm(4cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:40cm(54cm) 鉛直方向 最大移動量:6cm(10cm)</p>	<p>自然風 &lt;機種:PF2-Vision&gt; ・風速:5.0m/s ホバリング:60秒間</p> <p>&lt;機種:Mini-GT3&gt; ・風速:2.3m/s ホバリング:60秒間</p> <p>&lt;機種:SkydioX2E&gt; 風速:4.1m/s ホバリング:60秒間</p>
	性能確認シートの有無 ※ 有		
		<p>【飛行型】 &lt;機種:PF2-Vision&gt; ・最小所要空間寸法:<sup>2.1-131</sup> 縦、横、高さ(5000、5000、4550)(mm)</p>	<p>&lt;機種:PF2-Vision、Mini-GT3&gt; ・Visual SLAMによる自律制御が有効 ・天候条件 : 晴天、曇天</p>

3-2 進入可能性	性能値	【飛行型】 <機種:Mini-GT3> ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(2000、2000、2000) (mm)  【その他】 <機種:ポールカメラ> ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ (300、400、300) (mm)	<機種:PF2-Vision> ・検証時の外乱条件 : 瞬間風速3m/sec未満の自然風  <機種:Mini-GT3> ・検証時の外乱条件 : 風速:4.6m/s  <機種:ポールカメラ> 必要地上空間 : 2m四方
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合 (2022) 実施年 2019年 【飛行型】 <機種:PF2-Vision> ・最小所要空間寸法:桁下空間 高さ5.0m  実施年 2022年 【飛行型】 <機種:SkydioX2E> ・最小所要空間寸法:桁下空間 高さ5.0m  実施年 2024年 【飛行型】 <機種:Mini-GT3> ・最小所要空間寸法:桁下空間 高さ5.0m	<PF2-Vision> ・風速:6.6m/s  <SkydioX2E> ・風速:5.1m/s  <Mini-GT3> ・風速:2.3m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 <機種:PF2-Vision、Mini-GT3> ・最大距離:300m (GNSS) ・最大距離:50m (Visual SLAM) 【その他】 <機種:ポールカメラ> ・最大伸長:11.5m	<機種:PF2-Vision、Mini-GT3> ・GNSSによる自律制御が有効な場合 約300m ・Visual SLAMによる自律制御が有効な場合 約50m ・周囲に強力な電波を発する施設がないこと ・天候条件 : 晴天、曇天  <機種:ポールカメラ> ・垂直方向 : 地上高さ11.5m ・水平方向 : 約6m ・地上平均風速5m/sec未満 ・天候条件 : 晴天、曇天
	標準試験値	実施年 2022年 <機種:PF2-Vision、SkydioX2E> 50m  実施年 2024年 <機種:Mini-GT3> 50m	<機種:PF2-Vision、SkydioX2E> 風速:5.0m/s  <機種:Mini-GT3> 風速:2.3m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	<機種:PF2-Vision、Mini-GT3> Visual SLAM自己位置推定精度:全方向最大0.5m  <機種:SkydioX2E> GNSSの精度に準ずる	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	<機種:PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> ・移動速度:0.2~1.0m/sec	・撮影離隔距離に適した速度で撮影する
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision> 移動速度:0.5m/sec 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> 移動速度:0.29m/sec 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> 移動速度:0.074m/sec	<機種:PF2-Vision> ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風 ・天候条件:晴天、曇天 <機種:Mini-GT3> ・飛行距離:6.0m ・所要時間:20秒 <機種:SkydioX2E> ・飛行距離:14.5m ・所要時間:196秒
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0mm  実施年 2022年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.17mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.17mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.24mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.31mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.2mm 実施年 2021年  <機種:Mini-GT3> 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.21mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.08mm  実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.1mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.13mm  実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.22mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0mm  実施年 2022年 2-1-133 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> 最小ひびわれ幅:-	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風 ・日向環境(照度:6.5~22.0klx) ・日陰環境(照度:1.4~2.0klx)  <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・被写体距離:4.5 m ・照度: 9.26~38.3 klx ・風速: 4.7~7.9 m/s  <機種:Mini-GT3> ・被写体距離:3.0 m ・照度: 4.965~77.2 klx ・風速: 4.0~6.0 m/s  <機種:SkydioX2E> ・被写体距離:1~1.5 m ・照度: 8.39~42.4 klx ・風速: 3.0~6.5 m/s  <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・被写体距離:3.0 m ・照度: 8.5~59.1 klx ・風速: 14.0 m/s  <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・被写体距離:4.5 m ・照度: 9.7~45.7 klx ・風速: 1.2~2.9 m/s

計測装置		・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.17mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.22mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.28mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.31mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.17mm		
	4-3 オルソ画像精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・相対誤差:4.01% 実施年 2022年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・相対誤差:0.05% 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> ・相対誤差:0.06% 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> ・相対誤差:0.16% 実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・相対誤差:0.06% 実施年 2022年 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・相対誤差:0.05%	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・真値:10.438m ・測定値:10.857m ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風照 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・真値:5.590m 被写体距離: 4.5 m ・測定値:5.587m 照度:11.5~27.1 klx ・風速:2.6~4.9 m/s <機種:Mini-GT3> ・真値:5.168m 被写体距離: 3.0 m ・測定値:5.165m 照度:8.377~74.3 klx ・風速:3.8~7.3 m/s <機種:SkydioX2E> ・真値:5.590m 被写体距離: 1~1.5 m ・測定値:5.599m 照度:10.8~38.1 klx ・風速:0.7~3.5 m/s <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・真値:5.168m 被写体距離: 3.0 m ・測定値:5.165m 照度: 43.3 klx ・風速: 14.6 m/s <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・真値:5.590m 被写体距離: 4.5 m ・測定値:5.593m 照度: 15.2~53.8 klx ・風速: 1.5~3.6 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.003, 0.426) (m) 実施年 2022年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.005, 0.002) (m) 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.004, 0.012) (m) 実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.001, 0.008) (m)	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-1.842, 10.274) (m) ・測定値(x, y)=(-1.839, 10.7) (m) ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.072, -2.342) (m) ・被写体距離:4.5 m ・照度:11.5~27.1 klx ・風速:2.6~4.9 m/s <機種:Mini-GT3> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:8.377~74.3 klx ・風速:3.8~7.3 m/s <機種:SkydioX2E> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.081, -2.352) (m) ・被写体距離:1~1.5 m ・照度:10.8~38.1 klx ・風速:0.7~3.5 m/s <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:43.3 klx ・風速:14.6 m/s
		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.003, 0.426) (m) 実施年 2022年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.005, 0.002) (m) 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.004, 0.012) (m) 実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.001, 0.008) (m)	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-1.842, 10.274) (m) ・測定値(x, y)=(-1.839, 10.7) (m) ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.072, -2.342) (m) ・被写体距離:4.5 m ・照度:11.5~27.1 klx ・風速:2.6~4.9 m/s <機種:Mini-GT3> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:8.377~74.3 klx ・風速:3.8~7.3 m/s <機種:SkydioX2E> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.081, -2.352) (m) ・被写体距離:1~1.5 m ・照度:10.8~38.1 klx ・風速:0.7~3.5 m/s <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:43.3 klx ・風速:14.6 m/s
性能確認シートの有無 ※	有			
性能値	未検証	-		
標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.003, 0.426) (m) 実施年 2022年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.005, 0.002) (m) 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.004, 0.012) (m) 実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.003) (m) 実施年 2022年 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.001, 0.008) (m)	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-1.842, 10.274) (m) ・測定値(x, y)=(-1.839, 10.7) (m) ・地上平均風速:0~5.0m/sec程度の自然風 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.072, -2.342) (m) ・被写体距離:4.5 m ・照度:11.5~27.1 klx ・風速:2.6~4.9 m/s <機種:Mini-GT3> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:8.377~74.3 klx ・風速:3.8~7.3 m/s <機種:SkydioX2E> ・真値(x, y)=(-5.077, -2.340) (m) ・測定値(x, y)=(-5.081, -2.352) (m) ・被写体距離:1~1.5 m ・照度:10.8~38.1 klx ・風速:0.7~3.5 m/s <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.560, -2.425) (m) ・被写体距離:3.0 m ・照度:43.3 klx ・風速:14.6 m/s		

4-4 色識別性能			<機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・真値(x,y)=(-5.077,-2.340)(m) ・測定値(x,y)=(-5.076,-2.348)(m) ・被写体距離:4.5 m ・照度:15.2~53.8 klx ・風速:1.5~3.6 m/s
	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・フルカラーチャート識別可能 実施年 2021年 <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・フルカラーチャート識別可能 実施年 2021年 <機種:Mini-GT3> ・フルカラーチャート識別可能 実施年 2022年 <機種:SkydioX2E> ・フルカラーチャート識別可能 実施年 2021年 <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・フルカラーチャート識別可能 実施年 2022年 <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・フルカラーチャート識別可能	<機種:PF2-Vision+SONY製カメラ> ・日向:照度67klx ・日向/日陰混在①:照度51.8klx/9.5klx ・日向/日陰混在②:照度13.9klx/7.6klx <機種:PF2-Vision+SIGMA製カメラ> ・照度:8.66~34.1 klx <機種:Mini-GT3> ・照度:8.377~77.2 klx <機種:SkydioX2E> ・照度:10.8~40.2 klx <機種:ポール型+SONY製カメラ> ・照度:43.3 klx <機種:ポール型+SIGMA製カメラ> ・照度:18.3~52.1 klx

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		① 図面、もしくは点検対象物の現地実測値(全体、型枠跡等)を解析ソフトウェアに取り込む。(手動) ② 撮影した画像を解析ソフトウェアに取り込み、図面と合成することにより、画像に寸法情報を付与。(手動) 合成においては型枠跡や付属物、実測値等を参考にする。 ③ 合成された画像を目視で確認し、各種変状部分をマウスでトレースする。(手動) ④ トレースされた変状規模は、1画素当たりの実寸値を基に自動で計算され、出力される。(自動) ⑤ 検出された損傷が表示された損傷写真、損傷図を出力する。	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・ひびわれ解析ソフト 【動作環境】 OS:Windows7以上 CPU: Intel Pentium3 400MHz以上 HDD:最低500MB / 使用する画像枚数(容量)によって増加 メモリ:128MB以上 / 使用する画像枚数(容量)によって増加	
	検出可能な変状	コンクリート/ひびわれ、床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、変形・欠損、その他 鋼/腐食、破断、防食機能の低下、変形・欠損、その他	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・撮影画像の目視による検出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:デジタル一眼レフ 2) 撮影設定:マニュアル設定 3) ISO感度:ISO800以下 4) ラップ率:オーバーラップ 50%、サイドラップ 30% 5) 画質:最高 6) 画質フォーマット:JPEG 7) 撮影照度:300lx以上 8) 注意事項: 仰角45°以内で撮影すること
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:ひびわれの任意の場所を横断指定し、指定した範囲のひびわれの画素数と分解能(mm/pixel)を乗ずることにより算出する。サブピクセル処理により、1画素あたりの分解能(mm/pixel)以下における数値を算出することを可能としている。 ・長さ:解析ソフト上で検出したひびわれの長さを、上記手法に基づき自動計測
		ひび割れ以外	・人が画像を確認して、変状を人力でトレース、寸法は上記手法に基づき自動計測
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	AIによる機械学習を行わないため、対象外
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG、RAW、BMP、TIFF等、一般的な画像形式
		ファイル容量	40MB程度/画像
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.35mm/pixel程度であることが必要	
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出ができない場合がある ・著しい汚れが表面に生じている場合、ひびわれを検出できない場合がある	
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 ・JPEGをはじめとする画像拡張子 ・JWW、DXFをはじめとするCAD拡張子		
調書作成支援の手順	調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を出力。		
調書作成支援の適用条件	調書作成支援機能は該当なし。 ※要望により、損傷画像に使用できる画像の抽出、変状部ハイライト表示、変状数量算出等を実施。 その際の撮影条件等は上記参照。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	調書作成支援機能は該当なし。		



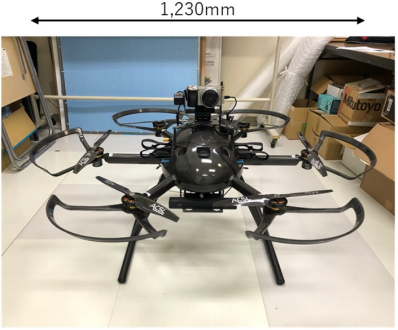

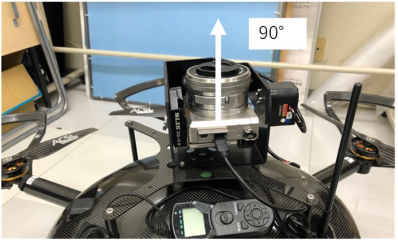


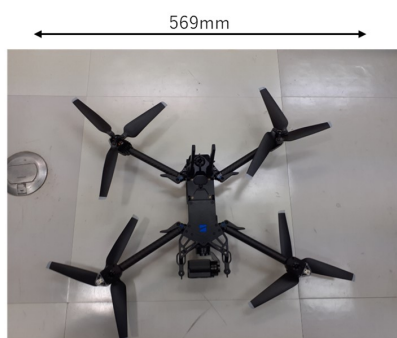
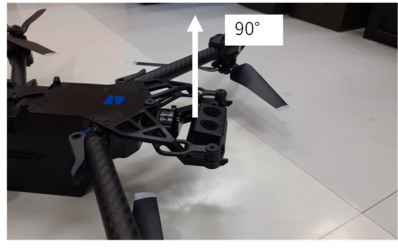
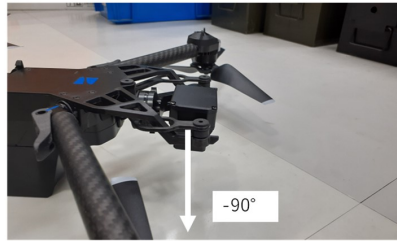


6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	<PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> ・桁下高さ3m以上、50m未満。 <ポールカメラ> ・桁下高さ11m未満 <全共通> ・桁下に人が進入できること。	-
	周辺条件	<PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> ・民家等の上空は不可。 ・電線が付近に存在する場合は、その電力規模に対応した離隔距離を確保する必要がある。 ・電波塔が付近に存在する場合は、事前に使用周波数等の確認を行い、飛行に影響のないことを確認する必要がある。	(電波塔の例) 放送局、携帯電話電波発信基地局、変電所、等
	安全面への配慮	<PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> (運用面) 計測中は注意喚起の看板の設置。 飛行経路内には関係者であっても極力立ち入らない。 (機体面) 機体にはプロペラガードを装着。(SkydioX2Eは除く。) Visual SLAM制御により、障害物との衝突回避機能有り。  <ポールカメラ> ・急斜面やぬかるみがないこと。	-
	無線等使用における混線等対策	<PF2-Vision、Mini-GT3> 機体と操縦装置の通信で用いられている2.4GHz帯の電波は、周波数拡散方式の1つであるFHSSを用い、使用する周波数を変動させながら通信している。  <SkydioX2E> 事前に無線の混線状況を確認。	主にトラック等で使用される無線の周波数帯(430MHz等)とは異なる周波数帯を中心に使用。 使用周波数 : 920MHz、2.4GHz、5.7GHz
	道路規制条件	<PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> 点検対象橋梁の路面上の交通規制は必要ない。 点検対象橋梁の桁下に交差道路や側道が近くに存在し、危険と判断した場合は道路規制が必要となる。	-
	その他	<PF2-Vision、Mini-GT3> ・水面上でのVisual SLAM制御不可。  <全共通> ・日中に計測を行う(最低必要照度:300lx) ・気温0~40℃ ・雨、雪、濃霧、雷の場合は計測不可。 ・現場へは一般的な業務用バンで運搬。 ・バッテリー等の充電が必要となる場合は、小型発電機を使用する。	-

6. 留意事項(その2)

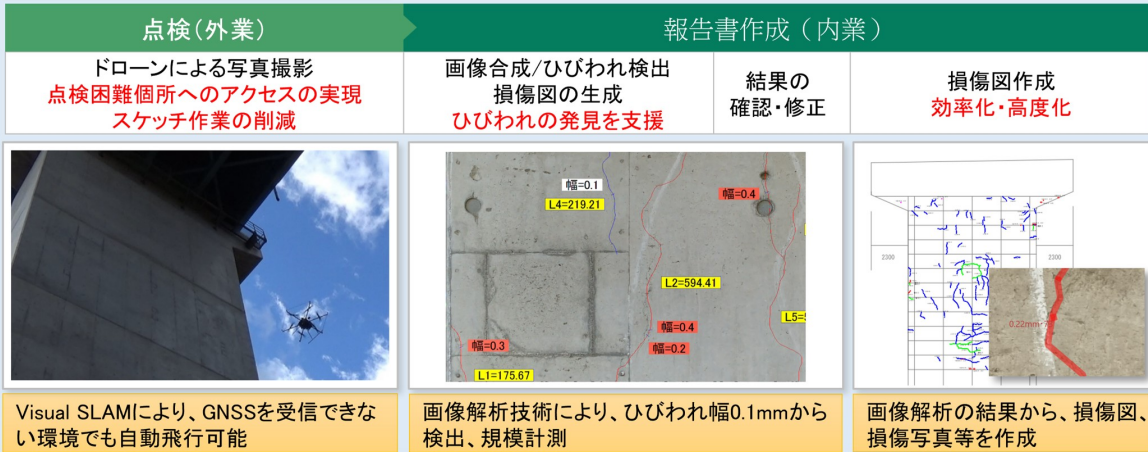
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	<PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> 基本操縦、基地局ソフトウェアの使用方の知識が必要。 <共通> 解析ソフトウェアに適した条件で撮影ができる技能が必要。	(一社)社会インフラメンテナンス推進協議会にて技能講習・認定。
必要構成人員数	<PF2-Vision、Mini-GT3> 操縦者1人、補助者2人 合計3名 <SkydioX2E> 操縦者1人、補助者1人 合計2名 <ポールカメラ> ポールカメラ支持1人、補助者1人 合計2名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	<PF2-Vision、Mini-GT3> 国土交通省航空局への飛行許可・承認申請において、登録した操縦者が従事すること。 操縦者は、機体の基本操縦習得とVisual SLAMや基地局ソフトウェアの使用方等の講習・認定を受けること。 <SkydioX2E> 国土交通省航空局への飛行許可・承認申請において、登録した操縦者が従事すること。 基本操縦、基地局ソフトウェアの使用方の知識が必要。 <ポールカメラ> 撮影技術講習・認定を受けること。	講習・認定実施団体： (一社)社会インフラメンテナンス推進協議会
作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲 : 3m×3m <PF2-Vision、Mini-GT3、SkydioX2E> ・操作場所 : 飛行する機体が目視できる位置。 <ポールカメラ> ・操作場所 : 急斜面やぬかるみがないこと。	-
点検費用	【飛行型】 橋種[コンクリート橋 橋脚] 部位・部材 : 橋脚 3基 活用範囲 : W5.0m×D5.0m×H25m、500㎡×3基 =1,500㎡ 検出項目 : ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、他 <費用>合計 675,000円 【ポールカメラ】 橋種[コンクリート橋] 橋長、幅員 : L100m×W10m(25m×4径間) 部位・部材 : 床版下面 活用範囲 : 1,000㎡ 検出項目 : 床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、他 <費用>合計 425,000円	現場作業から解析作業の一貫業務の概算費用。交通費、諸経費等は別途。 費用は対象橋梁の現場数や現場環境、劣化状況により変動するため、個別見積りにて対応。 対象面積は、表面積を算出。
保険の有無、保障範囲、費用	保険加入あり 対人・対物 : 3億円	-
自動制御の有無	自動制御あり ・GNSS使用環境下 : GNSS方式 ・GNSS使用不可環境下 : Visual SLAM方式	-
利用形態:リース等の入手性	現場作業から解析作業までの業務委託。	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障の場合、機体メーカーのサポート体制あり。場合によっては、現場再点検作業。	現場にはマシントラブルに備え、2台の装置を搬入。
センシングデバイスの点検	チェックリストに基づく日常点検及び、機種メーカーによる1年毎のオーバーホール。	-
その他	・ポールカメラや地上撮影は、ドローンと併用する場合もあれば、小規模橋梁などでは、ポールカメラや地上撮影のみで画像取得する場合もある。 ・当技術の撮影条件を満たした撮影により取得された画像であれば、画像解析のみの業務も可能。	・画像解析のみの業務の場合、事前に画像取得条件等について協議を行う。

### 7. 図面

<p><b>PF2-Vision</b></p>	 <p>1,230mm</p>	 <p>1,230mm</p>  <p>90°</p>  <p>-90°</p>
<p><b>Skydio X2E</b></p>	 <p>569mm</p> <p>211mm</p>	 <p>569mm</p>  <p>90°</p>  <p>-90°</p>
<p><b>ポールカメラ</b></p>	 <p>収納時 1.7m</p> <p>最長 11.5m</p>	

**ワークフロー**

外業（撮影）から内業（画像解析・損傷図作成）まで一貫して行います。



**現場環境に応じた撮影手法選別**

現場環境に応じて機材を選定し、点検対象を満遍なく撮影します。

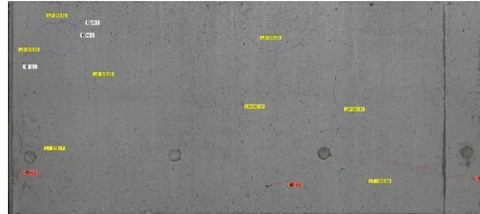


**主な納品物**

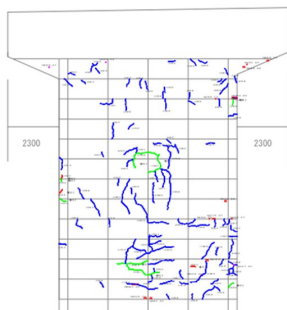
発注者様のご要望に応じて、納品データの選定・追加対応致します。



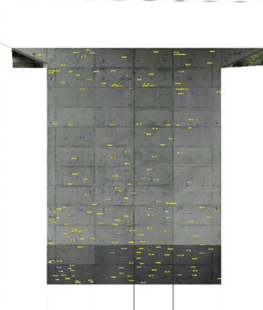
01 撮影画像



02 損傷写真



03 損傷図



04 合成画像/損傷表示

3477	2450	2519	2572	2673	2670
3488	3525	2582	2653		
3469	3521	3563	2650		
3467	3514	3561	3615		
3461	3512	3554	3613		
3457	3590	3551	3609		
2487	2596	3550	3602		
4178	4167	2610	3598		
4175	4165	2610	3598		
4172	4161	4157	4149		
4169	4159	4155	4147		
		4153	4145		
		4152	4143		

05 撮影画像配置図

1. 基本事項

技術番号	BR010016-V0524			
技術名	橋梁点検用ドローンによる構造物2次元画像解析と3Dモデル構築技術			
技術バージョン	4.0	作成:	2024年3月	
開発者	夢想科学株式会社 株式会社日技 長崎大学			
連絡先等	TEL: 097-574-5428 097-574-8135 095-819-2512	E-mail:	izumi@anaheim-laboratory.com info@nichigi-jpn.com iyamamoto@nagasaki-u.ac.jp 夢想科学株式会社 泉 保則	
現有台数・基地	3機(3号機、4号機)	基地	大分(研究所)、長崎(長崎大学)	
技術概要	<全機種共通技術> 橋梁点検用ドローンにより撮影されたカメラにより撮影された画像より3Dモデルを構築し、超解像度オルソ画像を出力することにより外観目視点検の支援を行う技術。  <機種概要> 3号機・・・大型機(橋台、橋脚、床版対応、照明付き) 4号機、5号機・・・小型機(橋台、橋脚対応、照明なし)上向き撮影不可			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁、床版) 下部構造(橋脚、橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通	⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損			
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は4枚羽のドローンである移動装置の上部または下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラが装着されている。</li> <li>・操作は無線操縦となる。</li> <li>・計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</li> <li>・計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</li> <li>・ドローンを飛行させるにあたり、仮設電源などの外部設備は不要(ただし、バッテリー充電用の2000Wクラスの発電機は必要)</li> </ul> ※全機種共通	
移動装置	機体名称	橋梁点検用ドローン3号機、4号機、5号機	
	移動原理	【飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的にGPS測位により自律飛行が可能である。移動に際しては人が操縦して飛行させる。4号機に関しては非GPS環境下でビジョンポジショニング技術によって定点保持が可能となる。 ※全機種共通	
	運動制御機構	通信	・周波数:2.4Hz帯,出力:100mW ※全機種共通
		測位	<3号機> ・GPS+GNSS+D-RTK
			<4号機、5号機> ・GPS+GNSS ・ビジョンポジショニングシステム(全方向)
		自律機能	<全機種共通> ・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。 <4号機、5号機> ・非GPS環境下ではビジョンポジショニングシステムへ移行する。
衝突回避機能(飛行型のみ)	<3号機> ・プロペラガード(水平) <4号機、5号機> ・ビジョンポジショニングシステム(全方向障害物検知)による自動衝突回避機能 ・プロペラガード(水平)		
外形寸法・重量	<3号機> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L1360mm×W1360mm×800mm) ・最大重量(15kgf) <4号機> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L322mm×W242mm×84mm) ・最大重量(0.9kgf) <5号機> ・一体構造(移動装置+計測装置): ・最大外形寸法(L345mm×W283mm×107mm) 最大重量(0.9kgf)		
搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
動力	<3号機> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:リチウムポリマーバッテリー搭載式 ・定格容量:22.2V、17000mA×2本(44,4V) ・外部設備は不要 <4号機、5号機> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:リチウムポリマーバッテリー搭載式 ・定格容量:15.4V、3850mA ・外部設備は不要		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<3号機> ・15分(外気温:20℃の場合) <4号機、5号機> ・25分(外気温:20℃の場合)		
設置方法	・折り畳みアームを展開する。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	<3号機> ・センサーサイズ(縦16.7mm×横23.4mm) ・ピクセル数(縦4000Pixel×横6000Pixel) ・焦点距離(16~50mm@APS-C)		

計測装置	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダイナミックレンジ(Dレンジ最適マイザー (オート/レベル設定 &lt;Lv1-5&gt;))、</li> <li>・オートHDR (露出差オート/露出差レベル設定 &lt;1.0-6.0EVの間で1.0EVごと6段階&gt;))</li> <li>・測光補助用LED (30W*2) 搭載</li> <li>・外部フラッシュ搭載</li> </ul> <p>&lt;4号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーサイズ:1インチCMOS</li> <li>・ピクセル数:縦5472pixel×横3648pixel</li> <li>・FOV:約77°</li> <li>・焦点距離:35 mm判換算:28 mm</li> <li>・絞り:F2.8 ? F11</li> <li>・Dlog-M (10bit)、HDR動画対応 (HLG 10bit)</li> </ul>	
		パン・チルト機構	<3号機>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・チルト:水平0°~上90°</li> <li>・パン:±180°</li> </ul>
			<4号機>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・チルト:上30°~下90°</li> </ul>
		角度記録・制御機構 機能	<p>&lt;3号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御</li> <li>・手動操作でパン、チルト操作可能</li> <li>・4か所の測距センサーにより、水平(床版)、鉛直(橋脚)での被写体との自動正対補正が可能</li> </ul> <p>&lt;4号機、5号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御</li> <li>・手動操作はチルト方向のみ</li> </ul>	
	測位機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影座標がEXIFに記録されるが使用しない。のちに画像解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし、雨天、砂嵐、濃霧等は飛行不可</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ、フラッシュ、LEDはドローンのバッテリーより給電されるため、バッテリー交換の必要はなし。</li> <li>ただし、ドローンのバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
	データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造</li> </ul> <p>※全機種共通</p>	
		外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造のため、機体寸法に含まれる</li> </ul> <p>※全機種共通</p>	
データ収集・記録機能		<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録メディア(SDカード)に保存</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
通信規格(データを伝送し保存する場合)		-		
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-		
動力		<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給</li> <li>・外部設備は不要</li> </ul> <p>※全機種共通</p>		
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		-		

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風 (2019) 実施年 2020 <機種:3号機> ・変化量:20cm(非GPS環境下) ・変化量:5cm(GPS環境下)  実施年 2024 <機種:4号機> ・変化量:0cm  <機種:5号機> ・変化量:0cm	自然風 <機種:3号機> ◆非GPS環境下 ・ホバリング性能:水平/垂直方向±200mm(目測) ・風速2~3m/s ◆GPS環境下 ホバリング性能:水平/垂直方向±50mm(目測) ・送信機より手を放して測定 ・風速2~3m/s	
		標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 <機種:4号機> ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:16cm(23cm) 鉛直方向 最大移動量:9cm(15cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:34cm(38cm) 鉛直方向 最大移動量:15cm(27cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:75cm(60cm) 鉛直方向 最大移動量:16cm(29cm)  <機種:5号機> ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:6cm(10cm) 鉛直方向 最大移動量:44cm(53cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:7cm(9cm) 鉛直方向 最大移動量:68cm(46cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:17cm(29cm) 鉛直方向 最大移動量:53cm(46cm)	<機種:4号機> ホバリング性能:移動なし ・風速 4.7m/s ・ホバリング:60秒  <機種:5号機> ホバリング性能:移動なし ・風速 4.2m/s ・ホバリング:60秒	
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合 (2022) 実施年:2024年  <機種:4号機> 桁下空間:高さ5.0m進入可能  <機種:5号機> 桁下空間:高さ5.0m進入可能		<機種:4号機> ・風速 4.2m/s  <機種:5号機> ・風速 4.6m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無		
	性能値	【飛行型】 <機種:3号機,4号機> ・最大距離:100m		・風速5m/s以下 ・機体と操縦者の間に障害物がないこと ・無線障害がないこと ※操縦者スキルを鑑みた安全率で判断  <2号機,3号機> 可動範囲:100m(目測範囲) ロープ係留の場合:50m(非GPS環境下) <4号機> 直接目視できる範囲(約100m)
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2024年  <機種:4号機> ・50m                    2-1-144  <機種:5号機>		<機種:4号機> ・風速 4.2m/s  <機種:5号機> ・風速 4.6m/s



		・50m	
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種:3号機> 未検証 <機種:4号機> ・移動速度:0.08m/s  実施年 2024年 <機種:5号機> ・撮影速度:0.054m2/s	<機種:3号機> -  <機種:4号機> ・移動距離:10m ・風速:0m/s  <機種:5号機> ・撮影面積:16.5m2 ・風速:0.0~2.5
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2020年 <機種:3号機>①日照部 ・最小ひびわれ幅:0.2mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm <機種:3号機>②日陰部 ・最小ひびわれ幅:0.2mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm <機種:3号機>③暗室 ・最小ひびわれ幅:0.3mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精:度0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm <機種:4号機> ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm  実施年 2024年 <機種:5号機> ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.3mm	<機種3号機> ・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:3~3.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 ・風速:5m/s以下 ・照度:500lx以上  <機種3号機:①日照部> ・照度:93000lxの時  <機種3号機:②日陰部> ・照度:1000lxの時  <機種3号機:③暗室> ・照度:0kxの時  <機種4号機> ・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:2~2.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 ・風速:5m/s以下 ・照度:日陰 500 lx以上  <機種5号機> ・被写体距離:2m ・風速:0.0~2.5 m/s ・照度:11.6~44.9kLux

計測装置

		計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm	
4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有
		性能値	未検証
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種:3号機> ・相対誤差:0.21%  <機種:4号機> ・相対誤差:0.03%  実施年 2024年 <機種:5号機> ・相対誤差:0.01%
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有
		性能値	未検証
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種:3号機> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.010, 0.021) (m)  <機種:4号機> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.001, 0.002) (m)  実施年 2024年 <機種:5号機> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.001) (m)
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 <機種:2号機、3号機> ・フルカラーチャート識別可能  <機種:4号機> ・フルカラーチャート識別可能  実施年 2024年 <機種:5号機> ・フルカラーチャート識別可能	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		1) Photoscan (SfMソフト)を使用した手動解析法 ①撮影した画像を1部材ごとに振り分け、それらの画像をPhotoscanに取り込む。 ②3Dモデル合成後に点検対象部材の面ごとのオルソ画像を出力し、CADに縮尺を合わせて貼り付け損傷を目測で抽出しトレースする。 ③損傷ごとに番号を振り、長さをCAD上で計測して追記する。 ④幅を計測する際は、元画像とクラックスケールの縮尺を合わせて合成して目測で幅を計測し、③の損傷概要に追記する。 ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。 ※SfM参照文献: <a href="https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf">https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</a>		
		2) ひびみっけを使用したAI解析法 ※詳細は富士フィルム社「ひびみっけ」概要を参照 ①撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。 ②ひびわれの自動抽出機能により、ひびわれを抽出する。 ③抽出したひびわれを目視で確認し、筋状の汚れ等ひびわれ以外の抽出結果を手動で削除する。 ④ひびわれ幅、長さが自動抽出される。 ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。 ⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	1) 手動解析: AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト) 2) AI解析: 富士フィルム社製「ひびみっけ ver.4.0」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	・自動: ひびわれ(幅および長さ), 手動: 鉄筋露出、欠損、漏水		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	1) 手動によるひびわれ抽出 ・60%以上のラップ率で撮影された画像より、各部材の面ごとに高密度オルソ画像を生成し、それをCAD上に添付して技術者が人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画を行う。  2) AIを用いたひびわれ抽出 ・富士フィルム社の社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」を活用するが、その詳細についてはひびみっけの仕様準拠する。	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	1) Photoscanを用いた手動計測 ・幅: 画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測 2) ひびみっけを用いた自動計測 撮影画像をひびみっけのサイトにアップロードして解析を行い、抽出されたひびわれで関係ないものの排除などの修正を行う。合成画像上にひびわれの番号、幅、長さが自動で計測され書き込まれている。	
		ひび割れ以外	・人が画像を確認して、変状を人力でトレース	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	1) 作業員から手の届く範囲にひびわれがある場合 損傷個所にクラックスケールを当ててカメラで記録し、自動抽出された損傷と比較して判断。 2) 作業員から手の届く範囲にひびわれがない場合 コンパネ目地の寸法(縦/横)を現場で計測しておき、CADに張り付けたオルソ画像から同じ個所を計測して狂いが生じてないかを確認。	
		変状の描画方法	ひびわれもしくはそれ以外の変状は、CAD上で技術者の判断で、画像の上に変状と考えられる範囲を人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画する(図化する)	
		取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
	ファイル容量	ひびみっけ使用時: 最大8800×6500ピクセル		
	カラー/白黒画像	カラー		
画素分解能	・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要			
その他留意事項	・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けが困難 ・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可			
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 画像: JPEG、オルソ画像: TIFF、CAD: DXF、メタデータ: CSV 【専用ファイル形式の場合】 3Dモデル: PSX (Photoscan)、OBJ、メタデータ: CSV (カメラ座標)			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	-			

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	橋脚幅は制限なし	係留ロープが障害物と干渉しない 直接目視できる範囲内での飛行
	桁下条件	桁高30m未満 桁下は操作者が進入できる箇所 等	-
	周辺条件	民家等の建物や電線がある場合は所有・管理者の承諾が必要。 電波塔など電波外乱等がある場合は不可。 空港規制圏内や重要施設近傍では別途届け出が必要。	-
	安全面への配慮	計測中は注意喚起の看板(カラーコーン等)の設置	-
	無線等使用における混線等対策	使用する周波数を変動させながら使用している。	-
	道路規制条件	操縦者が移動する範囲内に道路などが通る場合は、所轄警察署への届け出をして指示に従う。 歩道部通行止め 車道部片側相互通行 等	-
	その他	基本的に橋梁下より操縦を行うが、離発着地点や操縦者の移動範囲の草刈りが必要な場合あり。	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	機体操作:GPS、高度制御をOFFにした状態で風のある屋外にて機体がどの向きでも自由に操作できるレベル。 カメラ操作:ドローン操縦者とコミュニケーションを取り、狙い通りの高精細撮影が出来て、抜けのない高密度な3Dモデルを構築できるレベル。	夢想科学の認定する操縦レベルに達している事
	必要構成人員数	<2号機、3号機> ドローン操作1人、カメラ操作1人、ロープ操作1人 合計3名  <4号機、5号機> ドローン操作1人、補助(解析、安全管理)1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	夢想科学が行う教育カリキュラムを受講し、各種試験(機体操作、カメラ操作、画像解析)を合格した者	夢想科学の教育カリキュラム受講者のみ操作が可能
	作業ヤード・操作場所	基本的にドローンの直下にて操作を行う。 ・橋脚、橋台:操縦者移動範囲は外側5m程度 ・床版:床板直下 ・作業ヤード5m2	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋]  <2号機、3号機> 橋長 94m 全幅員 9.7 m 部位・部材[橋脚、床板、橋台] 活用範囲 [2500]m2 検出項目 [ひびわれ、遊離石灰、カケ、鉄筋露出] <費用> 合計 1,000,000円(経費含む)  <4号機> 幅員 10 m 高さ 20m 部位・部材[橋脚、橋台] 活用範囲 [2000]m2 検出項目 [ひびわれ、遊離石灰、カケ、鉄筋露出] <費用> 600,000円(経費含む)	参考 橋種 [コンクリート橋] 高さ 30m 幅 6*2 m 部位・部材[ 橋脚のみ ] 活用範囲 [ 900 ]m2 検出項目 [ひびわれ、その他] <費用> 合計 350,000円(経費含む)
	保険の有無、保障範囲、費用	事業活動包括保険に加入。 対人、対物5億円	-
	自動制御の有無	<全機種共通> 自動運転機能等なし	-
	利用形態:リース等の入手性	<2号機、3号機> 自社製作  <4号機、5号機> ネット販売等にて入手可能	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	修理、メンテナンスは自社で行う。	-
	センシングデバイスの点検	<4号機、5号機> 6か月に1度、ビジョンポジショニングシステムのキャリブレーションを行う。	-
その他	山間等の機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難	-	

## 7. 図面

橋梁点検用ドローン3号機



橋梁点検用ドローン4号機





橋梁点検用ドローン5号機



# 1. 基本事項

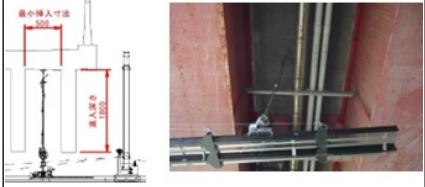
技術番号	BR010018-V0524		
技術名	橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード・mini)+橋梁点検調書作成支援システム(ひびわれ)		
技術バージョン	Ver.1	作成:	2024年3月
開発者	ジビル調査設計株式会社 有限会社インテス 福井大学		
連絡先等	TEL: 0776-23-7155	E-mail: minamide@zivil.co.jp	企画開発室 南出 重克
現有台数・基地	・スタンダード 3台 ・ハイグレード 1台 ・mini 1台	基地	福井県福井市
技術概要	<p>橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)は、橋面上に設置した幅0.95m~1.25mの自走式クローラータ車をベースマシンとし多段式の鉛直ロッドに吊られた長さ7~10mの水平アーム上に高精細ビデオカメラを搭載した近接目視支援用台車とクラック幅を計測するためのクラックゲージ台車を遠隔操作して橋梁定期点検を支援する技術である。</p> <p>橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)は、橋面上に設置した幅0.45mの自走式タイヤ台車をベースマシンとし継ぎ足し式の鉛直ロッドに吊られた長さ2.0m又は3.0mの水平アームの先端に点検支援技術性能カタログ掲載技術である「橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(株式会社日立産業制御ソリューションズ・三井住友建設株式会社・BR010019-V0221)」を取り付け橋面上のベースマシンより遠隔操作して橋梁定期点検を支援する技術である。</p> <p>視る診るminiは計測機能を有する「BR010019-V0221」技術を使用する事で点検性能を確保している技術であることから他のカメラの利用は原則として不可である。</p> <p>橋梁点検調書作成支援システムは、損傷の種類・発生位置・程度等の状況を人がタブレットに入力し、撮影した損傷写真データと紐づけて損傷写真台帳を作成する技術である。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート)	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ ⑪うき
		その他	⑫支承部の機能障害
共通	⑬変色・劣化 ⑭漏水・滞水 ⑮変形・欠損		
検出原理	画像(静止画/動画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 橋面上の操作ベースマシーンより桁下に水平アームを挿入し、水平アーム上を移動する各種点検台車を遠隔操作で近接目視・打診点検を支援する。 計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後にカメラから取り外して保存などの処理を行う。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 橋面上の操作ベースマシーンより桁下に水平アームを挿入し、水平アームの先端に取り付けた「橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)」を遠隔操作で近接目視を支援する。 計測したデータは操作用のパソコン内部に保存される。</p>
機体名称	機体名称	—
	移動原理	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 【アーム型】 橋面上に設置した操作ベースマシーンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。橋面上からの遠隔操作にて水平アーム上を移動する各種点検用台車により点検を支援する。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 【アーム型】 橋面上に設置した操作ベースマシーンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。橋面上からの遠隔操作にて水平アームの先端に取り付けた「橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)」を遠隔操作で近接目視を支援する。</p>
		<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 有線 ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
	運動制御機構	測位
自律機能		—
衝突回避機能(飛行型のみ)		—
移動装置	外形寸法・重量	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る) ○スタンダード機 950×3080×2270mm (幅×長×高) 水平アーム長 7000mm (最大長) 鉛直ロッド長 15000mm (最大長) 総重量1.7t ※橋梁総幅員14mまでに適用</p> <p>○ハイグレード機 1250×3360×2250mm (幅×長×高) 水平アーム長 10000mm (最大長) 鉛直ロッド長 7500mm (最大長) 総重量2.5t ※橋梁総幅員20mまでに適用</p> <p>○mini機 518×1491×1195mm (幅×長×高) 水平アーム長 3000mm (最大長) 鉛直ロッド長 7500mm (最大長) 総重量0.5t ※橋梁総幅員6mまでに適用</p>
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—
動力	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) ・動力源:内燃機関式(ディーゼル) ・電源供給容量:発電機(ガソリン)</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) ・動力源:電動モーター ・電源供給容量:バッテリー(DC12V/30Ah/5Hr×2 シールド 充電時間 約8時間)</p>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 自走タイヤ台車は電動モーター駆動でバッテリー給電にて1日(8時間)の連続稼働が可能</p>	
設置方法	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 桁下に挿入する水平アームの先端に点検ロボットカメラを固定設置する。</p>	
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) カメラ台車(長さ620mm×幅390mm×高さ800mm)</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>	

計測装置	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>・センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm)</li> <li>・ピクセル数(縦3352×横5986)</li> <li>・焦点距離9mm~111.6mm</li> <li>・動画フレーム 30fps</li> <li>・画像形式:RAW画像、合成画像</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>・水平0°~360°</li> <li>・鉛直0°~270°</li> <li>・角度は無段階変化可能</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> <li>カメラ取り付け装置はパン機構(0°~360°)のみ可能。</li> </ul> カメラ本体のパン・チルト機構は橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>・角度記録装置無し</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	測位機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>損傷形状の測定は、幅・長さ測定用ゲージを直接損傷個所に宛がって計測する。</li> <li>損傷位置の簡易測定法として、画像より部材(主桁・横桁等)からの相対的な位置関係を測定。</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>カメラ台車:走行台車モーター、旋回モーター IP規格適合外(小雨程度で使用可能(実績値))</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>センシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリーからの供給</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>有線</li> <li>ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。</li> <li>カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。	
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> <li>桁下に挿入する水平アーム先端の取り付け装置(パン機構・立ち上がりポール付き)に設置する。</li> </ul>
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>カメラ台車(長さ620mm×幅390mm×高さ800mm)</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>記録メディア(SDカード)に保存</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>データ伝送無し</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>データ伝送無し</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>センシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリーからの供給</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</li> <li>データ伝送無し</li> <li>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</li> </ul> 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <p>【アーム型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・先端部の進入深さの総計:2550 mm</li> <li>・曲がり回数:0回</li> </ul> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p> <p>【アーム型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・先端部の進入深さの総計:500 mm</li> <li>・曲がり回数:0回</li> </ul>	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・幅50cm程度の間隙であればカメラの挿入可能</li> <li>・伸縮式ロッド1630~2550mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能可能、曲がり回数 0回</li> </ul> <p>【風速の条件】</p> <p>平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。</p> <p>【天候】</p> <p>晴れ・曇り・小雨は対応可能。 降雪時は不可</p> <p>【外気温】</p> <p>0℃~35℃</p> <p>【日照条件】</p> <p>昼間作業を基本とする。 小雨時や夜間など桁下が暗い場合は、台車付属の照明使用する。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・幅50cm程度の間隙であればカメラの挿入可能</li> </ul> <p>【風速の条件】</p> <p>平均風速5m/s以下で適用可能。</p> <p>【天候】</p> <p>晴れ・曇り対応可能。(雨・雪は不可) 降雪時は不可</p> <p>【外気温】</p> <p>0℃~35℃</p> <p>【日照条件】</p> <p>昼間作業を基本とする。</p>
	標準試験値	<p>標準試験方法 進入可能性能 桁間に進入する場合(2022)</p> <p>実施年2023年</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空間:3.7m×2.8m×2.4m</li> <li>・空間:5.6m×3.7m×3.7m</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風速:4.35~7.6 m/s</li> </ul>
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <p>【アーム型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;機種:スタンダード機&gt;</li> <li>・鉛直ロッド長9m×水平アーム長7m</li> <li>&lt;機種:ハイグレード機&gt;</li> <li>・鉛直ロッド長7m×水平アーム長7m又は10m</li> </ul> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p>	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <p>【風速の条件】</p> <p>平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。</p> <p>【天候】</p> <p>晴れ・曇り・小雨は対応可能。 降雪時は不可</p> <p>【外気温】</p> <p>0℃~35℃</p> <p>【日照条件】</p> <p>昼間作業を基本とする。 小雨時や夜間など桁下が暗い場合は、台車付属の照明使用する。</p> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p>

		【アーム型】 ・鉛直ロッド長7m×水平アーム長2.0m又は3m	・幅50cm程度の隙間であればカメラの挿入可能 【風速の条件】 平均風速5m/s以下で適用可能。 【天候】 晴れ・曇り対応可能。(雨・雪は不可) 降雪時は不可 【外気温】 0℃～35℃ 【日照条件】 昼間作業を基本とする。
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		無	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 地上(2019) 実施年2023年 ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 0.014㎡/sec		-
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) ■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 実施年 2018年 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:- ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.09mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0mm  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 実施年 2023年 ・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.29mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.27mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.44mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.33mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.13mm		■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) ・0.1mmのひびわれを検出する場合の条件) 撮影速度:静止状態 撮影距離:2.0m ・クラック幅計測用のゲージを直接クラック箇所にあてがって撮影する。  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) ・被写体距離:5.1~5.6m ・照度:2.19~40.4 kLux ・風速: 2.5~5.8 m/s
計測装置	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	長さ計測精度 標準試験値	標準試験方法 (2019) ■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 実施年 2018年 ・相対誤差:0.1%  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 実施年 2023年 ・相対誤差:0.1%		■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) ・真値:3.126m ・測定値:3.130m  ・クラック幅を測定する専用台車を橋面上から遠隔操作してクラック発生個所に直接クラック幅測定用のゲージを宛がって、ビデオカメラで幅及び長さを直接計測する。 ・長さの長いひびわれの場合、橋梁の各要素を損傷図と同じ座標系で撮影を行い、画像補正(あおり処理)及び合成処理を行い長さを計測する。  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) ・真値:1.532m ・測定値:1.534m  被写体距離:3.9~4.1m 照度:3.28~52.8 kLux 風速:4.35~7.6 m/s
4-3 オルソ画像精度	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	位置精度 標準試験値	標準試験方法 (2019) 2-1-159 ■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)		■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) ・真値(x,y)=(1.516,-0.221)m ・測定値(x,y)=(1.529,-0.129)m

4-4 色識別性能	標準試験値	未検証	
		■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 実施年 2023年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(-0.013, -0.092) (m)	被写体距離:3.9~4.1m 照度:3.28~52.8 kLux 風速:4.35~7.6 m/s
	性能確認シートの有無	※	有
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) ■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 実施年 2018年 ・フルカラーチャート識別可能  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 実施年 2023年 ・フルカラーチャート識別可能	■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) ・照度100ルクス以上  ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) ・照度:照度:1.44~12.9kLux

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ①撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。(手動)                  ②画像より変状及び、ひびわれを手動で抽出する。(手動)                  ③抽出した変状の形状、ひびわれ幅・長さを手動で計測する。(手動)                  ④ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。(手動)                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>「Kuraves ver.4.4_34」(市販ソフト)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>画像処理によって検出可能な変状を記載する。                  ・ひびわれ(幅0.1mm), 剥離・鉄筋露出, 漏水・遊離石灰, 抜け落ち, 鋼材腐食, 漏水</p>
<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひび割れ</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・合成画像からの手動検出                  以下にその手法を示す。                  ①画像正対化                  ・コンクリート表面の型枠線等を目印に各写真毎に画像のあおり処理及びスケール合わせを行う。                  ②画像合成                  ・正対化された画像を各要素毎に合成し連続写真を作成。                  ・画像の明るさ調整・コントラスト調整等の明瞭化処理の実施。                  ③損傷位置の抽出                  ・ひびわれ強調化処理をした合成画像をCADソフトに貼りつけて目視確認による手作業でデジタルトレースを行う。                  ・ひびわれや損傷の判定は写真内に写り込んでいるクラックゲージを元に計測する。                  ・損傷図CADの作成</p> <p>・撮影条件・仕様等                  1) カメラ: デジタルビデオカメラ                  2) 撮影設定: 自動                  3) ISO感度: 自動                  4) ラップ率: オーバーラップ 30%、サイドラップ 30%                  5) 画質: 2,000万画素相当                  6) 画質フォーマット: JPEG                  7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・幅: 画像内に写り込んでいるクラックゲージを元に計測                  ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ひび割れ以外</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・人が画像を確認して、変状を人力でトレース                  ・面的な損傷の形状計測方法(レーザーポインター照射法)                  レーザーポインター照射法は、直径20cm の円形に配置したレーザーポインターを損傷個所に照射し損傷と対比させて形状を測定する方法。                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・機械学習は未使用である。                  ・人の判断によるひびわれの検出: 再現率100%                  (「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進(橋梁維持管理技術)」の平成29年度試行検証における結果)                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>変状の描画方法</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・ひびわれ: ポリライン                  ・ひびわれ以外: ポリライン                  CAD上で画像の上に変状と考えられる範囲を技術者の判断で人力により変状を描画する(図化する)とともに、変状の長さ・幅・面積の値を数値化する。                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p> <p>JPEG</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル容量</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  10MB                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>カラー／白黒画像</p> <p>カラー                  白黒画像</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>画素分解能</p> <p>■ 橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)                  ・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.42mm/Pixelであることが必要                  ■ 橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)                  橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>

