

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現場検証・評価の結果

～橋梁維持管理に役立つ技術へ応募されたロボット技術の  
現場検証・評価の結果をお知らせします～

平成28年3月30日

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会

橋梁維持管理部会

## 橋梁維持管理部会委員

部会長	藤野 陽三	横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授
委員	油田 信一	芝浦工業大学 工学部 電気工学科 特任教授
	浅間 一	東京大学 大学院工学系研究科 精密工学専攻 教授
	河西 龍彦	(一社) 日本橋梁建設協会 保全委員会幹事長
	徳光 卓	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会保全補修部会副部会長
	田中 樹由	(一社) 建設コンサルタンツ協会 道路構造物専門委員
	岩見 吉輝	国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 施工安全企画室長
	長谷川 朋弘	国土交通省道路局国道・防災課 道路保全企画室長
	玉越 隆史	国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部橋梁研究室長
	石田 雅博	(国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター上席研究員
	藤野 健一	(国研) 土木研究所 技術推進本部 主席研究員
	岡本 健太郎	経済産業省製造産業局産業機械課 課長補佐
	加藤 晋	(国研) 産業技術総合研究所 知能システム部門 グループ長
	安川 裕介	(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構ロボット・機械システム部主査
		(敬称略)

※ (国研) は、「国立研究開発法人」を示す。

### ●事務局 (問い合わせ先)

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 企画専門官 新田, 課長補佐 増, 係長 中根

E-mail: robotech@mlit.go.jp

Tel: 03-5253-8286 (課内直通)

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に係る現場検証支援業務 (受託者):

先端建設技術センター・日本建設機械施工協会・橋梁調査会共同提案体

(橋梁維持管理部門担当) 一般財団法人橋梁調査会 担当: 企画部 吉田, 藤原

Tel: 03-5940-7788 (代表)

## 目次

1. 本取組について	1
2. 公募の概要	2
2-1 公募技術	2
2-2 公募期間	2
3. 公募の結果	3
3-1 応募数	3
3-2 現場検証数	3
3-3 現場検証技術	4
4. 現場検証の実施状況	5
4-1 蒲原高架橋	5
4-2 幸久橋	6
4-3 検証状況	8
5. 評価結果	15
5-1 総評	15
5-2 点検の各過程におけるロボット技術の支援の可能性と課題	17
5-3 評価結果（個別）	19
6. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）	65
参考資料 現場検証技術概要	71

# 1. 本取組について

我が国の社会インフラを巡っては、これまで国民の安全・安心と活力を支えてきた多くの施設で進行する老朽化、また、年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害等の災害、一方、社会情勢としての人口減少・少子高齢化の進行といった重要且つ喫緊の課題に対し、近年の ICT 等を活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。

そこで、国土交通省及び経済産業省は、平成 25 年 7 月 16 日「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、現場ニーズと技術シーズとの擦り合わせ等の検討を経て、同年 12 月 25 日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定し、今後取り組むべき事項を提示した。そこでは、重点分野に係るロボットについて、平成 26 年度、平成 27 年度の全国の直轄現場等における現場検証及び評価を通じ、開発・改良を促進し、現場検証の結果を踏まえ、平成 28 年度から現場への試行的導入を実施し、その後の本格導入を目指すこととしている。

**【現状と課題】**

- ・少子高齢化、人口減少による建設産業における労働力不足の懸念
- ・インフラの老朽化に対応した効率的な維持管理及び更新
- ・大規模災害への迅速な対応

**【取組み内容】**

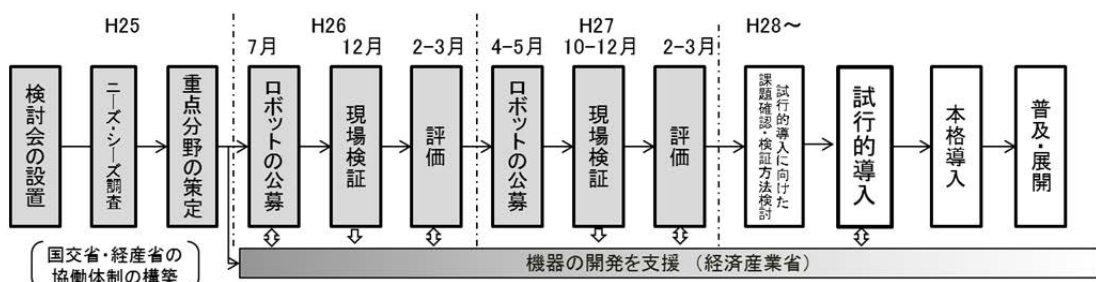
- ・国交省と経産省が共同でロボット開発・導入が必要な「5 つの重点分野」を策定し、これらに対応できるロボットを民間企業や大学等から公募し、直轄現場で検証・評価を行うことにより、開発・導入を促進