	<p>その他留意事項</p> <p>—</p>
<p>出力ファイル形式</p>	<p>JPEG/DXF</p>
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード・mimi)</p> <p>①損傷データ入力 ・現場点検にて損傷を確認した段階で損傷の種類・発生位置・程度等の情報をタブレットに 入力する。</p> <p>②損傷写真データの入力 ・損傷発生状況を撮影した写真データをタブレットに取り込み入力データと紐づけを行う。</p> <p>③入力データ及び写真データをクラウドサーバー内のデータベースに保存する。</p> <p>④クラウドサーバー内のデータベースより任意のフォーマットでのExcel調書を自動作成する。</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 被写体に対して正対して撮影</li> <li>2) 画像の解像度は0.42mm/pix以下となるよう撮影</li> <li>3) クラックゲージを直接宛がい撮影、又はレーザーポインターを損傷箇所に照射し撮影</li> </ol> </li> <li>タブレットで入力したデータをクラウドに保存するため、現地でインターネット環境(無線の電波状)が整っている方が望ましい。</li> </ul> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p> <p>橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</p>
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<p>■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地での入力(iPad)</li> <li>・「Kuraves-Th ver.4.4_34」(市販ソフト)</li> <li>・iPadアプリケーション「橋梁点検入力システム ver.1.0」(自社開発)</li> <li>・エクセル版 「橋梁点検調書作成システム ver.1.0」(自社開発)(各自治体向けにカスタマイズ可能)</li> </ul> <p>■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁等構造物の点検ロボットカメラ(BR010019-V0221)仕様に準拠する。</li> <li>・現地での入力(iPad)</li> <li>・iPadアプリケーション「橋梁点検入力システム ver.1.0」(自社開発)</li> <li>・エクセル版 「橋梁点検調書作成システム ver.1.0」(自社開発)(各自治体向けにカスタマイズ可能)</li> </ul>

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診る・スタンダード・ハイグレード)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・スタンダード:橋梁総幅員14mまでに適用</li> <li>・ハイグレード:橋梁総幅員20mまでに適用</li> </ul> </li> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診るmini)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・mini:幅員6mまでに適用</li> <li>・構成:歩道付き(2.0m以上)が望ましい。(車道規制不要)</li> </ul> </li> </ul>	-
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診る・スタンダード・ハイグレード)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>桁高:3.0m未満</li> </ul> </li> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診るmini)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>桁高:1.5m未満</li> </ul> </li> </ul>	-
	周辺条件	支間長:5.0m以上	-
	安全面への配慮	高所からの転落を防止するために安全帯の使用	-
	無線等使用における混線等対策	有線での通信であり無線対策は特になし	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診る・スタンダード・ハイグレード)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動)</li> <li>・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動)</li> </ul> </li> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診るmini)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。(規制範囲は、幅1.0m×長さ3.0mの規制で移動)</li> <li>・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。(規制範囲は、幅1.0m×長さ3.0mの規制で移動)</li> </ul> </li> </ul>	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診る・スタンダード・ハイグレード)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>現地でのロボット組み立てスペースとして、幅3m×長さ10mのエリアが必要となる。</li> <li>【風速の条件】</li> <li>平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。</li> <li>【天候】</li> <li>晴れ・曇り・小雨は対応可能。</li> <li>降雪時は不可</li> <li>【外気温】</li> <li>0℃~35℃</li> </ul> </li> <li>■橋梁点検支援ロボット(見る診るmini)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>現地でのロボット組み立てスペースとして、幅2m×長さ5mのエリアが必要となる。</li> <li>【風速の条件】</li> <li>平均風速5m/s以下で適用可能。</li> <li>【天候】</li> <li>晴れ・曇り対応可能。(雨・雪は不可)</li> <li>【外気温】</li> <li>0℃~35℃</li> </ul> </li> </ul>	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	橋梁点検の実務経験及び橋梁構造に関する知識を有する事	-
	必要構成人員数	スタンダード機 2名(ロボットオペレータ1名・補助員1名) ハイグレード機 3名(ロボットオペレータ1名・補助員2名) mini機 2名(ロボットオペレータ1名・補助員1名)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 不整地運搬車 運転技能講習 自走式クローラー台車の必要操作時間40時間(約1週間) ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 免許・資格・技能講習等不要 自走式タイヤ台車の必要操作時間24時間(約3日)	-
	作業ヤード・操作場所	■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 橋面上(歩道上・車道上) 作業ヤード範囲・操作場所:5㎡ ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 橋面上(歩道上・車道上) 作業ヤード範囲・操作場所:3㎡	-
	点検費用	■橋梁点検支援ロボット(視る診る・スタンダード・ハイグレード) 【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋/鋼橋] 橋長 50m 全幅員 10m 部位・部材[ 上部工・下部工 ] 活用範囲 [ 500㎡ ] 検出項目 [基本事項の変状の種類に記載] 〈費用〉 合計 400,000円(経費含む・税込) ■橋梁点検支援ロボット(視る診るmini) 【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋/鋼橋/歩道橋・側道橋・小規模橋梁] 橋長 100m 全幅員 5m 部位・部材[ 上部工・下部工 ] 活用範囲 [ 500㎡ ] 検出項目 [基本事項の変状の種類に記載] 〈費用〉 合計 360,000円(経費含む・税込)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険:有・保障範囲:ロボット本体・費用:ロボットリース費用に含む	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	オペレーター付きリース(全国可能(ただし九州地方・東北地方・北海道は要相談。また、離島等の機材の運搬困難箇所は不可) ジビル調査設計株式会社 TEL0776-23-7155	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	適用できない条件 平均風速7m/s以上で計測中止(ハイグレードは平均風速5m/s) 視る診るminiは平均風速5m/s以上で計測中止	-	

7. 図面

断面図

橋梁点検支援ロボット  
(ハイグレードタイプ)

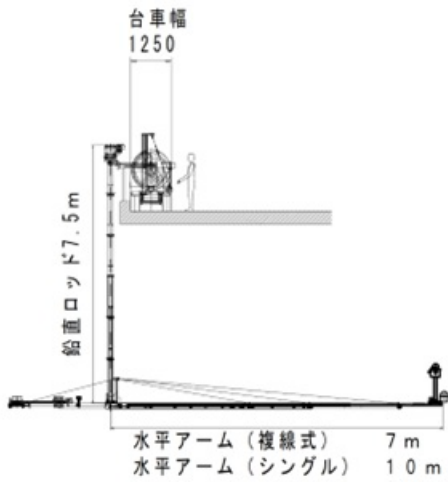


写真1 ハイグレード



写真2 ハイグレード

橋梁点検支援ロボット  
(スタンダードタイプ)

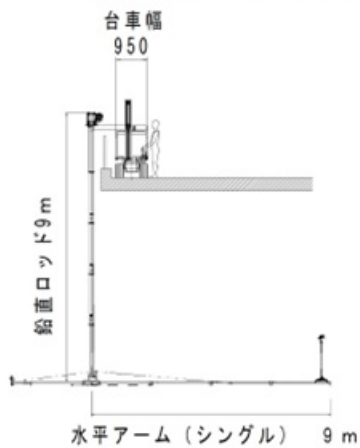


写真3 スタンダード



写真4 スタンダード

橋梁点検支援ロボット  
(miniタイプ)

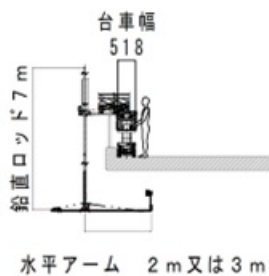


写真5 mini



写真6 mini

1. 基本事項

技術番号	BR010019-V0524			
技術名	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ			
技術バージョン	HV-HT3100TB	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社日立産業制御ソリューションズ 三井住友建設株式会社			
連絡先等	TEL: 03-3251-7245	E-mail: yoshitaka.chiba.tx@hitachi.com	株式会社日立産業制御ソリューションズ 営業統括本部 組込み営業本部 組込み営業第二部 千葉	
現有台数・基地	75台(内、レンタル会社28台) 2021/3/30現在	基地	東京、静岡、大阪、兵庫、広島、福岡(レンタル会社)	
技術概要	<p>点検員が近接するのに足場や脚立、梯子、ロープアクセス等を必要とする部位に対して、それらを必要とすることなく、点検員が離れた場所よりカメラで視準して点検することを可能とする技術である。</p> <p>点検ロボットカメラの向き、倍率(光学30倍ズーム)、撮影等をカメラから離れた操作端末(タブレットPC)から点検者が遠隔操作し、点検画像を取得する。操作は容易である。</p> <p>操作端末に表示した点検画像に対し、擬似的なクラックスケール、L型スケールを点検者の操作で表示することができ、損傷の大きさを定量的に点検者が計測可能である。</p> <p>高所型ポール、懸垂型ポールは伸縮可能で、カメラの視準位置を変更することができる。この機能により、点検者の位置からは死角となっている部位まで点検が可能である。</p> <p>また、点検カメラおよびポールユニットの装置一式は、軽量で、可搬性があり、設置も容易である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート)		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ	
		その他		
	共通	⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損		
検出原理	画像(動画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>(1)カメラユニット 雲台付き点検カメラは、レーザー距離計(Laser Range Finder)および照明を搭載し、暗所でも撮れる高感度カメラである。懸垂型、高所型の使用形態とも共通で、操作端末(タブレットPC)から、点検カメラの向き、レンズ倍率、静止画・動画の切り替え、画像の保存等を遠隔操作する。</p> <p>(2)懸垂型ユニット 懸垂型は、橋面の高欄に架台ユニット基部を据え付け、下方に伸ばし、ユニット先端に付けた点検カメラにより、桁側面・下面や支承部などを点検調査するタイプである。ポールは、欄干笠木から最大4.5m(延長ポール付加で6.0m)伸長する。</p> <p>(3)高所型ポールユニット 高所型は、地上面に設置し、上方に伸ばし、床版・桁下面や支承部などを点検調査するタイプである。ポールユニットは、地上面から最大10.5m伸長する。</p>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>(1)点検カメラ ・懸垂型ポール、高所型ポール先端に取り付けられた点検カメラは、操作端末(タブレットPC)からの遠隔操作にて点検カメラの視準方向を電動で変更する。移動原理は、電動である。</p> <p>(2)懸垂型ポール ・懸垂型:橋面の高欄笠木に、架台ユニットを固定し、懸垂させ、アームを鉛直下方向(最大6.0m)に電動により伸長し、架台ユニット下端に設置した点検専用カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した高欄から、架台ユニットを別の場所に移動するには、高欄から取り外して人力により移動して、再度設置作業を行う。 移動原理は、鉛直下方向への伸長は電動、設置場所の移動は人力である。</p> <p>(3)高所型ポールユニット ・ポール型(高所型):地上に三脚を有したポールユニットを設置し、ポールを鉛直上方向(最大10.5m)に人力により伸長し、ポールユニット上端に設置した点検カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した場所から、別の場所に移動するには、ポールを下げ、人力により移動して、再度設置する。 移動原理は、ポール伸長および設置場所移動は人力である。</p>	
	運動制御機構	通信	<p>(1)点検カメラ 無線通信(操作端末(タブレットPC)から、無線通信により点検カメラを遠隔操作・制御する。) 周波数:5GHz帯(W56規格)</p>
		測位	<p>(1)点検カメラ 点検カメラ内臓の雲台部に搭載されている角度センサーにより、基準位置からの点検カメラの視準角度を常時計測している。 &lt;計測範囲&gt;左右:-180°~+180° 上下:-90°~+90°</p>
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<p>・点検カメラ:235×160×130[mm] 重量:1.7kg(バッテリー込み) ・高所ポールユニット:1730×200×160[mm](収納時) 重量:10.5kg ※設置時の三脚の占有平面範囲:1500×1500[mm]程度 ・懸垂架台ユニット:1350×280×210[mm](収納時) 重量:12.5kg</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<p>点検カメラ:電動(専用バッテリーより供給) 高所型ポール:手動 懸垂型ポール:電動(専用バッテリーより供給)</p>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>・点検カメラ:約3時間 (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる) ※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能 ・懸垂型ポール:約4時間(約100往復) ※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能</p>	
計測装置	設置方法	<p>点検カメラをポール先端に付け、ポールを伸長し、点検箇所を視認できる位置に点検カメラの撮影位置を設定する。懸垂型ポールは電動駆動、高所型ポールは手動で伸長させる。</p> <p>最大長 高所ポール:10.5m 懸垂型ポール:4.5m(標準) ※延長ポール付加で6.0m</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・点検カメラ:235×160×130[mm] 重量:1.7kg(バッテリー込み)	
	センシングデバイス	カメラ	<p>・センサーサイズ(縦3.1mm×横5.6mm) ・ピクセル数(縦1080Pixel×横1920Pixel) ・焦点距離(4.3~129mm) ・(動画の場合)フレーム数(15fps) ・画像形式:静止画(JPEG)、動画(MPEG4)</p>
		パン・チルト機構	点検専用カメラのパン・チルト機構部の可動範囲 水平:-180°~+180° 鉛直:-90°~+90°
		角度記録・制御機構機能	角度記録機能有(静止画画像のExifデータに保存):カメラのパン・チルト機構部の原点位置に対する相対角度を記録
		測位機構	<p>・パン・チルト角度測位:ロータリーエンコーダ(静止画画像のExifデータに保存) ・対象物までの測距:レーザーレンジ2.167m(静止画画像のExifデータに保存) ・疑似クラックスケール:静止画上に表示/保存</p>
耐久性	・カメラユニットは、IP2相当(IP2は防滴対応)		

	<b>動力</b>	点検専用カメラに装着するバッテリー:使用時間 約3時間 (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる) ※予備バッテリーの対応で稼働時間の延長可能
	<b>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</b>	点検カメラに装着する専用バッテリー:使用時間 約3時間(気温:0℃~40℃) (ただし、点検カメラ内臓照明点灯を併用した場合は、短くなる(2灯常時点灯時、約2時間)) ※予備バッテリーとの交換で稼働時間の延長可能
<b>データ収集・通信装置</b>	<b>設置方法</b>	操作端末(タブレットPC)は、点検者の手元にあり、点検者の手元から点検カメラを制御する。
	<b>外形寸法・重量(分離構造の場合)</b>	タブレットPC:280×180×10[mm] 程度 700g程度
	<b>データ収集・記録機能</b>	点検者が操作端末(タブレットPC)を操作し、点検カメラから静止画/動画の点検画像、点検カメラの画角情報(ズーム倍率)、点検対象物までの距離情報などを取得し、操作端末(タブレットPC)内臓HDDに保存する。 点検画像を記録する際、点検画像に擬似的なクラックスケール、L型スケールを点検者の操作で付加して記録することが可能。
	<b>通信規格(データを伝送し保存する場合)</b>	・通信方法 無線(Wifi) ・通信規格 5.6GHz帯(W56規格) ・通信距離 20m以下
	<b>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</b>	・認証方式:WPA2 ・暗号化方式:AES
	<b>動力</b>	タブレットPC内臓のバッテリーにより動作
	<b>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</b>	・タブレットPCの使用時間と同じ。連続4~6時間(気温20℃の場合)使用可能 ※外部バッテリー接続にて、使用時間の延長可能。



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	【ポール型】 <機種:高所型> ・最小所要寸法:縦、横(250、200)(mm)  【アーム型】 <機種:懸垂型> ・最小所要寸法:縦、横、高さ(250、200)(mm)	・1方向からのからの侵入に限る。  <機種:高所型の場合> スペース 250x200mm以上 ※点検カメラの外形に依存 進入深さ 10.5m(ポール型) 曲がり 0回  <機種:懸垂型の場合> スペース 250x200mm以上 ※点検カメラの外形に依存 進入深さ 4.5m(補助ユニット追加で6.0m) 曲がり 0回
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	【ポール型】 <機種:高所型> ・最大距離:20m  【アーム型】 <機種:懸垂型> ・最大アーム長:6.0m	・風速5m/s以内<機種:高所型> ・風速10m/s以内<機種:懸垂型>  ・天候:筐体は、防滴使用であるが長時間の雨天時使用は不可 ・外気温:-10℃以上40℃以下 ・照度:概ね、10 lx以上 ・操作端末から点検専用カメラまでの無線通信による操作可能距離:20m程度以内  <機種:高所型の場合> ポールは、上方向に最大10.5m伸長 <機種:懸垂型の場合> アームは、高欄笠木から下方向に最大4.5m(延長ポール付加で6.0mまで対応)
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※ 無				
		性能値	未検証		-	
		標準試験値	未検証		・連続自動撮影機能を使用した場合、8秒/枚 ・移動方向ラップ率:10~50%可変設定 -	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※ 有				
		性能値	未検証		-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.09mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.27mm		・被写体距離:8.2~9.2 m ・照度:5.8~75.4 klx ・風速:6.1~7.0 m/s	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※ 有			
			性能値	未検証		-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・相対誤差4.22%		・真値:5.168m ・測定値:4.950m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※ 有			
			性能値	未検証		-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.112, 0.078) (m)		・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.450, -2.350) (m)
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※ 有					
	性能値	未検証		-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 フルカラーチャート識別可能		・照度:8.2~75.4 klx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	<p>①点検者が点検カメラから操作端末(タブレットPC)送られてくる動画から、操作端末(タブレットPC)にて点検カメラを制御し、カメラの視点変換(雲台制御)、ズーム倍率可変、照明のON/OFFなどをしながら変状箇所を見出だす。</p> <p>②点検者が変状箇所を見出した後、点検者が静止画撮影操作を行い、静止画像データを操作端末(タブレットPC)画面上に表示する。</p> <p>③点検者は、操作端末(タブレットPC)画面上に表示されている静止画像上に擬似クラックスケールを表示し、擬似クラックスケールを点検者が対象箇所に指で移動し、ひびわれ幅を定量的に評価する。</p> <p>④点検者が擬似クラックスケールを表示した静止画像データを保存する。</p>		
ソフトウェア名	橋梁点検ロボットカメラ-操作アプリ		
検出可能な変状	腐食／亀裂／ひびわれ／床版ひびわれ／変形・欠損／漏水・滞水		
ソフトウェア情報	損傷検出の原理・アルゴリズム	<p>擬似クラックスケールの表示原理(静止画撮影時)</p> <p>(1)点検カメラから対象物までの距離を点検カメラが自動計測</p> <p>(2)点検カメラのズーム倍率から静止画撮影時の撮影画角(角度)を操作アプリで自動算出</p> <p>(3)(1)及び(2)から静止画の画角サイズ(静止画の縦/横の距離)を操作アプリで自動算出</p> <p>(4)画角サイズから擬似クラックスケールのメモリ間隔を操作アプリで自動算出し、擬似クラックスケールを操作端末の静止画上に自動表示</p> <p>(5)対象物撮影静止画に角度がある場合は、角度補正機能によりあり角度を点検カメラが再度計測し</p> <p>(4)の結果に角度補正情報を付加した擬似クラックスケールを操作端末の静止画面上に表示</p> <p>(6)点検者が擬似クラックスケールを操作端末(タブレットPC)画面上を指で移動し、点検者が計測する。</p>	
	ひび割れ幅および長さの計測方法	前記、擬似クラックスケールの表示原理(静止画撮影時)にて、擬似クラックスケールを操作端末(タブレットPC)画面上に表示させた後、指で擬似クラックスケールを移動し、点検者が計測する。	
	ひび割れ以外	・点検者が画像を確認して、変状を静止画で保存	
	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	機械学習はしない。 点検作業開始前にクラックスケールシートを壁などに貼りつけ、そのクラックスケールシートを点検カメラで撮影した静止画上に擬似クラックスケールを表示させ、両者を比べることにより、精度が確保されているかの確認ができる。	
	変状の描画方法	点検者が変状箇所と判断した場合、変状箇所を点検者が静止画で記録。	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	静止画:JPEG 動画 :MPEG4
		ファイル容量	静止画:約500KB/枚
カラー／白黒画像		カラー	
画素分解能		・ひびわれ幅0.2mmを検出するためには0.6mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けがやや難しい。(例:直線であれば蜘蛛の巣と判断)	
出力ファイル形式	静止画:JPEG 動画 :MPEG4		
調書作成支援の手順	<p>①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。</p> <p>②画像データ、点検調書の様式をPCに取り込み、PC上で点検調書へ画像データを貼り付ける</p> <p>③画像データに番号を付ける。</p> <p>④点検調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。</p> <p>⑤PCに入力したデータを保存する。</p>		
調書作成支援の適用条件	<p>・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。</p> <p>1)計測するひびわれ幅に合わせ、撮影する画角を決めて撮影する。</p> <p>2)対象物と正対して撮影することが望ましいが、角度をつけて撮影してもよい。 角度をつけた撮影時は、角度補正機能を有効とすること。</p>		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	<p>・橋梁点検カメラ-操作アプリ(自社開発ソフト)</p> <p>・後から測るビューワ(自社開発ソフト): 後からクラックスケールを付加するソフト</p>		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	制約なし	-
	桁下条件	・桁下に河川敷があり、点検員が入れる場合は、高所型を地面に設置して作業が行える 点検員が入れない場合は、懸垂型を欄干笠木に設置して作業が行える ・ポール先端のカメラから桁下面までの高さは20m以内が望ましい	-
	周辺条件	・電線、引込み線、電車線路およびその周辺では絶対に使用しない。(感電防止) ・雷が発生している場合は、絶対に使用しない。(落雷防止)	-
	安全面への配慮	・点検員の作業範囲は、第三者が立ち入らないように交通規制する。(概ね2m四方) ・懸垂型は、落下防止ベルトで、高欄と架台ユニットとを結ぶ。	-
	無線等使用における混線等対策	操作端末の画面に警告文を表示	-
	道路規制条件	・懸垂型架台ユニット、高所型ポールユニットは、設置箇所において交通規制する。(概ね2m四方)	-
	その他	現地への運搬方法 ・架台ユニット、ポールユニット、点検カメラは、宅配便および車両(ライトバン等)で搬入する。車両駐車箇所より、橋梁までは手運搬。	撮影条件 ・対象面の直交軸と、カメラ視準軸のなす角が45°以下が望ましい。

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特に求められる資格は無し。	-
	必要構成人員数	高所型:1名(2名が望ましい) 懸垂型:2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	橋面または地面(点検カメラから対象物までの距離20m程度以内)	-
	点検費用	機器購入:約300万円、機器レンタル:3~5万円/日 作業費用(参考) コンクリート桁橋(300m <sup>2</sup> ):240,000円 コンクリート箱桁橋内部(550m <sup>2</sup> ):330,000円	作業費用内訳(参考): 計測費用[直接人件費]+計測費用[直接経費]+解析費用[直接人件費]
	保険の有無、保障範囲、費用	機材の故障に対する保険、人的被害および検査対象物の損傷に対する保険は、業者が必要に応じ任意加入。 補償範囲、費用は、保険会社と都度設定必要。	レンタル時は、機器の故障に対する保険にレンタル会社で加入済。 (補償範囲は、最大、機材の新規購入費用まで)
	自動制御の有無	決められは範囲を自動で撮影する機能有。	-
	利用形態:リース等の入手性	購入またはレンタルで装置を入手可能。 ※業務委託は、行っていません。	初期導入時の操作説明・操作指導は有料にて実施可能。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	機器の不具合は、販売会社がサポート。	-
	センシングデバイスの点検	点検開始前に壁に貼ったクラックスケールシートを撮影し、疑似クラックスケールのメモリがあっていることを確認する。	-
	その他	-	-

7. 図面

使用機材外観

**懸垂型**

**高所型**

**ポールユニットに設置した橋梁点検ロボットカメラ**  
(点検専用カメラは、懸垂型、高所型において共通)

現場使用例

懸垂型を用いた点検

高所型を用いた点検

懸垂型および高所型を用いた点検

1. 基本事項

技術番号	BR010020-V0524			
技術名	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	O・T・テクノリサーチ株式会社 東北工業大学			
連絡先等	TEL: 022-343-9961	E-mail: isigaki@ottr.jp	調査部 石垣 克典	
現有台数・基地	1台	基地	仙台市泉区	
技術概要	<p>「診れるんです」(みれるんです)は、主に、橋梁上部構造の床版下面、橋台・橋脚側面等の点検等において、近接目視が困難な部位に対して、カメラを通して橋上や地上(橋下)等のタブレット端末から確認・写真撮影することで近接目視を支援することができる簡易型の装置であり、その撮影画像を用いて、コンクリートのひびわれ幅、ひびわれ長さ等、各種損傷の大きさとその位置を導出させることができる技術である。</p> <p>橋梁両側高欄部等より橋軸直角方向に吊下げられた最長12mの両端ヒンジのアルミ製棒部材に固定した最大6台のカメラを用いて、床版下面・桁、橋脚・橋台の壁面等をタブレット端末で常時リアルタイムに確認し、静止画撮影・保存する。</p> <p>例えば、装置全体を橋軸方向に所定の間隔で逐次移動させることで、床版下面・桁等全体の撮影が可能となる。</p> <p>これらによって得られた撮影画像等を人がコンピュータディスプレイ上で確認し、ひびわれ幅、ひびわれ長さ等、各種損傷の大きさやその位置等の情報を導出するものである。</p> <p>各カメラは、カメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続され、無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへの操作を可能にし、撮影画像はタブレット内に保存される。</p> <p>なお、HUBとWi-Fiルーターへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行われる。</p> <p>上記の仕様により、機械・電気・LAN環境的にトラブルが極めて少なく、安定した点検作業が長時間可能となる。</p> <p>また装置一式は小型乗用車でも運搬可能であり、少ない通行規制の下、最低2名での点検が可能である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ①床版ひびわれ	
		その他	⑦その他	
共通				
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・最長12m(50cm刻みで対応可能)の両端ヒンジのアルミ製棒部材は、最大でも約2m以下に分解可能で、各部材を、特製の接続用部品を用いてキャンバーが付くように接続する。</li> <li>・各カメラは、カメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続され、さらにHUBに繋がるWi-Fiルーターと無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへのパン・チルト・ズーム・露出調整、撮影の操作を行います。撮影画像はタブレット内に保存する。</li> <li>・HUBとWi-Fiルーターへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行う。</li> <li>・撮影した全画像は、一括して専用のExcelマクロ処理で読み込むことにより簡易的に画像合成され、損傷位置特定を支援する。なお、損傷写真の抽出、損傷程度の評価(ひびわれ幅・ひびわれ長さの計測等も含む)は、撮影した写真をコンピュータディスプレイ上で確認することでの実施となる。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数台の撮影用カメラは、撮影対象場所に応じて予めそれぞれ位置を決め、それらの位置になるよう、吊下げられた棒部材上にそれぞれ固定する(点検中、カメラは棒部材上を移動しない)。また、橋軸方向への装置(カメラが固定された棒部材)の移動は、装置を吊下げているロープを高欄の位置にて人力で行う。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	<p>「通信未使用」</p> <p>装置全体(カメラが固定された棒部材)の運動(移動)はすべて人力                  なお、個々のカメラのパン・チルト等の運動には、人が存在する橋上または地上までは有線LAN、その場所(橋上または地上)と操作用端末間は無線LANを使用。</p>
		測位	測位機構なし
		自律機能	自律機能なし
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<p>幅:500mm(両端部)、200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外)</p> <p>高さ:200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外)</p> <p>長さ:点検対象橋梁の幅員相当(最大12m、0.5m刻みで自由に設定可能)</p> <p>最大重量(15kgf)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	カメラ1台当たり 15cm×15cm×20cm(高さ) 1kgf 最大6台使用	
動力	<p>全て人力で行うため、バッテリーなどの仮設電源は不要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・棒部材(カメラ一体)の吊下げ・吊上げは、高欄部に設置する専用ウィンチを使用して、人力で行う。</li> <li>・棒部材の橋軸方向の移動は、上記専用ウィンチを含め人力で移動する。</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	装置の移動はすべて人力		
計測装置	設置方法	移動装置に市販のクランプを用いて計測装置(カメラ)を取付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	カメラ1台当たり 15cm×15cm×20cm(高さ) 1kgf 最大6台使用で 6kgf	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光学ズーム 18倍</li> <li>・1/3型 MOSセンサー</li> <li>・焦点距離(4.7mm~84.6mm)</li> <li>・ピクセル数(縦960Pixel×横1280Pixel)</li> </ul>
		パン・チルト機構	<p>使用するカメラ自体のパン・チルト機構部の可動範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水平0°~350°</li> <li>・鉛直-30°~90°</li> </ul>
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各カメラは吊下げた棒部材上に固定されており、橋上での装置の吊下げ位置、吊下げ量(撮影対象場所における被写体距離)が各撮影ごと明確なため、予定した撮影対象場所(被写体)が撮影できるよう、カメラのパン・チルト操作をタブレット端末で制御</li> <li>・各写真は、撮影位置が特定できるファイル名にて、タブレット端末内で自動保存</li> </ul>
		測位機構	各カメラは吊下げた棒部材上に固定されており、装置の吊下げ位置も撮影ごと明確なため、各撮影画像の座標は容易に確定できる。
	耐久性	-	
動力	<p>バッテリーなどの仮設電源が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各カメラはカメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続されており、HUBへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行う。</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>6時間 (外気温:10℃、6台のカメラに対して1分に1回の写真撮影の場合の実績)</p> <p>各カメラは、PoE対応HUBとの間を有線LAN接続することで、小型電源装置から給電される。</p> <p>なお、連続稼働時間は、小型電源装置の性能や外気温、撮影頻度により左右される。</p>		
データ収集・通信装置	設置方法	各カメラは有線LAN接続されHUB(橋上に設置)へ、HUBに繋がるWi-Fiルーターと無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへのパン・チルト・ズーム・露出調整、撮影の操作を実施。なお、撮影画像はタブレット内に保存される。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ300mm×幅400mm×高さ200mm)、最大重量(15kgf)</p> <p>*充電式の小型電源装置を含む</p>	
	データ収集・記録機能	各カメラからの撮影データは、有線LANケーブル、HUB(橋上に設置)、Wi-Fiルーター経由で、無線接続されたタブレット内に保存される。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	IEEE802.11g 2-1-176	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	WPA2-PSK	



	<p>動力</p>	<p>バッテリーなどの仮設電源が必要 ・カメラの稼働、HUB、Wi-Fiルーターの動作のため、小型電源装置を用いる。</p>
	<p>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)</p>	<p>小型電源装置(AC100V、出力電圧:最大300VA、内蔵バッテリー容量32Ah) 1台で、連続約6時間(気温10℃)使用可能</p>

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	・高欄部等から吊下げられたアルミ製棒部材上にカメラは固定されており、狭隘部へのカメラの進入は不可能である。
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	・高欄等から吊下げられたアルミ製棒部材上のカメラは固定されているが、高欄等での吊下げ位置を人力で移動させることで、可動できる。そのため、最大可動範囲は各対象橋梁ごと異なる。 なお、アルミ製棒部材自体の長さは最大12m、橋梁の幅員に合わせて50cm刻みで調整可能である。
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		無		
		性能値	未検証		-	
		標準試験値	未検証		-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有		
		性能値	・最小ひびわれ幅:0.1mm 計測精度:未検証		・最小ひびわれ幅:0.1mm ・計測精度: - 理由「被写体距離の誤差によって計測精度は異なる」  なお、精度の良い計測は、桁下面、床版下面のみ対象。 ・被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm 縦45cmの場合 色調差を処理することで、0.1mm単位で区別することが可能。 同一条件(被写体距離、倍率)で撮影した「クラックスケール」の画像を、損傷写真とディスプレイ上で重ね合わせることで長さを計測  ＊最小ひびわれ幅の検証は、模擬ひびわれとして、「クラックスケール」上の各幅の「線」を用いた室内実験結果によって行った。	
		標準試験値	未検証		-	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
			性能値	・相対誤差:6%		・真値:1.0m ・計測値:0.940、0.937、1.011、 0.992m  ・被写体距離90cm、カメラ倍率1.2倍で橋脚に1.0m間隔でチョーキングされた箇所を撮影し、ディスプレイ上で撮影した写真を張りあわせ、スケールで計測した寸法と比較した場合。
			標準試験値	未検証		-
	4-3 オルソ画像精度	位置精度	性能確認シートの有無 ※		無	
			性能値	・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.100、0.100) (m)		・被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm×縦45cmの場合  ・橋軸方向: 100mm(絶対誤差) ・橋軸直角方向: 100mm(絶対誤差)  ・撮影時の装置の揺れにより、撮影すべき被写体位置が最大で100mm程度ずれる可能性があるため。 -
			標準試験値	-		-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		無			
	性能値	未検証		-		
	標準試験値	未検証		-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>撮影した写真から、ひびわれ幅、ひびわれ長さ、損傷の位置を計測する原理は、下記①～⑤の条件により以下の通りである。</p> <p>①アルミ製棒部材の吊下げ場所は予め指定の場所。(手動)</p> <p>②図面等より、点検対象位置(撮影被写体面)とカメラの距離は所定の距離に設置。(手動)</p> <p>③各カメラはアルミ棒部材上の予め指定の場所に固定。(手動)</p> <p>④各カメラの撮影方向は、被写体部位に正対。(手動)</p> <p>⑤カメラのズーム(倍率)は、予め定めた所定の倍率に設定。(手動)</p> <p>以上①～⑤の条件で撮影することで各写真の撮影位置は明確に特定できる。さらに、点検時と同一条件(被写体距離、カメラ倍率)で予め撮影した「クラックスケール」等の写真と点検時に撮影した写真とを、経験豊富な専門技術者がPC上で比較することで、ひびわれ幅、ひびわれ長さ、各種損傷の寸法等を計測できる。(手動)</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	写真画像を取り込めるソフトであれば、どのようなものでも可能(例 エクセル)。 なお、損傷の検出や計測自体は、ソフトではなく、専門技術者が実施する。		
	検出可能な変状	ひびわれ(幅および長さ)		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	人が各写真画像を確認して、人力で変状を検出する。	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	コンピュータディスプレイ上に疑似的なクラックスケールを設置して手動で検出	
		ひび割れ以外	人が各写真画像を確認して、人力で変状を検出する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
		変状の描画方法	-	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	-	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		被写体距離とカメラの光学ズームの調整により、被写体の大きさが、横60cm?縦45cm以下の場合、色調差を処理することで、0.1mm単位で区別することが可能。		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	-			
調書作成支援の手順		-		
調書作成支援の適用条件		-		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		-		

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	・幅員12m程度以下	-
	桁下条件	・桁下高25m程度以下 ・桁下に組み立て作業ができるスペース(幅員×0.8m程度)があること。スペースが無い場合は、橋上に同様の作業スペースが確保でき、「桁下高>幅員」であれば点検可能	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	Wi-Fi接続を利用	-
	道路規制条件	装置の設置・撤去時及び調査中は交通規制の必要がある。 両路肩部それぞれ幅70cm程度の部分交通規制	-
	その他	風速10m/s以内 雨天、降雪時は計測不可 気温0°以下または40°超える時は計測不可 被写体面は概ね50%以上であること	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	最低2名だが、巻き上げ装置操作2名+タブレットによるカメラ操作1名の計3名を標準とする。	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	無	-
	作業ヤード・操作場所	組立作業ヤードは橋下を基本とし、その範囲は橋梁幅員×作業幅1.0m程度必要。 装置の移動操作は橋上 タブレットによるカメラ操作は、橋上・橋下ともに可	-
	点検費用	橋 種:コンクリート橋を基本 橋 長:60m(支間長15m・4径間) 全幅員:6.0m 計測部位:床版 活用範囲:360m <sup>2</sup> 検出項目:ひびわれ  計測費用約24万(直接人件費+直接経費) 解析費用約27万(直接人件費) ※ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	無	-
	利用形態:リース等の入手性	開発者による受託点検のみ	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	× 現時点では、開発者による受託点検を前提としているため	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

## 7. 図面



## 1. 基本事項

技術番号	BR010021-V0424			
技術名	二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術			
技術バージョン	大型機:ver.03、中型機:ver.03	作成:	2024年3月	
開発者	富士通株式会社			
連絡先等	TEL: 044-754-2311	E-mail: fj-SS-infra-mainte@dl.jp.fujitsu.com	富士通株式会社防災システム事業部 荒川 博史	
現有台数・基地	2(大型・中型各1台)	基地	川崎市中原区	
技術概要	・橋脚などのコンクリート部材に二つの車輪を接触させて、一定間隔を保ちながら近接撮影を行う点検支援ロボット(以下、二輪型マルチコプタと呼ぶ) ・二輪型マルチコプタで収集した画像からオルソ画像を合成し、損傷検出・損傷記録が可能 ・二輪型マルチコプタで収集した画像等の点検データと部材情報を3D-CADモデル上で自動的に整理			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ①床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(動画)			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・二輪型マルチコプタは基本的に一体構造であり、クアッドロータマルチコプタに車輪、ワイヤーガード、撮影カメラを搭載した機構である。</li> <li>・計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</li> <li>・計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的に人が操縦して飛行させる。	
	運動制御機構	通信	無線通信2.4GHz
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	プロペラガードを装備しかつ車輪がさらにプロペラガードの役割になっている
	外形寸法・重量	大型: 車輪径100cm、幅120cm、重量 6.4kg(カメラ、電源搭載時) 中型: 車輪径50cm、幅50cm、重量 1.65kg(カメラ、電源搭載時)	
搭載可能容量(分離構造の場合)	基本的に一体構造であるが、最大推力は大型:14.0kg、中型:3.0kgである。		
動力	大型: ・当装置専用の有線給電装置から有線により給電 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:有線給電 ・定格容量:DC360V→DC22.2V、最大出力2000W 中型: ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:LiPoバッテリー 4S(14.8V) 4200mAh 70Cmax		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	大型(有線給電):20~30分程度(外気温5℃~45℃) 中型(バッテリー):8分程度(外気温5℃~45℃) ※有線給電の場合、運用上、連続稼働時間は20~30分程度		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	アクションカメラ(GoPro HERO6) センサーサイズ:5.9 × 4.4mm ピクセル数:横3840Pixel×縦2160Pixel 焦点距離:15mm~48mm(35mm換算) フレーム数:60fps
		パン・チルト機構	手動で調整
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	撮影後のソフトウェア処理により対象に対する撮影位置を算出可能
	耐久性	・防水10 m(ハウジング装着時 60 m) ※GoPRO社独自のテストによる。	
動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・計測装置のバッテリーにより供給(内蔵)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	20~30分程度(外気温5℃~45℃)		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	計測装置の記録メディア(SDカード)に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	計測装置のSDカードに記録する。独立した動力は不要	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 <機種: 中型機> ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(3000、2000、2000) mm  <機種: 大型機> 未検証	・機種中型機での狭小個所侵入実験結果より算定 【風速の条件】 ・平均風速5m/s未満 【天候】 ・雨天時不可 【外気温】 ・5℃から45℃まで 【日照条件】 ・400Lx以上
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 <機種: 中型機> ・最大距離: 30m  <機種: 大型機> ・最大距離: 40m	・大型機: 40m (目視操作可能な範囲) ・中型機: 30m (目視操作可能な範囲)  ・目視操作可能な範囲 【風速の条件】 ・平均風速5m/s未満 【天候】 ・雨天時不可 【外気温】 ・5℃から45℃まで 【日照条件】 ・400Lx以上
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	【飛行型】 <機種大型機> ・移動速度:0.2m/s  <機種中型機> ・移動速度:0.1m/s	・性能値の算出条件 接触移動時にモーションブレイ等が起きず、ひびわれ視認が可能なオルソ画像を合成することができる撮影条件  <機種大型機> 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】2.7m  <機種中型機> 【画素分解能】0.2mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】0.5m	
		標準試験値	未検証	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	最小ひびわれ幅=0.1mm  ・ひびわれ幅0.1~0.5mm未満 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.1~2.2mm 計測精度:0.20mm	・性能値の算出条件 撮影画像を元に作成したオルソ画像からのひびわれ幅検出結果と実際のひびわれ幅の誤差を元に評価 【撮影距離】0.5m 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影	
		標準試験値	未検証	-	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・相対誤差:0.30%	・真値:2.517m ・計測値:2.525m  ・性能値の算出条件 撮影画像を元に作成したオルソ画像とひびわれスケッチツールで人が計測した結果と、実際のひびわれ長さの誤差を評価 【撮影距離】0.5m 【撮影速度】0.2m/s以下 【画素分解能】0.3mm/Pixel 【撮影角度】被写体と正対して撮影
			標準試験値	未検証	-
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	未検証	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	未検証	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		1. 二輪型マルチコプタにて点検対象を近接撮影(手動) 2. SfM解析により3Dモデル及びオルソ画像を作成(自動) 3. 富士通社製クラックスケッチソフトを使用し、3Dモデル上に損傷をトレース(手動) 4. 橋梁の形状・部材情報を有する3D-CADモデルを作成(手動) 5. 点検データ管理システムにて、点検データと部材情報を統合管理(手動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	SfM解析:AgiSoft 社製PhotoScan 損傷描画:富士通社製クラックスケッチソフト(動作条件:windows 64bit版)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅:0.1mm以上), 鋼材腐食, 漏水	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	・撮影画像から合成したオルソ画像を用いて、富士通社製クラックスケッチソフト上で目視により検出 ・撮影条件・仕様等 「GoProHero6」 1) 撮影設定: ・大型二輪型マルチコプタ:RES:4K, FPS:60, FOV:広角 ・中型二輪型マルチコプタ:RES:4K, FPS:30, FOV:広角 2) ISO感度 ・最小:100 ・最大:800 3) シャッター速度 輝度200~999lx : 1/240 輝度1000~4999lx : 1/480 輝度5000~15000lx : 1/960 輝度15000~lx : 自動 4) WB:自動 5) シャープ:高 6) ラップ率:オーバーラップ 80%、サイドラップ 50% 7) 注意事項: ・動画撮影時、日付、時刻を合せること	
	ひび割れ幅および長さの計測方法	・形状:富士通社製クラックスケッチソフトにて描画 ・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ:ソフトにて、起終点を人力で指定し、描画したひびわれの長さを自動計測	
	ひび割れ以外	・撮影画像から合成したオルソ画像を用いて、富士通社製クラックスケッチソフト上で目視により検出 ・形状:富士通社製クラックスケッチソフトにて描画	
	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
	変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリラインで領域指定	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	MP4
		ファイル容量	MP4 4GB(長時間連続撮影を行うと、ファイルを自動的に分割し保存) 4GB(長時間連続撮影を行うと、ファイルを自動的に分割し保存)
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		・損傷部分の画像がぼやけてる等、目視にて判別が難しい場合は検出が困難	
出力ファイル形式	・損傷のトレース結果をオルソ画像上に重畳し、JPEGファイルとして出力 ・橋梁の3D-CADモデル上に損傷形状を重畳し、IFCファイルとして出力 -IFCファイルは、汎用IFCビューア(BIM Vison等)で閲覧可能 -前もって、設計情報(設計図等)から、3D-CADモデルの作成が必要 ・画像データ毎に、下記の情報をCSVファイルとして出力 -3D-CADモデル上の座標位置 -撮影した橋梁の部材情報(径間番号、部材名、要素番号)		
調書作成支援の手順	①適応条件に記載の条件下で、二輪型マルチコプタにより画像データを取得 ②画像データからSfM解析により3Dモデル及びオルソ画像を作成 ③富士通社製クラックスケッチソフトを使用し、オルソ画像上で損傷目視検出、損傷を手動でトレースし記録・保存 ④設計情報(設計図等)から、橋梁の3D-CADモデルを作成 →部材毎に3次元構造(寸法等)を確認し、橋梁の3D-CADモデルを作成 →径間番号、部材名、要素番号を3D-CADモデルへ付与 ⑤3Dモデル、損傷抽出結果、3D-CADモデルを富士通社製点検データ管理システムで一元管理 ⑥点検データ管理システムからの出力データを用いて、点検調書を作成		
調書作成支援の適用条件	・画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 ・橋梁のIFCモデル作成のために設計情報(設計図等)を入手		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	SfM解析:AgiSoft 社製PhotoScan 損傷描画:富士通社製クラックスケッチソフト(動作条件:windows 64bit版) 点検調書作成支援:富士通社製調書作成ツール		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	制約なし	-
	桁下条件	桁下高さ2m以上	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二輪型マルチコプタの離発着スペースが確保できること</li> <li>・飛行経路上、草木の繁茂等の障害物がないこと</li> </ul>	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二輪型マルチコプタ本体を有線給電装置等のワイヤーと接続した上で運営する事で、点検対象橋梁からの離脱飛行を防止</li> </ul>	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検対象橋梁上の歩道や検査路が利用できる場合、道路規制不要</li> <li>・歩道や検査路が利用できない場合には、現場条件の確認が必要</li> <li>・歩道利用できる場合は、歩道規制を実施(規制範囲は幅1.5m×長さ5.0mを点検対象に合わせて移動)</li> </ul>	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・夜間計測不可</li> <li>・強風(5m/s以上)時計測不可</li> <li>・雨天時計測不可</li> <li>・使用温度範囲:5℃~45℃</li> </ul>	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	二輪型マルチコプタの特性を理解し、点検対象を撮影する際に、的確かつ安全な飛行計画を立案できること	-
	必要構成人員数	現場責任者1名、操縦者1名、補助作業員1名	道路や検査路を使用する場合は別途、作業員が必要
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ドローン検定資格を保有していて、二輪型マルチコプタの操縦特性の説明を受けた者に限る	-
	作業ヤード・操作場所	・点検対象コンクリート面、及び二輪型マルチコプタ本体が見通せるエリア ・点検場所の近傍又は点検装置を吊り下げながら移動できる範囲に二輪型マルチコプタの離発着が可能な水平の作業ヤード(5m <sup>2</sup> )が必要	-
	点検費用	機体価格:500万円程度(1機当たり)  【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋脚高 35m 全幅員 6m 部位・部材[橋脚 ] 活用範囲 [720]m <sup>2</sup> 検出項目 [ひびわれ、剥離・鉄筋露出 ] <費用> 合計 65万円(経費含まず)	オプションやサポートの有無により価格は変わります 直接費のみで、経費(管理費等)は別途計上
	保険の有無、保障範囲、費用	今後検証	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	機体販売または点検サービス  リースについては実施していない	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	フライト中、制御不能となった場合はケーブルにより一定範囲以上飛行しないよう範囲を制限している。	-
	センシングデバイスの点検	製造者による点検前後の機体整備を実施	-
その他	点検個所の近傍に離発着可能な場所がなく、かつ点検個所から離れた離発着場所から機体を吊り下げながら点検個所まで移動できない場合、対応困難	-	

## 7. 図面



1. 基本事項

技術番号		BR010022-V0424		
技術名		遠方自動撮影システム(画像によるひびわれ等の変状記録とDX化)		
技術バージョン		-	作成:	2024年3月
開発者		株式会社東設土木コンサルタント 有限会社ジーテック キャノンマーケティングジャパン株式会社		
連絡先等		TEL: 03-5805-7261(代表)	E-mail: tcc@tousetu.co.jp	事業推進部 中川光貴
現有台数・基地		10台	基地	東京都文京区、群馬県高崎市、長野県安曇野市、新潟県新潟市
技術概要		<p>・ロボット雲台により高解像度連続自動撮影を効率的に行い、合成、オルソ化した画像を図面化する。ひびわれはAI(インスペクションEYEforインフラ)による自動検出を活用して効率的かつ高精度に解析を行う。損傷管理支援ソフトCrackDraw21により損傷記録を径間や要素(部位)ごとにデータベース化し、調書の大部分を自動化・作成支援する。</p> <p>・複数回の撮影・解析により、凍害や床版疲労などのひびわれ進行状況を客観的に把握、見える化し、これまで点検者の経験と技量に頼らざるをえなかった維持管理を客観的に行うことができ、適切なアセットマネジメントに寄与する。</p> <p>・地上からの撮影で安全性が高く、高所作業車などを必要としない。ある程度の強風時でも対応可能。</p> <p>・「近接目視非効率、困難箇所の点検」、「損傷の数値管理、進行性の客観的把握」、「点検充実化」に効果大。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆) 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他) H形鋼桁橋(その他(上部構造(主桁,床版))) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		・本計測機器はロボット雲台にセンシングデバイスであるデジタルカメラを設置して計測を行うものである。 種々のデジタルカメラ、レンズ用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	【据置】 地上に撮影機材(三脚、ロボット雲台、一眼レフカメラ)を設置し、撮影対象範囲を連続的に撮影。1回の設置で概ね45°の範囲まで撮影可能。機材が大がかりではないため、次の径間や要素への移動は、人力で容易に可能。	
	運動制御機構	通信	・有線(ロボット雲台からカメラへのシャッター信号)
		測位	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		自律機能	・撮影機材は地上に固定して扱うため、測位を必要としない。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	・分離構造 ・最大外形寸法(L600mm×W600mm×H1500mm程度) ・最大重量(約7kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(一般的な一眼レフカメラが搭載可能、焦点距離600mmのレンズも搭載可能) ・最大重量(4.5kgまで搭載可)	
	動力	バッテリーなどの仮設電源が必要 ロボット雲台標準バッテリー ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:7.2V、4,300mA 外付けポータブルバッテリー(市販品) ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:3.7V、42,000mA	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ロボット雲台の連続稼働時間は、上記ポータブルバッテリー使用で8時間以上(気温10℃~25℃の場合)	
計測装置	設置方法	・ロボット雲台の上にデジタルカメラをボルト・ナットにより取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測装置:最大外形寸法(長さ70mm~600mm×幅100mm×高さ30mm 程度、レンズ込み) ・最大重量(約2kg~4kg、使用レンズによる)	
	センシングデバイス	カメラ	主に使用するデジカメの諸元(Canon製カメラ EOS 5Dsなど) センサーサイズ:36mm×24mm、ピクセル数:8688×5792、焦点距離:11mm~1200mm(現場状況により、適切なレンズ、エクステンダーを使用)、ダイナミクスレンジ:24.7bit
		パン・チルト機構	・パン(水平):360° ・チルト(垂直):約300° ※上記パン・チルトはロボット雲台によるもの
		角度記録・制御機構 機能	・ロボット雲台により、撮影方向や範囲を任意に設定可能。
		測位機構	・撮影した連続画像を自動で合成し、合成、オルソ化した画像を図面に合わせて精度良く取り込む仕組みのため、測位機構を必要としない。
	耐久性	一般的な一眼レフカメラの耐久性を備える	
	動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・カメラに搭載されるバッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約2時間/1バッテリー (外気温:23℃、雲台の移動時間も加味して平均10~20秒に1回撮影の場合。バッテリー交換により1日作業に対応可。)		
データ収集・通信装置	設置方法	・ロボット雲台とデジタルカメラを電動シャッターケーブルでつなぐ。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・電動シャッターケーブル延長20cm程度	
	データ収集・記録機能	・デジタルカメラ内のSDカードにデータを保存する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・電動シャッターはロボット雲台のバッテリーから供給、データ保存はデジタルカメラのバッテリーから供給。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ①撮影速度:2m <sup>2</sup> /分 ②撮影速度:1m <sup>2</sup> /分 ③撮影速度:0.6m <sup>2</sup> /分	上段①下横構がない場合 中段②下横構があり、その背面は撮影しない場合 下段③下横構があり、その背面も撮影する場合  ・検証時の条件 【画素分解能】0.2~0.3mm/pix(床版ひびわれ0.05mm幅対象) 【撮影ラップ率】30~40%	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 ・最小ひびわれ幅:0.05mm  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0mm	[日照条件] ・日向(42150lx) ・日陰(385lx) ・日向/日陰混在(69400lx/12270lx)  検証時の条件 【画素分解能】0.2mm/pix 【使用カメラ】Canon製	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 相対誤差:1.0%	・真値:1.964m ・測定値:1.984m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.013、0.014)(m)	[最大誤差] ・真値(x、y)=(31.876、15.398)(m) ・測定値(x、y)=(31.862、15.412)(m)  ・検証時の条件 【画素分解能】0.36mm/pix 【撮影角度】0°、30°、-30°、45°それぞれで検証 【検証サンプル数】 長さ:608 位置:168 【使用カメラ】Canon製
			標準試験値	未検証	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・フルカラーチャート識別可能	[日照条件] ・日向(42150lx) ・日陰(385lx) ・日向/日陰混在(23900lx/11780lx)  【使用カメラ】Canon製		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>【画像処理】 ①撮影した画像を1径間または1要素ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせはパターンマッチングにより行う(自動)。その後、図面に合致するようにオルソ補正を行う(半自動)。 【ひびわれAI解析】 ②AI(インスペクション EYE for インフラ)により、床版ひびわれやひびわれを自動で検知し、かつ幅の推定・分類を自動で行う(自動)。自動検知結果を損傷図作成支援ソフトCrackDraw21に取り込む(手動)。以下、CrackDraw21を使用する。 【損傷図作成】 ③図面、オルソ画像を取り込み、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う(手動)。 ④ひびわれ自動検知結果を技術者チェックを行い、必要に応じて技術者が修正する。幅のチェックはデジタルクラックスケール機能や幅のキャリブレーションウィンドウ機能を使う(手動)。 ⑤ひびわれ以外の損傷は、技術者が撮影画像を確認しながら解析・手動トレースする(手動)。 ⑥ひびわれの長さ、幅、方向、その他損傷の寸法、面積、解析した全損傷の位置(径間番号、部材名、要素番号)は自動算出、識別され、同時にデータベース化される(手動)。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>【画像処理】独自ソフトや市販ソフト(サービス対応) 【ひびわれAI解析】画像ベースインフラ構造物点検サービス「インスペクション EYE for インフラ」(サービス対応) 【損傷図作成、調書作成支援】CrackDraw21(サービス対応またはソフト販売)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ(幅および長さ)、床版ひびわれ(幅および長さ)、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、その他(骨材露出など)</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p> <p>ひび割れ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・AI(ディープラーニング)による自動検出後、技術者によるAI検知結果のチェック、修正を行う。</li> <li>・このAIは、橋梁床版(PC、RC)、橋脚、橋台、トンネル、その他コンクリート構造物に関する多数の現場で撮影された画像群に対して作成された教師データに基づく。</li> <li>・教師データの作成は、画像による変状解析実績が豊富な土木技術者やコンクリート診断士が行い、幅についてはクラックスケールによる実測値も教師データに採用している。</li> <li>・AIの検知精度は、画像条件(解像度や画質、ブレ、ボケ、コンクリートの汚れ状況、対象構造物や対象部位など)により上下するが、画像条件に応じてAIの最適化を行い、可能な限り高い精度で検知する。</li> </ul> <p>・撮影条件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ: センサーサイズAPS-C以上の一眼レフカメラ</li> <li>2) 撮影設定: 現場状況による(ブレ、ボケ、明るさ、被写界深度に留意し適切な設定とする)</li> <li>3) ISO感度: 現場状況によるが、1600以下を推奨</li> <li>4) 撮影角度: 原則45度以内</li> <li>5) ラップ率: オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上</li> <li>6) カメラの設定画質: 最高</li> <li>7) 画質フォーマット: JPEG</li> <li>8) 撮影解像度:             <ul style="list-style-type: none"> <li>・床版ひびわれ幅0.05mmを対象とする場合、画素分解能0.2~0.3mm/pix</li> <li>・ひびわれ幅0.2mm以上を対象とする場合、画素分解能0.5mm/pix</li> </ul> </li> </ol> <p>※1画素の1/4程度の幅しかない細かいひびわれであっても、ピントよく撮れていれば、そのひびわれは周囲との濃淡差をもって画像に写り、画像からの目視やAIによる検知が可能である。</p> <p>9) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</p> <p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・幅: AIにより自動推定。その後CrackDraw21による疑似的なクラックスケールやキャリブレーションウィンドウ機能(チョーキングにより幅の真値がわかるひびわれなどを別窓で表示・拡大・縮小して確認できる機能)で人が確認。</li> <li>・長さ: CrackDraw21によりひびわれ沿いの長さを自動計測。(CrackDraw21で起終点を人が指定し、直線距離を計測することも可能)</li> </ul> <p>ひび割れ以外</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・人が画像を確認して、CrackDraw21で変状を手動トレース</li> </ul> <p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ある橋梁におけるAI(インスペクション EYE for インフラ)のひびわれ検知精度評価結果 正解率(%)=AIが正しく検知した延長/画像から技術者が解析したひびわれ延長×100 誤検知率(%)=AIが誤検知した延長/AIが検知した全延長×100</li> <li>【事例1】幅0.2mm以上が記録対象、撮影解像度0.5mm/pix 正解率: 98%、誤検知率: 2%</li> <li>【事例2】幅0.05mm以上が記録対象、撮影解像度0.2~0.3mm/pix 正解率: 92%、誤検知率: 1%</li> <li>・技術者によるAI検知結果チェック、修正後に正解率100%になるという解釈で問題ない。</li> <li>・精度算出にあたっては、すべてのAI検知結果に対し、土木技術者が正解か誤検出かを評価している。また、評価対象範囲の画像を入念に確認し、未検出の延長を割り出して評価している。</li> </ul> <p>変状の描画方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ: ポリライン</li> <li>・ひびわれ以外: ポリゴン</li> </ul>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p> <p>jpeg, png, bitmap</p> <p>ファイル容量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PCによるが、Windows(64bit)で動作可能な容量。</li> <li>・点検範囲が広大な場合でも、画像分割で対応可能。</li> </ul> <p>カラー/白黒画像</p> <p>カラー 白黒画像</p> <p>画素分解能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ幅0.05mmを検出するためには、0.2~0.3mm/pix以下</li> <li>・ひびわれ幅0.2mm以上を検出するためには、0.5mm/pix以下</li> </ul> <p>その他留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれにチョークが完全に重なっている場合など、AIでのひびわれ検出が困難な場合でも、CrackDraw21による技術者解析で記録・対応可能。</li> </ul>
<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式の場合】 画像: jpeg、損傷図: /DXF/SXF、損傷データ一覧: csv</p>

	<p>【専用ファイル形式の場合】 cd2(CrackDraw21のオリジナルファイル形式。画像、損傷図、損傷データベース等一式。)、ビューワでの納品も可。</p>
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①CrackDraw21の図面上で、径間番号、部材名、要素番号の座標設定を行う ②CrackDraw21の損傷図上で、技術者が損傷程度の判定を行い、損傷程度をプルダウン入力する。調書6の「メモ」は手入力する。 ③損傷程度の入力を行った損傷に対し、旗上げを自動で行う。CrackDraw21の図面に取り込み済みのオルソ画像から調書6用の写真切り出しを自動で行う。 ④調書5、調書6の大部分をエクセル書式に自動で出力する。</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・撮影した画像をCrackDraw21の図面上に取り込むこと</p>
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<p>CrackDraw21(自社開発、販売可)</p>

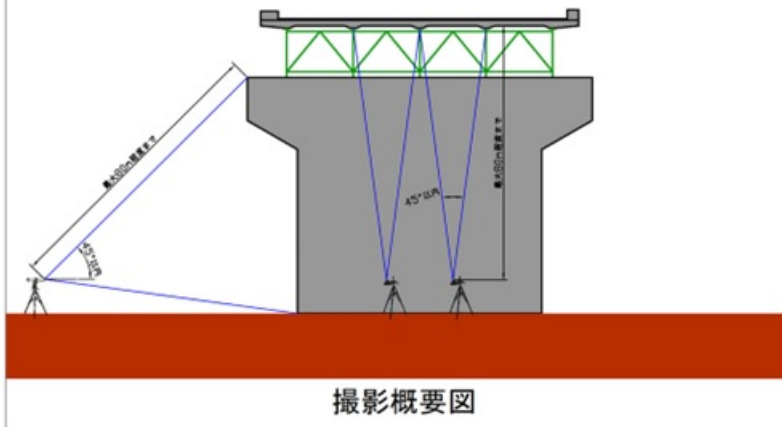
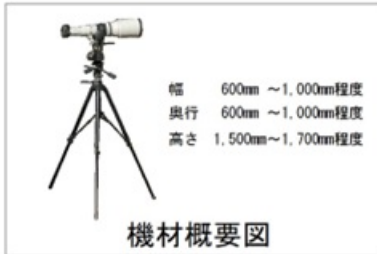
6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	三脚を据えることができる。	・点検対象に対し撮影角度45°以内で三脚を据えることができる。 ・最大撮影距離 床版:80m以内(幅0.05mmのひびわれ対象の場合) 橋脚、橋台:100~120m以内(幅0.2mm以上のひびわれを対象とする場合)
	周辺条件	撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可	撮影対象が見通せる箇所に撮影者がアクセスできれば適用可
	安全面への配慮	三脚設置箇所が安全であれば問題なし	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	基本的に必要なし	跨道橋が点検対象で、三脚設置箇所が車道の場合は、一部規制や交通誘導員が必要な場合あり。点検対象橋梁については、特に規制の必要なし。
	その他	現地状況によるが、下横構などの撮影死角がある床版でも、その裏側を地上から撮影し、点検できる場合あり。(対応可否は図面や現地踏査で判断) ・日中に撮影を行う ・雨滴がレンズにつくような天候では撮影不可	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	カメラ、画像、撮影などに関する知識が必要。	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	三脚設置箇所(5m2程度)	床版: 桁下の地上部 橋脚、橋台: 桁下や橋脚、橋台の周辺地上部
	点検費用	【撮影、画像処理、変状解析】 ●橋種 [鋼橋] 橋長 35m 全幅員 10m 部位・部材[床版] 活用範囲 [350]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 250,000円(機械経費含む、諸経費等含まない) ●橋種 [コンクリート橋] 橋長 18m 全幅員 10m 部位・部材[床版] 活用範囲 [180]m2 検出項目 [ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出] <費用> 合計 150,000円(機械経費含む、諸経費等含まない)	・現地状況や対象数量により積算条件が異なるため、案件ごとに見積もり対応。  ・左記費用は参考。現地踏査、計画準備、調書作成、旅費交通費、一般管理費等の諸経費は含まない。  ・橋脚、橋台、地覆高欄なども見積もり対応可能。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	地上設置による安全な撮影のため
	自動制御の有無	-	地上設置による安全な撮影のため
	利用形態:リース等の入手性	・撮影～画像処理～損傷解析～調書作成の請負 ・上記工程の一部の請負も可 ・撮影機材のリースは不可(機材の紹介は可) ・損傷図作成支援ソフトCrackDraw21の販売とサポートは可	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	CrackDraw21 ・購入から1年は無償サポートあり ・2年目以降は保守契約によるサポートあり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	三脚を安全に設置できない現場では対応困難	-	

## 7. 図面



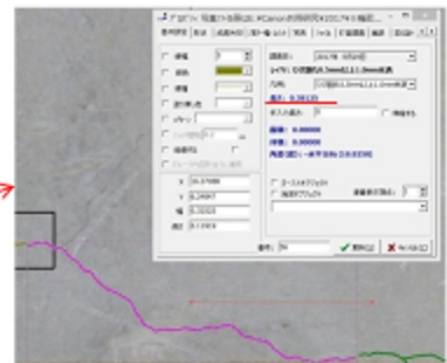
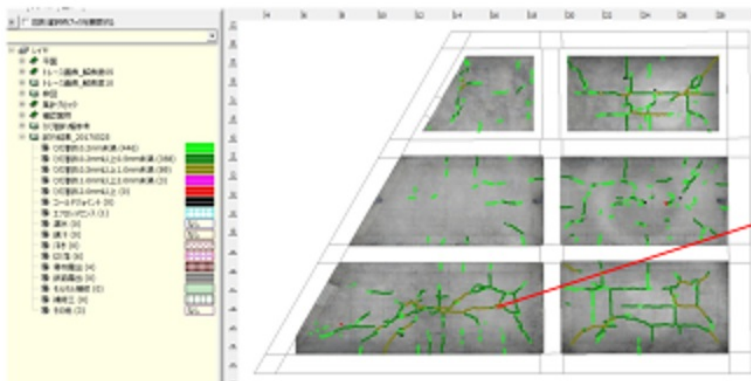
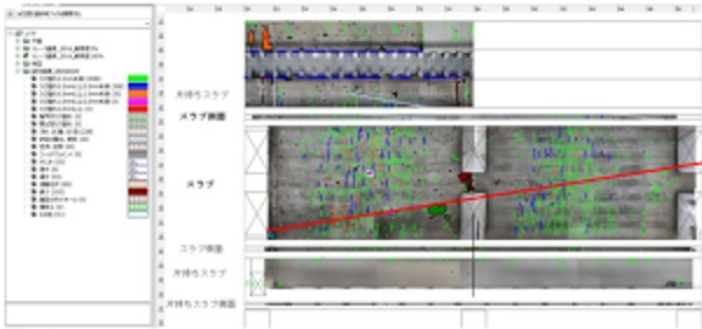


# 技術・ツールの概要

Confidential  
第三者への開示はご遠慮願います

## ■ CrackDraw21

各種変状の位置、大きさ、方向等をデータ化



# 技術・ツールの概要

Confidential  
第三者への開示はご遠慮願います

## ■ CrackDraw21 変状のデータベース化

**変状部位 (要素番号) の自動管理**

変状ID	要素番号	変状種類	変状位置	変状規模	変状位置	変状規模	変状位置	変状規模	変状位置	変状規模
変状_704	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_705	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_706	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_707	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_708	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_709	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_710	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_711	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_712	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_713	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_714	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_715	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_716	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_717	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_718	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_719	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状_720	20.40120	変状のひび割れ	20.40120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**変状のID管理**      **変状規模やひびわれ方向の自動管理**

- 変状種類、変状規模 (長さ、縦×横、面積)、変状位置 (径間番号、部材名、要素番号など)、ひび割れの方向などを自動でデータベース化
- 任意入力した属性データも表示、出力可能
- 現地における変状スケッチや寸法確認は不要

橋梁単位や径間単位でデータベース管理し、進行性の把握や評価を客観的に実施

# 技術・ツールの概要

*Confidential*  
第三者への開示はご遠慮願います

## ■ CrackDraw21

評価や調書作成の支援に活用

変状評価の自動判定や技術者補助

### ■ 損傷解析結果は自動でデータベース化 (CrackDraw21)

この画面は、CrackDraw21のメインインターフェースを示しています。上部にはデータテーブルがあり、下部には橋梁の画像と分析結果のオーバーレイが表示されています。赤い枠で囲った部分には、データベース化された情報が反映されていることが確認できます。

径間番号、懸垂番号、部材名と損傷の情報を一元的にデータベース化

#### ■ 損傷データベースから懸垂ごとの集計

懸垂	部材	種類	長さ	深さ	幅	方向	状態	評価	備考
1	1	ひび割れ	100	0.5	2	縦	安定	軽微	
1	2	剥離	50	10	5	横	不安定	重大	
2	1	ひび割れ	150	0.8	3	縦	安定	軽微	
2	2	剥離	80	12	8	横	不安定	重大	
3	1	ひび割れ	120	0.6	2	縦	安定	軽微	
3	2	剥離	60	8	4	横	不安定	軽微	

この表は、データベースから抽出された損傷データの集計結果を示しています。各項目の値は、実際の計測データに基づいています。

◆ 断面ごとのひび割れ定価、主材ひび割れの種類、ひび割れ方向の統合、その集計値の集計を自動判定  
◆ ひび割れについては、損傷程度が判定する効率化を行うために、「目安損傷程度」を自動で判定

#### ■ 調書自動作成

この画面は、調査結果を基に調書（報告書）を自動生成する機能のスクリーンショットです。生成された調書のプレビューが表示されており、調査内容と結果が体系的にまとめられています。

調査結果の調査と調査の自動作成

調書類を効率的に作成

すべてデータ管理されているため、調書類の効率的な作成や自動評価の検討が可能に

# 3次元納品も対応

*Confidential*  
第三者への開示はご遠慮願います

## ■ CrackDraw21データと連動した3次元モデルで納品

The screenshot displays a 3D model of a bridge structure with a yellow crack highlighted. Below the model is a data table with columns for '調査日' (Survey Date), '部位' (Part), '下部材の種別' (Substrate Type), '始点XYZ' (Start Point XYZ), '終点XYZ' (End Point XYZ), '穴開' (Drilling), and '検出状況' (Detection Status). The table lists multiple survey points with their respective coordinates and detection details.

調査日	部位	下部材の種別	始点XYZ	終点XYZ	穴開	検出状況
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.4265Y:0.5870	X:20.4666Y:1.4780	径部径計18.65mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.4266Y:0.3665	X:20.4475Y:0.3435	径部径計18.3mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.4267Y:0.4450	X:20.5455Y:0.3590	径部径計18.65mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0404	一般道路	X:20.4835Y:4.5240	X:20.4385Y:4.5135	径部径計18.3mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0404	一般道路	X:20.5035Y:4.6790	X:20.4425Y:4.8730	径部径計18.3mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.5188Y:0.5735	X:20.5570Y:0.6475	径部径計18.3mm以上	d
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.5478Y:2.0820	X:20.4635Y:1.7735	径部径計18.3mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.4965Y:0.8790	X:20.4560Y:0.9180	径部径計18.65mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0404	一般道路	X:20.4968Y:4.1515	X:20.4960Y:4.3435	径部径計18.3mm程度	b
2018/05/22	位置番号C_0a0394	一般道路	X:20.5173Y:0.0070	X:20.4658Y:0.0527	径部径計18.65mm程度	b

Below the table, there are summary statistics and a 3D view of the bridge deck with green dashed lines indicating crack locations (e.g., A6-1, A6-2, A6-3, A6-4, A6-5). A settings dialog box is open in the bottom right corner, showing parameters for the 3D model.

・『点検支援技術(画像計測技術)を用いた3次元成果品納品マニュアル【橋梁編】(案)令和3年3月 国土交通省』に対応  
・詳細はお問合せください

1. 基本事項

技術番号	BR010023-V0424			
技術名	画像によるRC床版の点検記録システム			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	国際航業株式会社			
連絡先等	TEL: 042-307-7240	E-mail: info-kkc@kk-grp.jp	インフラマネジメント事業部 伊礼貴幸	
現有台数・基地	2台	基地	東京都府中市晴見町2-24-1	
技術概要	<p>・本技術は、写真測量技術を用いて橋梁のRC床版のひびわれ点検を行うものである。床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ちの変状検出が可能であり、橋梁の通常点検、定期点検、中間点検等に適用できる。</p> <p>・従来技術では特殊車両やチョーキング等の費用に加え、点検漏れや点検結果にバラツキがあったが、本技術の活用により、特殊車両やチョーキング等の抑制によるコストの縮減、画像処理による品質の向上、座標を用いた劣化状況のモニタリングが可能である。</p> <p>・計測機器は「デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット、PC(操作端末)」で構成される。床版に標定点を照射し、標定点の3次元座標とデジタルカメラにより床版の高精細画像を取得する。標定点座標(レーザー光)をもとにカメラ画像の歪みを補正した正射投影画像を生成して座標を付与し、その画像からひびわれ等の変状を計測し記録する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は「デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット、PC(操作端末)」で構成される。デジタルカメラは床版の高精細画像を取得、標定点照射装置は床版に照射した標定点の3次元座標を取得、コントロールユニットは標定点照射装置の制御とデータ通信、PC(操作端末)はデジタルカメラのパラメータ操作や標定点照射装置の操作を行うとともに多様な点検データをストレージに記録する。		
移動装置	機体名称	-		
	移動原理	【据置】 ①機材を地上に設置する場合:手動による移動(床版1パネルごとに2人の作業者が機材を持ち上げて移動) ②流れの緩やかな水部の場合:機材をゴムボートに乗せて移動		
	運動制御機構	通信	-	
		測位	-	
		自律機能	-	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	-		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
	動力	-		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造 (デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニットで構成)		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ(W90cm×D90cm×H130cm 3.5kg [三脚使用時、設置面が不安定な場合は1脚でも可])</li> <li>・標定点照射装置(W48cm×D54cm×H108cm 26kg [三脚使用時])</li> <li>・コントロールユニット(W41cm×D27cm×H54cm 20kg)</li> <li>・作業スペース(2m×2m以内)</li> </ul>		
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機種(Canon製一眼レフカメラ EOS 5DsR)</li> <li>・センサーサイズ(縦36mm×横24mm)</li> <li>・ピクセル数(縦8,688pixel×横5,792pixel)</li> <li>・レンズ(単焦点レンズ、撮影距離に応じて選定)</li> </ul>	
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平 -180°～+180°</li> <li>・鉛直 -60°～+120°</li> </ul>	
		角度記録・制御機構 機能	自動雲台により全方向の制御が可能	
		測位機構	自動雲台の角度とレーザ距離計で計測した距離によって、床版に照射した標定点(4点)の3次元座標を取得	
	耐久性	IPコードなし(棒人、防止性能)		
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタルカメラ:内臓バッテリー</li> <li>・移動装置(コントロールユニット)に搭載するバッテリーより供給</li> </ul>		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	連続稼働時間(4時間程度)、バッテリー交換により終日使用可能		
	データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-		
データ収集・記録機能		<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタルカメラで取得した画像:USBケーブル経由でPCのストレージに保存</li> <li>・標定点照射装置で計測した座標:WiFi経由でPCのストレージに保存</li> </ul>		
通信規格(データを伝送し保存する場合)		【USBケーブル】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信規格 SuperSpeed USB(USB3.0)</li> <li>・接続方式 A-MicroB</li> <li>・通信速度 500Mbps</li> <li>・通信距離 3m</li> </ul> 【WiFi】 <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信規格 2.4GHz及び5GHz同時通信</li> <li>・通信速度 1000Mbps</li> <li>・通信距離 100m</li> </ul>		
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		WPA3 Personal, WPA2/WPA3 Personal, WPA3 Enterprise, WPA2/WPA3 Enterprise, WPA3 Enterprise 192-bit Security, WPA2 Personal(WPA2-PSK AES), WPA/WPA2 Personal(WPA/WPA2 mixed mode-PSK AES/TKIP), WPA2 Enterprise(WPA2-EAP AES), WPA/WPA2 Enterprise(WPA/WPA2 mixed mode-EAP AES/TKIP), Enhanced Open, Any接続拒否、プライバシーセパレーター、MACアドレスフィルター		
動力		移動装置(コントロールユニット)に搭載するバッテリーより供給		
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		連続通信時間(4時間程度)、バッテリー交換により終日使用可能		

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.06mm	・照度:56lx  ・撮影距離25m以内であれば、幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で計測可能	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・相対誤差:0.23%	・真値:3.029m ・測定値:3.036m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.0015, 0.0006)(m)	-
標準試験値			標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.015, 0.024)(m)	・真値(x, y)=(-2.893, 0.897)(m) ・測定値(x, y)=(-2.908, 0.893)(m) ・被写体距離: 13.9 m	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 フルカラーチャート識別可能	・照度:56lx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>①撮影した画像(中心投影画像)の歪みを補正して正射投影画像を作成し、その画像を床版1パネル単位に接合する。接合は型枠跡やひびわれの交点等を参考にする。(下記参照)                  ②ひびわれの形状は、変状を半自動トレースにより座標化して記録する。(下記参照)                  ③ひびわれ幅は、画像上に疑似的なクラックスケールを表示し、目視で判読して記録する。同時に幅の計測位置の座標を自動で記録する。                  ④ひびわれの長さは、形状の座標値から自動計算する。                  ⑤ひびわれ以外の変状の形状は、目視で画像を確認しながら手動で変状範囲をトレースして座標値を記録する。                  ⑥ひびわれ以外の変状の面積は、変状範囲の座標値から自動計算する。</p>																				
<p>ソフトウェア名</p> <p>検出可能な変状</p> <p>ソフトウェア情報</p> <p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p> <p>取り扱い可能な画像データ</p> <p>出力ファイル形式</p>	<p>①撮影支援ソフト(自社開発)                  ②画像処理ソフト(自社開発)                  ③ひびわれ判読ソフト(自社開発)                  ④レンズキャリブレーションソフト(自社開発)</p> <p>①ひびわれ(形状、長さ、幅、幅の計測位置)                  ②剝離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち(変状の範囲、面積)</p> <table border="1" data-bbox="384 577 1506 913"> <tr> <td>ひび割れ</td> <td>・半自動トレースによる検出(人が大まかに形状をトレース、その結果をもとにひびわれ判読ソフトで画素の色調を自動検出してひびわれを構成する座標値を記録する)</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ幅および長さの計測方法</td> <td>・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測(疑似的なクラックスケールは、画像表示の倍率に応じて自動でサイズが変わる)                  ・長さ:ひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ以外</td> <td>形状は人が画像を確認して変状範囲を人力でトレース、面積はひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算</td> </tr> <tr> <td>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>変状の描画方法</td> <td>・ひびわれ(連続した折れ点で形状を示す、ひびわれ幅により表示色を設定する)                  ・ひびわれ以外(連続した折れ点で変状範囲を示す)</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="384 913 1506 1193"> <tr> <td>ファイル形式</td> <td>JPEG、TIFF、BMP</td> </tr> <tr> <td>ファイル容量</td> <td>60MB(25000×15000 Pixel) / ファイル</td> </tr> <tr> <td>カラー / 白黒画像</td> <td>カラー 白黒画像</td> </tr> <tr> <td>画素分解能</td> <td>幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で検出するため、0.4mm/Pixel以下の分解能が必要</td> </tr> <tr> <td>その他留意事項</td> <td>—</td> </tr> </table> <p>・標定点データ / テキストデータ                  ・画像データ / JPEG、TIFF、BMP                  ・損傷データ(ひびわれ、ひびわれ以外) / SHP(シェープファイル:GISデータフォーマット)                  ・点検調書データ / EXCEL、PDF                  ・その他(橋梁台帳、現況写真、一般図等) / JPG、PDF、DXF、SXF等)</p>	ひび割れ	・半自動トレースによる検出(人が大まかに形状をトレース、その結果をもとにひびわれ判読ソフトで画素の色調を自動検出してひびわれを構成する座標値を記録する)	ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測(疑似的なクラックスケールは、画像表示の倍率に応じて自動でサイズが変わる) ・長さ:ひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算	ひび割れ以外	形状は人が画像を確認して変状範囲を人力でトレース、面積はひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—	変状の描画方法	・ひびわれ(連続した折れ点で形状を示す、ひびわれ幅により表示色を設定する) ・ひびわれ以外(連続した折れ点で変状範囲を示す)	ファイル形式	JPEG、TIFF、BMP	ファイル容量	60MB(25000×15000 Pixel) / ファイル	カラー / 白黒画像	カラー 白黒画像	画素分解能	幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で検出するため、0.4mm/Pixel以下の分解能が必要	その他留意事項	—
ひび割れ	・半自動トレースによる検出(人が大まかに形状をトレース、その結果をもとにひびわれ判読ソフトで画素の色調を自動検出してひびわれを構成する座標値を記録する)																				
ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測(疑似的なクラックスケールは、画像表示の倍率に応じて自動でサイズが変わる) ・長さ:ひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算																				
ひび割れ以外	形状は人が画像を確認して変状範囲を人力でトレース、面積はひびわれ判読ソフトで取得した座標値から自動計算																				
画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—																				
変状の描画方法	・ひびわれ(連続した折れ点で形状を示す、ひびわれ幅により表示色を設定する) ・ひびわれ以外(連続した折れ点で変状範囲を示す)																				
ファイル形式	JPEG、TIFF、BMP																				
ファイル容量	60MB(25000×15000 Pixel) / ファイル																				
カラー / 白黒画像	カラー 白黒画像																				
画素分解能	幅0.2mmのひびわれを0.1mm以内の誤差で検出するため、0.4mm/Pixel以下の分解能が必要																				
その他留意事項	—																				
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①撮影                  ・PC(操作端末)に橋名、径間番号、要素番号を入力し、点検データを格納するフォルダを自動生成する                  ・対象パネルの画像と標定点座標(3次元座標)を取得する                  ・取得する画像は以下の2種類                    a 全体画像:パネル全体を1枚で撮影したもの(広角撮影)                    b 分割画像:パネルを高画質で分割撮影したもの(望遠撮影)                  ②画像処理                  ・標定点の座標をもとに、全体画像(中心投影画像)を正射投影画像に変換する                  ・全体画像(正射投影画像)をもとに分割画像(中心投影画像)を正射投影画像に変換する                  ・分割画像(正射投影画像)をパネル単位に接合する                  ③損傷図                  ・ひびわれの形状を半自動トレースで取得する                  ・ひびわれ幅は、作業者が画像上に表示される疑似クラックスケールをもとに判読する                  ・ひびわれ幅の計測位置は、ひびわれ判読ソフトにより自動取得し、ひびわれの長さは自動計算する                  ・ひびわれ以外は、作業者が変状範囲をトレースして取得する                  ・ひびわれ以外の面積は、ひびわれ判読ソフトで自動計算する                  ・点検調書(損傷図)に表示する旗揚げ情報を手動で入力する                  ・点検調書(損傷写真)に使用する画像を手動で切出す                  ④点検調書                  ・損傷図の作成(損傷図は画像と重ね合わせて表示、ひびわれは幅ごとに色分け表示)                  ・損傷写真の作成                  ⑤記録                  ・標定点データ、画像データ(生画像データ、正射投影画像データ)、損傷データ(ひびわれやその他の損傷のベクトルデータ、寸法データ)、点検調書を点検記録管理ソフトに格納する</p>																				
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>①標定点データ                  ・1パネルに4点の標定点をレーザー照射し3次元座標を取得                  ・標定点の位置精度(1cm以内 / 撮影距離10mの場合)                  ②全体画像(広角撮影)                  ・パネル全体を1枚の画像で取得、あおり角:60°以内                  ③分割画像(望遠撮影)                  ・解像度:0.4mm/pix以下、画像の重複率:30%以上、あおり角:60°以内</p>																				

調書作成支援に活用する 機器・ ソフトウェア名	①ひびわれ判読ソフト(自社開発) ②点検記録管理ソフト(自社開発)
----------------------------	--------------------------------------

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影距離(25m未満)</li> <li>・桁下に計測機器(デジタルカメラ、標定点照射装置、コントロールユニット)を設置できること</li> <li>・作業スペース(2m×2m以内)</li> <li>・ゴムボートから撮影する場合(水深1m以内、流速1m/秒以内)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・桁下は平坦でなくても三脚の長さを調整して撮影機器を設置可能</li> <li>・検査路がある場合は検査路から撮影</li> <li>・橋梁点検車に計測機器を搭載して撮影することも可能</li> </ul>
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	橋梁点検車から撮影する場合は、高所作業に必要な安全対策が必要	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天候(日中かつ荒天以外であること)</li> <li>・外気温(5~40°であること)</li> <li>・その他(計測機器に結露がないこと)</li> </ul>	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	習熟のために1~2日程度のレクチャーが必要	—
	必要構成人員数	3名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	計測機器より5m以内	—
	点検費用	【橋梁条件】 橋種:鋼鈹桁橋 橋長:31.0m 幅員:8.0m 部位・部材:RC床版 活用範囲:代表パネル(1~2パネル程度) 検出項目:ひびわれ、剥離・鉄筋露出等 目視可能な損傷 105千円/250㎡(1橋)	左記費用は直接原価のみ(旅費・交通費、搬送費、点検記録管理ソフトへの点検データの搭載は含まない)
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自動制御有	撮影支援ソフトにより、自動雲台に連結するレーザポイントとレーザ距離計の制御、カメラのシャッターやパラメータ制御等を行う
	利用形態:リース等の入手性	開発者による受託業務	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	・標定点照射装置の位置精度を維持するため、計測機器を搬送した場合は当該装置のキャリブレーションを行う ・新たなレンズを使用する場合は、最初に1回だけ当該レンズのキャリブレーションパラメータを作成する	—
その他	—	—	

7. 図面





# 1. 基本事項

技術番号	BR010024-V0424			
技術名	社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」			
技術バージョン	Ver1.3	作成:	2024年3月	
開発者	富士フイルム株式会社			
連絡先等	TEL: 090-8024-5303	E-mail: infra_service@fujifilm.com	イメージングソリューション事業部 佐藤康平	
現有台数・基地	無制限	基地	埼玉県さいたま市	
技術概要	<p>本技術は、コンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うシステムである。本技術の活用により従来人手で対応していた検出作業を削減できるため、省力化による施工性の向上及び経済性の向上が図れる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>計測機器による撮影</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>画像処理による合成・損傷検出</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>JPG/CAD/EXCELに出力</p>  </div> </div>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆) 点検施設 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本技術はコンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うソフトウェアのため計測機器は持たない。写真を撮影する計測機器については、デジタル一眼カメラまたはドローンを使用して当社の推奨する撮影条件で撮影した写真を推奨。</p>		
移動装置	機体名称	-		
	移動原理	-		
	運動制御機構	通信	-	
		測位	-	
		自律機能	-	
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	-		
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-		
動力	-			
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-			
計測装置	設置方法	-		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	センシングデバイス	カメラ	下記仕様を満たすデジタル一眼カメラを推奨 ・センサーサイズ:縦15.6mm×横23.5mm(APS-C以上) ・焦点距離(mm):14mm~400mm ・ピクセル数:(1000Pixel×1000Pixel以上) ・ダイナミックレンジ(bit):8bit以上 ・コントラストAFは使用しない事を推奨 ドローンで撮影した画像を使用する場合はお問い合わせ下さい。	
		パン・チルト機構	必要ではない。	
		角度記録・制御機構 機能	必要ではない。	
		測位機構	必要ではない。	
	耐久性	-		
	動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-			
データ収集・通信装置	設置方法	-		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	-		
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	2-1-216		
	セキュリティ(データを伝送)	-		



	し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証		
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 最小ひびわれ幅:0.1mm  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.09mm	「ひびみつけ」を利用して自動計測  【撮影速度】静止撮影(ドローン・ロボット含む) 【照度】 検証実施した照度の条件: ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証 【画素分解能】0.3mm/pixel 【被写体との距離】1.4m~30.0m 【正対撮影】 被写体表面の法線ベクトル概ね±20°以内 【補助手段】 撮影対象の実寸を手動入力(格間・橋脚の実寸等)する事でひびわれ幅・長さを自動計測	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・相対誤差:0.07%	・真値:10.438m ・測定値:10.445m  ・「ひびみつけ」を利用して自動計測
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	
標準試験値			標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.000、0.007)(m)	・真値(x、y)=(-1.842、10.274)(m) ・測定値(x、y)=(-1.842、10.281)(m)  ・マーカー不要 ・「ひびみつけ」を利用して自動計測	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証			
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・フルカラーチャート識別可能	【照度】 検証実施した照度の条件: ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像を「ひびみつけ」で当社クラウドへアップロードする。(手動) ②撮影した画像を自動合成機能でつなぎ合わせる。(自動) ③ひびわれ自動検出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを検出する。(自動) ④合成後画像中の長方形領域の4頂点を指定し、前記長方形領域の実寸サイズ(mm)を入力する。(手動) ⑤ひびわれ幅・長さを自動計測する(自動)(下記アルゴリズム参照) ⑥自動検出されたひびわれを目視確認し、端点が隣接するひびわれの連結(ボタン押下で自動処理)、ひびわれ長さ・幅に応じたフィルタリング(幅・長さを指定しボタン押下で自動処理)、誤抽出結果の削除(手動)、未抽出箇所のトレース(手動)など、ひびわれ抽出結果の編集を必要に応じて実施する。 ⑦ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動でマーキングする。(手動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」(ver.1.3)(当社クラウドサービス)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)(自動検出) ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水(自動検出可能)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データは日本全国47都道府県のRC橋やPC橋の下部構造(橋脚、橋台)や上部構造(主桁、床版)、トンネル覆工コンクリート、ボックスカルバート、ダム、護岸、堤防などのコンクリート構造物におけるひびわれ・床版ひびわれに関する写真に、ひびわれ・床版ひびわれに該当する画素の正解情報を付与したデータを用いて学習させている。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: 絞り優先設定 3) ISO感度: ISO200以下 4) ラップ率: オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上 5) 撮影角度: 正対(被写体表面の法線ベクトルに対し概ね±20°以内) 6) 画質: 最高(ファイン等) 7) 画像フォーマット: JPEG 8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅: 自動検出されたひびわれの画素数幅をひびわれ横断方向の画素の濃淡分布を考慮してサブピクセル精度で計測し、前記画素数幅を1画素当たりの実寸サイズ(※)を用いて、実寸幅に換算することで、サブピクセル精度(0.05mm単位)でひびわれの幅を自動計測。 ・長さ: 自動検出されたひびわれの画素数長さを「1画素当たりの実寸サイズ」(※)を用いて実寸長さに換算することで、ひびわれの長さを自動計測。 ※変状検出手順④で入力された長方形領域の4頂点に対する実寸サイズ情報より算出
		ひび割れ以外	・人が画像を確認し、変状箇所を自動または手動でマーキング
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひびわれ検出: 検出したひびわれの総延長および本数の再現率・適合率がともに95%以上[日本全国47都道府県から収集したAI学習に使用していない当社所有画像で評価] $\text{本数の再現率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{真のひびわれ本数}}$ $\text{本数の適合率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{検出したひびわれ本数}}$ $\text{総延長の再現率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{真のひびわれ総延長}}$ $\text{総延長の適合率} = \frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{検出したひびわれ総延長}}$
		変状の描画方法	・ひびわれ: ポリライン ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水: ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	ファイル容量: 200MB/枚。
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出・幅計測するためには0.3mm/pixel以下であることが必要 ・ひびわれ幅0.2mmを検出・幅計測するためには0.6mm/pixel以下であることが必要	
その他留意事項		・三脚・自動雲台での撮影について、初回撮影時は当社または当社代理店による撮影講習を行うことで、正確に撮影する事をサポートする。 ・ドローンを使用した撮影についてはご連絡をお願い致します。 ・ひびわれにチョークが重なりひびを目視できない場合や汚れで目視できない場合等、目視でも見えないひびは検出が不可 ・画像サイズ: 1000×1000ピクセル～8800×6500ピクセル。前記サイズを超える場合はご相談ください ・画像やExif情報を編集しないこと ・当社「ひびみつけ」アプリをインストールして使用すること	
出力ファイル形式	・画像: JPEG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセル以下の場合)、PNG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセルより大きい場合) ・CAD: DXF ・ひびわれ数量積算表: CSV		
調書作成支援の手順	①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。 ②変状検出結果(画像、CAD、数量表)のデータを当社クラウドからダウンロードする ③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、ダウンロードしたデータを読み込み、点検調書(損傷図)の所定の項目に貼り付ける。		
調書作成支援の適用条件	・適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取扱可能な画像データ」を参照		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」(ver.1.3)(当社クラウドサービス)		

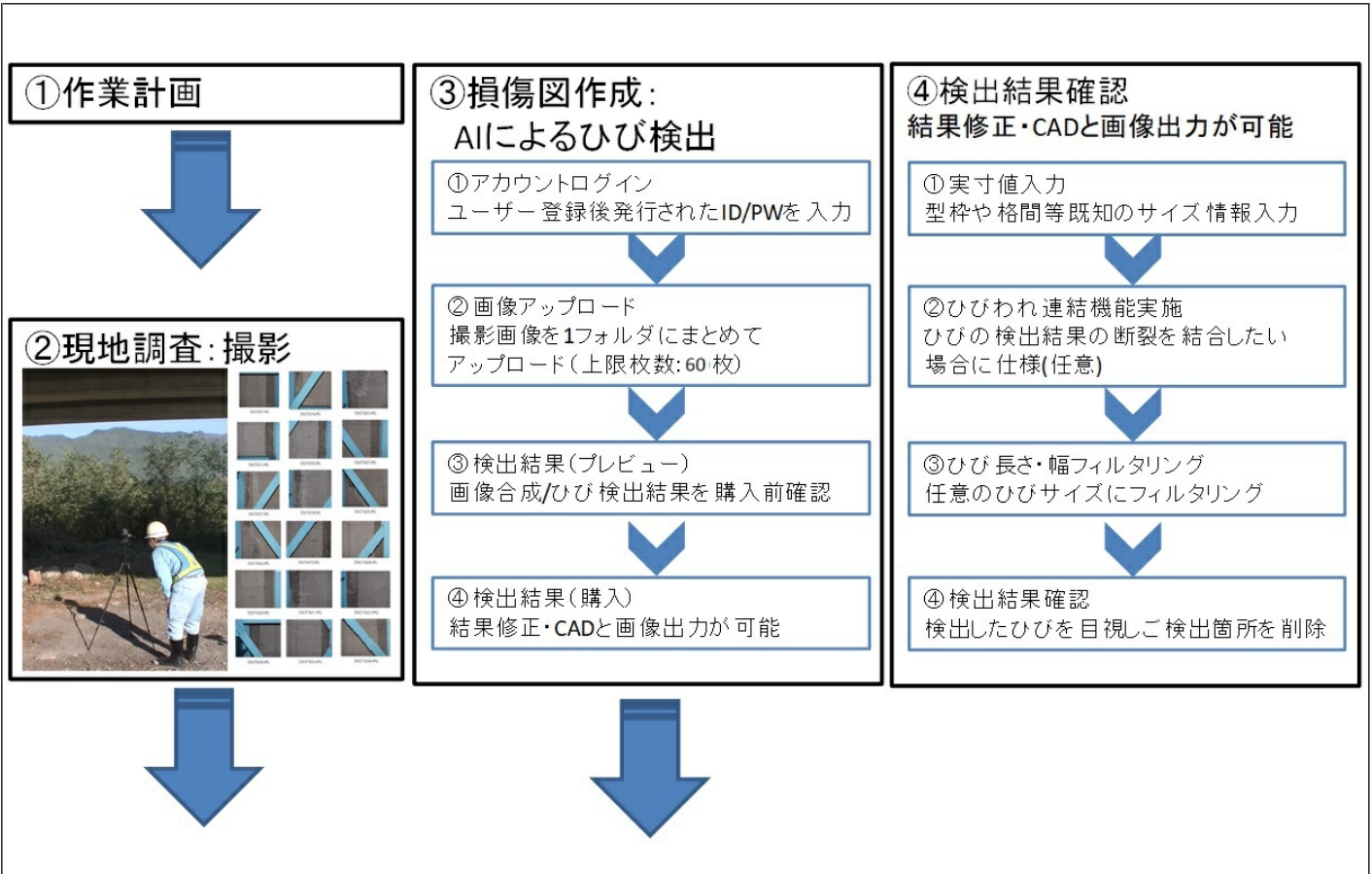
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	-	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	特に必要なし	マニュアルに沿って操作すれば解析可能 ※撮影についてもデジタル一眼カメラについては当社・代理店にて初回サポートすることで 技量は問いません。 ※※ドローン撮影についてはお問い合わせ下さい。
必要構成人員数	ソフトウェア操作者:1名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
作業ヤード・操作場所	現場・事務所	現場でも写真合成の確認が可能です。
作業条件・運用条件 点検費用	<p>・撮影:撮影した計測機器(ドローン・ロボット等)の仕様に準ずる</p> <p>・解析:社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」費用</p> <p>橋種[コンクリート橋]</p> <p>橋長 35m</p> <p>全幅員 10m</p> <p>部位・部材[床版]</p> <p>活用範囲[350]㎡</p> <p>検出項目[ひびわれ]</p> <p>&lt;費用&gt;</p> <p>0.1mmひびわれ検出の場合 合計 約110,000円</p> <p>0.2mmひびわれ検出の場合 合計 約35,000円</p> <p>対象となるひびわれ幅で写真の枚数が増減するため費用が変わる。 サービス料のみで、消費税・一般管理費等は作業者の人件費等は含まず。</p>	<p>社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」費用</p> <p>写真1枚辺り~400円(消費税別)</p> <p>使用量に応じて減額。</p> <p>HPよりお問い合わせ頂ければ見積もり試算表が入手可能です。</p>
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
自動制御の有無	-	-
利用形態:リース等の入手性	<p>・利用形態:ソフトウェアサービス</p> <p>社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」のソフトウェアは当社HPよりユーザー登録を行えば無償でインストール可能</p>	<p>・ソフトウェアを通じて解析を行った写真1枚毎に課金を行う従量課金型ソフトウェアサービス</p> <p>・「ひびみつけ」ホームページURL: <a href="https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infraservice/hibimikke">https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infraservice/hibimikke</a></p>
不具合時のサポート体制の有無及び条件	ソフトウェア利用に関する問い合わせは当社HPまたは代理店にて対応致します。	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-

7. 図面



## 1. 基本事項

技術番号	BR010025-V0324			
技術名	斜張橋ケーブル点検ロボットVESPINAE(ヴェスピナエ)			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 長大 長崎大学 協和機電工業株式会社			
連絡先等	TEL: 03-6867-8055	E-mail: info_vespinae@chodai.co.jp	構造事業本部 技術統括部 田中剛	
現有台数・基地	2	基地	福岡市中央区渡辺通1-1-1サンセルコビル6F	
技術概要	本技術は、斜張橋ケーブルの外観近接目視点検を行う点検ロボットである。点検対象ケーブルをフレームで取り囲む構造を採用し、プロペラ推力によってケーブルに沿って上昇・下降する機構としている。また、フルHDビデオカメラを上下左右に4台搭載し、ケーブル全周を全長にわたり撮影し、取得した動画を用いて点検を行う。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(斜張橋)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(ケーブル表面の亀裂、変形・欠損)	
		共通	㊸変形・欠損	
検出原理	画像(動画)			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		移動装置部: フレーム, プロペラ, モーター, ガイドローラー, フルHDビデオカメラ, バッテリー, 発信機, 受信機地上操作部: 操縦用送信機地上機材部: 充電器, バッテリー, 画像確認用モニター, 画像確認用アンテナ, PC, 発電機		
移動装置	機体名称	VESPINAE		
	移動原理	【接触型】【懸架型】 フレーム外側に4つのプロペラ, 内側に8輪のガイドローラーを配置し, プロペラ推力によりケーブルに沿って上昇・下降する機構		
	運動制御機構	通信	2.4GHz	
		測位	ガイドローラーに取り付けられたエンコーダにより移動距離を測定	
		自律機能	自律機能なし	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	最大外形寸法(W1156mm×H1156mm×L400mm)※一体型 重量(7.2kg)		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
	動力	・動力源: 電気式 ・電源供給容量: リチウムイオンバッテリー5000mA ・電源定格出力: 電圧22.2V		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	ケーブル角度30°の場合: 約20分(外気温0~40℃ 使用条件などで短縮の可能性あり)		
計測装置	設置方法	移動装置に固定		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	センシングデバイス	カメラ	Sony As-300×4台(フルHD: 200万画素(1920×1080画素))	
		パン・チルト機構	-	
		角度記録・制御機構 機能	-	
		測位機構	-	
	耐久性	防水防塵性なし		
	動力	バッテリー		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約2時間(0~40℃ 使用条件などで短縮の可能性あり)			
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	記録メディアに保存(SDカード)		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	計測装置と一体		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【接触型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(700, 440, 700) (mm)	・ケーブル間隔700mm以上(上下左右) ・ケーブル径: φ 80~260mm ・角度: 0~90°
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル) (2021) 実施年 2021年 ケーブル間隔 4m	・ケーブル間隔4m(上下) ・ケーブル径: φ 170, 180mm ・角度: 24°
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル) (2021) 実施年 2021年 【接触型】 ・最大距離: 82m	・ケーブル径: φ 180mm ・角度: 24°
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・移動速度:0.6m/s	・ケーブル径:φ80~260mm ・角度:0~90° ・表面:ポリエチレン、ふっ素樹脂 ・表面凹凸:無処理 ・風速:8m/s以下	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ①移動速度:0.67m/s ②移動速度:0.92m/s	上段①:ケーブル径φ170mm 下段②:ケーブル径φ180mm  ・角度:24° ・表面:ポリエチレン ・表面凹凸:無処理 ・風速:3.2m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・検出率:100%	・ケーブル径:φ80~260mm ・風速:8m/s以下 ・照度未検証  ・最小幅0.1mmを確認	
		標準試験値	標準試験方法 斜材の変状 (2021) 実施年 2021年 ・検出率:100%	・ケーブル径:φ170,180mm ・風速:3.2m/s ・照度未検証  ・検出率=新技術で検出した損傷の内、正解した箇所/ 模擬損傷の数 =100%(8箇所/8箇所)  ・最小幅0.1mmを確認	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・相対誤差:0.1%	・ケーブル径:φ80~260mm ・角度:0~90° ・表面:ポリエチレン、ふっ素樹脂 ・表面凹凸:無処理  ・0.1% (移動距離約200mで計測誤差約22cmを確認した。)
			標準試験値	①相対誤差:5% ②相対誤差:25%	・ケーブル径:φ170,180mm ・角度:24° ・表面:ポリエチレン  ・5%~25%の誤差。 (ケーブル延長方向で最大600mmの誤差)  ① ・真値:2000mm ・測定値:2100mm  ② ・真値:2400mm ・測定値:3000mm
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
			標準試験値	-	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	未検証	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		取得した動画を変状検出ソフトにより以下の自動処理を行う。 ①入力した画像全体のコントラストの均一化 上記によって、画像全体の輝度値が均等に分布し変状を強調(自動) ②学習対象となる正常画像、および検査対象画像を深層学習を用いて特徴量化(自動) 特徴量化された正常画像からの距離で異常度を判定(自動) ※深層学習で使用しているデータ ・convnext_base ・convnext_large ・ヒストグラム平坦化で加工した斜張橋の展開図画像(正常、キズ)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	斜張橋損傷検出システム (仮)		
	検出可能な変状	白色もしくは黒色ケーブルの凹み、キズ、汚れ (ストライプケーブルは検出精度に課題あり)		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・該当なし(異常部の検出は可能であるが、ひびわれやその他損傷との区別は出来ない)	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・該当なし	
		ひび割れ以外	・損傷箇所協調方式: ヒストグラム平坦化 ・特徴量化: ConvNext	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	変状部の振り分け精度は654枚の画像で96.5%(accuracy)	
		変状の描画方法	Webシステムにて、PNG画像として表示	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	動画(MP4)	
		ファイル容量	-	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		MPEG4動画(1920px×1080px, 30FPS)		
その他留意事項		・損傷種類の判別や汚れとの選別は技術者が実施する。		
出力ファイル形式	画像: jpeg			
調書作成支援の手順		①動画にて異常箇所の静止画抽出と動画上の抽出時間を確認(自動) ②異常箇所を技術者が確認し損傷形態を推定(手動) ③損傷確認位置の動画上の時間を確認(手動) ④位置計測の時間と照合し、損傷位置を確認(手動) ⑤損傷一覧表(損傷位置、損傷写真名)を作成(手動)  以降は発注者要望により実施 ⑥損傷写真、位置を基に損傷図、写真帳作成		
調書作成支援の適用条件		・画像解析は本計測機器にて取得した動画に限る。 ・その他調書作成については別途相談にて実施可能。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		言語: Python ライブラリ: OpenCV, scikit-learn, pytorch, fastapi, uvicorn 言語: TypeScript(node.js) フレームワーク: Angular		