## 【5 つの重点分野】

(平成 25 年 12 月 24 日 国交省・経産省策定)

<p><b>I 維持管理</b></p> <p><b>① 橋梁</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視を支援</li> <li>・打首検査を支援</li> <li>・点検者の移動を支援</li> </ul> <p><b>② トンネル</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視を支援</li> <li>・打首検査を支援</li> <li>・点検者の移動を支援</li> </ul> <p><b>③ 水中(ダム、河川)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視を代替・支援</li> <li>・堆積物の状況を把握</li> </ul>	<p><b>II 災害対応</b></p> <p><b>④ 災害状況調査</b> (土砂崩落、火山災害、トンネル崩落)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現場被害状況を把握</li> <li>・土砂等を計測する技術</li> <li>・引火性ガス等の情報を取得</li> <li>・トンネル崩落状態や規模を把握</li> </ul> <p><b>⑤ 災害応急復旧</b> (土砂崩落、火山災害)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土砂崩落等の応急復旧</li> <li>・排水作業の応急対応する技術</li> <li>・情報伝達する技術</li> </ul>
--	---

## 【実施フロー】



## 2. 公募の概要

### 2-1 公募技術

平成 27 年度は、つぎの 10 項目に関する技術・システムの公募を実施しました。

- [1] 鋼橋において、桁の「腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [2] コンクリート橋において、桁の「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、定着部の異常」について、点検要領に基づく近接目視の支援ができる技術・システム
- [3] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、「床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、補修・補強材の損傷、うき」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [4] 鋼橋においては、桁の添接部のボルトやリベットの「ゆるみ・脱落、破断」について、コンクリート橋においては、桁の「補修・補強材の損傷、うき、定着部の異常」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [5] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、「うき、補修・補強材の損傷」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [6] コンクリート製橋脚・橋台において、「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、漏水・滞水、変形・欠損」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [7] コンクリート製橋脚・橋台において、「補修・補強材の損傷、うき、定着部の異常」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [8] 鋼橋及びコンクリート橋の支承部(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)、および桁端周辺の狭隘部において、支承本体の「破断、遊間の異常、支承部の機能障害、変色・劣化、土砂詰まり、沈下・移動・傾斜」、鋼製部材の「腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化」、コンクリート部材の「ひびわれ、剥離・鉄筋露出、うき、漏水・滞水、変形・欠損」について、点検要領に基づく近接目視の支援ができる技術・システム
- [9] 鋼橋及びコンクリート橋の支承部(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)、および桁端周辺の狭隘部において、ボルトの「ゆるみ・脱落、破断」、コンクリート部材の「うき」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [10] 鋼橋・コンクリート橋において、点検者を点検箇所近づけることができる技術・システム

### 2-2 公募期間

平成 27 年 5 月 28 日(木)～平成 27 年 6 月 18 日(木)

### 3. 公募の結果

#### 3-1. 応募数

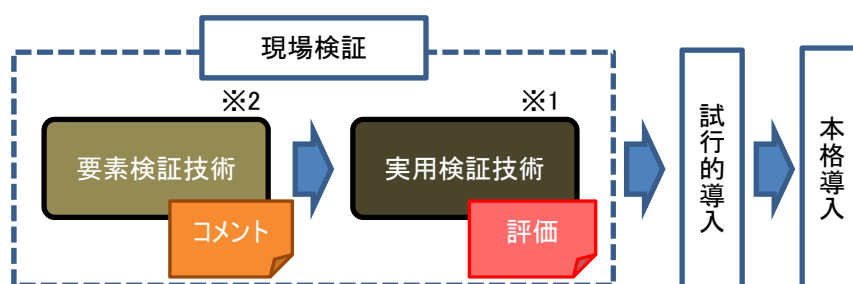
26技術 24者（内、2技術の応募が2者）

#### 3-2. 現場検証数

現場検証

実用検証技術<sup>※1</sup> : 17技術 17者  
要素検証技術<sup>※2</sup> : 4技術 4者

・ 辞退 : 4技術 4者  
・ 選外 : 1技術 1者



『現場検証』にかかる技術の分類について

※1 現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

現場検証の結果として、確認された技術・システムの精度、安全性、効率、信頼性などを踏まえた評価を、想定される適用範囲や期待される活用場面および試行的導入に向けた課題とともに示す。