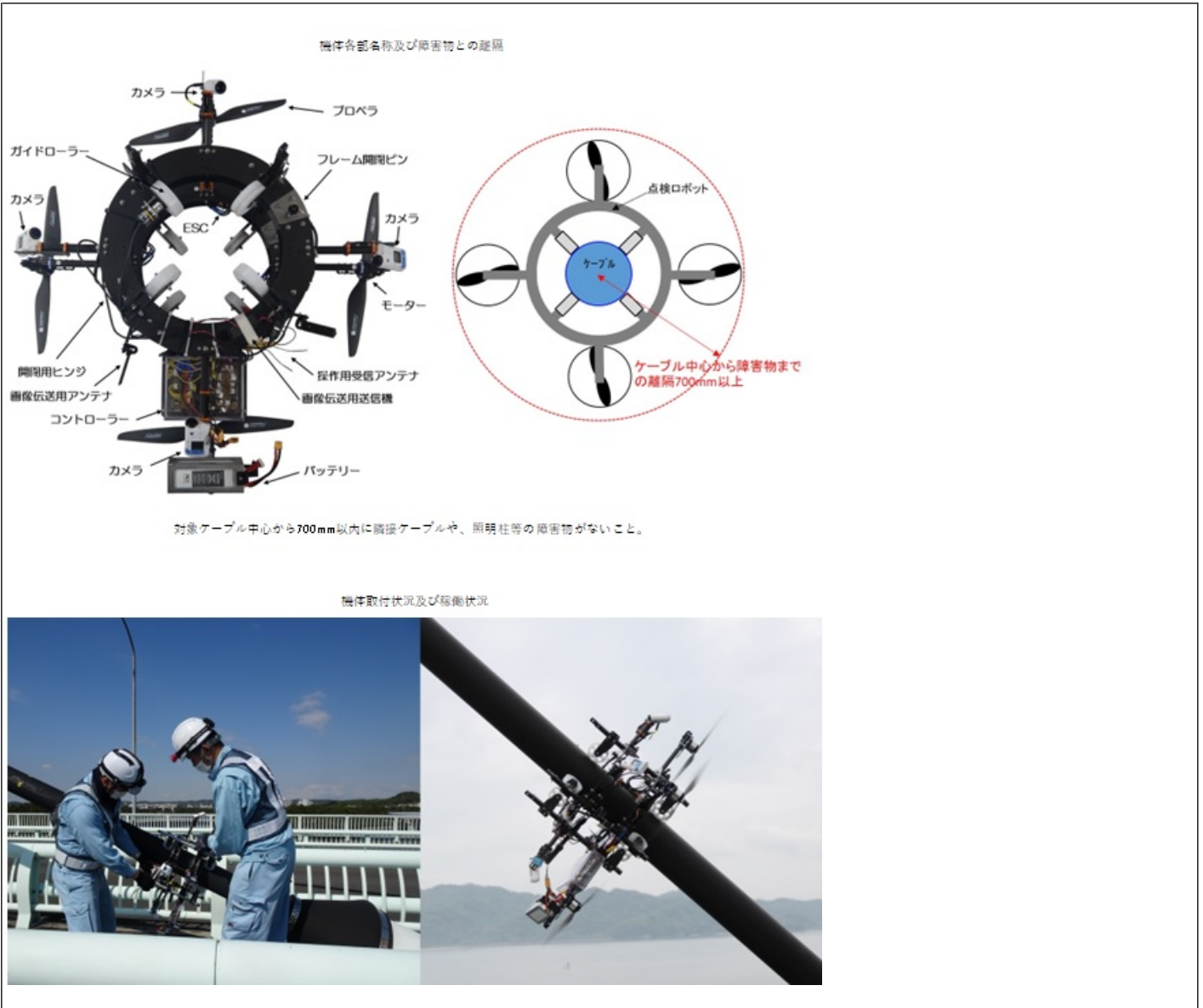
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	交通規制が不要な場合は、計測中において、交通には支障はない。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	道路以外に資機材搬入路がない場合(歩道がない等)は、交通規制が必要。資機材の設置スペース(3m×0.7m程度)が確保できない場合は交通規制が必要。移動装置部の取付けに高所作業車等が必要な場合は交通規制が必要	-
	その他	以下の場合には適用不可 ・ケーブル径φ80mm～φ260mm以外(別途相談可能) ・ケーブル表面に10mm以上の段差がある場合 ・物理的に越えられない障害物がある場合(ケーブル同士を制振対策で繋いでいる場合等) ・ケーブル断面が矩形の場合 ・ケーブル周囲の離隔が700mm以上確保できない場合(別途相談可能) ・降雨、降雪の場合・風速8m/s以上の場合	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・株式会社長大の担当者より、事前に技術指導を受けた調査技術者が実施	-
	必要構成人員数	・現場管理者1名、操縦者1名、作業員1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格不要	-
	作業ヤード・操作場所	移動装置部を目視可能な範囲(最大500m以内)	-
	点検費用	ケーブル総延長4800m(平均75m×64本):280万円 ※点検計画、現地踏査、現地調査6日間、調査結果(結果一覧表、損傷写真Jpeg、動画データ)、ロボット損料	-
	保険の有無、保障範囲、費用	各種保険を会社にて加入済み。	-
	自動制御の有無	自律制御なし	-
	利用形態:リース等の入手性	調査業務を株式会社長大へ業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時は調査業務を実施する株式会社長大が対応する。	-
	センシングデバイスの点検	調査開始前に動作確認を行う。	-
その他	-	-	

7. 図面



# 1. 基本事項

技術番号	BR010026-V0324		
技術名	ドローン・AIを活用した橋梁点検・調書作成支援技術		
技術バージョン	-	作成:	2024年3月
開発者	株式会社インフラストラクチャーズ 有限会社伊藤建設 株式会社PAL構造		
連絡先等	TEL: 022-796-9935	E-mail: ishikawa@infrastructures.jp	石川光博
現有台数・基地	5台	基地	宮城県仙台市青葉区本町1丁目13-32 オーロラビル1306号
技術概要	<p>本技術は橋梁点検の業務において、ドローンを使用し、対象部位を近接写真撮影した映像に対して、AI による画像解析を行い、ひびわれを抽出する。AIによる画像解析の特徴:ひびわれがもつ局所的な形状特徴をパターン化して抽出する。検出:機械学習によるパターン(ベクトル)識別する。 出力ファイル形式:JPEG、DXF、SVG、CSV、PNG、XSL</p> <p style="text-align: right;">更新技術:ドローンによるグリッド撮影とAI技術を活用した画像解析により、ひびわれ等の変状位置・状況を客観的に把握する。</p>		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,対傾構,外ケーブル,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台)	
	損傷の種類	鋼	⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ ⑪うき
		その他	⑬遊間の異常
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑭定着部の異常 ⑮変色・劣化 ⑯漏水・滞水 ⑰変形・欠損		
検出原理	画像(静止画)		



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機器は8枚羽のドローンである。移動装置の上部・下部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。アタッチメントにより種々のデジタルカメラ(規定の重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。</p> <p>計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p>	
移動装置	機体名称	DJI M300 RTK	
	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>・機体は8枚羽のドローンであり、基本的にGNSS測位により自律飛行が可能であるが、現場条件によっては人が操縦して飛行させる。</p>	
	運動制御機構	通信	「OcuSync 2.0 Enterprise」により最大伝送距離15kmの1080p動画伝送ができるため、離れた距離でも高画質な映像をリアルタイムに視聴することが可能。また、2.4GHzと5.8GHzのリアルタイム自動切替機能により、電波環境が悪い状況でも安定して飛行します。さらに、AES-256暗号化技術により、データ伝送の安全性も確保。
		測位	GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo
		自律機能	「High-Res Grid」対象建造物の全体画像を、グリッドで細分化した画像を自動で撮影。
	衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>ビジョンシステム・障害物検知範囲</p> <p>前方/後方/左/右:0.7~40 m 上方/下方:0.6~30 m</p>	
	外形寸法・重量	<p>展開状態、プロペラは除く:810×670×430 mm(長さ×幅×高さ)</p> <p>折りたたんだ状態、プロペラとランディングギアを含む:430×420×430 mm(長さ×幅×高さ)</p> <p>重量(シングル下方ジンバル搭載時)</p> <p>約 3.6 kg(バッテリー非搭載時)</p> <p>約 6.3 kg(TB60バッテリー2個搭載時)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	2.7 kg	
	動力	<p>・バッテリー充電用に設電源が必要</p> <p>・動力源:電気式</p> <p>・電源供給容量:インテリジェントバッテリー</p> <p>・定格容量:5935 mAh</p>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・55分(外気温:22~30℃の場合)	
計測装置	設置方法	・移動装置の下部・上部にカメラをアタッチメントに取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>・計測装置:・ZENMUSE P1 最大外形寸法(長さ198mm×幅166mm×高さ129mm)</p> <p>・最大重量(800g)</p> <p>・計測装置:・Zenmuse H20 最大外形寸法(長さ150mm×幅114mm×高さ151mm)</p> <p>・最大重量(678.5g)</p>	
	センシングデバイス	カメラ	<p>・Dji 製カメラ 型番ZENMUSE P1</p> <p>・センサーサイズ(縦35.9mm×横24mm)、有効画素数:45 MP ピクセルサイズ:4.4 μm</p> <p>・Dji 製カメラ 型番ZENMUSE H20</p> <p>・センサー(1/2.3インチCMOS、12 MP)、ピクセル数(縦5184pixel×横3888pixel)、焦点距離(45mm)</p>
		パン・チルト機構	<p>操作可能範囲:チルト+30°~-90°、パン±320°</p> <p>機械的な可動範囲:チルト+50°~-140°、パン±330°</p> <p>最大制御速度:チルト120°/s、パン180°/s</p>
		角度記録・制御機構 機能	レーザー距離計(LRF)/ズーム/広角カメラを備えた、ハイブリッドセンサー ソリューション
		測位機構	GPS・RTK
	耐久性	ZENMUSE P1 : IP4X /ZENMUSE H20 : IP44	
	動力	ドローン機体搭載バッテリーから供給	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	55分(移動装置と連動)	
	データ収集・通信装置	設置方法	-
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-	
データ収集・記録機能		SDカード	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		-	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-	
動力		バッテリー(移動装置と連動)	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	構造物(橋台、橋脚)までの距離:3m 風速:6m/s(撮影に支障がない風速)	対象物に到達するまでに障害となる物を事前に確認する。雨天・強風・逆光時撮影作業を中止する。
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 変化量:0cm	・構造物(橋台、橋脚)までの距離:2m ・風速:4.0m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(2000、2000、2000)mm	・周りに障害物が無い事を確認出来れば可能。 ・上下、前後 2m以上
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合 (2022) 実施年 2022年 高さ5.0m進入可能	風速:5.1m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:149m	-
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 0.075m/s	風速: 0.2~4.0 m/s
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	最小 ひび割れ幅 0.1mm 計測精度 0.1mm ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.1mm ひび割れ幅 0.3mm 計測精度 0.1mm ひび割れ幅 2.0mm 計測精度 0.5mm  検出率 82% ヒット率 83%	【撮影速度】 静止撮影 【画像分解能】 0.3mm/pixel 【被写体との距離】 ・ZENMUSE H20の場合・・・1.4~23.8m ・ZENMUSE P1の場合、 ①DJI DL 24mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・1.7m ②DJI DL 35mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・2.4m ③DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・3.5m 【正対撮影】 被写体表面の法線ベクトル±5°以内
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.43mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.31mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.33mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.14mm	被写体距離: 6.0 m 照度: 10.6~66.0 kLux
4-3 オルソ画像精度	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	・相対誤差:5%以下	【撮影速度】 静止撮影 【画像分解能】 0.3mm/pixel 【被写体との距離】 ・ZENMUSE H20の場合・・・1.4~23.8m ・ZENMUSE P1の場合、 ①DJI DL 24mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・1.7m ②DJI DL 35mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・2.4m ③DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・3.5m 【正対撮影】 被写体表面の法線ベクトル±5°以内	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 0.07%(相対誤差)	真値=5.590m 測定値=5.586m 被写体距離:6.0m	
	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	水平方向50mm以下 鉛直方向50mm以下	【撮影速度】 静止撮影 【画像分解能】 0.3mm/pixel 【被写体との距離】 ・ZENMUSE H20の場合・・・1.4~23.8m ・ZENMUSE P1の場合、 ①DJI DL 24mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・1.7m ②DJI DL 35mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・2.4m ③DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ・・・3.5m 【正対撮影】 被写体表面の法線ベクトル±5°以内	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002, 0.007) (m) 2-1-235	真値(x, y)=(-5.077, -2.340)m 測定値(x, y)=(-5.075, -2.333)m 被写体距離:6.0m	
	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証	-	

4-4 色識別性能	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能	照度:11.9~67.0 klx
-----------	-------	--	------------------

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像をシステムを通してサーバへアップロードする。(手動) ②撮影した画像をひびわれ自動検出する。(自動) ③ひびわれ検出した画像を自動合成機能でつなぎ合わせる。(自動) (自動合成できなかった場合) ④ひびわれ検出画像を手動で並べて合成する。(手動) ⑤合成した画像からひびわれ幅・長さを自動計測する。(自動) ⑥検出されたひびわれ結果を確認し必要に応じて、途切れて検出されているひびわれの端点同士を接続(手動)、誤検出しているひびわれを削除(手動)、ひびわれ以外のその他変状の記入(手動)、ひびわれ長さに応じたフィルタリング(自動)を実施する。 ⑦生成したひびわれ検知データから損傷数量一覧表(csvファイル)、損傷図(dxflファイル)を出力する。(自動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	ひびわれ診断支援システム「ひび探」		
	検出可能な変状	ひびわれ診断支援システム「ひび探」		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多層の畳み込みニューラルネットワークによる教師あり学習</li> <li>・教師データは、コンクリート橋梁(RC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版))におけるひびわれを含む写真に対し、ひびわれに該当する画素に正解情報を付与したデータを用いている(約180橋)。</li> <li>・撮影条件・仕様等                         <ol style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ: デジタル一眼レフカメラ、コンパクトデジタルカメラ</li> <li>2) 撮影設定: 絞り優先設定</li> <li>3) ISO感度: ISO100~3200</li> <li>4) ラップ率: サイドラップ 30%以上</li> <li>5) 画質: 最高(ファイン)</li> <li>6) 画質フォーマット: JPEG</li> <li>7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</li> </ol> </li> <li>・コンクリート部分とひびわれ部の画素ごとの輝度の違いからひびわれを特定することで自動検出(ひびわれのみ、その他は手動検出)</li> </ul>	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幅: 畳み込みニューラルネットワークによって学習されたAIによる自動検出。</li> <li>・長さ: 検出されたひびわれの起点終点をソフトで自動検出し、ひびわれの起点-終点間の直線距離もしくは曲線距離(ソフトで選択可能)を計測する。距離は撮影解像度の 0.3mm/pixelとして算出する。</li> </ul>	
		ひび割れ以外	・人が画像を確認して、変状をトレース	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれの検出: 検出したひびわれの総延長の再現率85%以上(当社取得の学習に用いていない教師データを用いて評価)</li> <li>総延長の再現率=正しく検出したひびわれの総延長/真のひびわれの総延長</li> </ul>	
		変状の描画方法	・ひびわれ: ポリライン ・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水、腐食: ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG形式	
		ファイル容量	150MB/枚	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ幅0.1mm以上を検出、幅計測する為には0.3mm/pixelの解像度であることが必要。</li> <li>・検出可能なひびわれ幅の最小値は0.1mm。</li> </ul>		
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難。</li> <li>・0.3mm/pixel以外の解像度では幅計測が困難。</li> <li>・写真を目視してひびわれが視認出来ないひびわれは検出不可。</li> </ul>		
出力ファイル形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像: JPEG、PNG</li> <li>・CAD: DXF</li> <li>・ひびわれ数量積算表: CSV</li> </ul>			
調書作成支援の手順	①上記手順により出力した検出結果をダウンロードする。 ②任意のソフトでダウンロードした損傷図、損傷一覧表を扱う。			
調書作成支援の適用条件	適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取り扱い可能な画像データ」を参照			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	ひびわれ診断支援システム「ひび探」			

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下高さ3m以上 桁端部などの奥まった所での、撮影はNG	-
	周辺条件	ドローン空撮対象物付近に、お生い茂る、草、木、枝などある場所は、撤去が必要(ドローンのセンサーに影響が有り、飛行困難な為)	-
	安全面への配慮	人や障害物に注意して、操縦を配慮する。 川に落下しない様に、十分に注意して操縦を行う。 通行中の車に影響が及ばない様に注意して操縦を配慮する。	-
	無線等使用における混線等対策	飛行現場やその周辺の電波状態を確認を行い、飛行に影響があるのかを測定します。測定した電波がドローンの操縦に影響が出る可能性がある場合、正常性を確認出来るまで飛行しない。	-
	道路規制条件	-	-
	その他	雨天・夜間に計測不可。 気温2℃以下は計測不可。 交通規制無し	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	ドローン空撮経験者、映像デバイスに関連する業務経験者、パソコン(ハード/ソフト)の情報処理能力、土木作業経験者	-
	必要構成人員数	ドローン飛行操縦1名、撮影者1名、管理者1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	JUIDA: 操縦技能証明書保有 : フライト時間1000時間以上	第三者賠償保険
	作業ヤード・操作場所	飛行中の機体の目視確認が可能な場所で、撮影対象物の目視確認出来る所	-
	点検費用	橋梁条件 橋種[コンクリート橋] 橋長30m 全幅員7m 部位・部材[上部工・下部工] 活用範囲280m2[上部工210m2+下部工70m2] 検出項目[ひびわれ] <費用>合計538,700円(直工費) ※コンクリート橋・鋼橋を問いません。 消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。 ○グリッド撮影参考価格 ・現地撮影費 150,000円/日 ・グリッド画像作成費 150,000円/日(データ整理込み) ・AI画像解析費 350円/枚 ※対象橋梁規模・撮影枚数・調書作成有無により変動	・橋梁ごとに、点検内容や成果品に応じて、個別に費用を見積もりします。 ・事前に現地の確認をさせていただきます。 ・架橋条件により、飛行が困難な場合もあります。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険有り	-
	自動制御の有無	自律制御:有	-
	利用形態:リース等の入手性	-	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

7. 図面

1 計測に使用する機器



M300RTK 搭載用 カメラ



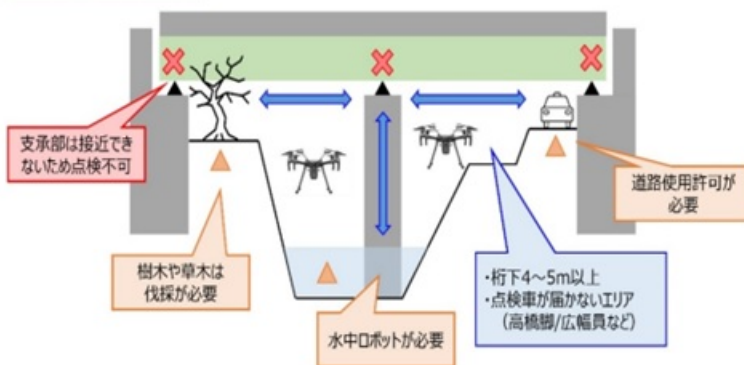
- 点検目的・部位等に応じた使用機材の選択

主な保有機材



- 対象橋梁と位置・条件に応じて「従来点検」との組合せて実施

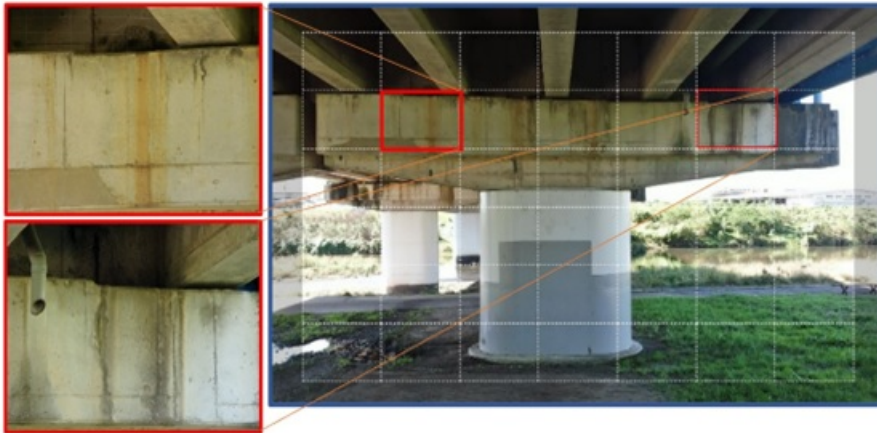
活用時の留意点





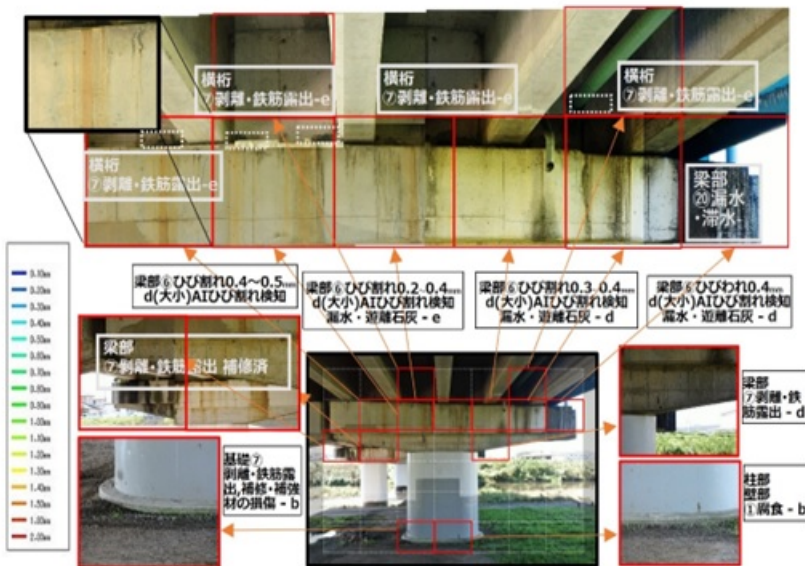
## 2 グリッド撮影による点検事例

- 橋脚の梁部、柱部・壁部を拡大して状態を確認（4倍まで拡大可）



## 3 損傷図の作成例

- 各部位の損傷の状態を把握して損傷



### 3 高橋脚のグリッド撮影と損傷図作成例



## 4 オルソモザイク作成例

### □ 床版のオルソ化画像



1. 基本事項

技術番号	BR010027-V0324			
技術名	画像撮影システムを用いた橋梁点検画像の取得技術			
技術バージョン	バージョン1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社フルテック			
連絡先等	TEL: 0766-54-6198	E-mail: i.sawamoto@fulltec.co.jp	技術部 技術一課 澤本一生	
現有台数・基地	1	基地	富山県高岡市福岡町矢部601	
技術概要	<p>本技術は風速12m/s以下の強風下で運用可能なUAVを対象とした画像撮影システムである。使用する機体は12m/s以下の強風下での飛行が可能であり、GPSによる位置補正を行うとともに、人力による安定した飛行性能を保持している。画像撮影の際は、モニターおよび送信機を使用して、機体の操作と並行して対象物の撮影を行う。このような特性から、強風下においては機体の操作に専念し、撮影専門の作業者を用意することが望ましいが、操縦者を補助するこの画像撮影システムは、UAVの送信機と画像転送装置を接続することにより、操縦者の目視外の地点に設置したビデオモニターに伝送されたUAVからのリアルタイムな映像や音声を確認しながら相互通信することにより、対象部分をより正確に撮影することを可能とするものである。なお、本技術はUAVだけでなく、ポールカメラ等の点検装置にも使用できる。</p> <p>本システムを用いて送信された映像や音声は、橋梁の劣化損傷を診断する専門家により監視され、飛行現場で点検するUAVオペレータに撮影対象部位や詳細な映像取得位置、撮影方法(角度、照度、ズーム)等を指示することができるほか、専用操作機(パソコン)から、間接的にUAV搭載カメラの操作を可能にすることができる。</p> <p>画像診断システムを使用する際の解析精度はUAV搭載カメラの性能に左右されるが、本システムは広範囲な機種別のUAVや撮影機器に対応できることから、コンクリート橋や鋼橋に区分されることなく、撮影機器の特徴を活かした画像情報の取得を支援することができる。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・UAVの上方もしくは下方に取り付けられたカメラにより対象物を撮影し、例えば、画像解析システムの「t.WAVE」を使用してひびわれの解析を行うものである。</li> <li>・対象物を撮影する際に、操縦者のみならず、目視外にいる技術者が対象物を画像を通して確認し、カメラの制御を行い撮影する機能を有している。</li> <li>・撮影終了後にSDカードから撮影データを取り出し、ローデータ等をPCに取り込み解析を行う。なお、目視外にあるPCに伝送された音声や画像は、伝送時の解像度で保存することができる。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	Matrice 210 RTK V2	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>【飛行型】</li> <li>・機体は風速12m/s以下での飛行が可能な機体を使用し、GPSによる位置補正を行い、人力による安定した飛行を可能としている。RTKを用いることにより、機体内部のコンパスを使用せず安定した飛行が可能となる。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	・周波数:2.4GHz帯、出力:0.6W
		測位	<ul style="list-style-type: none"> <li>【GNSS使用可能な環境の場合】</li> <li>・GPS</li> <li>・RTK</li> <li>【GNSS使用不可能な環境の場合】</li> <li>・ビジョンセンサー</li> </ul>
			自律機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・機体の前方、後方及び上方、下方に備えられたビジョンセンサー及び赤外線センサー
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一体構造(移動装置+計測装置)</li> <li>・最大外形寸法:L883mm×W886mm×H398mm</li> <li>・最大重量:約4.91kg</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大重量:1.23kg	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給方法:バッテリー</li> <li>・定格容量:7660mAh、22.8V</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・33分(ペイロード無)、24分(最大離陸重量:6.14kg)		
計測装置	設置方法	・移動装置の下部および上部に手動により固定、取付を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法:W140mm×W132mm×H98mm</li> <li>・重量:0.461kg</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DJI製カメラ、型番:ZENMUSE X5S</li> <li>・センサーサイズ:4/3 CMOS、ピクセル数:横5280mm×縦3956mm、焦点距離:12mm~45mm(レンズの変更が可能)</li> <li>・シャッタースピード:8s~1/8000s、ISO幅:100~25600</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平:320°~320°</li> <li>・鉛直:30°~120°</li> </ul>
		角度記録・制御機構 機能	・ジンバルにて方向の制御可能
		測位機構	・ドローン本体からGPS測位情報を伝達する
	耐久性	-	
	動力	・移動装置から電源を供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>【画像撮影システム】</li> <li>・移動装置に取付</li> <li>【画像伝送装置】</li> <li>・アタッチケース 据置型</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>【画像撮影システム】</li> <li>・外形寸法:150×85×150</li> <li>・約0.47kg</li> <li>【画像伝送装置】</li> <li>・外形寸法:W463×H353×D140</li> <li>・約6Kg</li> </ul>	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>【画像撮影システム】</li> <li>・データ収集・記録機能はない</li> <li>【画像伝送装置】</li> <li>・デジタル画像・音声データ 双方向多拠点同時リアルタイム伝送 機能 (記録機能は無し)</li> </ul>	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>無線LAN:2.4G/5G</li> <li>(別途接続するLTE4G/5G無線ネットワーク:通信会社の規格による)</li> </ul>	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	・セキュリティ:AES暗号化方式	

	<p>動力</p>	<p>【画像撮影システム】                  ・移動装置に取付けたモバイルバッテリーより給電                  【画像伝送装置】                  ・AC100V又はDC19V</p>
	<p>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)</p>	<p>・データを転送後、計測装置あるいは移動装置内のSDカードならびに伝送先パソコンに保存する                  ・通信可能時間:時間制限無し</p>

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	・変化量:0cm	・構造物(橋台、橋脚)までの距離:2m ・風速:6.1m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:15秒間
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:5000m	・障害物、電波干渉のない場合
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・撮影速度:0.29m/sec	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2021年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.19mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.27mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.70mm	-	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	未検証	-
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	未検証	-
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・フルカラーチャート識別可能	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>・本技術における画像処理は、大成建設株式会社開発ソフトである、「コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE」を使用して、変状を検出した。以下に、t.WAVEによる変状検出手順を示す。                  ・コンクリートのひびわれをデジタル画像から抽出し、ひびわれの幅や長さを定量的に評価できる。ひびわれの抽出結果や定量的な評価結果は、以下に示すような処理プロセスごとの個別のプログラムソフトを実行することで得られるが、各プログラムソフトをひとつに集約して、ひびわれ画像解析システムとしている。                  ①撮影条件設定(半自動): 目標とする空間分解能のデジタル画像を撮影するために、使用するカメラやレンズごとに撮影距離や焦点距離を設定する。                  ②分解能計算(半自動): 撮影画像が、目標とした空間分解能で撮影されていることを確認する。                  ③あおり補正(半自動): 画像内に矩型の隅角部を基準点に指定して、正対画像に補正する。                  ④画像合成(半自動): 分割して撮影した画像の重なる領域を指定して、ひとつの画像に合成する。                  ⑤ひびわれトレース(手動): ひびわれ直上をひびわれ幅より数倍太い線でトレースする。                  ⑥ひびわれ画像解析(自動): トレース範囲内の全ての画素を対象に、ウェーブレット変換による画像解析を実行する。                  また、この結果に基づいて、ひびわれ図やひびわれの幅、長さなどを出力する。</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>・「コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE」(大成建設株式会社開発ソフト)                  必要スペック: Windows10、MS Excel2013以降</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひびわれ                  (幅、長さ、ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)をひびわれ全画素に対して算定)</p>	
	<p>ひび割れ</p>	<p>・撮影画像に対してウェーブレット変換による画像解析を行い、画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいて、画素ごとにひびわれの判別を行う。                  ・ウェーブレット変換による画像解析は、注目している画素とその周囲のコンクリート面の画素の輝度値を用いた解析処理の結果に基づいてひびわれを判別している。                  ・撮影条件・仕様等                  1)本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲:0.2~0.8mm/pixel                  2)カメラ:デジタル一眼レフカメラ(推奨)、デジタルカメラ                  3)撮影設定:三脚固定の場合は絞り優先設定(F6.3以上を推奨)                      UAV撮影の場合は露出速度優先設定(1/500秒以下を推奨)                  4)ISO感度:200以下                  5)ラップ率:30%                  6)画質:最高(ファイン)                  7)画質フォーマット:JPEG                  8)注意事項:デジタルズーム機能は使用しないこと</p>	
	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>	<p>【ひびわれ幅】                  ひびわれと判別された画素のウェーブレット係数は、ひびわれ幅の実測値と高い相関がある。これを用いて、本画像解析システムには、予めウェーブレット係数からひびわれ幅を算出する計算式が組み込まれているため、ひとつの画素ごとにひびわれ幅を算定できる。                  ただし、これにより算定できるひびわれ幅は撮影画像の空間分解能の1/4倍から2倍の範囲となる。例えば、撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合、算定できるひびわれ幅は0.2mmから1.6mmの範囲となる。                  【ひびわれ長さ】                  撮影画像の空間分解能と、ひびわれと判別された画素の数を乗じて算定される。ただし、隣り合う画素が斜め45°方向の部分については、空間分解能を<math>\sqrt{2}</math>倍した長さで算定される。</p>
	<p>ひび割れ以外</p>	<p>-</p>	
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・撮影画像の空間分解能が0.4mm/pixelの場合                  測定点数144点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある場合は79%、±0.3mmの範囲にある場合は93%                  ・撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合                  測定点数216点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある場合は68%、±0.3mmの範囲にある場合は81%                  なお、実測値は2人の点検員が同じ場所のひびわれ幅をクラックスケールで計測したものであり、解析値はカメラを3種類用いて同じ場所のひびわれ幅を本手法により推定したものであり、ここではその全てのデータに対して比較している。</p>	
	<p>変状の描画方法</p>	<p>ひびわれ:ポリライン</p>	
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>・JPEG、BMP</p>
	<p>ファイル容量</p>	<p>・制限なし</p>	
	<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー</p>	
<p>画素分解能</p>	<p>本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲は0.2~0.8/pixelである。この時に算定できるひびわれ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4~2倍の範囲である。                  ・例えば、空間分解能0.4mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.1~0.8mmとなる。                  ・例えば、空間分解能0.8mm/pixelの場合、検出可能なひびわれ幅は0.2~1.6mmとなる。                  ただし、定量的に評価できるひびわれ幅の最小値は0.1mmである。すなわち、空間分解能0.2mm/pixelの画像であっても、この場合に評価できるひびわれ幅の最小値は、空間分解能の1/4である0.05mmではなく、0.1mmとなる。</p>		
<p>その他留意事項</p>	<p>・ひびわれ直上がチョーキングされている場合は、ひびわれを正確に検出することが難しい。                  また、検出された場合でも、ひびわれ幅を正確に定量的に評価することも難しい。</p>		
<p>出力ファイル形式</p>	<p>BMP/DXF/MS Excel用ファイル形式</p>		

<p>調書作成支援の手順</p>	<p>る。                  本画像解析を実行して得られる結果は以下のファイルである。                  1)入力画像(あおり補正、画像合成などを実施した後の画像)(BMP形式)                  2)ひびわれ図(DXF形式)                  3)入力画像上にひびわれ図を重ねた画像(BMP形式)                  4)ひびわれ幅ごとのひびわれ長さに関するヒストグラム(MS Excelファイル)                  このひびわれ図は、ひびわれ幅の範囲ごとに色分けして表示することができる。また、Excelファイルのヒストグラム上には、以下の値が自動的に表示される。                  5)ひびわれ総延長                  6)平均ひびわれ幅                  7)ひびわれ密度(単位面積あたりのひびわれ長さ)                  なお、予め書式に合わせたMS Excel形式の出力フォーマットを作成しておけば、書式に合わせて出力を自動化することもできる。</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。                  1)撮影画像の空間分解能が、0.2mm~0.8mm/pixelの画像であること。                  2)検出したいひびわれの最小幅に対して、空間分解能をその最小幅の4倍以下の範囲に設定した画像であること。                  (例えば、検出したいひびわれの最小幅が0.2mmのとき、撮影画像の空間分解能を0.8mm/pixel以下に設定すればよい。ただし、定量的に評価できるひびわれ幅の最小値は0.1mmである。すなわち、空間分解能0.2mm/pixelの画像であっても、この場合に評価できるひびわれ幅の最小値は、空間分解能の1/4である0.05mmではなく0.1mmとなる。)                  3)被写体に正対した時の法線に対して、30°以内の角度で撮影した画像であること。</p>
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<p>・コンクリートのひびわれ画像解析プログラムt.WAVE                  ・Windows10                  ・MS Excel2013以降</p>

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	・道路幅員に制限なし	-
	桁下条件	・桁下高3m以上	-
	周辺条件	・民家等の建物や電線がある場合は管理者の許可が必要 ・付近に重要施設等がある場合は別途届出が必要	-
	安全面への配慮	・カラーコーンや看板等の設置による注意喚起	-
	無線等使用における混線等対策	・使用する周波数を変動させながら使用している	-
	道路規制条件	・発着地点や操縦者の位置に道路がある場合は、関係機関に連絡して指示に従う	-
	その他	・風速12m/s以下かつ雨天でない場合に適用される	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	【機体制御】 ・GPSをOFFにした状態で自由に操作できるレベル 【カメラ操作および画像撮影システムの操作】 ・変状の違いや特徴がある程度把握できるレベル 【画像伝送装置の操作】 ・技量は求められない	-
	必要構成人員数	・操縦者1名、補助者2名以上	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローン総飛行時間10時間以上	-
	作業ヤード・操作場所	・ドローンが操縦者の目視内にある場所	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋/鋼橋] 橋長 20m 全幅員 12.5m 部位・部材 [上部構造(主桁、横桁、床版)・下部構造(橋脚、橋台壁面)] 活用範囲 500m <sup>2</sup> 検出項目 [ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/床版ひびわれ] <費用>合計350,000円 (700円/m <sup>2</sup> )	「道路橋定期点検要領平成31年2月 国土交通省道路局」に基づいて実施するため、別途仕様(点検要領等)に準ずる場合は、見積対応となる場合がある。
	保険の有無、保障範囲、費用	・賠償責任保険に加入 対人:100,000千円 対物:50,000千円	-
	自動制御の有無	・自動制御機能は使用しない	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・UAVに関する不具合が生じた場合は自社内で確認し、修繕可能な範囲で対処する。状況を判断してメーカーへの修理対応とする。	-
	センシングデバイスの点検	・1か月毎に動作確認等の点検を行う。	-
その他	・機器の紛失時には対応が困難	-	

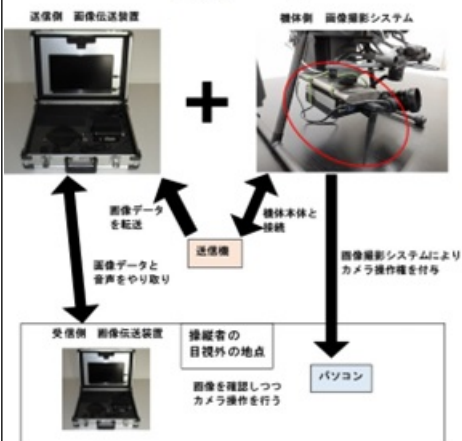
## 7. 図面

【=機用UAV】

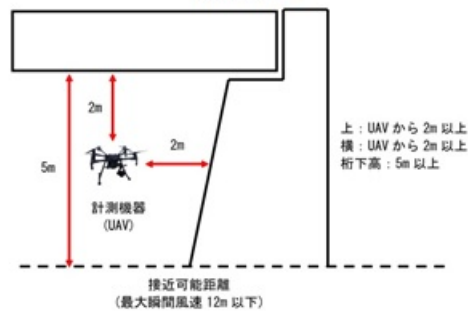


サイズ	883mm × 886mm × 427mm	重量	約4.91kg(バッテリー2個搭載時)
プロペラ径	17インチ	飛行時間	34分(ペイロードなし)
耐風性能	12m/s	保護性能	IP43

【画像撮影システム】



【接近可能距離】



1. 基本事項

技術番号	BR010028-V0324			
技術名	無人航空機(マルチコプター)を利用した橋梁点検システム			
技術バージョン	ver 1.0.1	作成:	2024年3月	
開発者	DJI JAPAN 株式会社 株式会社FLIGHTS 大日本コンサルタント株式会社			
連絡先等	TEL: 03-5860-1023 (代表連絡先)	E-mail: infra@droneagent.jp (代表連絡先)	株式会社FLIGHTS 渡辺、栗原、有持、伊東	
現有台数・基地	13台	基地	DJI JAPAN株式会社 〒108-0075 東京都港区港南1丁目2-70 品川シーズンテラス11F 株式会社FLIGHTS 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂1-19-12 道玄坂今井ビル6階	
技術概要	本技術は、ドローンに搭載されたフルサイズセンサデジタルカメラにより、部材表面のデジタルカラー画像を撮影して損傷の状態を把握し、損傷図画、損傷写真および精度管理報告書を提供するサービスである。 本技術の特徴として近接目視点検の代替の精度を安定して確保し1日約1000㎡の点検が可能。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他		
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損			
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は、回転翼を4基装備したクワッドコプタに、光学デジタルカメラを搭載したものである。	
移動装置	機体名称	DJI MATRICE 300 RTK DJI MATRICE 350 RTK	
	移動原理	移動原理は、回転翼により下向きの気流を発生させることにより浮上し、4基の回転翼の推力(回転数)をそれぞれ変化させることにより前後左右に移動したり、その場で水平に回転したりする。また、それらを組み合わせて曲線的に飛行をすることもできる。	
	運動制御機構	通信	・通信種別:無線 ・周波数帯:2.4000~2.4835 GHz ・出力:100mW以下 ・最大伝送距離:8km(障害物や電波干渉がない場合)
		測位	・GNSSおよびRTK測位システム ・デュアルビジョンカメラ ・赤外線センサー
		自律機能	・GNSSおよびRTK測位システムによる自動ホバリングおよび自動飛行。 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーによる自動ホバリング。
		衝突回避機能(飛行型のみ)	デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより障害物を検知して自動的に停止して衝突を回避する。同機能は、前後左右上下の6方向に機能し、衝突回避距離を任意に設定することが可能。
	外形寸法・重量	・外形寸法=810x670x430mm(長さx幅x高さ) ・重量=約7.1kg(※1) ※1 カメラ搭載時	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・2.7 kg	
	動力	・電気(バッテリー)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約45分(※1)の飛行が可能 ※1 カメラを搭載し、気温25度、無風、ホバリング状態での飛行時間。	
計測装置	設置方法	機体上部あるいは下部のハードポイントに直接カメラ装置を装着可能。専用工具、ボルト、ナットなどは不要。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・Zenmuse P1 198x166x129mm、約800g ・Zenmuse H20シリーズ 167x135x161 mm、828±5 g	
	センシングデバイス	カメラ	・Zenmuse P1 センサーサイズ(静止画)=35.9x24.0mm 写真サイズ=8192x5460pixel 使用レンズ:DJI DL 35mm F2.8 LS ASPHレンズ(ENTERPRISE)、 DJI DL 50mm F2.8 LS ASPHレンズ(ENTERPRISE) ・Zenmuse H20シリーズ センサーサイズ(静止画)=7.5x5.6 mm(1/1.7インチ) 写真サイズ=5184x3888pixel
		パン・チルト機構	・3軸(チルト、ロール、パン) チルト:-125°~+40°、ロール:-55°~+55°、パン:±320°
		角度記録・制御機構機能	・あり
		測位機構	・ドローン本体の測位情報を利用して画像Exif情報として記録。 ・飛行撮影後に画像の位置情報をSfM(Structure from Motion)技術により解析も可能。
	耐久性	・Zenmuse P1 保護等級 IP4x、動作環境温度-20°~50° ・Zenmuse H20シリーズ 保護等級IP44、動作環境温度-20℃ ~ 50℃	
	動力	・ドローン本体のバッテリーを使用	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ドローン本体のバッテリーに依存		
データ収集・通信装置	設置方法	・Zenmuse P1 SDカードをカメラに装着。 ・Zenmuse H20シリーズ microSDカードをカメラに装着。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・SDカード 外形寸法:W24mmxH32mmxD2.1mm ・microSDカード 外形寸法:W11mmxH15mmxD1mm	
	データ収集・記録機能	・Zenmuse P1 カメラに装着したSDカードに直接書き込み。 ・Zenmuse H20シリーズ カメラに装着したmicroSDカードに直接書き込み。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	2-1-255	
	動力	・機体バッテリーに依存	

	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	
--	------------------------------	--



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2021年 <DJI MATRICE 300 RTK> 停止飛行時:水平移動無し  実施年 2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> 停止飛行時:水平移動無し  実施年 2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> 停止飛行時:水平移動無し  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 <DJI MATRICE 300 RTK> ・試験施設の環境条件(磁場等)により飛行不可 <DJI MATRICE 350 RTK> ・試験施設の環境条件(磁場等)により飛行不可	実施年 2021年 <DJI MATRICE 300 RTK> ホバリング時間=15秒 構造物までの距離=2.5m 風速=4.6m/s  実施年 2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> ホバリング時間=60秒 構造物までの距離=2.0m 風速=4.5m/s  実施年 2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> ホバリング時間=60秒 構造物までの距離=1.5m 風速=2.6m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合(2022) 実施年 2022年 <DJI MATRICE 300 RTK> 桁間は対象外(試験を実施せず) 桁下空間高さ5.0mに侵入可能を確認  実施年 2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> 桁間は対象外(試験を実施せず) 桁下空間高さ5.0mに侵入可能を確認	実施年 2022年 風速=4.2m/s  実施年 2023年 風速=2.6m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離=8km	カタログ値 障害物や電波干渉がない場合
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2023年 <DJI MATRICE 350 RTK> ・50m	風速 2.6m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・ホバリング精度 垂直:±0.1 m(ビジョンシステム有効時) ±0.5 m(GPS有効時) ±0.1 m(RTK有効時) 水平:±0.3 m(ビジョンシステム有効時) ±1.5 m(GPS有効時) ±0.1 m(RTK有効時)	カタログ値 ビジョンシステム動作条件として、「模様が明瞭で、十分な照度条件下(> 15 lux)」な制御対象があること
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 撮影速度:0.08m/sec  実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 撮影速度=14.5/274=0.053m/sec  ・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 撮影速度=14.5/310=0.047m/sec	実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 風速:3.1~11.3m/s 飛行距離:9.533m 撮影時間:120秒 ※撮影時(シャッターを下ろす)際は静止  実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 風速:0.0~4.2m/s 飛行距離:14.5m 撮影時間:4分34秒(=274秒) ※撮影時(シャッターを下ろす)際は静止  ・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 風速:0.3~6.7m/s 飛行距離:14.5m 撮影時間:5分10秒(=310秒) ※撮影時(シャッターを下ろす)際は静止
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【独自試験結果】 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 最小ひびわれ幅=0.1mm 計測精度 ひびわれ幅=0.1mm、計測精度=0.00mm ひびわれ幅=0.2mm、計測精度=0.00mm  ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 最小ひびわれ幅=0.1mm 計測精度 ひびわれ幅=0.1mm、計測精度=0.00mm ひびわれ幅=0.2mm、計測精度=0.00mm	
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 計測精度 ひびわれ幅=0.05mm、計測精度=0.05mm  ひびわれ幅=0.1mm、計測精度=0.00mm ひびわれ幅=0.2mm、計測精度=0.08mm ひびわれ幅=0.3mm、計測精度=0.08mm ひびわれ幅=1.0mm、計測精度=0.00mm  実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 計測精度 ひびわれ幅=0.05mm、計測精度=0.05mm ひびわれ幅=0.1mm、計測精度=0.08mm ひびわれ幅=0.2mm、計測精度=0.06mm ひびわれ幅=0.3mm、計測精度=0.06mm ひびわれ幅=1.0mm、計測精度=0.00mm  ・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 計測精度 ひびわれ幅=0.5mm、計測精度=0.1mm ひびわれ幅=0.1mm、計測精度=0.08mm ひびわれ幅=0.2mm、計測精度=0.00mm ひびわれ幅=0.3mm、計測精度=0.06mm ひびわれ幅=1.0mm、計測精度=0.00mm	【独自試験】 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 被写体距離=2.5m 被写体照度=600~700lx (EV値=9) 最大瞬間風速=8.5 m/s 焦点距離=35mm 撮影モード:フルオート  ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 被写体距離=3.5m 被写体照度=400~700lx (EV値=8~9) 瞬間最大風速=8.5 m/s 焦点距離=50mm 撮影モード:フルオート  ※試験の詳細は技術マニュアルを参照のこと。全8ケースの試験のうち、2種類のレンズそれぞれについて最も厳しいケースについて記載。  実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 被写体距離=3.0m 照度=5.6~77.5kLux 風速=3.1~11.3m/s 気温=17.8~19.0℃ 焦点距離=35mm 撮影モード:シャッタースピード優先 SS=1/1000 秒、絞り:F5.6、 ISO値:オート 画像Pixel数=8192x5460  実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 被写体距離=3.5m 照度=9.81~72.3kLux 風速=0.0~4.2m/s 気温:12.0~12.9℃ 焦点距離=50mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=8192x5460  ・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 被写体距離=2.7m 照度=10.8~77.0kLux 風速=0.3~6.7m/s 気温=11.2~11.8℃ 焦点距離=10mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=5184x3888

計測装置	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 精度:100.06%	実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 真値:5.056m 測定値:5.059m 被写体距離=3.0m 照度=6.1~80.6kLux 風速=4.5m/s 気温=18.4℃ 焦点距離=35mm 撮影モード:シャッタースピード優先 SS=1/1000秒、F5.6、ISO値:自動 画像Pixel数=8192x5460
				実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 精度:100.02%	実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 真値=5.590m 測定値=5.591m 被写体距離=3.5m 照度=10.3~76.0kLux 風速=0.1~4.5m/s 気温=11.3℃ 焦点距離=50mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=8192x5460
				・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 精度:100.02%	・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 真値=5.590m 測定値=5.591m 被写体距離=2.7m 照度=11.6~76.2kLux 風速=0.0~5.2m/s 気温=11.5℃ 焦点距離=10mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=5184x3888
		性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		位置精度	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 絶対誤差(Δx, Δy)=(-0.003m, 0.012m)	実施年 2021年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 真値(x, y)=(-4.456m, -2.389m) 測定値(x, y)=(-4.453m, -2.401m) 被写体距離=3.0m 照度=6.1~80.6kLux 風速=4.5m/s 気温=18.4℃ 焦点距離=35mm 撮影モード:シャッタースピード優先 SS=1/1000秒、F5.6、ISO値:オート 画像Pixel数=8192x5460
				実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002m, -0.003m)	実施年 2022年 ・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 真値(x, y)=(-5.077m, -2.340m) 測定値(x, y)=(-5.079m, -2.337m) 被写体距離=3.5m 照度=10.3~76.0kLux 風速=0.1~4.5m/s 気温=11.3℃ 焦点距離=50mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=8192x5460
				・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 絶対誤差(Δx, Δy)=(0.002m, -0.003m)	・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 真値(x, y)=(-5.077m, -2.340m) 測定値(x, y)=(-5.079m, -2.337m) 被写体距離=2.7m 照度=11.6~76.2kLux 風速=0.0~5.2m/s 気温=11.5℃ 焦点距離=10mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=5184x3888

		性能確認シートの有無 ※	有
4-4 色識別性能	性能値	未検証	
	標準試験値	<p>標準試験方法 (2019)</p> <p>実施年 2021年</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ フルカラーチャート識別可能</p> <p>実施年 2022年</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ フルカラーチャート識別可能</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ フルカラーチャート識別可能</p>	<p>実施年 2021年</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE P1 35mmレンズ 被写体距離=3.0m 照度=6.1~80.6kLux 風速=4.5m/s 気温=18.4℃ 焦点距離=35mm 撮影モード:シャッタースピード優先 SS=1/1000秒、F5.6、ISO値:オート 画像Pixel数=8192x5460</p> <p>実施年 2022年</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE P1 50mmレンズ 被写体距離=3.5m 照度=13.5~74.3kLux 風速=1.1~5.0m/s 気温=12.5℃ 焦点距離=50mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=8192x5460</p> <p>・カメラ名称:ZENMUSE H20シリーズ 被写体距離=2.7m 照度=10.1~74.2kLux 風速=0.9~3.3m/s 気温=12.1℃ 焦点距離=10mm 撮影モード:フルオート 画像Pixel数=5184x3888</p>