※2 現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。

現場検証の結果は、確認された範囲で技術・システムの有効性、実用の可能性に関するコメントとして示す。

### 3-3 現場検証技術

### 現場検証(委員検証の実施順)

No	技術名称 (ロボット技術・システム名称)	副題	応募者	共同開発者	検証項目※1										技術構成			※2 NEDO	※3 SIP	
					[1] 目視 鋼橋	[2] 目視 コンクリート橋	[3] 目視 床版	[4] 打音 鋼橋 コンクリート橋	[5] 打音 床版	[6] 目視 橋脚	[7] 打音 橋脚	[8] 目視 支承部	[9] 打音 支承部	[10] 接近手段	移動機構	センサー				
					外観性状の把握		打音調査													
1	非GPS環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術	非GPS環境において自律飛行可能なマルチコプターにデジタル一眼レフカメラを搭載し、撮影画像から異常部の解析・集計を行う近接目視点検支援	三信建材工業株式会社	(国)千葉大学・自治体制御システム研究所・アイエムソフト(株)		○	○			○						飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—		
2	構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」	小型無人ヘリまたはボール搭載カメラによる構造物点検および点検調書作成支援システム	ルーチェサーチ株式会社	広島工業大学(株)建設技術研究所		○	○			○		○				飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—		
3	損傷検知装置	健全部の打音を基準として損傷部を検知する打音検査装置	古河機械金属株式会社	(国研)産業技術総合研究所					○							車両型 (ブーム付車両)	デジタルカメラ	フォースセンサ マイクフォン		
4	移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術	画像情報と位置計測をリンクしたコンクリート構造物のひび割れ調書作成技術	佐藤鉄工株式会社	(国法)富山大学												台車 (ローラー台車)	デジタルカメラ	—		
5	複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム	—	富士フィルム株式会社	(株)イクスリサーチ(一財)首都高速道路技術センター	○											懸垂型 (懸垂台車)	ステレオカメラ	—	○	
6	マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコTM)	高精細画像取得用マルチコプタと橋梁脱着型マルチコプタによる近接目視点検支援システム	川田テクノロジーズ株式会社	(株)エンルート・大日本コンサルタント(株)・インフラ技術研究所(独)産業技術総合研究所	○	○	○					○				飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—	○	
7	画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術	GPS情報に依存しない小型カメラを用いた自己位置推定による操縦者を補助する飛行ロボットの半自律飛行制御	総合警備保障株式会社	(株)横河ブリッジホールディングス	○											飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—		
8	橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム	—	国立大学法人東北大学	(株)千代田コンサルタント(一財)航空宇宙技術振興財団(株)リコー	○	○	○						○			飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—		○
9	マルチコプターによる近接撮影と異状箇所計測の2次元計測	人的リスク、現場工数、コストの低減と管理の標準化	夢想科学株式会社	(株)ニチギ(株)plus-b	○	○	○			○		○				飛行型 (無人航空機)	デジタルカメラ	—		
10	橋梁点検用飛行ロボットシステム	非GPS環境下で飛行できる無人のマルチコプタヘリにより、同機材に搭載した変状を確認できる可視及び赤外カメラによる画像取得・判別、及び同じく搭載した打音検査機による打音情報の収集を具備したシステム	日本電気株式会社	自律制御システム研究所(国研)産業技術総合研究所(一財)首都高速道路技術センター		○	○	○	○	○	○	○				飛行型 (無人航空機)	—	電磁ハンマー マイクフォン		○
11	ボール打音検査機	5mの棒の先に打検のためのハンマー・アクチュエータ、打音をモニタするためのマイクから構成され、人の手の届かない高い場所の打音検査を支援する装置	日本電気株式会社	自律制御システム研究所(国研)産業技術総合研究所(一財)首都高速道路技術センター				○	○			○				ボール型 (伸張ボール)	デジタルカメラ	電磁ハンマー マイクフォン		○
12	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	近接目視・打音検査を接触状態で実施する飛行型点検ロボット	新日本非破壊検査株式会社	名古屋大学大学院・九州工業大学・福岡県工業技術センター												飛行型 (無人航空機 +車輪駆動)	デジタルカメラ	ステレオマイク フォン		○
13	橋梁点検ロボットシステム「橋竜」による点検	車載型ロボットアーム、3DCG、カメラを利用した点検	株式会社帝国設計事務所	(株)カナムト	○	○	○			○		○				車両型 (専用車両)	デジタルカメラ	—		
14	「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視・打音調査等援助・補完技術	「橋梁点検カメラシステム視る・診る」によるひび割れ検出・打音検査・他	ジビル調査設計株式会社	(有)インテス・福井大学	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		車両型 (搭乗型 クローラー台車)	デジタルカメラ	回転式打診機 マイクフォン		
15	橋梁自動点検ロボットシステム	伸縮カーボンドと主桁方向可動機構による面的な自動点検技術	株式会社ミライト	—	○		○							○		懸架型 (梁+台車)	デジタルカメラ	—		
16	ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム	—	八戸工業大学	(株)TTES・岡山大学大学院・京都産業大学・信州大学・名古屋工業大学大学院・神奈川大学・電気通信大学大学院(株)大和エンジニアリング(株)長大(株)			○	○								懸架型 (ワイヤー懸垂)	ネットワークカメラ	—		
17	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診るんです」	2名が普通車で現場に行き、交通規制せず、容易に橋梁下面を診ることが可能	東北工業大学	O・T・テクノロジー(株)				○								懸架型 (懸垂梁)	ネットワークカメラ	—		
18	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ	—	三井住友建設株式会社	(株)日立産業制御ソリューションズ	○	○	○			○		○				ボール型 (伸縮ボール、 高橋設置型ボール)	デジタルカメラ	—		
19	音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出	音の可視化による床版の浮き・剥離箇所の診断	株式会社熊谷組	(株)移動ロボット研究所(株)応用技術試験所・東京エレクトロデバイス(株)(国法)名古屋大学					○							吸着型台車 (磁力)	デジタルカメラ	音カメラ	○	
20	赤外線調査トータルソリューションシステム J システム	赤外線調査支援システム	西日本高速道路エンジニアリング四国㈱	—		○	○	○	○							赤外線装置 (手持ちカメラ)	デジタルカメラ	赤外線カメラ		
21	インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発	—	株式会社開発設計コンサルタント	(学法)法政大学(国法)岡山大学・岡山大学大学院・ステラ技術(株)						○						吸着型台車 (真空バッド)	デジタルカメラ	—	○	
現場検証対象技術数：21技術 うち、4技術は要素検証(表中ハッチングで示す)					検証項目数	9	11	15	4	7	9	3	8	1	0					
					67															