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>変状の検出は、以下に示す手順で行なう。                  【STEP1】Metashapeを使用して、計測対象部材のオルソモザイク画像を作成する。                  【STEP2】作成したオルソモザイク画像を市販AIひびわれ検出サービスにインプットし、ひびわれの概略検出結果およびひびわれ幅の概略計測結果をアウトプットする。                  【STEP3】損傷の概略検出結果を参考にしながら、点検技術者がPCモニタに映したオルソモザイク画像を目視してひびわれを検出し、ひびわれ幅計測用基準画像と比較してひびわれ幅を計測する。ひびわれの長さは、画像処理アプリやCADアプリの機能を利用して計測する。                  【STEP4】ひびわれ以外の損傷は、点検技術者がPCモニタに映したオルソモザイク画像を目視して検出し、損傷の寸法は、画像処理アプリやCADアプリの機能を利用して計測する。</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	Agisoft社製 Metashape		
	検出可能な変状	ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／補修・補強材の損傷／うき(※1)／変色・劣化／漏水・滞水／変形・欠損 ※1段差が付いたひびわれなど部材表面に顕在化している場合のみ検出可能。		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	-	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	-	
		ひび割れ以外	-	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
		変状の描画方法	-	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	-	
		ファイル容量	-	
		カラー／白黒画像	-	
画素分解能		-		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	-			
調書作成支援の手順		-		
調書作成支援の適用条件		-		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		-		

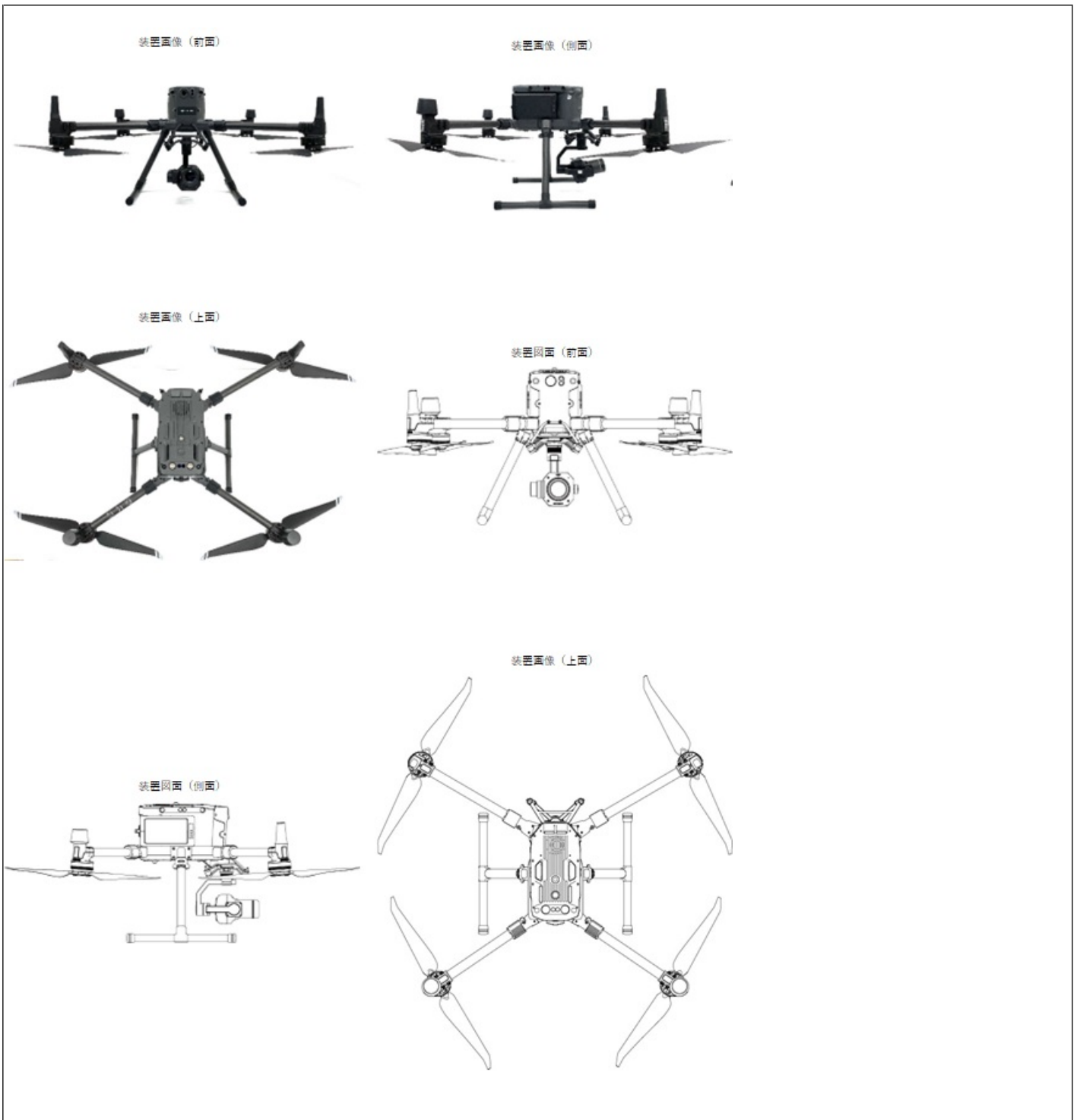
6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	橋脚道路幅員による直接的な適用の制限はない。	道路幅員が広い場合は、被写体照度の低下、特に橋脚(柱)上端部の被写体照度低下に注意が必要。
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・桁下高<math>\geq 3.0\text{m}</math>であることが望ましい。</li> <li>・桁下は陸上でも水上でも適用可能。</li> <li>・飛行空間に飛行に支障を与える草木の繁茂などが無いこと。橋脚周辺5mの範囲の空間確保が必要。</li> <li>・飛行撮影に必要な明るさがあること(目安1,000lux以上)</li> </ul>	水上での適用に際しては、操縦者の立ち位置の自由度が低いため、操縦者と機体の見とおしの確保に注意が必要。
	周辺条件	<p>以下に示す場合は、不測の事態を考慮して、当該場所の付近への影響を予め現地で確認・評価し、補助者の増員等を検討して適用の可否を判断すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・第三者の往来が多い場所や学校、病院等の不特定多数の人が集まる場所が周辺にある場合。</li> <li>・高速道路、交通量が多い一般道、鉄道が周辺にある場合</li> <li>・高圧線、変電所、電波塔及び無線施設等の施設が周辺にある場合。</li> <li>・30m以内に人又は物件がある場合。</li> </ul>	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第三者の上空では飛行させない。</li> <li>・補助者が飛行範囲に第三者が立ち入らないよう注意喚起を行う。</li> </ul>	-
	無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送信機に表示される送信機と機体の通信状況を常時監視し、不安定や悪化が生じた場合は飛行撮影を中断する。</li> </ul>	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行空域が道路上空に位置する場合は、交通規制の実施を原則とする。</li> </ul>	-
	その他	-	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	・ドローンの操縦時間が10時間以上の飛行実績が望ましい ・システムを運用する際は関連法令を遵守すること	・システム購入の場合は初回導入講習の受講が必要
必要構成人員数	操縦者1名 補助者兼精度管理者1名 計2名で運用	・現場条件により、操縦補助者(カメラオペレーター)や警備員の追加が必要な場合がある。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローンの操縦時間が10時間以上の飛行実績が望ましい ・システムを運用する際は関連法令を遵守すること	・システム購入の場合は初回導入講習の受講が必要
作業ヤード・操作場所	・機体の離着陸地点は3m×3mの平坦な場所が望ましい。 ・操縦者は機体の挙動が把握できる位置で安全かつ安定して立てること。	・操縦補助者は操縦者に対して必要かつ適切な助言が可能な位置に安全かつ安定して立てること。
点検費用	<p>&lt;橋梁条件&gt; 点検対象部位・部材：下部構造(橋脚、橋台) ※RC製の橋脚およびこれに準じる部材。</p> <p>検出項目：[ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/補修・補強材の損傷/うき/変色・劣化/漏水・滞水/変形・欠損]</p> <p>&lt;費用&gt; 作業内容：飛行撮影、画像解析 成果物：損傷図画(※1)、損傷写真、精度管理結果報告書 作業効率：作業時間7時間で1日1,000㎡程度(※2) 費用：1,000㎡点検の場合650,000円程度 ※1 損傷図画とは近接目視点検の野帳に相当するCAD図。 ※2 作業効率は現場状況により増減します。</p>	<p>・点検費用に記載した金額は、現場作業日数1日を考慮した金額としている。</p> <p>・本技術のサービス範囲は従来技術の近接目視点検の野帳に相当するCAD図の損傷図画作成までとしている。</p> <p>・拘束費や旅費を含んでいない</p> <p>・現場条件により1日に点検可能な範囲、金額の変動あり</p>
保険の有無、保障範囲、費用	・ドローン運用者が適切な損害保険に加入する。	-
自動制御の有無	・有(自動飛行撮影アプリによる非GNSS環境下での自動飛行撮影)	-
作業条件・運用条件		橋梁点検システムのアプリケーション DJI MATRICE 300 RTK ともに株式会社FLIGHTSから購入可能 下記からお問い合わせください
利用形態：リース等の入手性	<p>・橋梁点検システムの購入可能(購入費用についてはお問い合わせください)</p> <p>・橋梁点検業務委託可能</p> <p>・レンタルについてはご相談ください</p>	<p>お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP: <a href="https://drone-infrastructure.com/">https://drone-infrastructure.com/</a> mail: <a href="mailto:infra@droneagent.jp">infra@droneagent.jp</a></p> <p>お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP: <a href="https://drone-infrastructure.com/">https://drone-infrastructure.com/</a> mail: <a href="mailto:infra@droneagent.jp">infra@droneagent.jp</a></p>
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり。	<p>橋梁点検システムのアプリケーション DJI MATRICE 300 RTK ともに株式会社FLIGHTSから購入可能 下記からお問い合わせください</p> <p>お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP: <a href="https://drone-infrastructure.com/">https://drone-infrastructure.com/</a> mail: <a href="mailto:infra@droneagent.jp">infra@droneagent.jp</a></p> <p>お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP: <a href="https://drone-infrastructure.com/">https://drone-infrastructure.com/</a> mail: <a href="mailto:infra@droneagent.jp">infra@droneagent.jp</a></p>
センシングデバイスの点検	・サポート体制あり。	<p>橋梁点検システムのアプリケーション DJI MATRICE 300 RTK ともに株式会社FLIGHTSから購入可能 下記からお問い合わせください</p> <p>お問い合わせ先 株式会社FLIGHTS HP: <a href="https://drone-infrastructure.com/">https://drone-infrastructure.com/</a> mail: <a href="mailto:infra@droneagent.jp">infra@droneagent.jp</a></p>
その他	河川流路上を飛行する際には、下部ビジョンセンサーをOFFにすること。	「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針について」に則っていることを確認済。

## 7. 図面





1. 基本事項

技術番号	BR010029-V0324		
技術名	非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム		
技術バージョン	Ver2.01	作成:	2024年3月
開発者	株式会社IHI 株式会社 IHI検査計測		
連絡先等	TEL: 03-6204-7315 03-6404-6033	E-mail: shionaga4803@ihi-g.com ozaki9672@ihi-g.com	株式会社IHI 社会基盤事業領域 事業推進部 塩永 亮介 株式会社IHI検査計測 営業統括 部 尾崎 優季
現有台数・基地	Skydio 2:1台 Skydio X2:1台	基地	Skydio2/X2 :横浜市金沢区((株)IHI検査計測内)
技術概要	橋梁の点検業務において、非GNSS環境型のUAVである「Skydio 2/X2」を用いて、点検に必要な画像を取得する技術。「Skydio 2/X2」の特徴としては、小型機体をもつ衝突回避機能によって狭い空間へも進入し、近接画像を取得することができる。また点検対象がコンクリートの場合は、取得した画像をAIによるひびわれ自動検出システム「i-Crack+」を用いて、点検調書の作成に必要なひびわれ損傷図を出力する。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(防護柵,地覆) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版) RC床版橋(上部構造(主桁))	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ
		その他	
共通			
検出原理	画像(静止画/動画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		「Skydio2」および「Skydio X2」は、機体に内蔵された上下6つのカメラによって周辺環境を自動認識し、非GNSS環境下でも衝突回避しながら飛行することができる。機体前部のジンバルに固定された小型CMOSカメラによって画像計測を行う。 また、撮影された画像データは機体に内蔵されるmicro SDカードに記録・保存される。画像データは計測終了後に機体からmicro SDカードを取り外し、所定の場所に保存・処理される。移動装置の測位は、魚眼カメラによる画像から自己位置を推定したデータを使用している。	
移動装置	機体名称	Skydio 2 Skydio X2	
	移動原理	【飛行型】 4枚のプロペラを有するドローンで、上下6つのカメラにより認識した情報をもとに対象物および周辺環境を自動認識できる。手動飛行および自動飛行では障害物を回避する機能があり、自動飛行中は対象物との距離を一定に保ちながら飛行する。	
	運動制御機構	通信	周波数: 2.4GHz帯 出力: 10mW/MHz
		測位	Visual-SLAM GNSS
		自律機能	有: 機体にある上下6つのカメラ画像からVisual-SLAMによる自律飛行が可能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	有
	外形寸法・重量	「Skydio 2」: 一体構造 ・最大外形寸法 (L223mm×W273mm×H74mm) ・最大重量 (775g) 「Skydio X2」: 一体構造 ・最大外形寸法 (L663mm×W569mm×H211mm) ・最大重量 (1325g)	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
動力	・動力源: 電気式 ・電源供給: バッテリーにより供給 「Skydio 2」 定格容量: 11.4V、4280mAh 「Skydio X2」 定格容量: 11.4V、8200mAh		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	「Skydio 2」 最大23分 「Skydio X2」 最大35		
計測装置	設置方法	移動装置と一体構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	「Skydio 2」 ・SONY製 IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056 x 3040)、焦点距離(20mm ※35mm換算) 「Skydio X2」 ・SONY製 IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056 x 3040)、焦点距離(41mm ※35mm換算)
		パン・チルト機構	鉛直:-110°~90°
		角度記録・制御機構 機能	ジンバルにて上記チルトの制御可能
		測位機構	(機体の測位機能を反映)
	耐久性	防水防塵性能:無し	
	動力	移動装置のバッテリーより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約8時間		
データ収集・通信装置	設置方法	記録メディア (microSDカード) を機体のスロットに設置。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	計測中は、記録メディア (microSDカード) に保存。 計測後は、記録メディアを機体から取り出し、パソコンの内部ストレージ等へ移動・記録。	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2023年 【飛行型】 「Skydio 2」変化量:0cm 「Skydio X2」変化量:0cm	
		標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 「Skydio 2」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:15cm(13cm) 鉛直方向 最大移動量:30cm(12cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:25cm(31cm) 鉛直方向 最大移動量:43cm(22cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:35cm(40cm) 鉛直方向 最大移動量:45cm(15cm)  「Skydio X2」 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:16cm(16cm) 鉛直方向 最大移動量:2cm(2cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:34cm(39cm) 鉛直方向 最大移動量:4cm(3cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:55cm(74cm) 鉛直方向 最大移動量:7cm(11cm)	「Skydio 2」 ・構造物までの距離:0.5m ・風速:2.1m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間 「Skydio X2」 ・構造物までの距離:2.0m ・風速:4.6m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入する場合(2019) 実施年 2023年 【飛行型】 「Skydio 2」 桁間に進入 (8.4m×2.8m×2.8m) 「Skydio X2」 桁間に進入しない(桁下空間: 高さ5.0m)	「Skydio 2」 風速:3.0m/s 8.4m×2.8m×2.8m(平面寸法C) 「Skydio X2」 風速:4.6m/s 桁下空間:高さ5mまで進入可能
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2023年 「Skydio 2」 飛行距離 50m 「Skydio X2」 飛行距離 50m	
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2023年 「Skydio 2」 ・撮影速度:0.024 m <sup>2</sup> /sec 「Skydio X2」 ・撮影速度:0.018 m <sup>2</sup> /sec		「Skydio 2」 ・風速:4.1 m/s ・撮影面積:16.5 m <sup>2</sup> ・撮影時間:678 sec 「Skydio X2」 ・風速:4.6 m/s ・撮影面積:16.5 m <sup>2</sup> ・撮影時間:934 sec
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2023年 「Skydio 2」 ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.08mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.41mm 「Skydio X2」 ・最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.22mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.10mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.13mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.17mm		「Skydio 2」 ・被写体距離:0.9 m ・照度:9.24~66.6 kLux ・風速:2.0~5.1 m/s ・気温:17.6~19.3 °C ・焦点距離:20 mm ・シャッター速度:1/2265 秒 ・絞り:f2.8 ・ISO値:101 ・フォーカス:オート ・画像Pixel数:4056×3040 「Skydio X2」 ・被写体距離:0.9 m ・照度:9.47~72.0 kLux ・風速:1.8~5.2 m/s ・気温:18.3~21.5 °C ・焦点距離:41 mm ・シャッター速度:1/1542 秒 ・絞り:f2.8 ・ISO値:101 ・フォーカス:オート ・画像Pixel数:4056×3040
計測装置 4-3 オルソ画像精度	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	長さ計測精度 標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2023年 「Skydio 2」 ・相対誤差:0.7% 「Skydio X2」 ・相対誤差:0.2%		「Skydio 2」 ・真値:4.769 m ・計測値:4.802 m ・被写体距離:4.4 m ・照度:7.10~65.9 kLux ・風速:1.5~4.6 m/s 「Skydio X2」 ・真値:4.769 m ・計測値:4.761 m ・被写体距離:3.3 m ・照度:10.5~31.9 kLux ・風速:2.1~5.1 m/s
位置精	性能確認シートの有無 ※	有		
	性能値	未検証		-
	標準試験値	2-1-268 標準試験方法(2019) 実施年 2023年		「Skydio 2」 ・真値:(x, y) = (-4.568, -1.370) m ・計測値:(x, y) = (-4.565, -1.489) m ・被写体距離:4.4 m ・照度:7.10~65.9 kLux

4-4 色識別性能	標準試験値	「Skydio 2」 ・絶対誤差: $(\Delta x, \Delta y) = (0.003, 0.119)$ m 「Skydio X2」 ・絶対誤差: $(\Delta x, \Delta y) = (0.013, 0.016)$ m	・風速: 1.5~4.6 m/s  「Skydio X2」 ・真値: $(x, y) = (-4.568, -1.370)$ m ・計測値: $(x, y) = (-4.555, -1.386)$ m  ・被写体距離: 3.3 m ・照度: 10.5~31.9 kLux ・風速: 2.1~5.1 m/s
	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2023年 「Skydio 2」 ・フルカラーチャート識別可能 「Skydio X2」 ・フルカラーチャート識別可能	「Skydio 2」 ・被写体距離: 0.9 m ・照度: 10.3~67.0 kLux ・風速: 2.0~5.0 m/s  「Skydio X2」 ・被写体距離: 0.9 m ・照度: 10.6~75.4 kLux ・風速: 2.8~4.6 m/s

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ化してパノラマ合成を行う。(手動) ②撮影画像単体もしくは①でパノラマ化した合成画像を、AIひびわれ自動検出システムにかけ、ひびわれを検出する。(自動) ③検出したひびわれを目視で確認し、誤検出部(型枠筋、表面気泡等)があれば手動で削除する。(手動) ④抽出したひびわれは図化(DXF形式)やIDごとのひびわれ長さ/幅のリスト(XLS)で出力される。(自動) ⑤ひびわれ以外の変状(漏水、遊離石灰、剥離等)は、撮影画像を目視で確認し手動で抽出する。(手動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「i-Crack+ ver.1.05」(自社開発ソフト) (AIにより最小ひびわれ幅0.1mmのひびわれを自動的に検出するソフトウェア)	
	検出可能な変状	ひびわれ(幅および長さ)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	①検出原理:ひびわれをセグメンテーションして出力する検出器に、ひびわれ形状を指示してトレーニングする方法を採用した機械学習(統計的パターン認識アプローチ) ②機械学習法:多層畳み込み層およびプーリング層を有するニューラルネットワーク ③教師データ:道路橋上部工、下部工、トンネル内壁、貯蔵庫等を主としたコンクリート表面の撮影画像について、ひびわれをトレースした教師データ 約700枚 ④画像(写真)の撮影条件・仕様: 1)カメラ:デジタル一眼レフ推奨 2)解像度:0.3mm/pix(最小ひびわれ幅0.1mmとした場合) 3)ラップ率:縦/横 50%以上 4)ISO感度:1600以下 5)画質フォーマット:JPEG  ※本ソフトのAIひびわれ検出技術には「C2finder」を使用している。「C2finder」は、テクノハイウェイ株式会社の登録商標です。
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・ひびわれ幅/長さ:基準長として、処理画像の横幅を実寸で入力し、1画素(pixel)あたりの実寸をソフトに認識させる。ひびわれとして自動検出された箇所の画素(pixel)を乗じることで、ひびわれ幅/長さを算出する。
		ひび割れ以外	人が画像を確認して、変状をトレース
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひびわれの検出精度:80%以上(点検技術者による結果に対して) ・検出精度の評価方法:MAP(Mean Average Precision) 検出結果に、誤りが含まれていない割合(Recall)と、正解のうちどれだけ検出できたかの割合(Precision)の2指標から軸から、結果を集計し平均を算出したもの。既往の精度検証評価ではMAP82.4%を確認
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG形式, PNG形式
		ファイル容量	100MB以下
		カラー/白黒画像	カラー 白黒画像
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		画像の照度が足りないと、所定の検出精度をえられないことがある	
出力ファイル形式	JPEG(ひびわれ検出結果)/DXF(ひびわれ線図)/PNG(ひびわれ強調図)/XSL(ひびわれ数量表)		
調書作成支援の手順	-		
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1)被写体に対して正対して撮影 2)画像の解像度は、 最小ひびわれ幅0.2mmの損傷図を作成する場合:0.6mm/pix以下となるよう撮影(コンクリート部位) 最小ひびわれ幅0.1mmの損傷図を作成する場合:0.3mm/pix以下となるよう撮影(床版ひびわれ)		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	指定なし(汎用ソフトで対応可)		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	制限なし	-
	桁下条件	桁下高さ2.0m以上	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行経路から半径1.0m程度に障害物がないこと</li> <li>・UAVの通信を妨害する無線装置やアンテナがないこと</li> </ul>	-
	安全面への配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行中は操縦者および補助者による監視を行い、注意喚起の看板の設置</li> <li>・作業範囲に併せて逸脱防止用の安全ロープの使用</li> </ul>	-
	無線等使用における混線等対策	機体操縦系は2.4GHz帯、画像伝送には5.8GHz帯の電波を使い分け	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋面より上を飛行しない場合は、橋梁上の交通規制は必要なし</li> <li>・橋梁下の飛行エリアに道路がある場合は、現場環境に応じて交通規制の検討が必要となる</li> </ul>	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温は-5~40℃の範囲内であること</li> <li>・天候は、雨/霧/雪以外であること</li> <li>・風速5m/s以下であること</li> </ul>	本UAVは、機体の測位に魚眼カメラによるVisual SLAMを適用している。Visual SLAMは周囲の環境(天候、照度、撮影対象など)に左右されやすい特徴があるため、本UAVを使用して点検業務を行う際は、十分に現場調査および飛行テストを行うことが望ましい。

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	国交省指定の講習を受講し、かつ飛行経験10時間以上	自社指定チームでの運用を基本とする
	必要構成人員数	操作員1人, 補助員1人, 合計2名 ※現場責任者が操作員または補助員を兼ねる	現場条件がある場合は現場責任者は兼務をせず, 必要構成人員は3名とする
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	国交省指定の講習を受講し、かつ飛行経験10時間以上	自社指定チームでの運用を基本とする
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード : 9m <sup>2</sup> (3m×3m) ・離発着エリア : 9m <sup>2</sup> (3m×3m)	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 15m 全幅員 10m 部位・部材 [床版, 橋脚] 活用範囲 [1000]m <sup>2</sup> 検出項目 [ひびわれ] 【UAV撮影】 点検業務: 40万円(2人/チーム, 1日作業) 機械経費: 16万円(ドローン機体費用, 1日作業) ※移動費, 誘導員費, 諸経費等は含まない 【ひびわれ検出】 解析業務: 65万円(含, AIシステム使用料) ※点検調書(記録様式)作成は含まない	但し, 現地条件や要求仕様によって異なる
	保険の有無、保障範囲、費用	対人・対物補償保険有	-
	自動制御の有無	自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	業務受託	自社が点検業務を請け負い, 自社指定チームで運用し, 損傷図と損傷写真を納品物とする
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社サポート有	-
	センシングデバイスの点検	飛行100時間毎に定期点検を行う	-
その他	-	-	



## 7. 図面



図1 Skydio 2の外観



図2 Skydio X2の外観



図3 Skydio 2による点検状況



図4 パイロットによる操縦状況

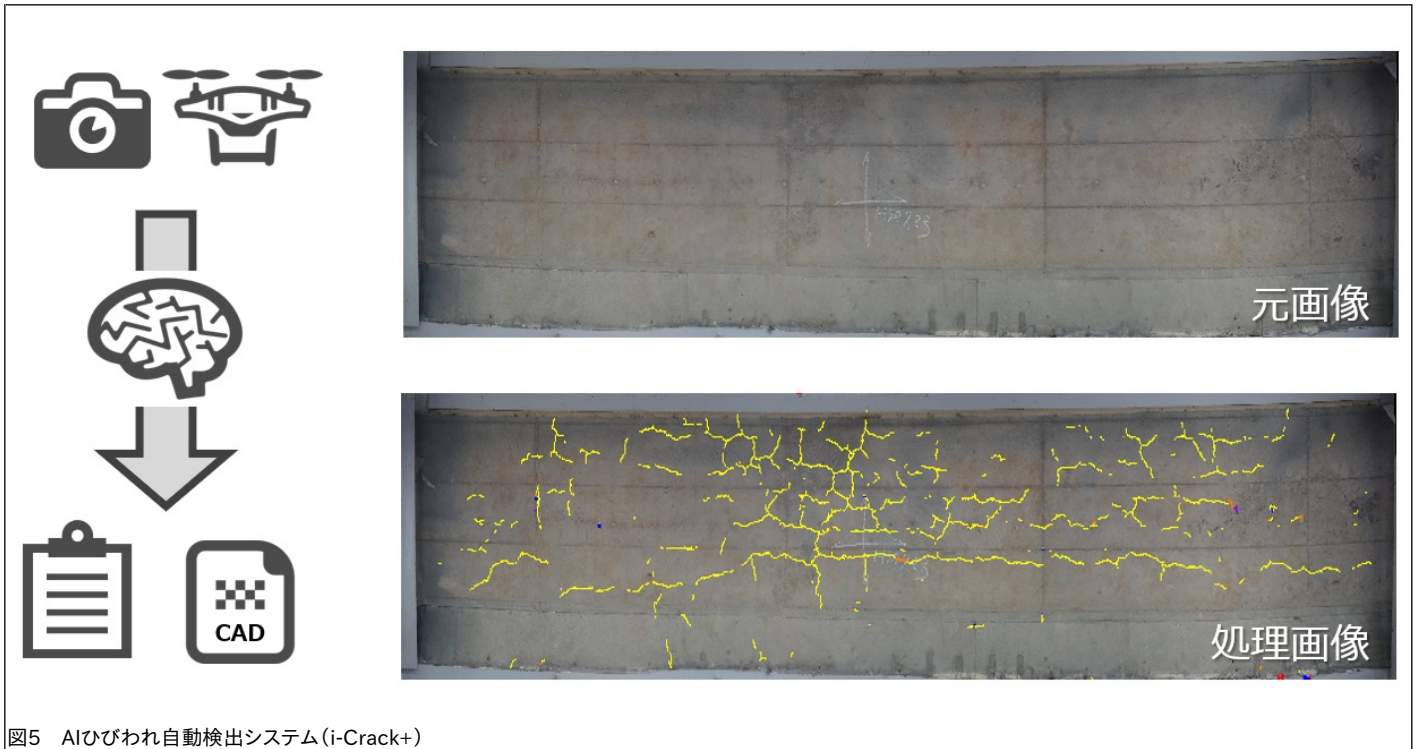


図5 AIひびわれ自動検出システム(i-Crack+)

# 1. 基本事項

技術番号	BR010030-V0324			
技術名	球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検			
技術バージョン	バージョン1	作成:	2024年3月	
開発者	(株)エイテック			
連絡先等	TEL: 06-4869-3365	E-mail: kimura-mt@kk-atec.jp	空間情報調査部 木村光晴	
現有台数・基地	1台	基地	兵庫県尼崎市	
技術概要	球体ガードと360°カメラを搭載したドローンで、橋梁狭隙部を近接飛行・撮影し、損傷状況を把握する技術。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート,その他)		
	損傷の種類	鋼	②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ	
		その他		
		共通	⑩漏水・滞水 ⑬変形・欠損	
検出原理	画像(動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン(DJIファントム4Pro)</li> <li>・球体ドローンガード(PAUI社製)</li> <li>・360°カメラ(Insta360onex)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	DJIファントム4Pro	
	移動原理	【飛行型】 ・機体は4枚羽のドローンであり、人が操縦して飛行させる。	
	運動制御機構	通信	周波数2.4Ghz無線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	球体ガードによりドローン本体は対象物と物理的に接触しない。また、球体ガードは2軸構造になっており、ドローン本体はガード接触時においても水平飛行を維持出来る。
	外形寸法・重量	球体ガード直径75cm、重量2.5kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給手法:リチウムイオンバッテリー</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	最大15分(外気温25℃の場合)		
計測装置	設置方法	ドローンに直接ナットでマウント固定	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	高さ120mm×幅20mm×厚み30mm、重さ115gの360°カメラ	
	センシングデバイス	カメラ	360°カメラ 5.7k動画
		パン・チルト機構	全球360°を一度に撮影
		角度記録・制御機構 機能	水平360°、鉛直360°
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	カメラ内臓バッテリーにより駆動	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	15分		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラに記録メディア(マイクロSD)を差し込む	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	マイクロSD記録メディア 7mm×5mm	
	データ収集・記録機能	・記録メディア マイクロSDに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・変位量:0cm	・構造物(主桁)までの距離:1m ・風速:0.5m/s ・ホバリング:15秒間、水平移動無し
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・変位量:0cm  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:175cm(-)※ 鉛直方向 最大移動量:21cm(-)※ ※機体が不安定なため、飛行を中止	・構造物(主桁)までの距離:1m ・風速:0.7m/s ・ホバリング:15秒間、水平移動無し
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(750、750、750)mm	・平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風
	標準試験値	未検証	・風速3.7m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 最大距離:40m	操縦者の目視範囲
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・撮影速度:0.50m/s	・撮影速度:0.5m/s未満 ・撮影距離:0.5m未満 ・日中、雨天以外 ・平均風速:3m/s未満の自然風 ・照度:500lx以上	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・撮影速度:0.17m/s	・風速1.3~2.7 m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2021年 ・最小ひびわれ幅:-  ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.64mm	・風速1.3~2.7 m/s ・照度7.7~65.6 klx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・相対誤差:1.76%	・真値:5.056m ・測定値:4.967m  ・風速:3.7m/s ・照度:8100~27000lx
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.065, 0.068) (m)	・真値(x, y)=(-4.456, -2.389) (m) ・測定値(x, y)=(-4.391, -2.321) (m)  ・風速:3.7m/s ・照度:8100~27000lx
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:8100~27000lx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①視点を任意に変更できる360°動画を専用のビューアソフトで再生 ②ソフト画面上で、動画を視ながら人がくまなく探索し、変状を検出する。 ③変状があった場合、ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示する。 ④電子クラックスケールと変状を比較し、変状の規模、ひびわれの幅等を判読する。 長さは、電子クラックスケールに付随した物差し部分で計測する。 ⑤抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。 (変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認できるものを抽出する。)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	360MViewer(自社開発ソフト)		
	検出可能な変状	手動で以下の変状を検出 亀裂／脱落／破断／ひびわれ／床版ひびわれ／変形・欠損／漏水・滞水		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	視点を任意に変更できる360°動画を視ながら人がくまなく探索し、ひびわれを検出する。	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示後、人が手動で判読する。	
		ひび割れ以外	視点を任意に変更できる360°動画上を人がくまなく探索し、変状を検出する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認することで、±10cmの精度で処理を行う。	
		変状の描画方法	抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	mp4	
		ファイル容量	15分10G	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		1画素当たり、0.1mm		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	DWG			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	-			

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下高1m~40mまで可能 ・桁下に操縦者が進入でき、ドローンを直接目視可能で、撮影者とドローンとの距離は40m以内。	-
	周辺条件	・飛行経路から3m程度内に樹木や架線など飛行を阻害する恐れ の障害物がないこと ・ドローンの通信を妨害する電磁波を発する無線装置やアンテナ がないこと。	-
	安全面への配慮	・自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チ ーム) ・球体ガードで接触による墜落を防止。	-
	無線等使用における混線 等対策	・使用する周波数を変動させながら飛行している。	-
	道路規制条件	橋面より上空を飛行しない場合は、道路面の規制は特に必要な い。	-
	その他	・日中に撮影する必要がある。 ・平均風速3m/s未満の自然風	-

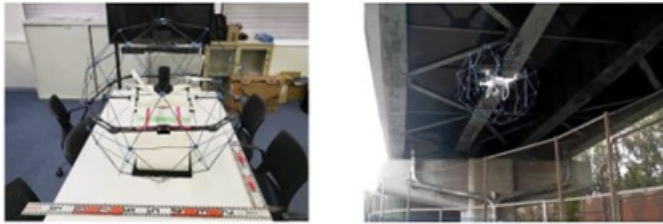
6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)	-
	必要構成人員数	操縦者1名、補助者2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操縦離発着半径3m以上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋] 橋長 200m 全幅員 12m 部位・部材[上部工] 活用範囲 [3000]m <sup>2</sup> 検出項目 [亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水] <費用> 合計 1,400,000円(経費含む)	橋梁毎に、点検撮影仕様、点検撮影部位に基づき個別に費用見積もりします。
	保険の有無、保障範囲、費用	有。自社業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。 対人賠償1億円、対物賠償5億円	-
	自動制御の有無	なし	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合発生時は、自社にて対応する	-
	センシングデバイスの点検	自社で定期的を実施	-
その他	-	-	

7. 図面

説明図面及び写真

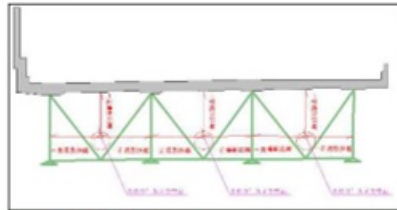
<ドローン機体>



機体諸元

サイズ	750mm球体	重量	2.5kg	耐風性能	5m/s	飛行時間	15分
360°カメラ	Insta360onex	対象物までの最大接近距離	0.50m				
球体ガード	PAUJ社製 2軸構造で外側ガードの衝突影響を本体はほぼ受けない。						

<ドローン飛行イメージ図>

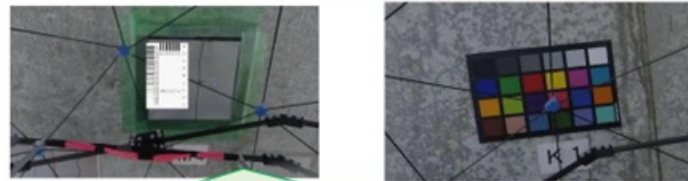


球体ガードの2軸構造により、構造物接触においても、本体は水平飛行を維持

<360° 画像イメージ図>



360° カメラ動画撮影により、撮影後に任意の方向の確認が可能



専用ビューアで、電子クラックスケールを表示し、損傷規模を確認

サンプル動画: <https://www.youtube.com/watch?v=FjxJR2S2Q8&feature=youtu.be>

1. 基本事項

技術番号	BR010031-V0324			
技術名	無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術			
技術バージョン	1.0	作成:	2024年3月	
開発者	夢想科学株式会社 国立大学法人 長崎大学 株式会社 DO IT			
連絡先等	TEL: 097-574-5428	E-mail: izumi@anaheim-laboratory.com	泉 保則	
現有台数・基地	3台	基地	大分市花津留2丁目19-8	
技術概要	水面から検査対象であるコンクリート床版や桁下面までの高さが4~7m程度の河川橋での床版点検を行う水上型ドローン(KENBOT-ASV1号機)を開発。床版や桁下面を水上型ドローンにて下から撮影を行い、撮影された画像はひびわれ自動抽出ソフトを利用して外観目視点検を行う。溝橋点検用にKENBOT-ASV2号機、3号機を開発。大きさに応じて使い分けている。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ	
		その他		
		共通	⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水	
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>無線操作の水上型ドローン(KENBOT-ASV1号機)は、従来の技術(BR01016-V0120)の橋梁点検用ドローン3号機に搭載しているカメラジンバルユニットを搭載。河川橋の下の水より床版や桁下面の撮影を行う。</p> 	
移動装置	機体名称	KENBOT_ASV(1号機~3号機)	
	移動原理	<p>【水上型ドローン】</p> <p>①KENBOT-ASV1号機、3号機                  双胴船構造の小型無人ボートに6つのスラスト(スクリュー)を配置し、うち4つのメインスラストはひし形方向に配置にすることで全方位への推力を発揮し全方位への移動を可能としている。あとの2つの補助スラストは通常の船舶と同様に後方に平行に配置して、速度が必要な場合の前後移動時に使用する。</p> <p>②KENBOT-ASV2号機                  水深が浅く、狭い水路などでは体上に4基のプロペラを有しており、その水力で移動を行う。無線電波が届かないような環境においては、LiDARを用いた自動航行を行える。</p>	
	運動制御機構	通信	周波数:2.4Hz帯, 出力:100mW
		測位	<p>&lt;KENBOT-ASV1号機、3号機&gt; GPS+GNSS</p> <p>&lt;KENBOT-ASV2号機&gt; LiDAR</p>
		自律機能	<p>&lt;KENBOT-ASV1号機、3号機&gt; 自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS。</p> <p>&lt;KENBOT-ASV2号機&gt; LiDARによる自動航行が可能</p>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<p>&lt;KENBOT-ASV1号機&gt; サイズ:1400×1100×750mm 重量:35kg</p> <p>&lt;KENBOT-ASV2号機&gt; サイズ:850×550×250mm 重量:11kg</p> <p>&lt;KENBOT-ASV3号機&gt; サイズ:1400×1100×500mm 重量:28kg</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:リチウムポリマーバッテリー</li> <li>・定格容量:22.2V、1700mA×2~4本</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・3~4時間(気温15度の場合)		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・水上ドローン荷台部にカメラジンバルを設置する。</li> </ul>	

計測装置	設置方法			
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サイズ:450×450×450mm</li> <li>・重量:3.2kg</li> </ul>		
	センシングデバイス	カメラ	<p>&lt;KENBOT-ASV1号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーサイズ(縦16.7mm×横23.4mm)</li> <li>・ピクセル数(縦4000Pixel×横6000Pixel)</li> <li>・焦点距離(16~50mm@APS-C)</li> <li>・ダイナミックレンジ(Dレンジオプティマイザー(オート/レベル設定 &lt;Lv1-5&gt;))、</li> <li>・オートHDR(露出差オート/露出差レベル設定 &lt;1.0-6.0EVの間で1.0EVごと6段階&gt;))</li> <li>・測光補助用LED(30W*2)搭載</li> <li>・外部フラッシュ搭載</li> </ul>	
			<p>&lt;KENBOT-ASV2号機&gt;</p> <p>GOPRO11(水上、水中動画撮影)、GOPRO MAX(水上360度動画)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・5.2K 30fps</li> <li>・LED:水上280W。水中140W</li> </ul>	
		パン・チルト機構	<p>&lt;KENBOT-ASV3号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チルト:水平0°~上90°</li> <li>・パン:±180°</li> </ul>	
		角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ジンバルにてパン、チルト、ロールのスタビライズ制御</li> <li>・手動操作でパン、チルト操作可能</li> </ul>	
		測位機構	<p>&lt;KENBOT-ASV1号機、2号機、3号機&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影座標がEXIFに記録されるが非GPS環境下での使用前提なので使用しない。</li> <li>・撮影後の画像解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。</li> </ul>	
	耐久性	<p>防塵等級:IP00</p> <p>防水等級:IP00</p> <p>(テスト未実施)</p>		
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより各ユニットへ供給</li> </ul>		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ、フラッシュ、LEDはドローンのバッテリーより給電されるため、バッテリー交換の必要はなし。</li> <li>ただし、水上ドローンのバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。</li> </ul>		
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体構造		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	一体構造のため、計測装置寸法に含まれる		
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記録メディア(SDカード)に保存</li> </ul>		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	-		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	<KENBOT-ASV1号機> ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ( ー、ー、2000)mm  <KENBOT-ASV2号機> ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ( ー、1000、450)mm  <KENBOT-ASV3号機> ・最小所要空間寸法:縦、横、高さ( ー、ー、700)mm	<KENBOT-ASV1号機> ・桁下高5~7m ・流速0.1m/s以下  <KENBOT-ASV2号機> ・桁下高0.45~1.5m ・流速0.1m/s以下  <KENBOT-ASV3号機> ・桁下高1.5~10m ・流速0.1m/s以下
	標準試験値	標準試験方法 水上部(2024) 実施年 2023年 W2.0m×H1.2m ×L1.2m	水深0.3m
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	<KENBOT-ASV1号機、3号機> ・最大距離:500m  <KENBOT-ASV2号機> ・最大距離:3000m(自動航行)	<KENBOT-ASV1号機、3号機> ・500m(マニュアル操作範囲) ・流速流速0.1m/s以下 ・機器を操作するには水深40cm以上が必要  <KENBOT-ASV2号機> ・500m(マニュアル操作範囲) ・流速流速0.2m/s以下 ・機器を操作するには水深5cm以上が必要
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	0.004m2/sec		撮影面積: 0.96m2 撮影時間: 275秒
4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2019年 <機種2号機、3号機:①日照部> 最小ひびわれ幅 0.2mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm  <機種2号機、3号機:②日陰部> 最小ひびわれ幅 0.2mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.05mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.00mm  <機種2号機、3号機:③暗室> 最小ひびわれ幅 0.3mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.64mm  実施年 2023年 <GOPRO9> 最小ひびわれ幅 0.2mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.00mm ・ひびわれ幅1.0mm 計測精度:0.29mm		<機種2号機、3号機> ・撮影速度:0m/s (停止して撮影) ・被写体との距離:3~3.5m ※撮影距離の振れを考慮したマージンを含んだ距離 ・風速:5m/s以下 ・照度:500lx以上  <機種2号機、3号機:①日照部> ・照度:93000lxの時  <機種2号機、3号機:②日陰部> ・照度:1000lxの時  <機種2号機、3号機:③暗室> ・照度:0lxの時  <GOPRO9> 被写体距離: 0.3~0.8m 流速: 0~0.5m/s
計測装置	性能確認シートの有無 ※		有	
	性能値	未検証		-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <KENBOT-ASV1号機> ・相対誤差:0.02%  実施年 2023年 <KENBOT-ASV2号機> ・相対誤差:1.2%		<KENBOT-ASV1号機> ・真値:10.238m ・測定値:10.460m ・照度:5800lxの時 ・風速:0m/s  <KENBOT-ASV2号機> ・真値:0.517m ・測定値:0.523m ・被写体距離: 0.5~1.0m ・流速: 0~0.5m/s

4-3 オルソ画像精度	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <KENBOT-ASV1号機> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.010, 0.021) (m)  実施年 2023年 <KENBOT-ASV2号機> ・絶対誤差(Δx, Δy)=(-0.005, -0.003) (m)	<KENBOT-ASV1号機> ・真値(x, y)=(-1.843, 10.274) (m) ・測定値(x, y)=(-1.853, 10.295) (m) ・照度: 5800lxの時 ・風速: 0m/s  <KENBOT-ASV2号機> ・真値(x, y)=(-0.376, -0.355) (m) ・測定値(x, y)=(-0.381, -0.358) (m) ・被写体距離: 0.5~1.0m ・流速: 0~0.5m/s
4-4 色識別性能		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 <KENBOT-ASV1号機> ・フルカラーチャート識別可能  実施年 2023年 <KENBOT-ASV2号機> ・フルカラーチャート識別可能	<KENBOT-ASV1号機> ・照度: 93000, 1000, 0lxの時

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p><b>変状検出手順</b></p>		<p>1) ひびわれ自動抽出ソフトを使用したAI解析                  ①撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。                  ②ひびわれの自動抽出機能により、ひびわれを抽出する。                  ③抽出したひびわれを目視で確認し、筋状の汚れ等ひびわれ以外の抽出結果を手動で削除する。                  ④ひびわれ幅、長さが自動抽出される。                  ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にてソフト画面を確認しながら手動で抽出して描画する。                  ⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p> <p>2) Photoscan (SfMソフト)を使用した手動解析                  ①撮影した画像を1部材ごとに振り分け、それらの画像をPhotoscanに取り込む。                  ②3Dモデル合成後に点検対象部材の面ごとのオルソ画像を出力し、CADに縮尺を合わせて貼り付け損傷を目測で抽出しトレースする。                  ③損傷ごとに番号を振り、長さをCAD上で計測して追記する。                  ④幅を計測する際は、元画像とクラックスケールの縮尺を合わせて合成して目測で幅を計測し、③の損傷概要に追記する。                  ⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出してトレースする。                  ※SfM参考文献: <a href="https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf">https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</a></p>			
<p><b>ソフトウェア情報</b></p>		<p><b>ソフトウェア名</b></p>		<p>1) 画像合成(3Dモデル、オルソ画像): AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト)                  2) AI解析: 富士フィルム社製「ひびみつけ ver.4.0」(市販ソフト)</p>	
		<p><b>検出可能な変状</b></p>		<p>ひびわれ (変形、欠損、漏水、遊離石灰、鉄筋露出)</p>	
		<p><b>損傷検出の原理・アルゴリズム</b></p>		<p>ひび割れ</p>	<p>手動によるひびわれ抽出                  ・60%以上のラップ率で撮影された画像より、各部材の面ごとに高密度オルソ画像を生成し、それをCAD上に添付して技術者が人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画を行う。</p>
		<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>		<p>Photoscanを用いた手動計測                  ・幅: 画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測                  ・長さ: 起点/終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測</p>	
		<p>ひび割れ以外</p>		<p>・人が画像を確認して、変状を手作業でトレース</p>	
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>		<p>1) 作業員から手の届く範囲にひびわれがある場合                  損傷個所にクラックスケールを当ててカメラで記録し、自動抽出された損傷と比較して判断。</p> <p>2) 作業員から手の届く範囲にひびわれがない場合                  コンパネ目地の寸法(縦/横)を現場で計測しておき、CADに張り付けたオルソ画像から同じ個所を計測して狂いが生じてないかを確認。</p>	
		<p>変状の描画方法</p>		<p>ひびわれもしくはそれ以外の変状は、CAD上で技術者の判断で、画像の上に変状と考えられる範囲を人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画する(図化する)</p>	
		<p><b>取り扱い可能な画像データ</b></p>		<p>ファイル形式</p>	<p>JPEG</p>
		<p>ファイル容量</p>		<p>最大6000×4000ピクセル</p>	
		<p>カラー／白黒画像</p>		<p>カラー</p>	
<p>画素分解能</p>		<p>・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要</p>			
<p>その他留意事項</p>		<p>・ひびわれにチョークが重なっている場合や濡れているは検出が困難                  ・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可</p>			
<p><b>出力ファイル形式</b></p>		<p>【汎用ファイル形式の場合】                  画像: JPEG、オルソ画像: TIFF、CAD: DXF、メタデータ: CSV                  【専用ファイル形式の場合】                  3Dモデル: PSX(Photoscan)、OBJ、メタデータ: CSV(カメラ座標)</p>			
<p><b>調書作成支援の手順</b></p>		<p>-</p>			
<p><b>調書作成支援の適用条件</b></p>		<p>-</p>			
<p><b>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</b></p>		<p>-</p>			

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	橋脚幅は制限なし。	-
	桁下条件	<KENBOT-ASV1号機、3号機> 水面から床版までの高さは1.5m~10m以内であること。	-
		<KENBOT-ASV2号機> 水面から床版までの高さは1.5m以内であること。	-
	周辺条件	・操作するものが直接水上ドローンを目視できる位置に配置できること。 ・水上ドローンやゴムボートを水面に降ろせるスロープや階段が必要。	-
	安全面への配慮	座礁などの制御不能になる恐れがある場合は、ロープで係留する。 河川敷からの操作で死角が生じる場合には、ゴムボート上から操作を行う場合がある。	-
	無線等使用における混線等対策	使用する周波数を変動させながら使用している。	-
	道路規制条件	-	-
その他	・雨天、6m/s以上の強風、結露発生時は使用不可。 ・水の流速0.2m/s以下	-	

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	流れのある河川の中で定点保持が可能であること。	夢想科学の認定する操縦レベルに達している事
	必要構成人員数	2名(ゴムボート使用時は3名)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲:15m <sup>2</sup> ・操作場所:水上型ドローンが見通せる河川敷上、もしくはゴムボート上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種:コンクリート橋 橋長 58m 全幅員 16.7m 部位・部材[桁、床版、橋脚、橋台] 活用範囲[1200]m <sup>2</sup> 検出項目[ひびわれ] <費用> 合計69万円(経費含む)	※業務範囲:点検撮影~成果品(3Dモデル、オルソ画像、損傷図) 作成まで(調書作成は含まず) ※橋梁点検用ドローン4号機による橋脚、橋台など床版以外の部位点検を含む。
	保険の有無、保障範囲、費用	事業活動包括保険に加入。 対人、対物5億円	-
	自動制御の有無	GPS環境下での自動航行、定点保持が可能	-
	利用形態:リース等の入手性	夢想科学にて業務請負にて対応	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	修理、メンテナンスは夢想科学で実施	-
	センシングデバイスの点検	送信機アプリにてコンパス異常検知の場合はコンパスキャリブレーションを行う必要あり。	-
その他	-	-	

## 7. 図面

KENBOT-ASV1号機

KENBOT2全景



バッテリー格納



水上ドローン操作の送信機



ゴムボート使用時の持ち込み機材



準備作業風景



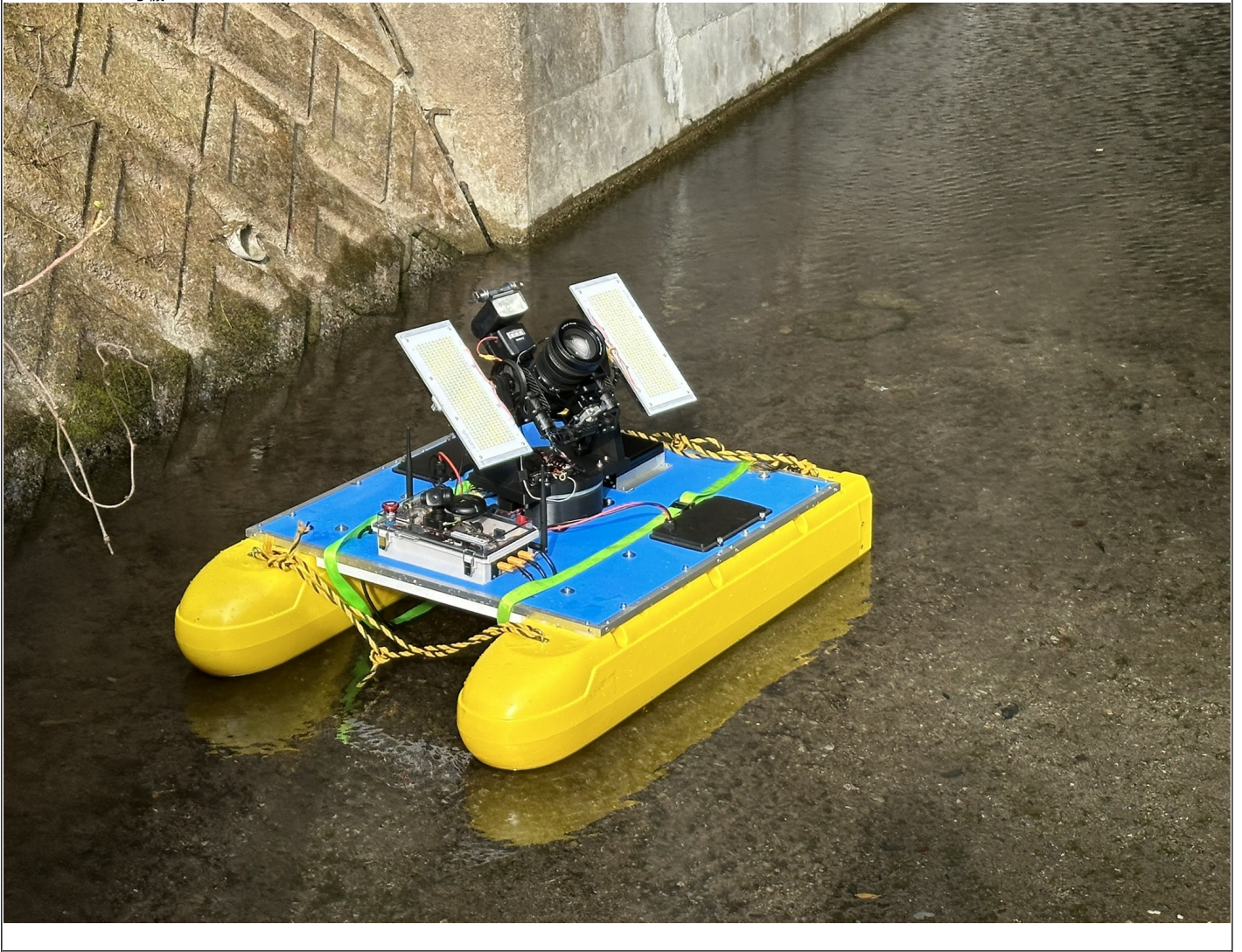
作業スペース13m2程度必要

KENBOT-ASV2号機





KENBOT-ASV3号機



## 1. 基本事項

技術番号	BR010032-V0324			
技術名	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検			
技術バージョン	バージョン1	作成:	2024年3月	
開発者	(株)エイテック			
連絡先等	TEL: 06-4869-3365	E-mail: kimura-mt@kk-atec.jp	空間情報調査部 木村光晴	
現有台数・基地	1台	基地	兵庫県尼崎市	
技術概要	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンにより、溝橋の中を滑走し、損傷状況を把握する技術。障害物は浮遊し避けることが可能、またヘドロ状の水面でも滑走することが可能である。			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	溝橋(ボックスカルバート)(頂版・側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち	
		その他		
		共通	⑳漏水・滞水 ㉑変形・欠損	
検出原理	画像(動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン(DJIファントム4Pro)</li> <li>・360°カメラ(Insta360onex)</li> <li>・水面フロータ部位</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>【水面滑走、飛行型】</li> <li>・機体は4枚羽のドローンであり、人が操縦して飛行させる。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	周波数2.4Ghz無線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	プロペラガード(水平)
	外形寸法・重量	縦横50cm、高さ30cm、2.2kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	専用の360°カメラ、照明器具を搭載後は不可。	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給手法:リチウムイオンバッテリー</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	最大15分(外気温25℃の場合)		
計測装置	設置方法	ドローンに直接ナットでマウント固定	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	高さ120mm×幅20mm×厚み30mm、重さ115gの360°カメラ	
	センシングデバイス	カメラ	360°カメラ 5.7k動画
		パン・チルト機構	全球360°を一度に撮影
		角度記録・制御機構 機能	水平360°、鉛直360°
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	カメラ内臓バッテリーにより駆動	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	15分		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラに記録メディア(マイクロSD)を差し込む	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	マイクロSD記録メディア 7mm×5mm	
	データ収集・記録機能	記録メディア マイクロSDに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(600、700、300)mm	・縦600mm、横700mm、高さ300mm ・流速 0.500m/s ・機器を操作するには水深15cm以上が必要
	標準試験値	標準試験方法 溝橋(2022) 実施年 2021年 ・最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(-、2700、1500)mm	・幅2.77m、高さ1.5mへの進入を確認 ・流速 0.234m/s ・水位 50cm
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:40.0m	・40.0m ・流速 0.500m/s ・機器を操作するには水深15cm以上が必要
	標準試験値	【飛行型型】 ・最大距離:24.2m	・24.2m ・流速 0.234m/s ・水位 50cm
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・撮影速度:0.50m/s	・撮影速度:0.5m/s未満 ・撮影距離:0.5m未満 ・日中、雨天以外 ・平均風速:3m/s(最大風速5m/s)の自然風 ・照度:500lx以上	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・撮影速度:0.17m/s	・風速1.3~2.7 m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・最小ひびわれ幅:0.1mm ・計測精度:未検証	・撮影速度0.5m/s未満、撮影距離0.5m未満、日中、雨天以外 ・平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風 ・照度500lx以上	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2021年 ・最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.03mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.12mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.14mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.64mm	・風速1.3~2.7 m/s ・照度7.7~65.6 klx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・相対誤差:1.76%	・真値:5.056m ・測定値:4.967m ・風速:3.7m/s ・照度:8100~27000lx
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.100, 0.100) (m)	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.065, 0.068) (m)	・真値(x, y)=(-4.456, -2.389) (m) ・測定値(x, y)=(-4.391, -2.321) (m) ・風速:3.7m/s ・照度:8100~27000lx
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:8100~27000lx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①視点を任意に変更できる360°動画を専用のビューアソフトで再生 ②ソフト画面上で、動画を視ながら人がくまなく探索し、変状を検出する。 ③変状があった場合、ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示する。 ④電子クラックスケールと変状を比較し、変状の規模、ひびわれの幅等を判読する。 長さは、電子クラックスケールに付随した物差し部分で計測する。 ⑤抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。 (変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認できるものを抽出する。)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	360MViewer(自社開発ソフト)		
	検出可能な変状	手動で以下の変状を検出 亀裂／脱落／破断／ひびわれ／床版ひびわれ／変形・欠損／漏水・滞水		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	視点を任意に変更できる360°動画を視ながら人がくまなく探索し、ひびわれを検出する。	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	ソフト画面を固定し、大きさが判断できる対象物を参考に、電子クラックスケールを表示後、人が手動で判読する。	
		ひび割れ以外	視点を任意に変更できる360°動画を人がくまなく探索し、変状を検出する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	変状は、橋梁に関する知識及び技能を有する者が目視で確認することで、±10cmの精度で処理を行う。	
		変状の描画方法	抽出した変状は損傷図として手動でCAD図へ転記する。	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	mp4	
		ファイル容量	15分10G	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		1画素当たり、0.1mm		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	DWG			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	-			

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	溝橋において、人が調査し難い空間から高さ30cmの空間まで進入可能	-
	周辺条件	ドローンの通信を妨害する電磁波を発する無線装置やアンテナがないこと	-
	安全面への配慮	・自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)	-
	無線等使用における混線等対策	使用する周波数を変動させながら使用している	-
	道路規制条件	道路面の規制は特に必要ない。	-
	その他	・日中に撮影する必要がある。 ・平均風速3m/s(最大風速5m/s)の自然風	-

6. 留意事項(その2)

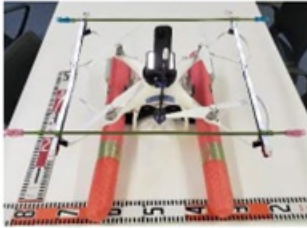
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	自社指定チームにて運用(5年以上のドローン飛行経験者チーム)	-
	必要構成人員数	操縦者1名、補助者2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社指定チームにて運用	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:操縦離発着半径1m以上	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [溝橋] 橋長 30m 幅員 3m 部位・部材[下部工・上部工] 活用範囲 [90]m <sup>2</sup> 検出項目 [腐食/亀裂/脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水] <費用> 合計 500,000円(経費含む)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	有。自社業務中の事故によって第三者に与えた賠償責任。対人賠償1億円、対物賠償5億円	-
	自動制御の有無	自律制御無し	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合発生時は、自社にて対応する	-
	センシングデバイスの点検	自社で定期的を実施	-
その他	-	-	



7. 図面

説明図面及び写真

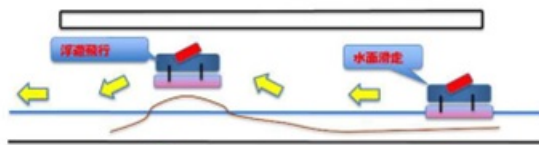
<ドローン機体>



機体諸元

サイズ	500mm×H300mm	重量	2.2kg	耐風性能	5m/s	飛行時間	15分
360°カメラ	Insta360onex	対象物までの最大接近距離	0.50m				

<ドローン飛行・滑走イメージ図>



みぞ橋狭小空間を滑走又は飛行し、360° 動画撮影を行います。

<360° 画像と撮影イメージ>



360° カメラ動画撮影により、撮影後に任意の方向の確認が可能。

1. 基本事項

技術番号	BR010033-V0324			
技術名	CRシステム(クラック記録システム)			
技術バージョン	Ver.1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社エスジーズ 株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン			
連絡先等	TEL: 0859-32-3308	E-mail: honsya@sgs45.co.jp	インフラチーム 沢村一朗	
現有台数・基地	2台	基地	鳥取県米子市東山町8-1	
技術概要	<p>当システムは、コンクリート構造物の表面を電動首振り雲台により自動撮影した画像から、ひびわれ・漏水・断面欠損等可視的に確認可能な損傷を記録するシステムである。</p> <p>取得画像はあおり補正画像に変換したうえで、特徴点抽出により画像合成を行う。ブロック分けした画像をマニュアルトレースすることにより、各損傷を記録する。記録した損傷はエクセルの数量表、DWG形式のCADデータとして出力可能である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰	
		その他	⑰その他	
共通				
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		当システムは、デジタルカメラ、自動首振り雲台、三脚、ポータブル電源及びコントロールユニットで構成されている。	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力】撮影位置までの移動は撮影機材を人力で運搬。	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	①撮影対象物までの距離・高さを計測し、撮影角度の許容範囲内に収まる事を確認する。 ②三脚を据えて雲台を設置。QCamコントロールユニットと雲台を接続し初期動作確認。デジタルカメラを水平かつ撮影対象物に垂直となるよう取り付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・デジタルカメラ(自動首振り雲台、三脚及び300mm望遠レンズ使用) 100cm×100cm×150cm カメラ1.0kg、レンズ0.8kg、雲台1.0kg、三脚5.1kg ・ポータブル電源 23cm×15.3cm×16.7cm 4.1kg ・QCamコントロールユニット 32cm×28cm×11cm 1.0kg ・作業スペース 2m×2m×2m程度	
	センシングデバイス	カメラ	・機種 Nikon D850 ・撮像範囲 FX(36mm×24mm) ・画像サイズ 4,544万ピクセル(=8,256×5,504) ・レンズ AF-S Nikkor 28-300mm f/3.5-5.6G ED VR 焦点距離300mm 絞りf/16以上 ISO3200 シャッター速度1/30秒
		パン・チルト機構	・水平 左45°~右45° ・垂直 上45°~下30°
		角度記録・制御機構 機能	QCamコントロールユニットとスマートフォンをWifi接続し、スマートフォンから計測諸元(距離、焦点距離、撮影角度、重複割合)を入力。撮影角度等はユニット内部のUSBに記録され、画像あり補正のデータとして使用する。
	測位機構	カメラから撮影対象物までの水平かつ垂直距離を人力で計測。その他カメラ高さ、撮影対象物の幅、高さを撮影前に人力で計測する。また計測値から撮影角度を計算する。	
	耐久性	IPコードなし	
動力	・デジタルカメラは専用バッテリー(リチウム充電電池 EN-EL15a)使用 ・雲台およびQCamコントロールユニットはバッテリー等の仮設電源が必要(弊社システムではポータブル電源より供給12VDC、8~10A電源ケーブル接続)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	デジタルカメラバッテリーはポータブル電源から充電する事により終日使用可能		
データ収集・通信装置	設置方法	デジタルカメラ内部の記憶媒体(XQDまたはSD)に保存	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・画像データ : XQDまたはSD ・撮影距離、角度データ : USB(QCamコントロールユニット内部に接続)	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	デジタルカメラは専用バッテリー(リチウム充電電池 EN-EL15a)使用	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:- ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.17mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.23mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.18mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.19mm	・Nikon D850(35.9mm, 8,256ピクセル)で距離10m、焦点距離0.3mの時、1mあたりのピクセル数= $(8,256 \times 0.3) / (10 \times 0.0359) \approx 6,899$ ピクセル。 0.2mmのひびわれは $6,899 \times 0.2 / 1,000 = 1.38$ ピクセルとなり撮影可能となる。	
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2021年 最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.23mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.20mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.28mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.45mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.14mm	・Nikon D850(35.9mm, 8,256ピクセル)で距離10m、焦点距離0.3mの時、1mあたりのピクセル数= $(8,256 \times 0.3) / (10 \times 0.0359) \approx 6,899$ ピクセル。 0.2mmのひびわれは $6,899 \times 0.2 / 1,000 = 1.38$ ピクセルとなり撮影可能となる。		
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・相対誤差:0.18%	・計測構造物に金定規を張り付け、画像上のピクセル数と計算上のピクセル数との比率をもとに画像を補正する。
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・相対誤差:0.25%	・真値:5.168m ・測定値:5.181m  計測構造物に金定規を張り付け、画像上のピクセル数と計算上のピクセル数との比率をもとに画像を補正する。
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・絶対誤差( $\Delta x, \Delta y$ )=(0.023, 0.015) (m)	・真値(x, y)=(-4.562, -2.428) (m) ・測定値(x, y)=(-4.585, -2.413) (m) ・被写体距離:10m		
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:83~43.7klx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像の歪を補正しあおり補正画像に変換したうえで、型枠跡やひびわれ等の特徴点抽出により画像合成する。(自動) ②画像上でひびわれ等損傷をマニュアルトレースする。(手動) ③ひびわれ幅はトレース後に線種を変更する事により特定される。(手動) ④ひびわれ長さや遊離石灰等面積は自動計算のうえ表示される。(自動) ⑤ひびわれ長さ等損傷データはエクセルの数量表として自動作成される。(自動) ⑥ひびわれ等損傷図はDWGデータとして自動作成される。(自動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	①自動連続撮影システムQCam(自社開発) デジタルカメラ、自動首振り雲台をコントロールユニットで操作し、対象物の画像を自動撮影。動力はポータブル電源による。撮影指示はWiFi接続したスマートフォン又はタブレット端末から送信。 ②画像合成システムImageCombine(自社開発) 自社開発したソフトにより取得画像の歪を補正し、あおり補正画像に変換したうえで画像を合成する。 ③損傷図作成支援システムDTrace(自社開発) 自社開発したソフトによりブロック分けした画像をマニュアルトレースし各損傷を記録。エクセルの数量表、DWG形式のCADデータとして出力する事が可能。 ※③はMicrosoft Windows10のもとMicrosoft Office Excel 2019(数量表作成)、Microsoft Visio 2019(作図、DWG作成)を併用します。	
	検出可能な変状	①ひびわれ(形状、長さ、幅) ②遊離石灰/剥離・鉄筋露出/その他(砂筋、汚れ)(変状範囲、面積)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	画像上でひびわれをマニュアルトレースする
		ひび割れ幅および長さの計測方法	撮影対象物に金定規を張り付け、同一長さにおける画像上のピクセル数と計算上のピクセル数との比率をもとに画像を補正したうえでソフト画面上で計測する。 ①幅 画像上で線幅を選択し決定する ②長さ マニュアルトレースした距離をソフトにより自動計測
		ひび割れ以外	画像上で変状範囲をマニュアルトレースする。トレースした範囲(面積)は計測ソフトにより自動計測される。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-
		変状の描画方法	①ひびわれ 曲線(幅によって色変更可能) ②ひびわれ以外 範囲をハッチング(変状毎に色変更可能)
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG FINE
ファイル容量		-	
カラー/白黒画像		カラー	
画素分解能		0.2mmのひびわれを検出するため画像上で1ピクセル/0.2mm以上必要。ただし計測可能なひびわれ幅の最小値は画素分解能の性能に関わらず0.1mmである。	
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は識別が困難。 ・コケ、カビ等計測対象物の汚損が著しい場合、ひびわれが識別不可。 ・計測対象物に直射日光が当たっている画像はひびわれの識別が困難。	
出力ファイル形式	全体画像 JPEG、損傷図 DWG、損傷数量表 xlsx		
調書作成支援の手順	-		
調書作成支援の適用条件	-		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	-		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下高2.0m以上	三脚を最も低くした状態で雲台・カメラを設置した時の高さが1.5mとなるため。
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	撮影終了するまでシステムを停止出来ないため車輛等往来の無い場所にカメラを設置する。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・降雨、降雪時、強風時(風速7.5m/s以上)、冬季等計測機器に結露の恐れがある場合の撮影不可。</li> <li>・直射日光が強く当たる面ではオートフォーカスが正常に機能しない事がある。</li> <li>・上記を避けるため撮影対象物の日当たり等を事前に確認し撮影時間を選定する必要がある。</li> </ul>	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	貸出にあたり操作方法等の指導を受けた技術者	-
	必要構成人員数	2人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	作業スペース 2m×2m×2m程度	三脚を最も低くした状態で雲台・カメラを設置した時の高さが1.5mとなる。
	点検費用	機器貸出料 200千円/式(1式あたり 下部工2基、または道路橋橋脚1基、200㎡見当)	左記費用に指導料、交通費、その他諸経費は含まれません。
	保険の有無、保障範囲、費用	動産総合保険加入済	-
	自動制御の有無	オートフォーカス、自動露出補正、自動シャッター、カメラの撮影角度及び方向変更	-
	利用形態:リース等の入手性	有り	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り	-
	センシングデバイスの点検	作業前点検(シャッター速度等デジタルカメラ設定、雲台の初期動作、デジタルカメラの姿勢(水平、方向)、Wifi接続状況)	-
	その他	-	-



7. 図面

【撮影状況】



【撮影機器及び本技術の作業プロセス】



ファイル名	損傷番号	連結番号	損傷	ひび長さ (mm)	ひび幅 (mm)
B-06	1	1	ひび	157.81	0.25
C-04	5	3	ひび	154.94	1.00
D-05	2	1	ひび	143.26	0.35
E-06	3	1	ひび	153.94	0.35
F-03	2	3	ひび	174.73	0.35
G-05	4	1	ひび	196.43	0.50
I-04	1	3	ひび	154.26	0.20

損傷一覧表 (Excel)



損傷図 (DWG)

【精度確認試験実施状況】

【ひびわれ幅精度確認結果】

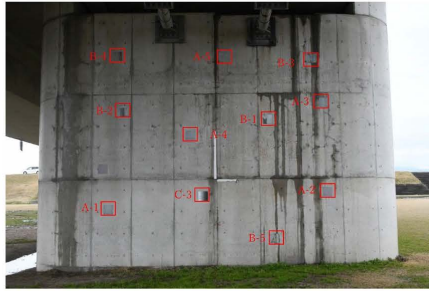


図1 撮影対象物および疑似ひびわれシート設置

表1 ひびわれ幅真値との差分 (mm)

シート名	作業者	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
A-1	Aさん	0.2	0.2	-0.2	0.1	0.05	-0.15	0.1	0.25	-0.1	0.05
	Bさん	0.1	0.3	-0.25	0.2	0.05	-0.15	0.4	0.25	-0.1	0.15
	Cさん	-0.3	-0.3	-0.15	-0.1	-0.25	-0.35	-0.4	-0.45	-0.2	-0.25
A-2	Aさん	-0.2	-0.25	-0.15	0.15	0	0.05	0	0	-0.1	0.1
	Bさん	-0.1	-0.05	0.05	0.15	0.1	0.15	0.2	0.1	0	0.2
	Cさん	-0.2	-0.05	-0.25	-0.25	-0.1	-0.35	-0.3	-0.1	-0.2	-0.3
A-3	Aさん	-0.15	-0.05	-0.05	0.2	0.15	0.15	-0.05	-0.05	0.05	0.2
	Bさん	0.25	0.05	0.05	0.1	0.15	0.15	-0.05	0.05	0.2	0.1
	Cさん	-0.05	-0.15	-0.15	-0.1	-0.25	-0.15	-0.05	-0.15	-0.4	-0.1
A-4	Aさん	0	0.1	0.1	0.05	0	-0.2	0	0	0	0
	Bさん	0.1	0.2	0.2	0.05	0.1	0	0.1	0.1	0	0
	Cさん	-0.1	-0.2	-0.2	-0.15	-0.3	-0.2	-0.3	-0.1	-0.3	0.2
A-5	Aさん	0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.05	-0.05	-0.1	-0.1	-0.05	0.2
	Bさん	-0.3	-0.4	-0.2	-0.4	-0.25	-0.35	-0.35	-0.4	-0.05	0.1
	Cさん	-0.1	-0.3	-0.25	-0.2	-0.05	-0.15	-0.1	-0.1	-0.15	-0.3
B-1	Aさん	-0.05	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.15	-0.15	-0.1	0.1
	Bさん	0.15	0.1	0.1	0	0.2	0.1	0.15	-0.05	0	0.1
	Cさん	-0.15	-0.1	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.05	-0.15	-0.1	-0.1
B-2	Aさん	-0.3	0	0.3	-0.3	0.1	-0.15	-0.1	-0.1	-0.05	0
	Bさん	-0.3	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	0.15	-0.4	0	0.05	0.2
	Cさん	0.3	0.1	0	0.3	-0.2	-0.25	-0.1	0	-0.05	0
B-3	Aさん	0	0	-0.1	-0.4	-0.2	0	-0.05	0	-0.5	-0.3
	Bさん	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.1	0	-0.25	-0.3	-0.1	-0.1
	Cさん	-0.3	0	0.1	0.4	0.2	-0.3	-0.05	-0.2	0.2	0.5
B-4	Aさん	-0.15	-0.2	0.05	-0.1	0	-0.1	-0.1	0	0	-0.2
	Bさん	-0.05	-0.1	0.05	0.2	0	0.1	-0.4	-0.4	0	0.1
	Cさん	-0.05	0.1	-0.05	-0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1	0
B-5	Aさん	0.1	-0.1	-0.15	-0.25	-0.15	0	0.1	0.05	0.25	0
	Bさん	0	0.1	-0.05	-0.25	0.1	0.15	0	0.5	0.05	0.25
	Cさん	-0.1	-0.1	0.05	0.25	-0.1	-0.05	0	-0.2	-0.05	-0.05

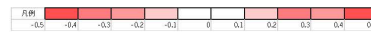
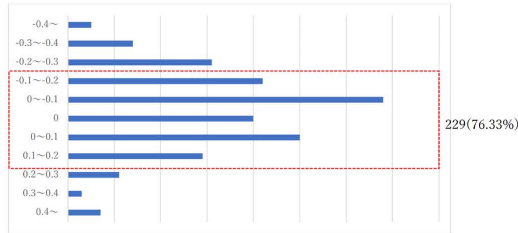


表2 真値との差分分布 正解率(誤差±0.2mmの場合) (mm)



【長さ計測精度確認結果】

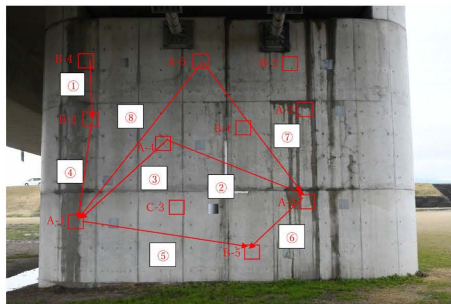


図2 2点間距離計測位置

表3 2点間距離算出値・真値及び差分

算出箇所	算出値	真値(テープ計測値)	差分
① B-4 ~ B-2	1,257mm	1,250mm	7mm
② A-4 ~ A-2 ※	3,114mm	3,160mm	-46mm
③ A-4 ~ A-1 ※	2,318mm	2,320mm	-2mm
④ B-2 ~ A-1	2,069mm	2,070mm	-1mm
⑤ A-1 ~ B-5	3,355mm	3,370mm	-15mm
⑥ A-2 ~ B-5	1,615mm	1,610mm	5mm
⑦ B-1 ~ A-2	1,973mm	1,940mm	-7mm
⑧ A-5 ~ A-2	3,533mm	3,540mm	-7mm
⑨ A-5 ~ A-1	3,979mm	3,980mm	-1mm

※差分は真値(テープ計測値)と算出値の差を示すが、真値測定をテープ計測により実施したため、テープの撓み又はねじれの影響により若干差分が大きくなった箇所が部分的に発生したものと推測される。

【模擬ひびわれシートによるひびわれ視認性の検証】

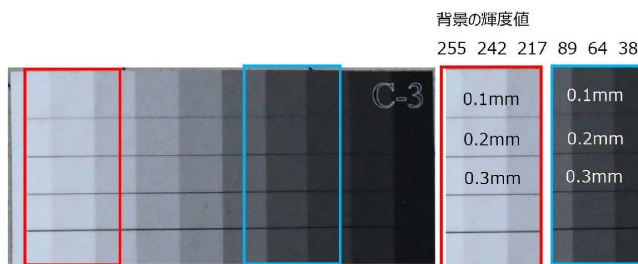


図3 輝度と視認性との関連検証

画像を拡大するとノイズは表れるものの、輝度値64程度であっても0.1mm幅の線を視認可能である。  
高感度撮影が可能なカメラによる画像のため、背景の輝度が低い場合でも目標解像度に応じたひびわれの視認は可能と推測される。

### 1. 基本事項

技術番号	BR010034-V0324			
技術名	望遠撮影システムを用いたコンクリート床版点検支援技術			
技術バージョン	1.0	作成:	2024年3月	
開発者	夢想科学株式会社			
連絡先等	TEL: 097-574-5428	E-mail: izumi@anaheim-laboratory.com	泉 保則	
現有台数・基地	1台	基地	大分市明野高尾2-2-2	
技術概要	地上から望遠カメラとビームライトを搭載した遠望撮影システムを用いて、コンクリート床版や桁下面の点検を行う技術			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ	
		その他		
		共通	⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水	
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は台車に固定された三脚に装備されたデジタルカメラ、望遠レンズ、並びに照明装置、モニター、バッテリーによる構成となる。計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。 計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。	
移動装置	機体名称		KENBOT_Rover
	移動原理		手押し台車による人力による移動
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量		サイズ:縦900mm 横600mm 高さ1500mm 総重量:28kg
	搭載可能容量(分離構造の場合)		-
	動力		-
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		-	
計測装置	設置方法		手押し台車に三脚を固定し、望遠撮影カメラシステムを装着する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		-
	センシングデバイス	カメラ	・カメラ:SONY α7R III センサーサイズ35mm 4240万画素 ・レンズ:SONY SEL100400GM 100mm~400mm F4.5-5.6 ・フラッシュ:SONY HVL-F60RM ・ビームライト(メイン):GODOX SL200WII SL200W II 74000lux@1m ・補助ライト:IMALENT MS18 輝度100000lm
		パン・チルト機構	手動 チルト:下-30°~上90° パン:左右90°
		角度記録・制御機構 機能	制御機能なし カメラ内蔵のジャイロによる角度記録はEXIF情報として記載
		測位機構	・カメラと同軸に装備されたレーザーポインタにて撮影方向の確認を行う。 ・撮影した画像を解析(Photoscan)にてカメラの座標(X/Y/Zm)を算出する。
	耐久性		-
	動力		台車に搭載されたAC100V出力リチウムイオン蓄電池もしくは発電機からの外部給電(AC100V)を各ユニット(カメラ、フラッシュ、LED)へ供給
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		カメラ、フラッシュ、LEDは搭載バッテリーより給電されるため、バッテリー交換の必要はなし。 ただし、台車のバッテリー交換の際はカメラの電源もOFFとなる。
	データ収集・通信装置	設置方法	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-	
データ収集・記録機能		-	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		-	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-	
動力		-	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【その他】 最大距離30m	・バッテリー駆動の場合:特になし ・外部給電の場合:発電機から30m以内
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2021年 ・最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅0.05mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅0.1mm 計測精度:0.07mm ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度:0.04mm ・ひびわれ幅0.3mm 計測精度:0.06mm ・ひびわれ幅1mm 計測精度:0.29mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ名称:ILCE-7RM3 (SONY)</li> <li>・被写体距離:10.5~15.0m</li> <li>・照度:7.275~79klks</li> <li>・風速:57~6.8m/s</li> <li>・気温:18.2~18.7°C</li> <li>・焦点距離:A_279mm、F_282mm、C_181mm</li> <li>・シャッター速度:1/250~1/800秒</li> <li>・絞り:F5.6</li> <li>・ISO値:100</li> <li>・フォーカス:オート(7.1以上)</li> <li>・画像Pixel数:7952×5304</li> </ul>	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・相対誤差:0.10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真値:5.056m</li> <li>・測定値:5.061m</li> <li>・カメラ名称:ILCE-7RM3 (SONY)</li> <li>・被写体距離:10.5~15.0m</li> <li>・照度:7.275~79klks</li> <li>・風速:57~6.8m/s</li> <li>・気温:18.2~18.7°C</li> <li>・焦点距離:A_279mm、F_282mm、C_181mm</li> <li>・シャッター速度:1/250~1/800秒</li> <li>・絞り:F5.6</li> <li>・ISO値:100</li> <li>・フォーカス:オート(7.1以上)</li> <li>・画像Pixel数:7952×5304</li> </ul>
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.002、0.007) (m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真値(x、y)=(-4.456、-2.389) (m)</li> <li>・測定値(x、y)=(-4.458、-2.396) (m)</li> <li>・カメラ名称:ILCE-7RM3 (SONY)</li> <li>・被写体距離:10.5~15.0m</li> <li>・照度:7.275~79klks</li> <li>・風速:57~6.8m/s</li> <li>・気温:18.2~18.7°C</li> <li>・焦点距離:A_279mm、F_282mm、C_181mm</li> <li>・シャッター速度:1/250~1/800秒</li> <li>・絞り:F5.6</li> <li>・ISO値:100</li> <li>・フォーカス:オート(7.1以上)</li> <li>・画像Pixel数:7952×5304</li> </ul>
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2021年 ・フルカラーチャート識別可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ名称:ILCE-7RM3 (SONY)</li> <li>・被写体距離:10.5~15.0m</li> <li>・照度:7.275~79klks</li> <li>・風速:57~6.8m/s</li> <li>・気温:18.2~18.7°C</li> <li>・焦点距離:A_279mm、F_282mm、C_181mm</li> <li>・シャッター速度:1/250~1/800秒</li> <li>・絞り:F5.6</li> <li>・ISO値:100</li> </ul>		

		・フォーカス:オート(7.1以上) ・画像Pixel数:7952×5304
--	--	--

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>1) ひびわれ自動抽出ソフトを使用したAI解析</p> <p>①撮影した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。</p> <p>②ひびわれの自動抽出機能により、ひびわれを抽出する。</p> <p>③抽出したひびわれを目視で確認し、筋状の汚れ等ひびわれ以外の抽出結果を手動で削除する。</p> <p>④ひびわれ幅、長さが自動抽出される。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にてソフト画面を確認しながら手動で抽出して描画する。</p> <p>⑥解析後のデータはDXF、合成画像で出力される。</p> <p>2) Photoscan (SfMソフト)を使用した手動解析</p> <p>①撮影した画像を1部材ごとに振り分け、それらの画像をPhotoscanに取り込む。</p> <p>②3Dモデル合成後に点検対象部材の面ごとのオルソ画像を出力し、CADに縮尺を合わせて貼り付け損傷を目測で抽出しトレースする。</p> <p>③損傷ごとに番号を振り、長さをCAD上で計測して追記する。</p> <p>④幅を計測する際は、元画像とクラックスケールの縮尺を合わせて合成して目測で幅を計測し、③の損傷概要に追記する。</p> <p>⑤ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出してトレースする。</p> <p>※SfM参考文献: <a href="https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf">https://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/kanmin/attach/pdf/kanryou-65.pdf</a></p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>1) 画像合成(3Dモデル、オルソ画像): AGISOFT社製「Photoscan ver1.2.4」(市販ソフト)</p> <p>2) AI解析: 富士フィルム社製「ひびみつけ ver.4.0」(市販ソフト)</p>		
	検出可能な変状	ひびわれ (変形、欠損、漏水、遊離石灰、鉄筋露出)		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	手動によるひびわれ抽出 ・60%以上のラップ率で撮影された画像より、各部材の面ごとに高密度オルソ画像を生成し、それをCAD上に添付して技術者が人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画を行う	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	Photoscanを用いた手動計測 ・幅: 画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測	
		ひび割れ以外	人が画像を確認して、変状を人力でトレース	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<p>1) 作業員から手の届く範囲にひびわれがある場合 損傷個所にクラックスケールを当ててカメラで記録し、自動抽出された損傷と比較して判断。</p> <p>2) 作業員から手の届く範囲にひびわれがない場合 コンパネ目地の寸法(縦/横)を現場で計測しておき、CADに張り付けたオルソ画像から同じ個所を計測して実寸値と狂いが生じてないかを確認。</p>	
		変状の描画方法	ひびわれもしくはそれ以外の変状は、CAD上で技術者の判断で、画像の上に変状と考えられる範囲を人力によりポリライン(連続した折れ線)で描画する(図化する)	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	最大8800×6500ピクセル(撮影画像1枚)	
		カラー/白黒画像	カラー	
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要		
その他留意事項		<p>・ひびわれにチョークが重なっていたり、濡れている場合は検出が困難</p> <p>・コケや汚れの付着で、目視でも検出できない場合は不可</p>		
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式の場合】 画像: JPEG、オルソ画像: TIFF、CAD: DXF、メタデータ: CSV</p> <p>【専用ファイル形式の場合】 3Dモデル: PSX(Photoscan)、OBJ、メタデータ: CSV(カメラ座標)</p>			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	-			



## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	地上から床板までの高さ:15m以下 箱桁内部:高さ7mまで	-
	周辺条件	床版直下を台車が平行に移動するためのスペースが確保できること	-
	安全面への配慮	台車移動時は転倒しないよう二人作業で行うこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	台車移動範囲に道路等がかかる場合は、誘導員の配置や道路使用許可などの申請が必要な場合あり	-
	その他	雨天、砂嵐、結露発生時は使用不可	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・望遠撮影システムの操作訓練を受けた者	-
	必要構成人員数	3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	床版直下(床版面積と同等の地上範囲) 箱桁橋内部	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] ■点検事例 橋長 60m 全幅員 15m 部位・部材[床版のみ] 活用範囲 [900]m2 検出項目 [ひびわれ] <費用> 合計 550,000円(経費含む)	状況に応じて概算費用は変動しますので、橋梁ごとに見積いたします。 点検範囲は現場撮影から損傷データ(損傷合成画像、DXF)提出までで、調書作成は含みません。
	保険の有無、保障範囲、費用	事業活動包括保険に加入 対人、対物5億円	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	夢想科学にて業務請負とする	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時は夢想科学にて対応する	-
	センシングデバイスの点検	レンズの汚れやカメラのセンサークリーニングは点検ごとに行う。	-
その他	-	-	

## 7. 図面



# 1. 基本事項

技術番号	BR010035-V0224			
技術名	デジタル画像とAIを用いた橋梁点検サポートシステム			
技術バージョン	Ver.1.0.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社ニコン・トリンプル			
連絡先等	TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp	ジオスペーシャル事業部マーケティング部マーケティング課	
現有台数・基地	無制限	基地	-	
技術概要	本技術は、橋梁等コンクリート構造物を撮影したデジタルカメラを用い、AIと画像処理技術によりひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の損傷を自動で検出するものである。ひびわれの幅と長さ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の面積を自動で計測することが出来、これらの損傷情報を画像データ、DXFデータ、Excelデータとして出力できる技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ①床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本技術は、コンクリート構造物を撮影したデジタル画像から、AIと画像処理技術を使用して、コンクリート表面に発生するひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出の損傷の自動検出と計測を行う解析支援ソフトウェアであるため、計測機器は持たない。	
移動装置	機体名称		-
	移動原理		-
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量		-
	搭載可能容量(分離構造の場合)		-
	動力		-
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		-
計測装置	設置方法		-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		-
	センシングデバイス	カメラ	下記仕様を満たす一眼カメラを推奨 ・センサーサイズ:APS-C以上 ・焦点距離:14mm~500mm ・ダイナミクスレンジ:8bit以上
			例 ・ニコン製デジタルカメラ:Z 7 II ・センサーサイズ(35.9×23.9mm)、ピクセル数(8256×5504ピクセル) ・ニコン製レンズ:NIKKOR Z 24-70mm f/4 S、NIKKOR Z 70-200mm f/2.8 VR S、AF-S NIKKOR 200-500mm f/5.6E ED VR など
			ドローンに搭載されている小型カメラなどを使用する場合は、検出したい損傷の大きさとあわせてお問合せ下さい。
			-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性		-
動力		-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		-	
データ収集・通信装置	設置方法		-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		-
	データ収集・記録機能		-
	通信規格(データを伝送し保存する場合)		-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-
	動力		-
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		-

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有	
		性能値	・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 +0.01~+0.05mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 -0.01~+0.03mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 +0.01~+0.03mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 -0.01~+0.00mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 +0.01~+0.03mm		【供試体による検証は未実施】 ・自然光または補助光を使用し、適正露出で撮影した画像を使用 ・三脚使用 ・被写体とほぼ正対して撮影 ・画素分解能 凡そ0.25mm/pixelに対し、bicubic補間を行いひびの幅を計測 ・Z7+NIKKOR Z 24-70mm f/2.8S を使用、撮影距離3m、焦点距離50mmで撮影
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.05mm  ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.10mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.13mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.09mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.08mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.10mm		・被写体距離:4.5~5.0 m ・照度:14.3~66.2klx
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※		有
			性能値	未検証	
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・相対誤差:0.17%	
		位置精度	性能確認シートの有無 ※		有
			性能値	未検証	
標準試験値			標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.003, 0.012)		・真値(x, y)=(-4.830, -2.353)m ・測定値(x, y)=(-4.827, -2.341)m ・被写体距離:8.5 m
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有		
	性能値	未検証			
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能		・照度:12.0~60.7klx	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>①結合画像及び損傷データをトレースする為の図面データ(JPEG/PNG)を読み込む                  ②読み込んだ画像を自動で結合する                  ③結合画像に対してひびわれと剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の損傷を自動検出し、手順②の画像に重ね描きする                  ④自動検出結果の手直し(結合、追加、削除等)、及び上記以外の損傷を追加(手動)する                  ⑤損傷図、DXFデータ、損傷の数量表(Excel)の出力を行う</p> <p>※①、②については、外部アプリケーションで結合した画像を読み込む事も可能。</p>
<p>ソフトウェア名</p>	<p>・SightFusion for Desktop Ver. 1.0.0(自社開発ソフト)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>下記の損傷について自動検出可能                  ・ひびわれ(幅および長さ)                  ・剥離、鉄筋露出、漏水、遊離石灰(面積)</p>
<p>ひび割れ</p>	<p>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)と画像解析による自動検出                  ・AI教師データは、RC/PC橋の床板や橋台、ボックスカルバート等コンクリート構造物表面の損傷に対して正解データを付与し、学習させている                  ・撮影条件・仕様等                  1) デジタル一眼カメラを用いて撮影を行う(ブレ、ボケ、露出、被写界深度に留意し、適切な設定とする)                  2) 撮影モード:マニュアルモード、絞り優先モード                  3) ISO感度:ISO800以下                  4) ラップ率:オーバーラップ 10%(コンクリート打設時の型枠四隅が画角に入っていること)                  5) 撮影角度:画像結合は概ね45度以内、ひびわれ幅の計測精度確保には概ね30度以内                  6) 画質:最高(ファイン)                  7) 画像フォーマット:JPEG                  8) 撮影解像度:                  ひびわれ幅0.05mmを対象とする場合、画素分解能約0.1mm/pix 以下                  ひびわれ幅0.2mmを対象とする場合、画素分解能約0.5mm/pix 以下                  9) 注意事項:デジタルズーム機能は使用しないこと</p>
<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p>	<p>【撮影時】                  ・点検対象を前述の『撮影解像度』が満たされる様に撮影する</p> <p>【解析時】                  ・幅の計測:画像内にひびわれが存在する箇所はAIにより検出する。AIが検出したひびわれ箇所の輝度情報を基に、ひびわれ幅を計算する                  ・長さの計測:AIが検出したひびわれの始点と終点の画像上の座標に、1ピクセルの大きさを乗ずることで算出する                  ・データ補間処理により、1ピクセル以下のひびわれ幅も計測可能(概ね0.5ピクセル程度まで)</p>
<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>【剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の自動検出】                  ・ひびわれ検出と同様に、AI(畳み込みニューラルネットワーク)と画像処理により自動検出                  ・AI教師データは、RC/PC橋の床板や橋台、ボックスカルバート等コンクリート構造物表面の損傷に対して正解データを付与し、学習させている                  ・これ以外の損傷については、人が画像を確認して損傷箇所を手動でトレースする</p>
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>【ひびわれ】                  再現率92%、適合率91%、ダイスコア91%</p> <p>【剥離】                  再現率85%、適合率84%、ダイスコア85%</p> <p>【鉄筋露出】                  再現率85%、適合率85%、ダイスコア85%</p> <p>【漏水】                  再現率96%、適合率92%、ダイスコア94%</p> <p>【遊離石灰】                  再現率94%、適合率93%、ダイスコア93%</p> <p>再現率=正しく検出した損傷の個数/真の損傷の個数                  適合率=正しく検出した損傷の個数/検出した損傷の個数                  ダイスコア=再現率と適合率の調和平均                  何れも、学習に使用していない画像を使い評価</p>
<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひびわれ:ポリライン                  ・ひびわれ以外:ポリゴン</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式: JPEG                  ファイル容量: 135MPixel/枚                  カラー/白黒画像: カラー                  画素分解能: ・ひびわれ幅0.05mmを対象とする場合、画素分解能凡そ0.1mm/pix 以下であること                  ・ひびわれ幅0.2mmを対象とする場合、画素分解能凡そ0.5mm/pix 以下であること                  その他留意事項: ・ひびわれにチョークが重なっている場合は、幅計測の精度が劣化する可能性がある                  ・入力画像を人が見た時に、損傷の識別が難しいもの(汚れや、低解像度画像)は検出精度が劣化する可能性がある                  ・AI解析に、NVIDIA社製GPUボード、及びCUDA 11.3が必要</p>



出力ファイル形式	<ul style="list-style-type: none"><li>・損傷図:JPEG、PNG</li><li>・損傷解析詳細画像:JPEG、PNG</li><li>・CADフォーマット:DXF</li><li>・数量表:xlsx</li></ul>
調書作成支援の手順	<ul style="list-style-type: none"><li>・適用可能な画像および撮影条件は、上記『ソフトウェア情報』の『変状検出の原理・アルゴリズム』を参照</li><li>・インターネットに接続されている必要はない</li></ul>
調書作成支援の適用条件	<ul style="list-style-type: none"><li>・適用可能な画像および撮影条件は、上記『ソフトウェア情報』の『変状検出の原理・アルゴリズム』を参照</li><li>・インターネットに接続されている必要はない</li></ul>
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"><li>・SightFusion for Desktop Ver. 1.0.0(自社開発ソフトウェア)</li><li>・Windows10/11で動作</li><li>・NVIDIA社製 GPU(10, 20, 30シリーズ等) 及び CUDA11.3 が必要</li></ul>

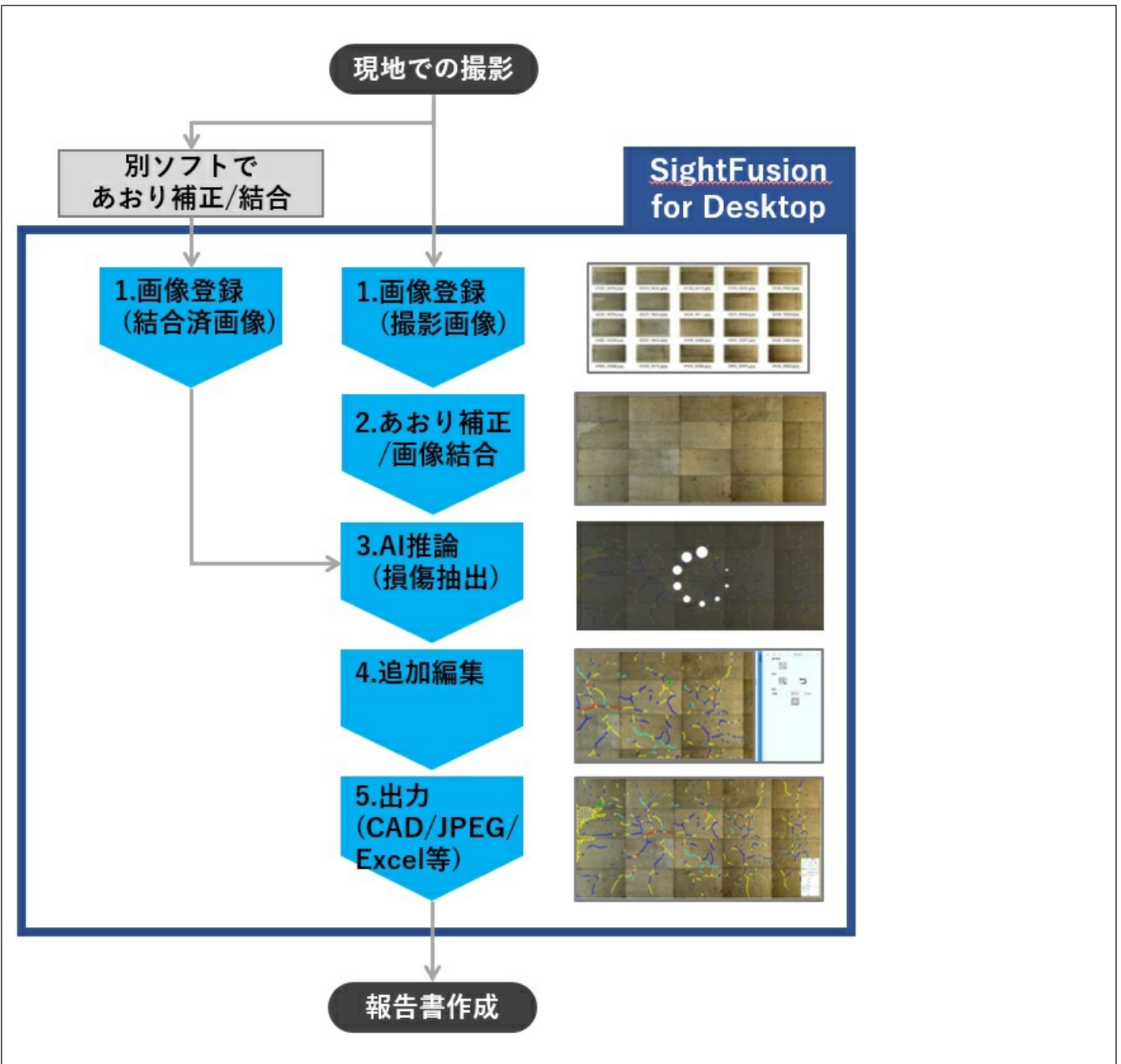
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	-	-

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・適切な入力画像を得るための撮影技術が必要 ・アプリケーションの操作については特別な技術は必要なし	-
	必要構成人員数	ソフトウェア操作者:1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	不要	-
	作業ヤード・操作場所	現場またはオフィス	-
	点検費用	橋種[コンクリート橋/鋼橋] 橋長 [制限なし] 全幅員 [制限なし] 部位・部材[橋台/橋脚/床版等のコンクリート部材] 活用範囲 [制限なし] 検出項目[ひびわれ/床版ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰] <費用> ソフトウェア費用(サブスクリプション)として 56万円(半年)~	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・ソフトウェアは専用サイトからダウンロードよりインストールを行う	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	弊社サポートチームにて対応	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