※1 検証項目

- [1] 鋼橋において、桁の「腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [2] コンクリート橋において、桁の「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、定着部の異常」について、点検要領に基づく近接目視の支援ができる技術・システム
- [3] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、「床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、補修・補強材の損傷、うき」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [4] 鋼橋においては、桁の溶接部のボルトやリベットの「ゆるみ・脱落、破断」について、コンクリート橋においては、桁の「補修・補強材の損傷、うき、定着部の異常」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [5] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、「うき、補修・補強材の損傷」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [6] コンクリート製橋脚・橋合において、「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、漏水・滞水、変形・欠損」について、点検要領に基づく近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [7] コンクリート製橋脚・橋合において、「補修・補強材の損傷、うき、定着部の異常」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [8] 鋼橋及びコンクリート橋の支承部(支承本体、アンカーボルト、落橋防止システム)管座モルタル、台座コンクリート、および桁端周辺の鉄筋部において、支承本体の「破断、遊離の異常、支承部の機能障害、変色・劣化、土砂詰まり、沈下・移動・傾斜」、鋼製部材の「腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化」、コンクリート部材の「ひびわれ、剥離・鉄筋露出、うき、漏水・滞水、変形・欠損」について、点検要領に基づく近接目視の支援ができる技術・システム
- [9] 鋼橋及びコンクリート橋の支承部(支承本体、アンカーボルト、落橋防止システム)管座モルタル、台座コンクリート、および桁端周辺の鉄筋部において、ボルトの「ゆるみ・脱落、破断」、コンクリート部材の「うき」について、点検要領に基づく打音検査の支援ができる技術・システム
- [10] 鋼橋・コンクリート橋において、点検者を点検箇所付近に近づけることができる技術・システム

※2 「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」【NEDO】の対象技術

※3 「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」インフラ維持管理・更新・マネジメント技術【内閣府】の対象技術

## 4. 現場検証の実施状況

現場検証は、蒲原高架橋（一般国道1号 静岡市清水区蒲原小金）と幸久橋（一般国道349号 茨城県那珂市額田北郷～常陸太田市上河合町）にて実施しました。

平成27年度の現場検証は、事務局立会のもと各応募技術により検証対象橋梁の点検を実施する「点検作業」と、橋梁維持管理部会委員の立会のもと各応募技術の点検作業の実演と技術概要についての説明、質疑をおこなう「委員検証」を実施しました。

検証現場の状況と、実施状況について以下に示します。

### 4-1 蒲原高架橋

- (1) 実施日時 平成27年10月27日（火） 9:30～13:30 （点検作業）  
28日（水） 10:30～13:30 （点検作業）

平成27年11月2日（月） 10:00～14:00 （委員検証）

(2) 場所

蒲原高架橋 一般国道1号 高架橋下  
(静岡市清水区蒲原小金)



蒲原高架橋検証地状況

検証日の気候

月 日	天候	最大平均風速 (m/s)	最大瞬間風速(m/s)
10月27日	晴れ	3.2	6.2
10月28日	晴れ	1.7	3.8
11月2日	小雨のち曇り	2.1	6.6

(3) 対象とした公募技術

- [1] 鋼橋において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [2] コンクリート橋において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [3] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [5] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、打音検査の支援ができる技術・システム
- [6] コンクリート製橋脚・橋台において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [8] 支承部および桁端周辺の狭隘部において、近接目視の支援ができる技術・システム