7. 図面



# 1. 基本事項

技術番号	BR010036-V0224			
技術名	AI機能付きタブレット端末による点検支援技術(ひびわれ)			
技術バージョン	Version 1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社イクシス			
連絡先等	TEL: 044-589-1500	E-mail: ix-s-npro@ixs.co.jp	ビジネス開発サポート部門 ・金野寿哉	
現有台数・基地	10セット	基地	神奈川県川崎市幸区	
技術概要	<p>本技術は、橋梁点検時に現場作業者が、タブレット端末付属カメラで撮影した写真に画像認識AI(深層学習)を適用して、ひびわれを自動検出し、ひびわれ幅を計測できる。</p> <p>また、計測結果を必要に応じて、国土交通省「道路橋記録様式」帳票に自動作成ができる技術である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台,基礎) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,中央分離帯,伸縮装置,縁石) H形鋼桁橋(その他(上部構造(主桁,床版))) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ	
		その他		
共通				
検出原理	画像(静止画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は、タブレット端末とカメラで構成され、それぞれの役割は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置：タブレット端末から有線接続され、伸縮可能な棒の先端に取付ける外部カメラとする。</li> <li>・データ収集・通信装置：タブレット端末とする。</li> <li>・移動装置：作業による移動・運搬となるため、該当しない。</li> </ul> <p>※なお、計測装置(カメラ)とデータ収集・通信装置(タブレット端末)は、USBケーブルの抜き差しによって脱着可能である。 ※カメラによって撮影される写真は、タブレット端末内部に一次保存された後、クラウド・サーバ上の記憶装置に保存され、AI解析される。</p>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	・本計測機器の主装置はデータ収集・通信装置であり、その実体となるタブレット端末は、橋梁点検を行う作業者が現場で携帯して移動する。	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—		
計測装置	設置方法	・計測装置(外部カメラ)は、伸縮可能な棒の先端に取り付けられ、同棒は現場の作業者によって手持ちされる。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測装置：最大外形寸法(W94mm×D71×H860mm)、最大重量(0.5 kgf)	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専用USBカメラ 型番：IXS-GRM-200-002</li> <li>・ピクセル数(縦720pixel×横1,280pixel)</li> </ul> <p>※カメラメーカーの供給計画変更により、利用カメラを変更する可能性はあるものの、システム内の設定変更により解析に影響を及ぼさない機構あり。</p>
		パン・チルト機構	・計測装置(カメラ)は、伸縮可能な棒の先端に取り付けられており、同棒は現場の作業者によって手持ちされるため、撮影方向は自由に変更可能である。
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性	—	
	動力	・データ収集・通信装置(タブレット端末)より、USBケーブル経由で給電	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・データ収集・通信装置(タブレット端末)より給電されるため、同装置の稼働時間に同じ		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ収集・通信機能はタブレット端末に内蔵され、タブレット端末は下記の方法により、現場の作業者が装着することができる。</li> <li>①タブレット端末側面に付属のストラップを、現場作業者の首や肩から下げる。</li> <li>②タブレット端末裏面に付属のハンドホルダを、現場作業者の手甲に装着する。</li> <li>③タブレット端末背面に付属のスタンドを立てることで、水平な台の上に設置可能である。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・データ収集・通信装置：最大外形寸法(L195mm×W275mm×H25mm)、最大重量(1kgf)	
	データ収集・記録機能	・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット経由でクラウド上のサーバに伝送し記憶装置に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信方法(タブレット端末～カメラ間)：有線(USB)</li> <li>・通信方法(タブレット端末～クラウド・サーバ間)：無線(携帯電話網)</li> </ul>	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・認証方式：ユーザIDとパスワードによる認証</li> <li>・暗号化方式：SSLによる暗号化</li> </ul>	
	動力	・タブレット端末内蔵バッテリーより給電されて稼働	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・連続2時間程度使用可能	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	—	—	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) ・0.047m2/sec	・風速:0.1~6.6 m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・ひびわれ幅0.05mm 計測精度0.01mm  ・ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.05mm	◆距離0.07mの場合 ひびわれ幅 0.05mm 計測精度0.01mm  ◆距離0.3mの場合 ひびわれ幅 0.2mm 計測精度0.05mm  ※実際の解像度の2/3程度のひびわれ幅であれば超解像度で計測可能	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.05mm  ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.09mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.02mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.07mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.01mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.03mm	・被写体距離:0.36~1.0 m ・照度12.8~67.0klx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
			標準試験値	—	—
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
			標準試験値	—	—
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	・フルカラーチャート識別可能	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能		
	標準試験値	暗所では別途照明が必要	・照度:16.0~67.7klx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	①撮影した画像からひびわれの箇所を自動で検出(自動) ②検出した箇所にひびわれの幅毎に着色 0.1mm未満:緑、0.1mm以上・0.2mm未満:黄、0.2mm以上:赤 (自動) ③ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出(矩形で囲む) (手動) ※今後、ひびわれ以外の損傷についても自動抽出する仕組みを随時リリース予定		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「イクシス橋梁ひびわれ検出AI ver2.1」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅0.05~10.0mm)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・画像認識AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データはコンクリート構造物としてはRC床版橋上部構造(床版)におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約10橋分)。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:専用USBカメラ 2) 撮影設定:オート 3) 画質:1280x720 4) 画像フォーマット:JPEG 5) 注意事項:デジタルズーム機能は使用しないこと
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:ひびわれと自動検出された画素(pixel)の数を計測し、1pixelあたりの長さを乗することでひびわれ幅を算出する。 かつ、輝度値を基に補正値を掛けることで実際の解像度の2/3程度のひびわれ幅を検出可能。
		ひび割れ以外	・作業者が画像を確認して、変状を自身でトレース
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ひびわれの検出: 再現率92.6%、0.05mm未満の細かいひび割れを除いた場合 100%
		変状の描画方法	・ラスタデータで撮影した画像に重畳して表示
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	10MB
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・0.01mm/pix~10.0mm/pix ただし、解像度に応じて計測可能なひびわれ幅が決まる 解像度の2/3程度のひびわれ幅を計測可能	
その他留意事項		・ひびわれの色が黒以外の場合は検出困難 ・超解像技術を利用	
出力ファイル形式	・zip形式でJPEG画像とCSVで撮影箇所・損傷程度等の情報を専用フォーマットで出力 ・国土交通省の道路橋記録様式をExcel(.xlsx)ファイルとして出力		
調書作成支援の手順	①本システムで画像を撮影し、撮影した部材の箇所・損傷程度などを入力する ②AIによる解析を適用し、ひびわれの抽出・幅の計測を行う ③結果を専用フォーマットのzipでダウンロードする ④専用のExcelマクロを使用し、点検調書を自動で作成する 国交省様式で出力可能		
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1) 被写体に対して正対して撮影 2) 撮影距離は1m以内で撮影(ひびわれ幅の計測機能を使用する場合) ・タブレットで入力したデータをクラウド・サーバに保存するため、現地でインターネット環境(無線の電波状)が整っている方が望ましい。		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・Microsoft Excel 2019または、Microsoft 365		

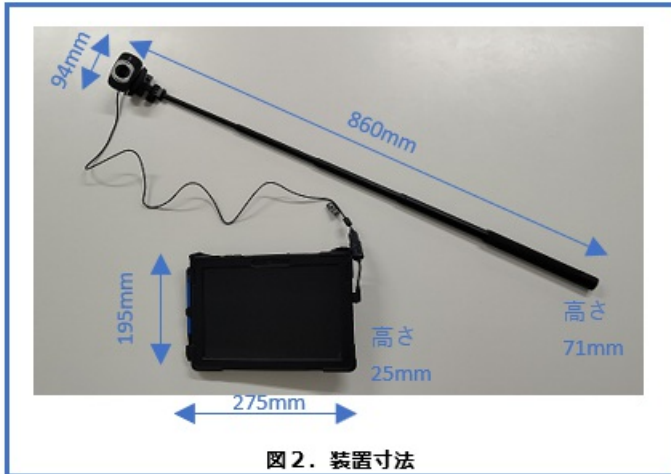
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	桁下は人が進入できる箇所	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	タブレット端末をストラップで首等から下げる場合は、ストラップを周囲のものにひっかかないように留意する。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	大雨の場合、計測不可。 高所を計測する場合には、足場あるいは高所作業車が必要である。	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	本システムの利用方法習得のため、当社から提供する操作マニュアルで自習するか、当社が実施する講習を受講すること。	—
	必要構成人員数	現場作業員 1名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操作に必要な資格:なし	—
	作業ヤード・操作場所	—	—
	点検費用	月額利用料5万円	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自律制御:無	—
	利用形態:リース等の入手性	・レンタル: (取扱店)株式会社イクシス (連絡先)info@ixs.co.jp	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり	—
	センシングデバイスの点検	—	—
	その他	携帯電話網(LTE)が利用できない場所では利用不可	—

## 7. 図面



## 1. 基本事項

技術番号	BR010037-V0224			
技術名	水中ドローン(DiveUnit300)を用いた橋梁点検支援技術(ひびわれ)			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社FullDepth			
連絡先等	TEL: 03-5829-8045	E-mail: sales@fulldepth.co.jp	営業部 平山	
現有台数・基地	3台	基地	〒103-0004 東京都中央区東日本橋2-8-4東日本橋1stビル	
技術概要	本技術は、水中ドローンで撮影された画像からひびわれ幅を計測する技術である。また、水中ドローンにソナーを装着することで洗掘量も計測可能。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		下記、各機器を接続し一体的構造となる(図面参照) ・水中ドローン(DiveUnit300:ビークルユニット):カメラやセンシングデバイス等が一体となった移動装置(水中) ・光ケーブル(テザーユニット):陸上のある操縦用コントローラーと水中ドローンを繋ぐケーブル(水中/陸上) ・操作用PC(CPC)ユニット(セントラルユニット):カメラ映像 センシングデバイスのデータを取得し操縦信号を送るPCユニット(陸上)にゲームパッドを接続し、操縦する ・定規(スケールユニット):ひびわれ幅を計測するための定規(水中)	
移動装置	機体名称	DiveUnit300	
	移動原理	[水中ドローン] ・機体は水平方向に4基(前後左右旋回の動作) 鉛直方向に2基(浮上沈降) 姿勢制御に1基(水平姿勢維持)、推力となるスラスターがついており、手動で操縦し潜航および移動させる。	
	運動制御機構	通信	有線通信型
		測位	—
		自律機能	ホバリング機能 ホールド(方位・姿勢・深度保持)機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(長640mm×幅410mm×高さ375mm) ・最大重量(28kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給容量:Li-ion バッテリー	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・240分(外気温:20℃の場合)	
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	カメラ	・Webカメラ Logicool 920
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性	IP65 水深300mの耐圧性能 ※当社独自の耐圧試験機による耐圧試験で確認	
	動力	—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	データ収集・記録機能	計測装置の記録装置(ハードディスク)にデータ収集。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	—	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	—	—
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 変化量0cm	流速0.2m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	縦:横:高さの最大寸法(mm) 縦:800mm 横:1200mm 高:600mm	【飛行型】水中部 衝突回避距離を加味した最小所要空間寸法を縦、横、高さの最大寸法(mm) 縦:800mm 横:1200mm 高:600mm場合。ホールド機能のみの利用であれば、考慮不要
	標準試験値	標準試験方法 水中(2022) 実施年 2022年 W2.0m×H1.0m ×L1.0m	—
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・最大稼働範囲 300m	飛行型 (水中潜航) 最大稼働範囲 300m 付属品 テザーケーブルのケーブル長範囲
	標準試験値	—	—
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	—	—
	標準試験値	—	—

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	約0.012m <sup>2</sup> /sec(距離18m)	1mの離隔距離で撮影ができる濁度において約0.012m <sup>2</sup> /sec(距離18m)	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 0.003m <sup>2</sup> /sec	—	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	0.1mm : 最小ひびわれ幅0.5mm	最小ひびわれ幅: 0.5mm ・ひびわれ幅 0.5mm 計測精度 0.1mm ラップ率80% 離隔距離1mで撮影可能な透明度	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 水中(2022) 実施年 2022年 濁度1.1の場合 最小ひびわれ幅:0.5mm  ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 1.66mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.08mm ・ひびわれ幅 2.0mm : 計測精度 0.53mm ・ひびわれ幅 5.0mm : 計測精度 0.78mm  濁度60.5の場合 最小ひびわれ幅:0.5mm  ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.24mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 -mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.23mm ・ひびわれ幅 2.0mm : 計測精度 0.51mm ・ひびわれ幅 5.0mm : 計測精度 -mm	流速0m/s 被写体距離 8.0cm	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
			標準試験値	—	—
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
			標準試験値	—	—
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未実施	—		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 フルカラーチャート識別可能(濁度1.1度) フルカラーチャート識別不可(濁度60.5度)	流速0m/s 被写体距離 8.0cm 濁度1.1度 濁度60.5度		

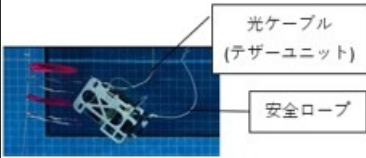
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①水中ドローンにて点検対象を近接撮影する。 ②撮影中に変状を確認しスクリーンショットで画像を保存。 ③変状の名称や番号を設定し、スケール等と比較して大きさを計測。 ④計測を基に、変状の大きさを割り出して記録する。	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	自社製ソフト CU Softwer2(操縦用ソフト)	
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅:0.7mm以上)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	撮影した映像から、ひび割れを発見しスクリーンショットで撮影時間を記録する ・撮影カメラ仕様等 1) カメラ:Logicool Webカメラ 2) 撮影設定:オートフォーカス(適宜マニュアルフォーカス対応) 3) 画素数:3メガピクセル 4) 最大解像度:1080p/30fps 5) レンズタイプ:ガラス 6) 動画/画像データ:mov,mp4/jpeg
		ひび割れ幅および長さの計測方法	動画から目視により検出
		ひび割れ以外	動画から目視により検出
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
	変状の描画方法	—	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	mov,mp4,jpeg
		ファイル容量	約200GB
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		ひび割れ幅0.5mmを検出するには、分解能が1mm/Pixel以下である必要がある。	
その他留意事項		—	
出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 mov,mp4,jpeg		
調書作成支援の手順		①「変状検出手順」より、検出した変状の寸法を記録 ②記録した寸法・元になった画像データを点検要領様式に記入する	
調書作成支援の適用条件		撮影中に変状を確認した際に適宜スクリーンショットで記録を残すこと	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・現地での入力:水中ドローン操作用PC ・点検調書データのダウンロード:OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome ・自社ソフト CU Softwer2にて利用	

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	—	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	<p>下図のように、安全ロープを取り付けることで、突発的に流速が上がる場合衝突を回避する。                      ※テザーケーブル(テザーユニット)の引っ張り強度136kgを超える可能性がある場合</p>  <p>光ケーブル (テザーユニット) 安全ロープ</p> <p>図1 安全ロープ</p>	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
その他	<p>大雨の場合、計測不可。                      表面に藻等の汚れ等が付着しているときは、別途オプションの高圧洗浄機で除去し、計測する。</p>	—	

6. 留意事項(その2)

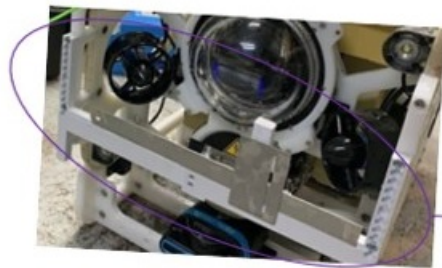
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	水中ドローンの特性を理解し、点検対象を撮影する際に的確かつ安全な潜航計画を立案できること。	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	30時間程度の操作練習	—
	作業ヤード・操作場所	・点検対象付近の約2m×2mの平坦な陸上 ・機材一式を搬入搬出が可能な通路があること	—
	点検費用	機体価格6,700,000円(1基あたり) サブスクリプションサービス価格3,400,000円/年	オプション等の条件により価格が変わります。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険加入有 顧客の責に依らない機器の故障について保障 機体の保守点検サービス有	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	購入品/サブスクリプションサービス(年間契約)	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり(前述の「保守点検サービス」加入者を優先的にサポート)	—
	センシングデバイスの点検	無し(電源ON時に深度/温度などのセンサー類にキャリブレーション)	—
その他	流速 0.5m/sec以上の河川等(適用不可) 雨天時計測には、テント等の雨天対策が必要 使用温度範囲0℃~40℃	—	

7. 図面

DiveUnit300 標準構成



図2 標準構成



定規(スケールユニット)

図3 定規 (スケールユニット)

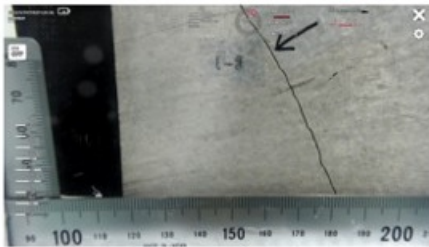


図4 ひびわれを計測している映像

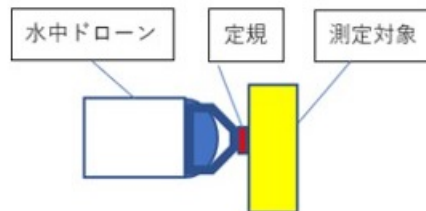


図5 ひびわれ計測時のイメージ図

1. 基本事項

技術番号	BR010038-V0224		
技術名	MCSによる3Dデータを活用した橋梁点検技術		
技術バージョン	—	作成:	2024年3月
開発者	ジビル調査設計株式会社 企画開発室 / 国立大学法人 福井大学 工学部		
連絡先等	TEL: 0776-23-7155	E-mail: minamide@zivil.co.jp	企画開発室 南出 重克
現有台数・基地	2台 (平置・縦置 各1台ずつ)	基地	福井県福井市大願寺2丁目5-18
技術概要	本技術は、溝橋等の狭隘空間を有する橋梁を対象に複数のカメラとLED照明を搭載したMCSを活用し、上部構造・下部構造を網羅的に撮影し、その写真データより3Dモデルデータを作成する技術である。時系列に作成した3Dモデルデータを作成することで、損傷の進行状況の把握を目的とした技術である。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体) 路上(地覆,舗装) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,翼壁,周辺地盤) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),支承部(支承本体)) RC床版橋(上部構造(主桁),支承部(支承本体))	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ
		その他	⑬遊間の異常 ⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉑異常なたわみ ㉒変形・欠損 ㉓土砂詰まり		
検出原理	画像(静止画/動画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi Camera System (以降、MCSと略)は、センシングデバイスである複数台のカメラ、照明、およびコントロールボックスから構成される「装置基本ユニット」と現場の河川状況に応じた「駆動ユニット」、撮影項目に応じてカメラ配置を調整する「フレームユニット」、カメラからの映像を確認およびシャッター機能を兼用する「PC(タブレット)」から構成されている</li> <li>橋梁の撮影箇所、河川状況に応じて、複数のMCSバリエーションを準備している             <ul style="list-style-type: none"> <li>① 撮影箇所: 床版・橋台・主桁・横桁・支承(床版橋、桁橋)、頂版・側壁(溝橋)                  カメラ配置: 平置き式 / カメラ搭載数:最大10台                  (ア) MCS-Float ⇒ 河川の水位70mm以上の場合                  (イ) MCS-Slider ⇒ 河川の水位70mm未満で、汚泥・石が堆積している場合                  (ウ) MCS-Caster ⇒ 河川の水位70mm未満で、底打ちして安定している場合                  (エ) MCS-BoxCulvert ⇒ 河川の水位70mm未満で、底打ちしてあり、桁下空間が1~2mの場合                  (オ) MCS-CuGo ⇒ 河川の水位50mm未満で、底打ちしてある場合(リモートコントロール仕様)</li> <li>② 撮影箇所: ①以外の橋梁構成部材 :カメラ搭載数 最大4台                  カメラ配置: 縦置き式 / カメラ搭載数:最大4台                  (ア) MCS-Handy ⇒ 地覆・地覆側面・橋面・高欄・周辺環境の撮影                  (イ) MCS-Handy Long ⇒ 桁下空間が2~3m程度の床版・桁部の撮影</li> </ul> </li> <li>撮影(計測)したデータはカメラに内蔵されるmicro SDカードに記録・保存され、撮影終了後にカメラから取りだし、3D合成ソフトウェアを用い、3Dモデルを作成する。                  (LANケーブルを介し、データの取り込みも可能だが、時間を要するためSDカード取り出し方式を主とする)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	—	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	1. 平置きタイプ ① MCS-Caster :最大外形寸法(600mm×500mm×330mm) 最大重量 (13kg) ② MCS-Float :最大外形寸法(660mm×640mm×380mm) 最大重量 (12kg) ③ MCS-Box Culvert :最大外形寸法(600mm×500mm×1,000~1,800mm) 最大重量 (16kg) ④ MCS-Slider :最大外形寸法(660mm×1200mm×300mm) 最大重量 (14kg) ⑤ MCS-CuGo :最大外形寸法(660mm×850mm×350mm) 最大重量 (20kg)  2. 縦置きタイプ ① MCS-Handy : 最大外形寸法 (350mm×150mm×1,500mm) 最大重量 (7kg) ② MCS-Handy Long : 最大外形寸法 (350mm×150mm×2,000mm) 最大重量 (8kg)	
搭載可能容量(分離構造の場合)	MCS使用時は一体構造であるため、本項目は非該当		
動力	MCS-CuGoはキャタピラ駆動(電動モーター式) それ以外は手動(ガイドポール・ガイドロープを使用)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	MCS-CuGo、搭載バッテリーで約2時間		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラ : SONY製 型番 DSC-RX0M2</li> <li>センサーサイズ : 1.0型(13.2mm x 8.8mm) Exmor RS CMOSセンサー、アスペクト比3:2</li> <li>ピクセル数 : 14,000万 画素(4,272pixel x 3,200pixel) 4:3モード:</li> <li>焦点距離 : f=7.9mm</li> </ul>
		パン・チルト機構	チルト角度 -30°~+120°(カメラ昇降&チルト機構搭載時)
		角度記録・制御機構機能	撮影方向は、カメラ取付の調整にて自由に設定可能
		測位機構	3Dモデルに座標設定のために、撮影対象物にL型鋼尺の取り付けが必要(対象物撮影時に同時撮影)
	耐久性	IP68(カメラ単体使用時)	
	動力	外部電源が必要(ポータブルバッテリーまたは発電機)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約8時間(カメラ9個、LED照明2個、700Wh外部ポータブルバッテリー-AC100V使用時)	
	設置方法	移動装置と一体的な構造	
外形寸法・重量(分離構造)	2-1-350		

データ収集・通信装置	の場合)	移動装置と一体的な構造
	データ収集・記録機能	記録メディア(micro SDカード)に保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 通信方法 有線(LANケーブル)</li> <li>・ 通信速度 最大 1Gbps (Cat6の場合)</li> <li>・ 通信規格 250MHz帯</li> <li>・ 通信距離 最長 10m</li> </ul>
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	外部バッテリー(AC100V)より供給
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	700Wh外部バッテリー(AC100V)からの給電により連続8時間使用可能(気温0~40℃の場合)

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・桁下空間 500mm以上 ・最小カメラ被写体距離 L=200mm(カメラ仕様) L(mm) : 最小被写体距離 200mm以上必要	-
	標準試験値	標準試験方法 溝橋 (2022) 実施年 2022年 ・挿入空間(幅2.50m×桁下1.21m)	ガイドポール式で挿入 ・水深:29cm ・流速:0.476m/s ・濁度:14.10FUN
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・10m	ガイドポール・ガイドロープ併用し挿入 ・LANケーブルの長さ制限 ケーブル長10m
	標準試験値	標準試験方法 溝橋 (2022) 実施年 2022年 ・7.25m	ガイドポール式で挿入 ・水深:30cm ・流速:2.467m/s ・濁度:66.6FUN
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-		
		標準試験値	・撮影速度=0.027m2/sec		・風速:3.0~5.2 m/s
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	「最小ひびわれ幅: 0.1mm」 ・ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.05mm (参考) ・ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.05mm ・ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.05mm ・ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.05mm ・ひびわれ幅 1.0mm 計測精度 0.05mm		・四角柱試験体(420 x 420 x 800mm)において、ひびわれ幅、0.05、0.1、0.2、0.3、1.0mmの物それぞれ6個ずつ選定。 ・3Dモデル上で幅を測定し、実測値との誤差量求める ・撮影条件 ①被写体距離 600mm ②平均照度850lx ③ラップ率80%
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.13mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.13mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.13mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.06mm		・被写体距離:1.0、1.5 m ・照度:10.3~62.9kLux
		性能確認シートの有無 ※	有		
	4-3 オルソ画像精度	性能値	・1%以内		2点間距離の誤差率 1%以内 四角柱試験体(420 x 420 x 800mm)、側面の4面において、各面4個所の2点間距離を測定し、その誤差率の平均値を算出(実績値)
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・相対誤差:0.09%		・真値:5.373m ・測定値:5.368m ・被写体距離:1.0、1.5 m
		性能確認シートの有無 ※	有		
	位置精度	性能値	5mm以内/ 100mmの誤差保証(誤差率 5%以内)		5mm以内/ 100mmの誤差保証' (誤差率 5%以内)四角柱試験体(420 x 420 x 800mm)、側面の4面において、各面4個所の位置座標を測定し、その絶対値および誤差率の平均値を算出
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・絶対誤差(Δx、Δy)=(0.009、0.009)		・真値(x、y)=(-4.830、-2.353)m ・測定値(x、y)=(-4.821、-2.362)m ・被写体距離:1.0、1.5 m
性能確認シートの有無 ※		有			
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	-		-	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能		・照度:26.0~36.1 kLux	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		① MCSにて取得した画像データをSfMの原理を有する、3D合成ソフトを用い3Dモデルを作成する ② PC上の3Dモデルを閲覧し、損傷箇所を目視確認する ③ 損傷状況を3Dモデルから画像キャプチャーする(調書貼付用の写真データの作成) ④ 3Dモデルの各部位毎に、オルソ画像処理を行い、2D-CADで扱えるデータに変換 ⑤ 2D化した画像を用いて、損傷図の作成を行う ⑥ 損傷の大きさ(例 ひびわれ幅&長さ、鉄筋露出範囲)は3Dモデル上、2Dデータ上のどちらでも手動測定可能	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	① 3Dモデル合成 : Bentley 社製 「ContextCapture 最新版」 (市販ソフト) ② 3Dモデル閲覧 : Bentley 社製 「ContextCapture Viewer 最新版」 (市販ソフト) ③ 分析&編集 : Bentley 社製 「ContextCapture Editor 最新版」 (市販ソフト)	
	検出可能な変状	—	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dモデルより、目視にてひびわれ検出</li> <li>3Dモデルを部位毎にオルソ画像処理を行い、2D-CAD等で使用可能データに変換後、目視検出も可能</li> <li>撮影条件・仕様等                         <ol style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ:デジタルカメラ</li> <li>2) ラップ率:オーバーラップ 80%以上</li> <li>3) 画質:最高(ファイン)</li> <li>4) 画質フォーマット:JPEG</li> <li>5) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しない 白飛び&amp;ピンボケが無いように撮影する</li> </ol> </li> </ul>
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dモデルには「座標」が設定されており、寸法・面積の計測が可能。 3Dモデルを目視確認し、ひびわれの幅・長さを計測する</li> <li>座標にはXYZ軸の方向情報と、長さ(距離)情報が記録されており、長さは-10乗(m) (0.000000001 m)単位で設定・表示可能</li> </ul>
		ひび割れ以外	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひびわれの検出と同様</li> <li>剝離・鉄筋露出、漏水、欠損等、面的な損傷を選択し、周長、面積を測定</li> </ul>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> <li>MCS、本項目には非該当</li> </ul>
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>メッシュ(三角形) が基本</li> <li>点群データのみ、メッシュ+点群データの展開可能</li> </ul>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	推奨形式 : jpeg 対応可能形式 : tiff, raw, mp4, mov, mpg
		ファイル容量	特に制限無し
		カラー／白黒画像	カラー 白黒画像
画素分解能		<ul style="list-style-type: none"> <li>理論上、ひびわれ幅0.1mm検出するためには0.2~0.3mm/Pixel以下が望ましい (1画素の20~30%の幅の測定が可能)</li> <li>ただし検出可能なひびわれ幅の最小値は、画素分解能の性能に関わらず0.1mm</li> </ul>	
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>正確に3D合成を行うため、画像のラップ率80%以上が必要</li> <li>ガラス面、反射面、特長点が存在しない物体等の3D合成は基本できない</li> </ul>	
出力ファイル形式	① 3Dモデルのファイル形式: .3mx ② ビュワーソフト ContextCapture View (無料)あり ③ 中間ファイル形式 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3Dメッシュ : obj, fbx, dae, dgn, stl, kml</li> <li>・ 3D点群 : las, laz, pod</li> </ul>		
調書作成支援の手順	① 橋梁緒元の入力(手動) ② 現況写真のコメント入力・指定・取り込み(手動) ③ 損傷情報の入力・データベース化(手動) ④ ③に紐づく写真を3Dモデルよりキャプチャーし、ファイル名を指定(手動) (最終的に、マクロで読み込めるように) ⑤ 3Dモデルより、損傷図・損傷位置図を作成し、ファイル名を指定(手動) ⑥ システム実行 所定様式の調書を自動作成		
調書作成支援の適用条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microsoft社製 Excelが必須</li> <li>PCスペック、3Dモデルの描画が可能な仕様であること</li> </ul>		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	「ジビル 点検調書作成支援システム」(自社開発ソフト)		

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	・ 幅員20m以内	・ MCS装置を使用して撮影した場合LANケーブルの長さ制限あり
	桁下条件	—	—
	周辺条件	・ 桁下に降りられない現場(水深約1m、流速が速い等) 対応要相談	—
	安全面への配慮	・ 計測中は注意喚起の看板の設置 ・ ライフジャケットの装着	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	・ 天候条件: 雨天時は要相談、降雪時不可	—

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	橋梁点検士を取得している技術者が望ましい	—
	必要構成人員数	—	現場の状況によって、補助員を増員する場合あり
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	弊社における、撮影方法レクチャー受講が望ましい
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲: 約2m <sup>2</sup> (2m x 1m) 操作場所: 計測機器より10m以内	—
	点検費用	【橋梁条件①】 橋種 [コンクリート橋 溝橋以外] 橋長 10m 全幅員 5m 部位・部材[床版・橋台・地覆・橋面・高欄等] 活用範囲 [50]m <sup>2</sup> 検出項目 [ひびわれ、剥離・鉄筋露出、遊離石灰・漏水・滯水、防食機能の劣化 等] <費用> 合計 252,000円(税別・諸経費込み)  【橋梁条件②】 橋種 [コンクリート橋 溝橋] 橋長 2m 全幅員 25m 部位・部材[床版・橋台・地覆・橋面・高欄等] 活用範囲 [50]m <sup>2</sup> 検出項目 [ひびわれ、床版ひびわれ、その他(鉄筋露出・腐食/漏水・遊離石灰)不同沈下 等] <費用> 合計 180,000円(税別・諸経費込み)	※費用は、計画準備・現場撮影・3Dモデル及びPVを含む。 ※費用は、参考値。現場条件により異なる。(別途見積りを原則とする) ※点検調査の作成は要相談(別途見積り)
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	無: 人力型のため、手動にて制御	—
	利用形態:リース等の入手性	受託業務	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	弊社、ジビル調査設計株式会社にてサポート	—
	センシングデバイスの点検	センシングデバイス(カメラ)が不調の場合、交換対応	—
その他	—	—	

7. 図面

**平置き式**  
(床版・橋台・主桁・横桁撮影)  
カメラ最大10台

<p><b>MCS-Caster</b> 車輪：水位70mm未満</p>  <p>600 x 500 x 330mm (カメラ285mm)</p>	<p><b>MCS-Float</b> うき：水位70mm以上</p>  <p>660 x 640 x 390mm (カメラ335mm)</p>	<p><b>MCS-Slider</b> そり：土砂・汚泥時</p>  <p>660 x 1200 x 300mm (カメラ285mm)</p>	<p><b>MCS-B.C.</b> ボックスカルバート</p>  <p>※フレーム構成 現場状況による</p>
--	---	---	---

<カメラ最少被写体距離> 200mm (推奨250mm)

**縦置き式**

(地盤・橋面・高欄)  
カメラ最大4台

**MCS-Handy**  
手持ち式



1,500mm  
+Longユニット

特許出願中



LAN  
ケーブル

床版 撮影用カメラx5個

橋台 撮影用カメラx4個

照明用ライトx2個

タブレット

- ・カメラ選択
- ・シャッター

写真 <平置きタイプ-Caster：カメラ9個、照明2個仕様>







1. 基本事項

技術番号		BR010039-V0224			
技術名		ドローンを活用した橋梁点検技術(MATRICE300RTK+H20)			
技術バージョン		-		作成:	2024年3月
開発者		計測検査株式会社 九州電力株式会社			
連絡先等		TEL:	093-642-8231 (代表連絡先) 092-981-0808	E-mail:	kkeigyo@keisokukensa.co.jp(代表連絡先) drone@kyuden.co.jp ・計測検査株式会社 営業 (代表連絡先) ・九州電力株式会社 情報通信本部 ドローン事業グループ
現有台数・基地		10機	基地	〒810-8720 福岡県福岡市中央区渡辺通2丁目1番82号	
技術概要		本技術は、ドローンに搭載したカメラ(H20)で撮影した画像から損傷を把握する技術である。カメラはドローン機体の下部と上部に付け替えることで、正面、真上の撮影が可能であり、機体に搭載されたステレオカメラ、赤外線による障害物検知システムを搭載して飛行する。搭載したカメラ(H20)で撮影した画像から3Dモデルを作成し、3Dモデルに損傷写真をタグ付けすることができる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋			
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)			
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ ⑪うき		
		その他			
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑪変色・劣化 ⑫漏水・滞水 ⑬変形・欠損		
検出原理	画像(静止画/動画)				

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		移動装置:ドローン(MATRICE300 RTK(DJI社製)) 計測装置:カメラ(DJI Zenmuse H20(DJI社製)) データ収集・通信装置: microSDカード	
移動装置	機体名称	MATRICE300 RTK	
	移動原理	【飛行型】 ・4枚の羽根により飛行し、任意の方向に移動を行う。 ドローンの飛行は、飛行環境により自動飛行が可能であるが基本的に手動飛行にて行う。	
	運動制御機構	通信	・通信種別:無線 ・周波数帯:2.4GHz帯小電力データ通信システム ・出力:100mW以下
		測位	・GNSS及びRTK測位システム ・デュアルビジョンカメラ ・赤外線センサー
		自律機能	・GNSSおよびRTK測位システムにより自動ホバリング ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する ※アプリケーションにて任意の距離に設定の変更が可能
	外形寸法・重量	810x670x430mm(長さx幅x高さ) 機体:約3.6kg バッテリー:約1.35kg(1個の重量であり飛行には2本必要) カメラH20:678g±5g カメラH20、バッテリー搭載時:約7.0kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	2.7 kg	
	動力	・名称 TB60 ・容量 5935 mAh ・バッテリータイプ LiPo 12S ・電力 274 Wh ・正味重量 約1.35 kg ※1個の重量であり飛行には2本必要	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約45分の飛行が可能(バッテリー100%から0%まで飛行時) ※カメラを搭載し、気温25度、無風、ホバリング状態での飛行時間。 ※安全に着陸するため、飛行環境によりバッテリー残量20%~30%程度で着陸を行う。 そのため、実飛行時間は約30分となる。	
計測装置	設置方法	・機体上部もしくは下部に装着。 ※専用工具、ボルト、ナットなどは不要。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	[DJI Zenmuse H20] ・150×114×151mm ・678g±5g	
	センシングデバイス	カメラ	センサー:1/1.7インチCMOS 有効画素数:20 MP 動画解像度:3840×2160、30fps 1920×1080、30fps 静止画解像度:5184×3888 光学ズーム:23倍(デジタルズームと光学ズームで最大200倍)
		パン・チルト機構	・3軸(ピッチ、ヨー、ロール) ピッチ:-120°~+30° ヨー:±320° ロール:-90°~+60° ※制御精度 ±0.01°
		角度記録・制御機構 機能	・角度記録、ジンバルにて全方向の制御可能
		測位機構	・ドローン本体からの測位情報を利用して画像に記録 ・画像の位置情報は、飛行撮影後にSfM (Structure from Motion) 技術により解析可能。
	耐久性	・保護等級 IP44 ・動作環境温度-20℃~50℃	
	動力	・ドローン本体のバッテリーより供給	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ドローン本体のバッテリー残量に依存	
	データ収集・通信装置	設置方法	・microSDカード(最大容量:128 GB、UHS-1 スピードクラス3が必要)をカメラに装着。
外形寸法・重量(分離構造の場合)		・11mm×15mm×1mm (microSDカード外形寸法)	
データ収集・記録機能		・カメラに装着したmicroSDカードに直接書き込み。	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		-	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		2-1-359	
動力		・ドローン本体のバッテリーより供給	

データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	
------------------------------	--



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	—
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 変化量:0cm	・風速:1.7m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	—
	標準試験値	未検証	—
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・水平8km	メーカーカタログ値 障害物や電波干渉がない場合
	標準試験値	標準試験方法 (2022) 実施年 2022年 可動範囲 ・42.5m	・風速:1.7m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	●メーカーカタログ値 ホバリング精度 (GPSあり、Pモード) 垂直: ±0.1 m (ビジョンシステム有効時) ±0.5 m (GPS有効時) ±0.1m (RTK有効時) 水平: ±0.3 m (ビジョンシステム有効時) ±1.5 m (GPS有効時) ±0.1 m (RTK有効時)	—
	標準試験値	未検証	—

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	—	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・0.063m/sec	・風速:2.1~2.7 m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	ひび割れ幅:計測精度 0.1mm:0.02mm 0.2mm:0.05mm 0.3mm:0.05mm 0.5mm:0.05mm 1.0mm:0.05mm	・カメラ名称:ZENMUSE H20 ・被写体距離:5.0m ・平均風速:3m/s(最大風速5m/s)の自然風 ・ズーム倍率:10倍(光学ズーム) ・焦点距離:235mm(35mm判換算) ・絞り:オート ・ISO値:オート ・画像Pixel数:5184x3888	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.05mm ・ひびわれ幅 0.05mm: 計測精度 0.17mm ・ひびわれ幅 0.1mm: 計測精度 0.24mm ・ひびわれ幅 0.2mm: 計測精度 0.17mm ・ひびわれ幅 0.3mm: 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 1.0mm: 計測精度 0.12mm	・被写体距離:4.5、5.0 m ・照度:10.8~67.7klx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	—
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・相対誤差:0.45%	・真値=5.373m ・測定値=5.349m ・被写体距離:5.0m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	—
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 絶対誤差(Δx、Δy)=(0.011、0.031)(m)	・真値(x、y)=(-4.830、 -2.353)m ・測定値(x、y)=(-4.819、 -2.322)m ・被写体距離:5.0m
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	—		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:24.7~56.2klx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 画像処理・調書作成支援

<b>変状検出手順</b>	<p>本技術のサービスは撮影から損傷の抽出、3Dモデルを使用した成果品(3Dモデル内で損傷箇所の把握と詳細画像の確認ができる)を作成するものである。                  損傷の抽出は、検査員が画像からの目視にて行う。</p> <p>①ドローンで対象物に正対(角度等の物理的に正対が不可能な場合は斜めから撮影)して撮影したデータから、PCにて検査員の目視で損傷と分かる画像、又は映像を静止画に切り出す。ひび割れなどの損傷が長く、1枚の画像に入りきらないものは画像合成を行い、1枚の画像とする(手動)                  ②上記作業とは別に撮影した画像、又は映像からPix4Dmapperにて3Dモデルを作成する。(自動)                  ③Pix4Dmapperより出力される3Dメッシュモデル(fbxファイル)を用いて、最終的にNavisworks Manage(市販ソフト)へ出力を行う。(手動)                  ④Navisworks Manage(市販ソフト)にて、3Dモデル上の損傷箇所に任意の名称にてタグを埋め込む。(手動)                  ⑤タグを埋め込んだ損傷に対応する、①にて作成した写真の紐付けを行う。(手動)                  ⑥成果品はNavisworks Freedom(無償版)にて閲覧が可能。</p>		
<b>ソフトウェア情報</b>	<b>ソフトウェア名</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Pix4Dmapper(市販ソフト)</li> <li>・Navisworks Manage(市販ソフト)</li> <li>・Navisworks Freedom(無償版)</li> </ul> ※Navisworks Freedom(無償版)は成果品閲覧用	
	<b>検出可能な変状</b>	腐食／亀裂／ゆるみ・脱落／破断／ひびわれ／変形・欠損／漏水・遊離石灰／剥離・鉄筋露出／補修・補強材の損傷	
	<b>損傷検出の原理・アルゴリズム</b>	ひび割れ	・PCに取り込んだ画像及び映像から目視確認して行なう。
		ひび割れ幅および長さの計測方法	—
		ひび割れ以外	・PCに取り込んだ画像及び映像から目視確認して行なう。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	画像
	<b>取り扱い可能な画像データ</b>	ファイル形式	jpg, jpeg, tif, tiff
		ファイル容量	—
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		—	
その他留意事項		・ひびわれから遊離石灰が析出している場合、チョーク線が重なっている場合などは、ひびわれの検出が困難。	
<b>出力ファイル形式</b>	Navisworks Manageにてnwdファイルにて出力、閲覧はNavisworks Freedom(無償版)で可能		
<b>調書作成支援の手順</b>	—		
<b>調書作成支援の適用条件</b>	—		
<b>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</b>	—		

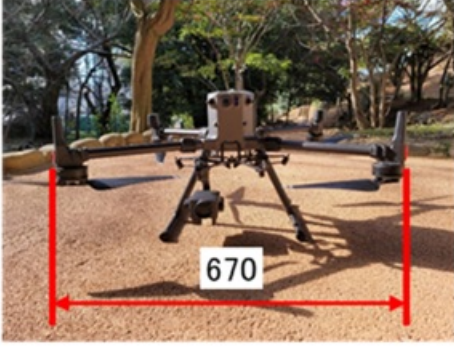
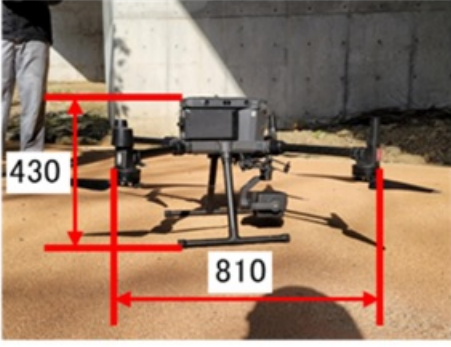


6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	・桁下高3m以上 ・撮影に必要な被写体照度を確保できること。 上方向に対しては、機体に搭載される補助照明装置の使用を検討する。(有効照射距離5m)	—
	周辺条件	・飛行の障害となる物件、草木等が無いこと。 ・突風などにより機体の姿勢を立て直すため空間とし10m程度の空間を確保することが望ましい。	・空港などの航空法に関わる場合は調整が必要。
	安全面への配慮	・低空(2m)にて機体が正常に動作するかテスト操作を行う。 ・飛行区域に第三者が立ち入らないように関係機関と協議を行なうことを基本とし、現地状況に合わせて適切な監視員、侵入防止措置を実施する。 ・機体耐風速(15m/s)以内であることを確認する。	—
	無線等使用における混線等対策	・付近に機体の無線操縦に影響する強い電波が出ていないか、計器を用いて確認する。 ・操縦装置と機体をリンクする際には双方を十分に近づけ、第三の操縦装置とリンクさせないように徹底する。 ・同じ点検現場で2機以上同時に飛行させる場合は、操縦者同士が声を掛け合い、操縦装置と機体をリンクさせるタイミングが合わないよう徹底する。	—
	道路規制条件	・飛行する範囲が道路直上などにおよぶ場合は、交通規制など別途安全対策の併用を検討する。	—
	その他	・雨天時の運用は不可とする。 ・濃霧の場合も運用は不可とする。	—

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	- ・機体操縦者は国土交通省の発行する飛行許可・承認書を持つもの
	必要構成人員数	- ・機体操縦者1名 ・カメラ操縦者1名 ・監視人1名
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	- ・機体操縦者は国土交通省の発行する飛行許可・承認書を持つもの
	作業ヤード・操作場所	- ・機体の挙動が把握できる位置で、操縦者が安全かつ安定して立てること。 ・操縦者に対して必要かつ適切な助言が可能な位置に、操縦補助者が安全かつ安定して立てること。
	点検費用	- 【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 77m 全幅員 13m 部位・部材 [上部構造/下部構造] 活用範囲 [1,000㎡(路面を除く上部工下部工を対象)] 検出項目 [腐食/亀裂/ゆるみ・脱落/破断/ひびわれ/変形・欠損/漏水・遊離石灰/剥離・鉄筋露出/補修・補強材の損傷] <費用> 合計 600,000円
	保険の有無、保障範囲、費用	- ・対人対物 100,000,000円
	自動制御の有無	- ・GNSSおよびRTK測位システムにより自動ホバリングおよび自動飛行 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う。 ・デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する ※衝突回避については、付属のアプリケーションにて任意の距離に設定が可能
	利用形態:リース等の入手性	- ・業務委託
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	- ・サポート制あり
センシングデバイスの点検	- ・各飛行前に日常点検を行う。 ・年に1回、自主点検を実施。 ・各飛行前に低空での挙動確認を実施	
その他	- ・河川流路上を飛行する際には、下部ビジョンセンサーをOFFにすること。	

7. 図面

正面	側面
	
上面	上向きジンバル装着状況
	

### 1. 基本事項

技術番号	BR010040-V0224			
技術名	内視鏡 (IPLEX) による狭隙部を有する橋梁の点検支援技術			
技術バージョン	—	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社エビデント			
連絡先等	TEL: 03-6901-4090	E-mail:	kazuyoshi.shinomura@evidentscientific.com (代表連絡先) tatsuya.ito@evidentscientific.com 東日本産業販売促進 篠村和美 (代表連絡先) 東京検査営業 伊藤達哉	
現有台数・基地	20台程度	基地	東京都新宿区西新宿2-3-1 新宿モリスビル	
技術概要	内視鏡 (IPLEX) により、橋梁の狭隙部の目視点検等を可能にし、内視鏡 (IPLEX) の機能を利用することで、点検対象構造物の画像撮影や計測機能による桁側面のひびやクラック幅など寸法測定も可能。内視鏡 (IPLEX) は、橋梁の狭隙部の状況把握や定量評価を支援する非破壊調査方法である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造 (主桁, 主桁ゲルバー部, 横桁, 床版) 下部構造 (橋脚, 橋台) 支承部 (落橋防止システム, 沓座モルタル)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ ⑫うき	
		その他	⑬遊間の異常	
共通	⑱定着部の異常 ⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水			
検出原理	画像 (静止画 / 動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		計測装置: <ul style="list-style-type: none"> <li>・内視鏡:IPLEXシリーズ ステレオ計測モデル (外径φ6mm、有効長3.5m～)</li> <li>・光学アダプター:AT120D/FF、AT120S/FF、AT60S/60Sステレオ計測</li> <li>・挿入ガイドチューブ:フレキシブルガイドチューブ</li> </ul> データ収集・通信装置: <ul style="list-style-type: none"> <li>・SDHCカード</li> </ul>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	【人力】 機材は片手で保持することが可能で、高所や狭い現場などに、作業員が持ち込んで、使用する	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—		
計測装置	設置方法	—	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	【内視鏡:IPLEX G-Liteの場合】 機材寸法:128(幅)×203(高さ)×110(奥行)mm 機材重量:1.3Kg(ケーブル長3.5mの場合)	
	センシングデバイス	カメラ	IPLEX用CCD小型カメラ
		パン・チルト機構	先端湾曲全方向 150度
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性	・挿入部:防水構造/光学アダプター装着した状態で、水中使用可能。 ・挿入部以外(本体など)IP65準拠/水中では使用できません。	
動力	【内視鏡IPLEX G-Liteの場合】 ・AC駆動:100V～240V、50/60Hz (付属ACアダプター使用のこと) ・DC駆動:7.4V(付属バッテリー使用のこと)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約90分 (-10～40℃ 新品バッテリー使用時の参考値)		
データ収集・通信装置	設置方法	・機器本体にSDHCカードを装着してデータを保管	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・市販のSDHCカードを使用	
	データ収集・記録機能	・記録メディア(SDHCカード)に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	—	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	



### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	-	-
	標準試験値	標準試験方法 狭隘部 (2022) 実施年 2022年 【下方からの進入】 ・狭隘度:30mm ・進入深さ:3m ・曲がり回数:1回  【横からの進入】 ・狭隘度:30mm ・進入深さ:3m	供試体諸元 【下方からの進入】 ・狭隘度:30~100mm ・進入深さ:1~3m ・曲がり回数:0~1回  【横からの進入】 ・狭隘度:30~100mm ・進入深さ:1~3m
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・10m	ケーブル長さの範囲による(最大10m)
	標準試験値	標準試験方法 (2022) 実施年 2022年 進入深さ3m	供試体諸元 【下方からの進入】 ・狭隘度:30~100mm ・進入深さ:1~3m ・曲がり回数:0~1回  【横からの進入】 ・狭隘度:30~100mm ・進入深さ:1~3m
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※		-		
		性能値	-	-		
		標準試験値	-	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※		有		
		性能値	内視鏡 (IPLEX) のステレオ計測によるクラック幅測定における測定結果の目安 		・計測モードは2点間測定で実施。 ・光学レンズ面から物体(クラック)までの距離は左図で示した通り、なるべく近づける事(クラック幅の拡大)で精度が上がる。 ・ステレオ計測レンズの観察深度(物体距離)の限界値は4mmとなり、それ以上距離を近づけると画像のピントが合わないので注意が必要。 ・ステレオ計測レンズの視野から測定するクラック幅などがはみ出さないようにする。 ・物体までの距離が離れると、測定精度が落ちてしまう。(物体までの距離が30mmの場合、測定精度は±10%程度となる。)	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:- ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.13mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.53mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.30mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.17mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.15mm		・照度:0 klx(狭陰部のため) ※自動調光	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※		-	
			性能値	-	-	
			標準試験値	-	-	
		位置精度	性能確認シートの有無 ※		-	
			性能値	-	-	
			標準試験値	-	-	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有			
	性能値	・フルカラーチャート識別可能		①光学系の焦点が合っていること ②適切な照明がなされていること		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能		・照度:0 klx(狭陰部のため) ※自動調光		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①抽出したひびわれを目視で確認する。(手動) ②ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。(手動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	-		
	検出可能な変状	-		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	-	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅、長さとも、内視鏡光学系に三角測量の原理を取り込み実測する	
		ひび割れ以外	-	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
		変状の描画方法	-	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	静止画像記録:JPEG圧縮	
		ファイル容量	1MB程度	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		H768 × V576(Pixel) 当機材の機器仕様による		
その他留意事項		-		
出力ファイル形式	・JPEG(非計測画像) ・TIF(計測画像)			
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②点検調書の様式をPCに取り込み、PC上でデータの確認する。 ③画像データをPCに取り込み、画像データに番号を付ける。 ④点検調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑤損傷が映っている写真を手動で抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑥PCに入力した点検調書データを出力する。		
調書作成支援の適用条件		1)適切な条件で撮影されていること(白飛びが無いなど) 2)物体距離が、前記の範囲にあること		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		当社で用意しているものではありません。 市販のものなどを利用いただくことになります。		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	桁下は人が進入できる箇所 等	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	計測中は注意喚起の看板の設置 等	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	装置の設置・撤去時は交通規制の必要はない	—
	その他	計測時間や時期の制限なし 使用温度-25℃~100℃以内 大雨の場合、計測不可。 高所を計測する場合には、足場あるいは高所作業車が必要である。	—

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	内視鏡の取り扱いに慣れていること。	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	作業員が立ち入ることができれば可	—
	点検費用	<p>&lt;内視鏡購入費用&gt; 合計 4,077,000円~(経費・検査費用は含まず)</p> <p>【橋梁条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋種 [鋼橋・コンクリート橋]</li> <li>・橋長 「指定なし」</li> <li>・全幅員 「指定なし」</li> <li>・部位・部材[桁端側面、台座など]</li> <li>・活用範囲 [ 4 ]m2</li> <li>・検出項目 [ひびわれ]</li> </ul>	<p>【参考】</p> <p>&lt;機材購入費のみ&gt; IV9635GLite+オプション ・3,882,000円~ ※上記仕様:IPLEXG-Lite 外径φ6mm、有効長3.5m、ステレオ計測可能 ※内視鏡の機種、長さ、オプションにより価格は変わります。</p> <p>&lt;上記機材リースの事例&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・月額77,640円×60回(5年リースの場合4,658,400円)</li> <li>※リース会社により変動あり。</li> <li>※リース会社により動産保険あり。</li> <li>※内視鏡の機種、長さ、オプションにより価格は変わります。</li> </ul> <p>&lt;上記機材レンタルの事例&gt;</p> <p>(株)エビデントからレンタルした場合の金額 ・388,200円(1週間)+配送料・全国一律10,500円 ※最大2週間までレンタル可能(機材購入金額の料率17%) ※内視鏡の機種、長さ、オプションにより価格は変わります。 ※その他、レンタル会社からのレンタルもあり</p>
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自動制御無し	—
	利用形態:リース等の入手性	<p>【購入、リース、レンタル】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・購入:弊社販売店</li> <li>・リース:リース会社</li> <li>・レンタル:(株)エビデント及びレンタル会社</li> </ul>	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポートあり	—
	センシングデバイスの点検	JISに基づく点検などはありませんが、弊社メーカー営業で、対応	—
その他	—	—	