(4) 点検作業に係る現場条件など

- ・構造：鉄筋コンクリート床版橋 支間長 17.7 m×幅員 9.7 m
- ・地上高：約 8 m
- ・桁下条件：管理地（空地、未舗装・整地）であり、桁直下範囲は使用可能
- ・桁上条件：自動車専用道で点検作業での橋上の使用は不可
- ・従来点検方法：桁下に高所作業車を乗り入れて全面の点検を実施



従来手法による点検状況（高所作業車を使用）

## 4-2 幸久橋

(1) 実施日時	平成 27 年 11 月 11 日 (水)	9:00～16:30	(点検作業)
	平成 27 年 11 月 12 日 (木)	9:00～16:00	(点検作業)
	平成 27 年 11 月 13 日 (金)	9:00～16:30	(点検作業)
	平成 27 年 11 月 16 日 (月)	9:00～16:00	(点検作業)
	平成 27 年 11 月 17 日 (火)	9:00～16:20	(委員検証)

(2) 場所

幸久橋 一般国道 349 号 P9～P11 径間 P8 橋脚  
(茨城県那珂市額田北郷～常陸太田市上河合町)



幸久橋検証地状況

検証日の気候

月 日	天候	最大平均風速 (m/s)	最大瞬間風速(m/s)
11月11日	曇りのち晴れ	2.7	6.2
11月12日	曇りのち晴れ	3.3	6.9
11月13日	晴れのち曇り	2.9	5.7
11月16日	晴れのち曇り	1.4	4.0
11月17日	曇り	2.9	5.4

(3) 対象とした公募技術

- [1] 鋼橋において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [2] コンクリート橋において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [3] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [4] 鋼橋・コンクリート橋において、打音検査の支援ができる技術・システム
- [5] 鋼橋・コンクリート橋の床版において、打音検査の支援ができる技術・システム
- [6] コンクリート製橋脚・橋台において、近接目視点検の支援ができる技術・システム
- [7] コンクリート製橋脚・橋台において、打音検査の支援ができる技術・システム
- [8] 支承部および桁端周辺の狭隘部において、近接目視の支援ができる技術・システム
- [9] 鋼橋・コンクリート橋の支承部において、打音検査の支援ができる技術・システム

(4) 点検作業に係る現場条件など

- ・ 構造：鉄筋コンクリート橋 支間長 18.1 m × 幅員 5.5 m  
鋼鈑桁橋 支間長 18.1 m × 幅員 5.5 m
- ・ 地上高：約 4.5 m ~ 6.5 m
- ・ 桁下条件：コンクリート橋の桁直下は管理地、周囲は民地であるが、協議により点検時の一時使用は可能。  
鋼橋は径間の約半分はコンクリート橋と同条件であるが、傾斜地となっている。また残る半分は河川流域となっている。
- ・ 桁上条件：現在は全面通行止めとなっており、対象径間部については橋上の使用が可能
- ・ 従来点検方法：桁上に橋梁点検車を配して全面の点検を実施



従来手法による点検状況（橋梁点検車を使用）

## 4-3 検証状況

No.1

技術名称技術 非 GPS 環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術

[技術分野] [2],[3],[6]

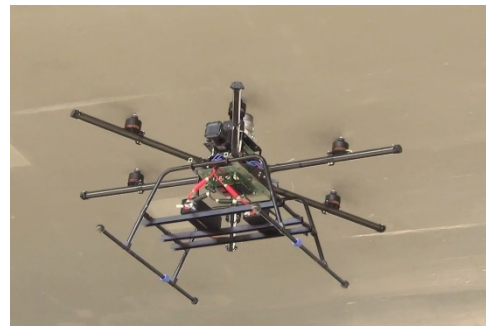
開発者 三信建材工業株式会社

[(国)千葉大学,(株)自律制御システム研究所,アイエムソフト有]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 10 月 28 日(点検作業)、11 月 2 日(委員検証)

[幸久橋] 平成 27 年 11 月 12 日(点検作業)

状況写真



No.2

技術名称技術 構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」

[技術分野] [2],[3],[6],[8]

開発者 ルーチェサーチ株式会社

[広島工業大学,(株)建設技術研究所]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 10 月 28 日(点検作業)、11 月 2 日(委員検証)

状況写真



No.3

技術名称技術 損傷検知装置

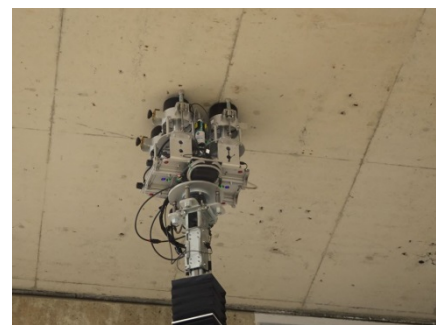
[技術分野] [5]

開発者 古河機械金属株式会社

[(国研)産業技術総合研究所]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 10 月 28 日(点検作業)、11 月 2 日(委員検証)

状況写真



No.4

技術名称技術 移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術

[技術分野] [3]

開発者 佐藤鉄工株式会社

[(国法)富山大学]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 10 月 28 日(点検作業)、11 月 2 日(委員検証)

状況写真



No.5

技術名称技術 複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム

[技術分野] [1]

開発者 富士フイルム株式会社

[(株)イクスリサーチ,(一財)首都高速道路技術センター]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 11 月 2 日(委員検証)

状況写真



No.6

技術名称技術 マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ TM)

[技術分野] [1],[2],[3],[8]

開発者 川田テクノロジーズ株式会社

[(株)エンルート,大日本コンサルタント(株),インフラ技術研究所,(独)産業技術総合研究所]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 11 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.7

技術名称技術 画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術

[技術分野] [1]

開発者 総合警備保障株式会社

[(株)横河ブリッジホールディングス]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.8

技術名称技術 橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム

[技術分野] [1],[2],[3],[6],[8]

開発者 国立大学法人東北大学

[(株)千代田コンサルタント,(一財)航空宇宙技術振興財団,(株)リコー]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.9

技術名称技術 マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

[技術分野] [1],[2],[3],[6],[8]

開発者 夢想科学株式会社

[(株)ニチギ,(株)plus-b]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.10

技術名称技術 橋梁点検用飛行ロボットシステム

[技術分野] [2],[3],[4],[5],[6],[7]

開発者 日本電気株式会社

[自律制御システム研究所,(国研)産業技術総合研究所,(一財)首都高速道路技術センター]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.11

技術名称技術 ポール打音検査機

[技術分野] [4],[5],[8]

開発者 日本電気株式会社

[自律制御システム研究所,(国研)産業技術総合研究所,(一財)首都高速道路技術センター]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.12

技術名称技術 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

[技術分野] [3],[5]

開発者 新日本非破壊検査株式会社

[名古屋大学大学院,九州工業大学,福岡県工業技術センター]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.13

技術名称技術 橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検  
[技術分野] [1],[2],[3],[6],[8]  
開発者 株式会社帝国設計事務所  
[(株)カナモト]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 16 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.14

技術名称技術 「橋梁点検カメラシステム見る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術  
[技術分野] [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9]  
開発者 ジビル調査設計株式会社  
[(有)インテス,福井大学]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 16 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.15

技術名称技術 橋梁自動点検ロボットシステム  
[技術分野] [1],[3],[8]  
開発者 (株)ミライト

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 13 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.16

技術名称技術 ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム

[技術分野] [2],[3]

開発者 八戸工業大学

[(株)TTES,岡山大学大学院,京都産業大学,信州大学,名古屋工業大学大学院,神奈川大学,電気通信大学大学院,(株)大和エンジニアリング,長大(株)]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 13 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.17

技術名称技術 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

[技術分野] [3]

開発者 東北工業大学

[O・T・テクニサーチ(株)]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成 27 年 11 月 13 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真



No.18

技術名称技術 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

[技術分野] [1],[2],[3],[6],[8]

開発者 三井住友建設株式会社

[(株)日立産業制御ソリューションズ]

検証場所・実施日 [蒲原高架橋] 平成 27 年 10 月 28 日(点検作業)  
[幸久橋] 平成 27 年 11 月 13 日(点検作業)、11 月 17 日(委員検証)

状況写真





No.19

技術名称技術 音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出

[技術分野] [5]

開発者 株式会社熊谷組

[(株)移動ロボット研究所,(株)応用技術試験所,東京エレクトロデバイス(株),(国法)名古屋大学]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.20

技術名称技術 赤外線調査トータルサポートシステム J システム

[技術分野] [2],[3],[4],[5]

開発者 西日本高速道路エンジニアリング四国(株)

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月13日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



No.21

技術名称技術 インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発

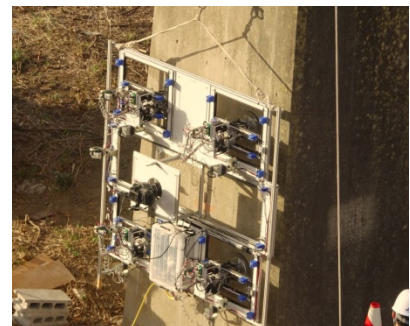
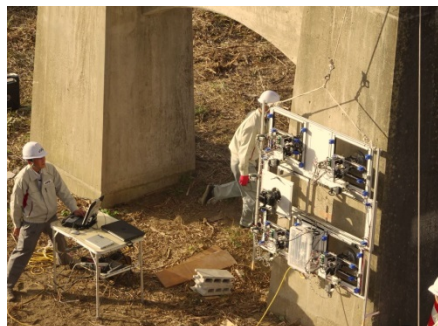
[技術分野] [6]