## 7. 図面

【内視鏡IPLEX G-Liteの場合】

外形寸法	128(W) x 203(H) x 110(D) mm (挿入部を含まず)
質量 (バッテリーとSDHCカード 含む)	IV9420GL : 1.15 kg
	IV9435GL : 1.21 kg
	IV9620GL : 1.23 kg
	IV9635GL : 1.34 kg
	IV96100GL : 1.83 kg
LCD 液晶パネル	4.3 型(インチ)TFT フルカラー低外光反射タイプ

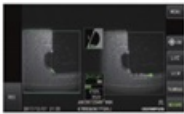


### 10 計測方法の種類

スチレオ計測を開始した直後または計測メニュー画面で「計測方法」を選択した場合、計測方法選択画面が表示されます。計測方法には以下の4種類があります。

#### ■ 二点間計測

指定した2点を結ぶ線分の長さを求めます。測りたい長さの両端にそれぞれカーソルを合わせて [MEAS/OK] ジョイスティックを押し、計測点を指定します。



二点間計測



#### ■ 面基準計測

3点で指定した基準面から計測点までの距離を求めます。深さまたは高さを表します。高さは正の値、深さは負の値で結果が表示されます。

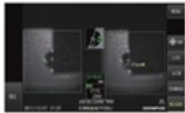


面基準計測



#### ■ 線基準計測

2点で指定した基準線から計測点までの距離を求めます。



線基準計測

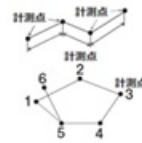


#### ■ 面積/全長計測

2点以上指定されたそれぞれの道路の長さの合計を求めます。最後に計測点を指定したときに最初の線と最後の線が交差すると図形が判して面積を求めます。ただし、この値は測定対象の正確な表面積ではなく、領域を三角形で分割して求めた近似値です。一回の計測で最大20点まで指定できます。



面積/全長計測



[製品紹介動画リンク](#)

<https://www.olympus-ims.com/ja/video/ipllex-g-lite-introduction/>

1. 基本事項

技術番号	BR010041-V0224			
技術名	全方向水面移動式ボート型ドローンを用いた橋梁点検支援技術			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク			
連絡先等	TEL: 06-6736-5355	E-mail: jiw_dbk@jiw.co.jp	事業推進部・建設土木担当	
現有台数・基地	J-boat [type-P] 2台(溝橋用) [type-S] 3台(洗堀用)	基地	〒537-0021 大阪府大阪市東成区東中本3-16-23 東成第一ビル3F	
技術概要	<p>[type-P] 本技術は、桁下空間が狭い橋梁(溝橋)に対して、最小桁下空間横幅1.5m、桁下高50cmであれば進入可能で、水面上を全方向で移動できる、ボート上面に4つのプロペラを有したボート型のドローンにより撮影された画像から損傷を把握する技術である。撮影画像は、手元のモニターで確認し、搭載されたデジタルカメラのSDカードに保存される。</p> <p>[type-S] 水面上を全方向へ移動できる、ボート上面に4つのプロペラを有したボート型のドローン。機体中央部にソナーを搭載しており、橋脚の周りを計測することで、橋脚周りの河床状況を確認が可能な技術である。計測された情報は手元のモニターで確認できる他、機体上にあるソナー本体内のSDカードに保存される。</p>			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(基礎) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版・側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑩床版ひびわれ	
		その他		
		共通	⑨洗堀	
検出原理	画像(静止画/動画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>【type-P】溝橋用 本計測機器は複数(4つ)のプロペラを有するボート型ドローンである。移動装置の前方上部にデジタルカメラを専用ジンバルに固定して撮影を行うものである。ボート型ドローンの機体上にLEDライトとデジタルカメラを搭載、遠隔映像伝送装置を通じて機体側のデジタルカメラと手元モニター間を接続し、手元モニターの映像を確認しながら、プロポ(送信機)を使ってボート型ドローンの操作を行う。手元モニターを見ながら撮影した画像は、デジタルカメラに内蔵されているSDカードに記録・保存される。計測終了後、計測データはデジタルカメラからSDカードを取り外しPCにデータを取り込んでから処理を行う。</p> <p>アタッチメントの変更により、既定のデジタルカメラ以外のカメラを用いることが可能であり、また、通信機器(プロポ、遠隔映像伝送装置)も仕様の変更が可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン本体(カメラ搭載)</li> <li>・プロポ</li> <li>・モニター</li> <li>・三脚</li> <li>・遠隔伝送装置</li> <li>・PC(SDカード)</li> </ul>	
		<p>【type-S】洗堀用 本計測機器は複数(4つ)のプロペラを有するボート型ドローンである。移動装置の中央部にソナー機器を搭載して橋脚周辺を航行することで、河床状況のデータを取得するものである。プロポ(送信機)を使ってボート型ドローンの操作を行い橋脚周辺の計測を行う。計測終了後、ソナーデータをソナー本体SDカードから読み取り確認を行う。または、手元のスマートフォンとソナー機器の接続を行い。画像を確認しながら記録を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン本体(ソナー搭載)</li> <li>・プロポ</li> <li>・スマートフォン</li> <li>・三脚</li> <li>・PC(SDカード)</li> </ul>	
移動装置	機体名称		・J-Boat type-P、J-Boat type-S
	移動原理		【水上型ドローン】 上面に複数(4つ)のプロペラを有するボート型ドローン 浮遊型。複数のプロペラを異なった方向に有することにより希望する全方向への移動を可能にする。
	運動制御機構	通信	・【無線】 周波数: 2.4GHz帯, 5GHz帯等(変更可)
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量		<p>【type-P】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・固定構造(移動装置+計測装置)</li> <li>・最大外形寸法(L100cm×W70cm×H30cm)</li> <li>・最大重量(7.5kg)</li> </ul> <p>【type-S】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・固定構造(移動装置+計測装置)</li> <li>・最大外形寸法(L105cm×W85cm×H38cm)</li> <li>・最大重量(14kg)</li> </ul>
搭載可能容量(分離構造の場合)		約1.5kg	
動力		<p>【type-P】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリーなどの仮設電源が必要</li> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・電源供給容量: バッテリー</li> <li>・定格容量: 14.8V、10Ah</li> </ul> <p>【type-S】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリーなどの仮設電源が必要</li> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・電源供給容量: バッテリー</li> <li>・定格容量: 14.8V、10Ah</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		・30分(外気温: 18℃の場合)環境、使用方法による	
設置方法		<p>【type-P】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置の前方上部に計測装置(カメラ)をボルト・ナット、両面テープ等により取付を行う。</li> </ul> <p>【type-S】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置の中央部に計測装置(ソナー)を積載する。</li> </ul>	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		—	
センシングデバイス	カメラ	<p>【type-P】</p> <p>SONY製カメラ DSC-RX100IV センサー: 1.0型(13.2 x 8.8mm) Exmor CMOSセンサー 画素数: 2100万画素 ※変更可</p> <p style="text-align: right;">2-1-376</p> <p>【type-S】</p> <p>LOWRANCE製ソナー HDS-7 LIVE ※変更可</p>	



計測装置	パン・チルト機構	[type-P] ・鉛直 最大稼働角度100度(-10°~90°)
	角度記録・制御機構 機能	[type-P] ・ジンバルにて制御可能
	測位機構	[type-S] ・GPS(みちびきCLAS対応)
	耐久性	—
	動力	・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・計測機器のバッテリーを充電
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	[type-P] ・静止画:165分 動画:80分	
	[type-S] ・ソナー:45分	
データ収集・通信装置	設置方法	一体構造
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	・記録メディア(SDカード)に保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	—
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	[type-P] ・幅1.5m×高さ0.35m	[type-P] ・幅1.5m×高さ0.35mの空間であれば進入可能 ・最浅部水深が10cm以上あること
	標準試験値	標準試験方法 溝橋(2022) 実施年 2022年 ・挿入空間(幅2.50m×桁下1.21m)	・水深:29cm ・流速:0.476m/s ・濁度:14.10FUN
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・最大300m	・転送範囲内
	標準試験値	標準試験方法 溝橋(2022) 実施年 2022年 ・24.2m	・水深:30cm ・流速:2.467m/s ・濁度:66.6FUN
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	[type-P] ・0.3m/s [type-S] ・~0.8m/s	—	
		標準試験値	未検証	—	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	[type-P] ①ケース1 ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.098mm 誤差0.02mm ひびわれ幅0.2mm 計測精度0.196mm 誤差0.04mm ひびわれ幅0.5mm 計測精度0.432mm 誤差0.068mm ②ケース2 ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.119mm 誤差0.02mm ③ケース3 ひびわれ幅0.1mm 計測精度0.084mm 誤差0.016mm	①被写体距離1m 室内検証 横 大きさ5472×3648 f1.8 1/30 ISO125 焦点距離9mm 24.545mm(35mm換算) 横 1pixelあたり0.098mm 縦 1pixelあたり0.098mm ②被写体距離1.22m 屋外検証 横 大きさ5472×3648 f2 1/500 ISO125 焦点距離9mm 24.545mm(35mm換算) 横 1pixelあたり0.119mm 縦 1pixelあたり0.119mm ③被写体距離0.42m 屋外検証 縦 大きさ5472×3648 f2 1/500 ISO125 焦点距離9mm 24.545mm(35mm換算) 横 1pixelあたり0.042mm 縦 1pixelあたり0.042mm	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.1mm  ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.16mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.16mm	・被写体距離: 1.0~2.2 m ・照度: 10.6~47.7kLux	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.1mm  ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.16mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.16mm	・被写体距離: 1.0~2.2 m ・照度: 10.6~47.7kLux	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
			標準試験値	—	—
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	—	—
標準試験値			—	—	
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	未検証	—		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度: 10.9~26.3kLux		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>【type-P】</p> <p>①損傷の画像を撮影する。(手動)</p> <p>②対象損傷との離隔を計測し、キャリブレーションを行う。(手動)</p> <p>③キャリブレーション画像と取得画像を対比し、相対的にひびわれの幅及び長さを算出する。(手動)</p> <p>【type-S】</p> <p>①橋脚周辺を橋脚から複数回離隔を変えて計測を行う。</p> <p>②水面の高さの計測を行う。</p> <p>③河床の深さを図面及びデータとして記録する。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>【type-P】</p> <p>Windowsの写真編集ソフト</p> <p>【type-S】</p> <p>Leaf Master</p>	
	検出可能な変状	<p>【type-P】</p> <p>・ひびわれ(幅および長さ), 剥離・鉄筋露出</p> <p>【type-S】</p> <p>・洗堀</p>	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<p>【type-P】</p> <p>撮影離隔測定後、キャリブレーションから幅を計測。                      焦点距離24mm(35mm換算)                      離隔30cm→幅0.05mm                      離隔1m→幅0.1mm                      離隔2m→幅0.2mm                      離隔3m→幅0.3mm                      離隔4m→幅0.5mm</p>
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<p>【type-P】</p> <p>画像及び撮影離隔からキャリブレーションの対比で寸法及び長さの算出を行う。                      離隔1mの場合撮影画角が幅0.55m縦0.366667mとなる。記録サイズが4864×3648なので、1pixelあたり0.11mmとなる。</p>
		ひび割れ以外	<p>【type-P】</p> <p>伝送の画像を確認しながら取得を行う。</p> <p>【type-S】</p> <p>ソナーデータの解析を行う。</p>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	—
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	<p>【type-P】</p> <p>JPEG,MP4</p> <p>【type-S】</p> <p>SL2, SL3, MP4</p>
		ファイル容量	—
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		—	
その他留意事項		—	
出力ファイル形式	JPEG,MP4		
調書作成支援の手順	—		
調書作成支援の適用条件	—		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	—		

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	【type-P】 桁下高0.5m~4.0m 進入までに障害物がない箇所 【type-S】 桁下高さ1.0m~ 水面に着水が可能な場所	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	【type-P】 最大100mで伝送範囲内の作業 流速が0.3m/s以上は中止 【type-S】 最大約300m程度で、伝送範囲内の作業 流速が0.85m/s以上は中止	—
	無線等使用における混線 等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	【計測不可状況例】 【type-P】 ・降雨時(目安10mm/h~20mm/h)水滴がカメラにつくと不可 ・最浅水深10cm未満 ・流速が0.3m/s以上の河川及び水路 ・ボート着水が困難な箇所 【type-S】 ・最浅水深20cm未満 ・流速が0.85m/s以上の河川 ・ボート着水が困難な箇所	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	社内の操作研修にて操作方法習得	-
	必要構成人員数	現場責任者1名、船体操作1名、補助員1名、船体安全確認者1名 合計4名(最低人数3名 現場責任者除く3名)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	特になし	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲: 2m2 操作場所: 計測機器より300m以内	-
	点検費用	<p>【橋梁条件】</p> <p>&gt;type-P 橋種 [溝橋] 橋長 4m 全幅員 25m 部位・部材[頂版・側壁] 活用範囲 [100]m2 1日あたり5橋程度点検可能 [500]m2 検出項目 [ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水、遊離石灰] &lt;費用&gt; 合計 500,000円(税込み) 5橋あたり ※直接人件費、直接経費(機体損料、旅費・交通費概算)、諸経費</p> <p>&gt;type-S 橋種[鋼橋] 橋長 275m 全幅員 11.4m 部位・部材[橋脚] 活用範囲 橋脚2基 1日あたり6基程度点検可能 検出項目[洗堀] &lt;費用&gt;合計700,000円(税込み) ※直接人件費、直接経費(機体損料、旅費・交通費概算)、諸経費</p>	<p>【費用における委託範囲】</p> <p>&gt;type-P ・外業: 現地状況確認および撮影 ・内業: 撮影データ、撮影記録(野帳等)の整理・納品 ・使用計画書・点検調書の作成は含みません ・現地撮影の範囲は損傷程度、撮影当日の水深、風速、河川の場合の流速状況、電波伝送状況などによって変動します。</p> <p>&gt;type-S ・外業: 橋脚周りの河床データを取得 ・内業: ソナーデータ、河床深さを整理 ・使用計画書・点検調書の作成は含みません ・測定手順は、撮影当日の水深、風速、河川の場合の流速状況、電波伝送状況などによって変動します。</p>
	保険の有無、保障範囲、費用	保険加入していない	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-	
センシングデバイスの点検	-	-	
その他	-	-	

7. 図面

**機体仕様**

100cm (width), 70cm (depth), 70cm (height)

LEDパネル (カメラ角度と連動)  
カメラ + 距離計(センサー)  
機体とカメラの制御 + バッテリー  
プロペラ  
吊り下げ用ハンドル

**制御イメージ**

OPTセンサー  
検知範囲

**ジンバル及びカメラ概**

カメラ  
LEDパネル

**カメラ+LEDパネル稼働イメージ**

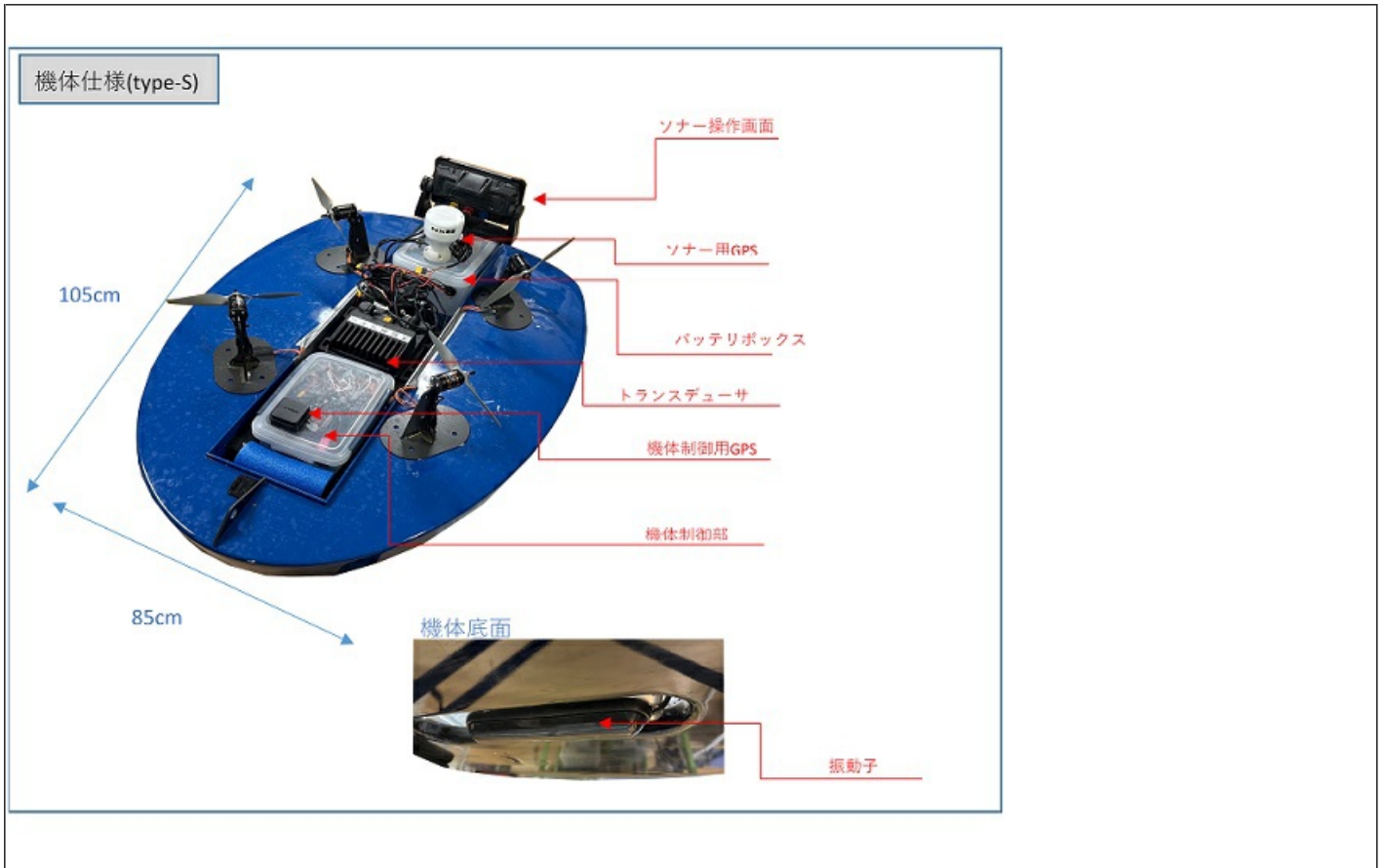
カメラ  
LEDパネル  
-10° ~ +90°

**ボート制御イメージ図(特許)**

青色の向きに風をプロペラでおこして、赤の方向に推進力を発生

機体	
サイズ	(長さ×幅×高さ)100×70×24cm
重量	約7.5kg (カメラ除く)
最高速度	約8km/h
連続稼働時間	20~60分程度 ※使用状況・バッテリーにより異なる
使用可能空間	(幅×高さ)1.5m×35cm以上
最大伝送距離	約300m ※環境により異なる
観測水深	10cm以上
カメラ	SONY製RX-100 ※変更可能

1.5m (width)  
35cm (height)  
10cm (depth)





1. 基本事項

技術番号	BR010042-V0224			
技術名	損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」			
技術バージョン	ver.20190606	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社計測リサーチコンサルタント			
連絡先等	TEL: 082-899-5470	E-mail: kimoto@krcnet.co.jp	クリエイティブ事業部 木本啓介	
現有台数・基地	—	基地	—	
技術概要	<p>・本技術は、ドローン等飛行型やポール型、手撮影等で連続撮影した画像を元に画像解析技術によりコンクリート表面の展開画像(オルソ画像)を作成し、そこからひびわれの位置と幅を抽出する技術である。これは、ひびわれ幅と[C1] (クラックインデックス)※の相関から、展開画像上のひびわれ概形をトレースすることで、指定幅内のひびわれ位置・幅を自動抽出できる。また、CADと同等の機能も有しており、ひびわれの他、画像から判読可能な剥離や鉄筋露出などの図化やDXFへの変換も可能である。</p> <p>※[C1]:ひびわれ近傍の濃淡の「特徴値×分布幅」</p>			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		-	
		ソフトウェアのため,計測機器は特にならない	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	-
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	ひびわれ幅0.1~1.0mm ・計測誤差±0.2mm以内	0.1mm~1.0mm幅のひびわれに対し、計測誤差±0.2mm以内 ・対象面に汚れがなく、濡れていない ・適正露出でブレのない撮影画像を用いる ・正対撮影(45度程度のおり撮影まで可) ・画素分解能1.0mm/pixelの画像から計測 ・同条件で撮影した模擬ひびわれシートなどを用いて、既知ひびわれ幅から[CI]とひびわれ幅の関係式を作成	
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅:0.1mm  ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.05mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.08mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.00mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.08mm	・被写体距離:4.6 m ・照度:6.65~61.5klx	
	4-3 オルソ画像精度	長さ計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	性能値	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・相対誤差:0.13%	・真値:5.590m ・測定値:5.597m  ・被写体距離:4.6 m
		位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・絶対誤差(Δx, Δy)=(0.006, 0.001) (m)	・真値(x, y)=(-5.077, -2.340)m ・測定値(x, y)=(-5.083, -2.339)m  ・被写体距離:8.5 m
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	性能値	-		
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:4.95~58.2klx		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>①展開画像作成:撮影画像から画像解析技術(SfM解析等)により展開画像を作成する。(当該システム対象外)</p> <p>②パラメータ作成:展開画像上の既知ひびわれ幅から[CI]とひびわれ幅の関係式を作成し、k-traceにパラメータとして挿入する。(手動)※既知ひびわれ幅がない場合は、模擬ひびわれシート等でも代用可</p> <p>③目視確認、概形トレース:展開画像を目視確認し、ひびわれ概形をトレースする。(手動)</p> <p>④[CI]算出:一定の探查幅内の各画素に含まれる濃淡レベルから自動で[CI]を算出する。(自動)</p> <p>⑤ひびわれ位置・幅算出:算出した[CI]からひびわれ位置・幅が自動抽出され、画像上のひびわれにライン情報として描画される。描画されたラインは、算出した幅に応じて任意区分ごとに色分けして表示される。(自動)</p> <p>⑥他損傷記述:ひびわれ以外の損傷を目視確認し、損傷をトレースする。(手動)</p> <p>⑦集計:ひびわれの起終点情報、延長、幅等を集計する。(自動)</p> <p>⑧変換:CAD等へ転記するためにDXFへ変換する。(自動)</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」ver.20190606(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ(幅および長さ)(自動検出)</li> <li>・剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/抜け落ち等画像から視認が可能な損傷(目視検出)</li> </ul>	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トレースによる自動検出:点検者が画像上のひびわれを目視確認し、ひびわれ概形をトレースすることで、ひびわれ近傍の濃淡の「特徴値×分布幅」[CI]からひびわれの幅・位置を自動検出</li> <li>・画像の画素分解能に応じたひびわれ幅と[CI]の関係性をパラメータとして挿入</li> <li>・撮影条件                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 使用するカメラ:センササイズが大きなカメラが有効</li> <li>2) 画素分解能:抽出すべき最小ひびわれ幅の3~5倍 ex. 0.1mm幅のひびわれを抽出する場合、0.5mm/pixel(5倍)</li> <li>3) 撮影角度:正対撮影(45度程度までは可能)</li> <li>4) ラップ率:オーバーラップ 80%、サイドラップ 50%程度</li> </ol> </li> <li>・カメラ設定                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ISO感度:可能な範囲で低感度</li> <li>2) 画質:最高(ファイン)</li> <li>3) 画質フォーマット:JPEG</li> <li>4) 注意事項:デジタルズーム機能は使用しないこと</li> </ol> </li> </ul>
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幅:ひびわれ幅と「特徴値×分布幅」[CI]の関係式より算出する。</li> <li>・長さ:[CI]により検出し、画像上のひびわれにフィットしたラインの延長を算出する。ピクセル単位で算出されるため、入力画像の画素分解能により換算。</li> </ul>
		ひび割れ以外	・一般的なCADと同等の機能により、人が画像を確認して、変状をトレース
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ:ポリライン</li> <li>・ひびわれ以外:ポリゴン</li> </ul>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	20000pixel×20000pixel
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		抽出すべき最小ひびわれ幅の3~5倍 ex. 0.2mm幅のひびわれを抽出する場合、1.0mm/pixelより高画素分解能	
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面の色(基調色)と画素分解能に合わせたひびわれ幅算出式の作成が必要</li> <li>・精度よく検出するためには、正対撮影が理想</li> <li>・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>・コンクリート表面の汚れ等で目視でもひびわれが判読できない場合は、検出不可</li> <li>・濡れた面のひびわれは検出が困難</li> </ul>	
出力ファイル形式	<p>k-traceオリジナル形式:TXT(抽出したひびわれの情報を画像座標として保存、ビューワ無し)</p> <p>展開画像に損傷を重ね合わせる場合:JPEG</p> <p>抽出した損傷をCADへ変換する場合:DXF</p>		
調書作成支援の手順	<p>①上記「変状検出手順」に従い、損傷抽出を実施する。</p> <p>②損傷抽出結果をDXF形式で出力し、任意のCADソフトにより所定の図面に合わせて損傷図を作成する。</p> <p>③点検調書(損傷図)の所定の項目に貼付する。</p> <p>④展開画像から損傷が映っている箇所を手動でキャプチャし、点検調書の所定の項目に貼り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。</p>		
調書作成支援の適用条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検対象範囲を網羅した画像を撮影すること</li> <li>・抽出すべき最小ひびわれに応じた画素分解能で撮影すること</li> <li>・目視で損傷が認識できる画像を取得すること</li> </ul>		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"> <li>・損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」ver.20190606(自社開発ソフト)</li> <li>・AutoCAD等の汎用CADソフトウェア</li> </ul>		

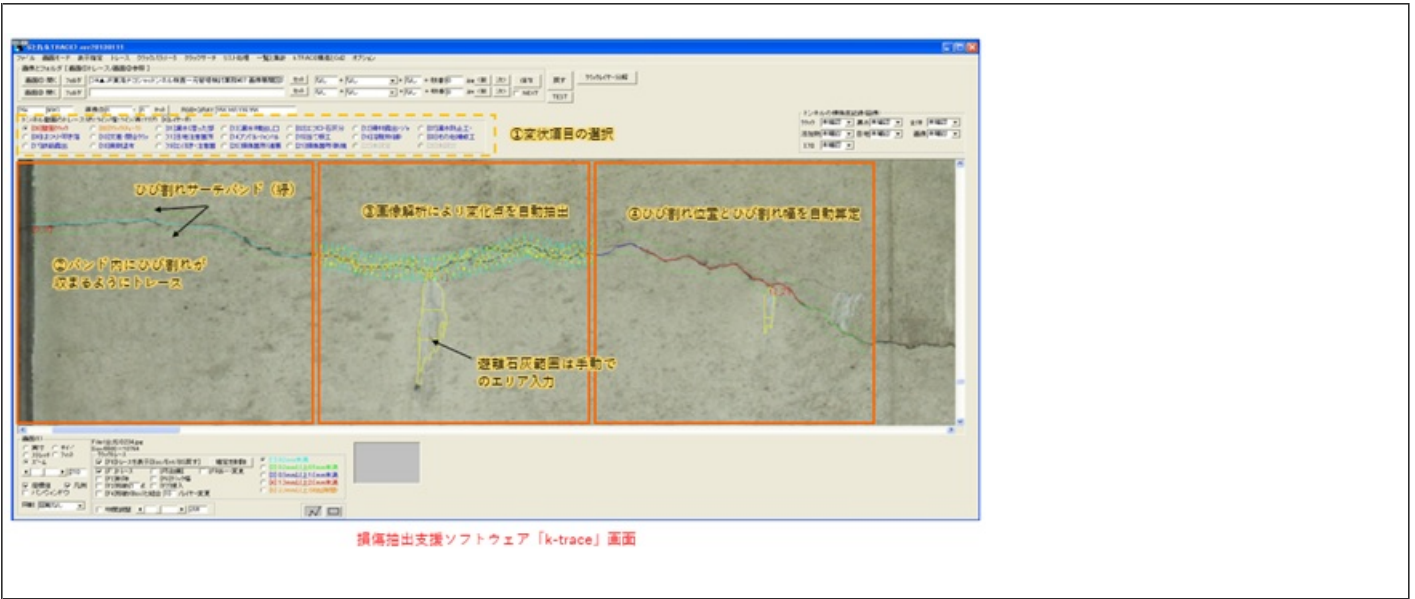
## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	—	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	—	—

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	—	—
	必要構成人員数	ソフトウェア操作者:1名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	PCが利用できる環境	—
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 100m 全幅員 10 m 部位・部材[上部構造(主桁)] 活用範囲 [ 1,000 ]m2 検出項目 [ ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰/抜け落ち ] <費用> 合計 200,000円 ※ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まない ※画像撮影、展開画像作成などの事前作業は別途とする。 ※1mm/pixの画素分解能の画像から0.2mm以上のひびわれ幅を抽出する場合	—
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	開発者による受託業務業務委託	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—	

## 7. 図面





1. 基本事項

技術番号	BR010043-V0224			
技術名	360度周囲を認識するドローンを用いた橋梁点検支援技術 (Skydio)			
技術バージョン	Ver 1.0.0	作成:	2024年3月	
開発者	エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社 (docomo business)			
連絡先等	TEL: 03-5156-2753	E-mail: infra-drones@ml.ntt.com	5G&IoT部 ドローンサービス部門 docomoskyチーム	
現有台数・基地	Skydio 2, Skydio 2+:100台 Skydio X2E Colorl, Skydio X2E Colorl/Thermal:5台	基地	〒107-0052 東京都港区赤坂1-8-1	
技術概要	<p>本技術は360度周囲を認識する機構を有し、自動および手動で損傷の状態を記録することが出来るドローンの技術である。                  本技術を用いることで非GNSS環境においても飛行をすることが出来る。                  自動飛行では構造物の形状を認識し構造物に沿った形で一定の離隔を保ち撮影することが可能となる。                  手動飛行では衝突回避機能を活用し最小120cmの狭小部に進入し撮影することが可能となる。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ④破断	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ	
		その他	⑯支承部の機能障害	
共通				
検出原理	画像(静止画/動画)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測に必要な機器は以下の通り。</li> <li>-ドローン</li> <li>-専用コントローラ (Skydio 2/Skydio 2+の場合は操作タブレットも必要)</li> <li>-専用操作アプリケーション</li> <li>・計測されたデータは計測機器に内蔵されるmicroSDカードに保存され、計測後に計測機器から取り外してPC等に取得する。</li> </ul>	
移動装置	機体名称	[Skydio 2] [Skydio 2+] [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color]	
	移動原理	【飛行型】 計測機器はドローンで、上下6つのカメラにより認識した情報をもとに対象物および周辺環境を自動認識できる。手動飛行および自動飛行は障害物を回避する機能が作動する。自動飛行中は対象物との距離を一定に保ちながら飛行する。	
	運動制御機構	通信	無線通信 周波数:2.4GHz、出力:10mW
		測位	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS</li> <li>・GLONASS</li> <li>・Visual-SLAM</li> </ul>
		自律機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS、GLONASS、Visual-SLAMによる自律飛行。</li> </ul>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Visual-SLAMによる障害物検知機能により、計測機器端より87cmの距離を保って回避する。モード切替により、手動飛行時は28cmまで接近することが可能である。</li> </ul>
	外形寸法・重量	[Skydio 2] ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(L223mmxW273mmxH74mm) ・飛行時重量(775g)  [Skydio 2+] ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(L229mmxW274mmxH126mm) ・飛行時重量(800g)  [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(L663mmxW569mmxH211mm) ・飛行時重量(1325g)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	腐食/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/漏水・遊離石灰/剥離・鉄筋露出/抜け落ち/支承部の機能障害	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給:移動装置のバッテリーより供給</li> </ul> [Skydio 2] [Skydio 2+] ・定格容量:11.4V 4280mAh / 11.4V 5410mAh (装着バッテリーにより異なる)  [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] ・定格容量:11.4V 8200mAh	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	[Skydio 2] [Skydio 2+] ・1フライト最大23分 / 最大27分(装着バッテリーにより異なる)  [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] ・1フライト最大35分	
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	一体構造のため記載なし	
	センシングデバイス	カメラ	[Skydio 2] [Skydio 2+] [Skydio X2E Color] ・SONY製 IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056 x 3040)、焦点距離(20mm ※35mm換算)  [Skydio X2E Color/Thermal] ・SONY製 IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3インチ)、ピクセル数(4056 x 3040)、焦点距離(41mm ※35mm換算)
		パン・チルト機構	鉛直-90°~90°
		角度記録・制御機構機能	角度記録あり、ジンバルにて鉛直方向の制御あり
		測位機構	GPS、GLONASS、Visual-SLAM、IMU、移動制御装置と併用
	耐久性	—	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより供給</li> </ul> 2-1-394		
	[Skydio 2] [Skydio 2+]		

	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4時間(外気温20℃、1回20分の測定)</li> <li>本体が過熱した場合は冷却が必要となる</li> </ul> [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] <ul style="list-style-type: none"> <li>・4時間(外気温20℃、1回30分の測定)</li> <li>本体が過熱した場合は冷却が必要となる</li> </ul>
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置と一体的な構造。</li> <li>・移動装置のスロットにmicroSDカードを設置する。</li> </ul>
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のmicroSDカードに記録する。</li> <li>・送信機に接続されたタブレット端末の内部ストレージに転送して保存する。</li> <li>・移動装置のスロットからmicroSDカードを取り出しパソコンもしくはクラウドソフトウェア(docomo sky Cloud)にアップロードして保存する。</li> </ul>
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	移動装置のバッテリーより供給
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	[Skydio 2] [Skydio 2+] [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] 機体中心から約50cm以内で安定	風速5m/s以下
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 [Skydio 2] [Skydio X2E Color/Thermal] ・変化量:0cm	[Skydio 2] 風速:4.1m/s  [Skydio X2E Color/Thermal] 風速:4.1m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	[Skydio 2] [Skydio 2+] 縦120cm、横120cm、高さ100cmの狭小部への進入可能  [Skydio X2E Color/Thermal] [Skydio X2E Color] 縦160cm、横160cm、高さ120cmの狭小部への進入可能	風速5m/s以下での運用を推奨
	標準試験値	未検証	—
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	[Skydio 2] [Skydio 2+] [Skydio X2E Color/Thermal] 操作場所から最大400m	操作場所から機体まで電波を遮る遮蔽物なく、周囲に電波干渉の原因となる要因がないこと
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 [Skydio 2] [Skydio X2E Color/Thermal] 可動範囲 42.5m	[Skydio 2] 風速:4.1m/s  [Skydio X2E Color/Thermal] 風速:4.1m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	—	—
	標準試験値	—	—

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
4-1 計測速度(撮影速度)		性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証		—
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 【Skydio 2】 ・0.068m/s  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・0.063m/s		【Skydio 2】 ・風速:0.1~3.0m/s  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・風速:1.2~3.8m/s
4-2 計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【Skydio 2】 最小ひびわれ幅:0.1mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.00mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.03mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 0.4mm : 計測精度 0.06mm  【Skydio X2E Color/Thermal】 最小ひびわれ幅:0.2mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.05mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.07mm ・ひびわれ幅 0.4mm : 計測精度 0.05mm		・明るさ1000lux以上
	標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上 (2019) 実施年 2022年 【Skydio 2】 最小ひびわれ幅: — ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.10mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.12mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.06mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.00mm  【Skydio X2E Color/Thermal】 最小ひびわれ幅: — ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.15mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.18mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.14mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.06mm		【Skydio 2】 ・照度:11.3~73.4klx  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・照度:10.7~60.4klx
計測装置 長さ計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証		—
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 【Skydio 2】 ・相対誤差:0.02% 2-1-397  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・相対誤差:0.02%		【Skydio 2】 ・真値=5.373m ・測定値=5.372m  ・被写体距離:1.0、2.0、3.0m  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・真値=5.373m ・測定値=5.372m

4-3 オルソ画像精度	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	・被写体距離:2.0、3.0、4.0m
		性能値	未検証	—
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 【Skydio 2】 絶対誤差 ( $\Delta x, \Delta y$ )=(0.010、0.019) (m)  【Skydio X2E Color/Thermal】 絶対誤差 ( $\Delta x, \Delta y$ )=(0.001、0.000) (m)	【Skydio 2】 ・真値(x,y)=(-4.830、-2.353)m ・測定値(x,y)=(-4.820、-2.372)m  ・被写体距離:1.0、2.0、3.0m  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・真値(x,y)=(-4.830、-2.353)m ・測定値(x,y)=(-4.829、-2.353)m  ・被写体距離:2.0、3.0、4.0m
4-4 色識別性能		性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	—
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 【Skydio 2】 ・フルカラーチャート識別可能  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・フルカラーチャート識別可能	【Skydio 2】 ・照度:17.0~22.8klx  【Skydio X2E Color/Thermal】 ・照度:17.0~22.8klx

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①ドローンで撮影で構造物を撮影し、撮影後はmicroSDカードを抜き取りPC端末に撮影データを取得する。 ②ひびわれの測定は、取得した写真を画像表示ソフトウェアを用いてモニタにて目視で確認する。または、SfMソフトウェアによる3Dモデルからオルソモザイク画像を作成後、オルソモザイク画像を画像表示ソフトウェアを用いてモニタにて目視で検出する。 ③ひびわれの自動検出を行う場合は「ひびみつけ」を利用して自動検出を行う。自動検出後に作成されたオルソモザイク画像を画像表示ソフトウェアを用いてモニタにて目視で確認する。 ④その他の損傷については「docomo sky Cloud」にアップロードして画像ビューアをもちいてモニタにて目視で確認する。もしくは、画像表示ソフトウェアを用いてモニタにて目視で確認する。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・株式会社NTTドコモ「docomo sky Cloud」(自社開発ソフト) ・富士フイルム株式会社「社会インフラ画像診断サービス ひびみつけ」(市販ソフト) ・Agisoft「Metashape Professional」(市販ソフト) ・Pix4D社「Pix4DMapeer」「Pix4DCloud」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	腐食、破断、ひびわれ、床版ひびわれ、漏水・遊離石灰剥離・鉄筋露出、抜け落ち、支承部の機能障害		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	「ひびみつけ」はAIによる画像診断により自動で解析を行う。 撮影条件 ・明るさ条件1000lx以上	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	「ひびみつけ」による自動解析の場合 ・解析画像により幅と長さを判定する。 目視による解析の場合 ・クラックスケールなどと比較して幅と長さを判定する。	
		ひび割れ以外	画像ビューアを用いて目視で判定する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	未公開	
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:なし	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	8,800x6,500画素以下	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.4mm/Pixel以下であることが必要		
その他留意事項		必要な照度に達していること		
出力ファイル形式	JPEG			
調書作成支援の手順	-			
調書作成支援の適用条件	-			
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	-			

## 6. 留意事項(その1)


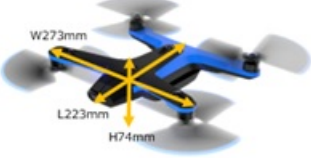

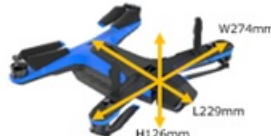




項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	桁下3m以上	離陸地点から高度10m以上で飛行する場合、開空間でのGPS補足が望ましい
	周辺条件	・ワイヤーや木枝には接近しないこと ・暗所で飛行しないこと	—
	安全面への配慮	飛行中は補助者を配置して第三者への注意と構造物への接近を監視する	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	橋梁下が道路の場合は、管理者と協議の上で必要に応じ通行規制を行うこと。	—
	その他	・動作温度:-5℃~40℃ ・風速:5m/s以下 ・夜間計測不可 ・雨天計測不可	風速については、メーカー仕様上の11m/s以下に安全性/安定性を加味した基準



6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	当機器の操作方法について知識が必要であり当社指定の講習受講者がいることが必須である	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操縦者1人、補助員1人	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	弊社による飛行講習が受講済であること	—
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲: 4㎡ 操作場所: 計測機器より200m以内(機体を目視可能な範囲)	・安全確保のために、離着陸ポイントの周辺3mに構造物がないこと ・明るさが確保できない場合は離陸不可 ・離陸地点から高度10m以上で飛行する場合、開空間でのGPS補足が必要となる
	点検費用	【橋梁撮影例】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 30m X 2径間 全幅員 10m 部位・部材[床版下面、橋脚] 活用範囲 床版[600]m <sup>2</sup> 橋脚[500]m <sup>2</sup> 撮影形式: 静止画・動画 作業工数:0.5日 <費用> 合計 750,000円 含む UAV撮影費、機械経費 3人体制/日 交通費別途	橋種、対象範囲、部位・部材、活用範囲、橋梁周辺状況などにより見積り対応となる場合あり。 ひびわれ解析、オルソ画像作成、3Dモデル作成は別途見積り。  ひびわれ解析の自動検出・解析: 社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」費用を用いた概算費用例は以下のとおり。 橋種[コンクリート橋] 橋長 35m 全幅員 10m 部位・部材[床版] 活用範囲[350]㎡ 検出項目[ひびわれ] <費用> 0.1mmひびわれ検出の場合 合計 約110,000円 0.2mmひびわれ検出の場合 合計 約35,000円 対象となるひびわれ幅で写真の枚数が増減するため費用が変わる。サービス料のみで、消費税・一般管理費等は作業者の人件費等は含まず。
	保険の有無、保障範囲、費用	対人・対物損害賠償保険	—
	自動制御の有無	自律制御有	—
	利用形態:リース等の入手性	腐食/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/漏水・遊離石灰/剥離・鉄筋露出/抜け落ち/支承部の機能障害	Skydio 2について試験利用をされる場合は個別問い合わせ
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	購入はサービス提供条件による	—
	センシングデバイスの点検	飛行前にメインカメラ、センサーカメラ(6個)の汚れを付属のクリーニングクロスで清掃をすること。	—
その他	—	—	

7. 図面

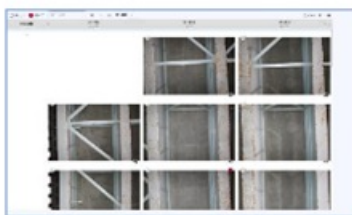
	外觀	サイズ
Skydio 2		
Skydio 2+		
Skydio X2E Color/Thermal		
Skydio X2E Color		



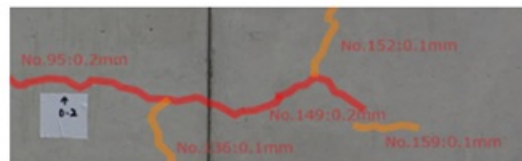
橋梁下の画像計測例



桁内の撮影例



docomo sky Cloud による画像の閲覧



富士フィルム「ひびみっけ」による解析例

1. 基本事項

技術番号	BR010044-V0224		
技術名	360度カメラ撮影による定期点検支援技術(ひびわれ)		
技術バージョン	Ver.01	作成:	2024年3月
開発者	一般社団法人 先端インフラメンテナンス研究所 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 インフラ先端技術産学共同講座		
連絡先等	TEL: 06-6367-2310	E-mail: ogura.nori@atim.or.jp	(一社)先端インフラメンテナンス研究所 小椋紀彦
現有台数・基地	5台	基地	大阪府大阪市北区西天満
技術概要	本技術は、溝橋などの小規模橋梁を対象とし、全方位を撮影できる360度カメラで構造物全体を一括で撮影し、撮影データを元に自動で3次元の点群データに変換、かつ任意の位置での撮影写真を自由に確認することができる。また、点群データ上に損傷(ひびわれ)箇所をマークすることで点検調書への損傷写真の掲載が可能である。		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋	
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,中央分離帯,伸縮装置,その他(遮音施設・照明施設・標識施設),縁石,舗装) 排水施設(排水ます,排水管) 点検施設 添架物 袖擁壁	
	損傷の種類	鋼	①腐食 ②亀裂 ③ゆるみ・脱落 ④破断 ⑤防食機能の劣化
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩床版ひびわれ
		その他	⑬遊間の異常 ⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害 ⑰その他
共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑰定着部の異常 ⑱変色・劣化 ⑲漏水・滞水 ⑳異常なたわみ ㉑変形・欠損 ㉒土砂詰まり ㉓沈下・移動・傾斜 ㉔洗掘		
検出原理	画像(静止画/動画)		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・360度カメラ</li> <li>・データ転送用端末(ノートパソコン or タブレット端末)</li> </ul> <p>本手法で計測に使用する機器は、360度カメラのみである。360度カメラで撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードし、画像解析はアップロード先のサーバーで行う。</p>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>【人力】</li> <li>・計測者が360度カメラを保持して撮影する。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—		
計測装置	設置方法	—	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ110mm×幅45mm×高さ30mm)、最大重量(150kgf)	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深圳嵐ビジョン社製カメラ Insta360 ONE X2</li> <li>・動画解像度 5.7K@30/25/24fps、4K@50/30fps、3K@100fps</li> <li>※360度撮影をできるものなら他製品でも適用可能(記載の内容は、Insta360 ONE X2の場合)</li> </ul>
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	・6軸ジャイロ
		測位機構	—
	耐久性	・IPX8(防塵等級はメーカー規格ではIP規格適用外、実績値としてはIP4X相当)	
	動力	・カメラに内蔵されたバッテリーを使用	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大80分間(5.7K@30fps)	
データ収集・通信装置	設置方法	—	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	データ収集・記録機能	・動画はmicroSDカードに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	—	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	・桁下0.5m	・徒歩で撮影するため、桁下空間は人が進入できる規模の空間が必要である。
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・1.0m/s程度		・徒歩による計測を想定
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・0.438m2/sec  実施年 2023年 ・0.065m2/sec		・徒歩による計測を想定 実施年 2022年 ・風速:2.3~2.7 m/s  実施年 2023年 ・撮影面積:16.5 m <sup>2</sup> ・撮影時間:255sec ・風速: 0.0~4.2 m/s
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	最小ひびわれ幅 0.2mm ・ひびわれ幅1.0mm以下 計測精度0.7mm		・ひびわれの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様  ・撮影速度1.0m/s以下(検証時:1.0m/s) ・撮影距離1.5m
		標準試験値	標準試験方法 ひびわれ 地上(2019) 実施年 2022年 最小ひびわれ幅: - ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 - ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 - ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 - ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 - ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.72mm  実施年 2023年 最小ひびわれ幅: - ・ひびわれ幅 0.05mm : 計測精度 0.07mm ・ひびわれ幅 0.1mm : 計測精度 0.09mm ・ひびわれ幅 0.2mm : 計測精度 0.04mm ・ひびわれ幅 0.3mm : 計測精度 0.04mm ・ひびわれ幅 1.0mm : 計測精度 0.07mm		実施年 2022年 ・被写体距離:1.5~2.0 m ・照度:9.3~73.6 klx  実施年 2023年 ・被写体距離:1.5~2.0 m ・照度:9.3~73.6 klx
	4-3 オルソ画像精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・縦断方向:1.83% ・進行方向:1.97%		・撮影速度1.0m/s以下(検証時:1.0m/s) ・撮影距離1.5m
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・相対誤差:0.43%		・真値=5.373m ・測定値=5.350m  ・被写体距離:1.5~2.0m
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	-		-
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 絶対誤差(Δx、Δy)=(0.020、0.003)(m)		・真値(x、y)=(-4.830、-2.353)m ・測定値(x、y)=(-4.810、-2.350)m ・被写体距離:1.5~2.0m
4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有			
	性能値	・フルカラー識別可能		-	
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 ・フルカラーチャート識別可能  実施年 2023年 ・フルカラーチャート識別可能		実施年 2022年 ・照度:9.3~73.6kLux 実施年 2023年 ・照度:4.04~12.4kLux	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードする。(手動) ②動画を撮影時間、角度毎に分割して静止画像化する。(自動) ③画像を正射変換し、オルソ画像とする。(自動) ④オルソ画像を用いて写真測量法により3次元情報を取得し、3次元点群データを作成する。(自動) ⑤写真測量に使用したオルソ画像は点群データとリンクされ、点群データ上で同位置を指定することで、閲覧が可能となる。(自動) ⑥オルソ画像を確認して損傷をプロットする。(手動) ⑦変状データは、抽出に使用したオルソ画層と同様に点群データとリンクされ、位置情報が付与される。(自動)		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	-		
	検出可能な変状	腐食／亀裂／ゆるみ・脱落／破断／防食機能の劣化／ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰／抜け落ち／床版ひびわれ／うき／遊間の異常／路面の凹凸／舗装の異常／支承部の機能障害／その他／補修・補強材の損傷／定着部の異常／変色・劣化／漏水・滞水／異常なたわみ／変形・欠損／土砂詰まり／沈下・移動・傾斜／洗掘 ※ただし、画像で確認できるものに限る。		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	・人力による抽出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:360度カメラ 2) 撮影設定:5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影	
		ひび割れ幅および長さの計測方法	・幅:オルソ画像よりひびわれを抽出し、オルソ画像とリンクされた点群データ上でひびわれ幅を計測 ・長さ:オルソ画像よりひびわれを抽出し、オルソ画像とリンクされた点群データ上でひびわれ長さを計測	
		ひび割れ以外	・人力による抽出	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-	
		変状の描画方法	・ひびわれ:ポリライン ・ひびわれ以外:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	INSV	
		ファイル容量	制限なし	
		カラー／白黒画像	カラー	
画素分解能		・5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影		
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・構造物が煤により汚れている場合は、ひびわれの検出が困難		
出力ファイル形式	【専用ファイル形式】 クラウドサーバーで管理するため、動画や3次元点群データの出力は行えない。 ※調書様式のエクセルデータは出力可能			
調書作成支援の手順	①変状検出手順に従って、変状を検出する。 ②変状データとリンクされた各データより、自動で3次元点群データor3D-CADを用いた損傷図とオルソ画像を用いた損傷写真帳がエクセルデータとして出力される。 ③それぞれのデータを定期点検記録様式(その9)、様式(その10)に活用することで、調書作成作業を省力化できる。			
調書作成支援の適用条件	・撮影距離1.0m ・撮影速度1.0m/s ・5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影 ・動画データをクラウドサーバーにアップロードするため、大容量データを通信できるインターネット環境が整っている方が望ましい。			
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・撮影動画データのアップロード:OS Windows10以降、ブラウザ Chrome ・点検調書データのダウンロード:OS Windows10以降、ブラウザ Chrome			

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	・桁下高さ0.5m程度(人が浸入できる高さ)以上	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	・光量が確保できない暗所、夜間の場合は照明が必要	—



6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・橋梁点検に精通するもの	—
	必要構成人員数	・現場責任者1人、計測者1人、合計2名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	・不要	—
	点検費用	橋種 [コンクリート橋、鋼橋] 橋長 15m 全幅員 8m 部位・部材 [床版、橋台] 活用範囲 [150]m2 検出項目 [ひびわれ/剥離・鉄筋露出/漏水・遊離石灰] <費用> 合計 1,000,000円(経費含む)	—
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入していない	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	・カメラのリースは無し(購入のみ)	撮影等を業務委託することは可能
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・無	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—	

## 7. 図面