開発者 株式会社開発設計コンサルタント

[(学法)法政大学,(国法)岡山大学・岡山大学大学院,ステラ技研(株)]

検証場所・実施日 [幸久橋] 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証)

状況写真



## 5. 評価結果

### 5-1 総評

平成 26 年度から平成 27 年度の 2 箇年にかけて、橋梁点検用ロボット技術の現場検証を行ってきた結果、多種多様な形態のロボット技術の開発・改良が進んでおり、それらのロボット技術が人による点検を様々な形で「支援」の可能性を有することを確認できた（図-1 参照）。

今回現場検証を実施したロボット技術は、『移動機構』として「飛行型、懸架型、車両型、ポール型、吸着型等」、『センサー』として「カメラ、赤外線等」、『データ処理』として「損傷自動抽出・解析、オルソ化、3次元化等」と、これらの組合せにより多種多様に構成されている。

これらの各種ロボット技術による、一連の点検作業における支援には、いくつかの働きとその効果とがあり、その主要なものを次に掲げる。

#### （点検を支援する際のロボット技術の主要な働き）

- ・ 「人が近接することが困難な点検箇所へ近接」（行く）し、「写真や動画等を取得」（見る・撮る）する働き
- ・ 複数の画像データ等から「損傷を見つけ出し、必要な情報（寸法や損傷の状態）を把握」（検出する）し、その後の再点検のために「損傷の程度や位置等を確認しやすく整理」（記録）しておく働き

#### （点検に対するロボット技術による支援の主要な効果）

- ・ 人が点検する前に、橋梁の全体的な損傷状況を把握することで、「重点的に把握すべき箇所を認識」し、「重大な損傷の早期発見・対策」につながり、橋梁の安全性の向上に資する効果
- ・ 「点検調書を作成」する際に、ロボット技術により取得され、その位置がわかりやすく整理された「写真を効率的に利用」する効果
- ・ 点検調書で利用する写真の他にも、場所と時間の情報が付与された写真データと共に、平面或いは立体のモデルとして記録し、次回の点検において、「損傷程度の進行等の経年変化を把握しやすく」する効果

また、以下は、取得写真等の精度と各インフラの管理者が求める点検内容に依り、必ずしも断定できないが、より大きな効果が生じる可能性がある。

- ・ 高所で危険、或いは、膨大な資器材を必要とする等、人が近づくことが困難な点検箇所について、ロボットにより取得した写真等より、人が近接するべきかどうかを判断し、状況により人の近接を省き、「安全性向上・効率化」する効果

今回の現場検証では、こうした各種ロボット技術が、一連の点検作業における「行く」、「見る・撮る」、「検出する」、「記録する」の各過程について、いくつかの支援の可能性を有することが確認され、また、実用上の課題も明らかになった。

（\*支援の可能性と課題の詳細は、次項に記載）

しかしながら、このように多種多様なロボット技術による点検への支援の可能性は確認できたものの、限られた場所及び時間での検証の結果であることは否めず、実際の点検作業における効果や課題は、十分に検証できていない。例えば、相当に高い場所や河川の水上部、トラスやアーチ構造の橋梁等の接近困難な箇所への近接、実際は必ずしも

同一ではない現場条件(日照、風速、交通状況等)の違いによる影響、点検実務に見合う作業量に掛かる時間及び費用等は、十分に確認できていない。

そのため、次年度以降は、実際の点検業務と同一の環境下で検証を行う「試行的導入」に向けた準備として、今回の現場検証・評価の結果を踏まえ、ロボット技術による支援の効果を具体化し、適宜、必要な現場検証を行い、検証項目や内容、方法について、引き続き検討を進めることが求められる。

一方、地方自治体等の管理者毎に、保有する施設数及び老朽化状況、維持管理体制等の実情が異なっており、その実情に応じて、支援効果が期待されるロボット技術について積極的な活用を試み、その利用ノウハウの構築や更なる技術開発が進むことを期待する。

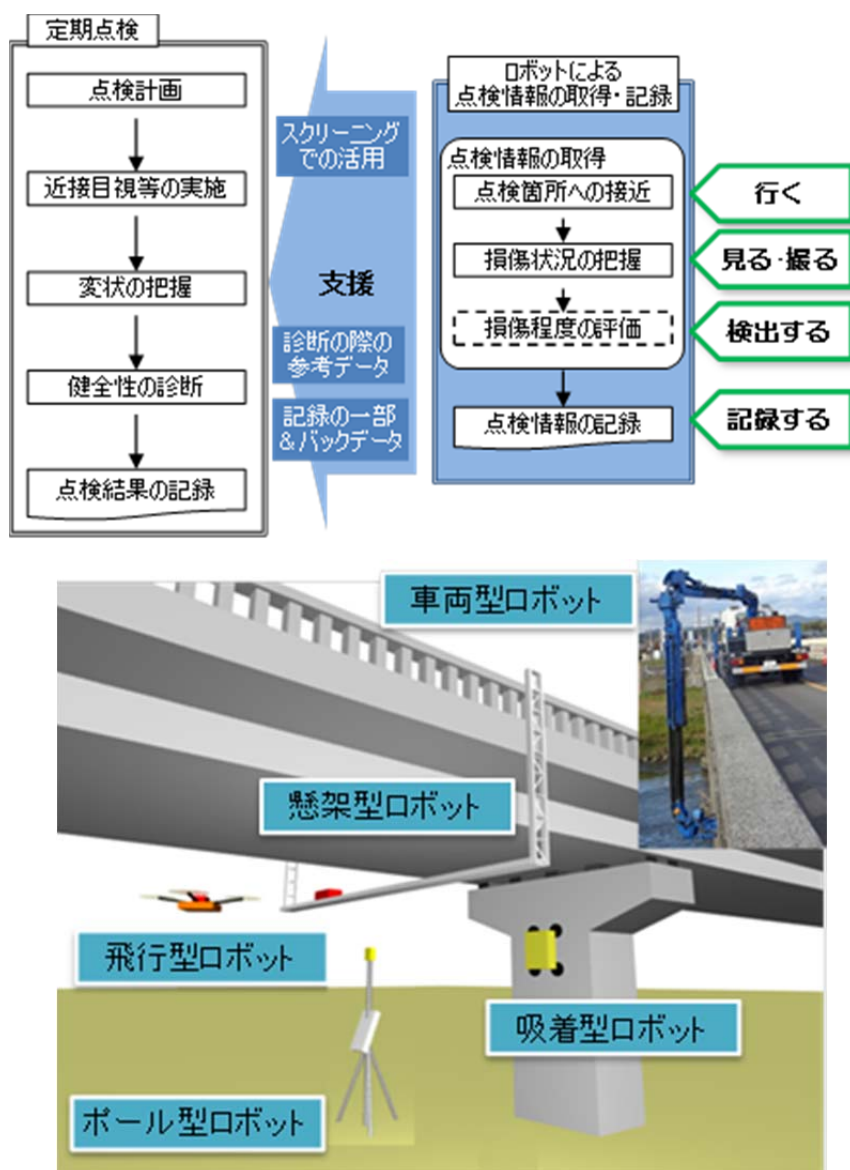


図-1 定期点検の作業過程におけるロボットによる支援イメージ

## 5-2 点検の各過程におけるロボット技術の支援の可能性と課題

今回の現場検証では、こうした各種ロボット技術が、一連の点検作業における『行く』、『見る・撮る』、『検出する』、『記録する』の各過程について、いくつかの支援の可能性が確認され、また、更なる活用に向けた課題も明らかになった。

『行く』は、必要な情報を取得できる位置に接近することである。ここでは移動可能な広さ、動きの安定性の他、安全性、操作性、効率などを評価した。

今回検証対象とした技術では、『行く』機能は概ね実現されており、【機構】により幾つの特徴を有することが確認された。

【飛行型】（無人航空機）は、移動範囲の広さ、速さに優位性がある一方で、主桁などで囲まれた空間への進入や安定性（特に耐風安定性）、安全性については課題が見られた。しかしながら、2カ年の現場検証を通じて安定性は大幅に向上し、また、空間認識や自律制御技術の導入、飛行体を球状のフレームで囲むことで点検対象物との接触を可能とする等の改良も進んでおり、今後も適用範囲の拡大が見込まれる。

【懸架型】は、主桁や高欄からカメラ等を搭載した梁を吊り下げるもので、梁に代えてワイヤーを用いる技術もあった。いずれも点検作業を橋上でおこなうことができるため、桁下の地形や環境への適応性は高い。現地での搬入や組立のためには全体的に軽量化が必要な反面、情報取得範囲を広げるための移動・旋回・伸縮等に必要な機構が重装化するため、その両立が課題となる。ただし中には、タブレットに接続された数台のカメラを固定した軽量の梁を手動で動かすだけの簡素な構造で最小限必要な機能を具現化したシステムもあり、ニーズに応じたシステムとしての可能性も見ることができた。

【車両型】と呼ぶ搭乗型の台車あるいは特殊車両をベースとしたシステムは、他の機構と比較して安定性で優れていた。これらは安定した車体から伸びる多関節アームや梁を用いて点検箇所へ接近する方式で、移動範囲としては、広範囲を速く動くことは不得手であるが、損傷情報を丁寧に観察するのに有効な技術と言える。

【ポール型】は、移動可能範囲は狭いが、簡便性に優れる技術と言える。携行性を優先して多くの機能は盛り込めないが、ソフトウェア的に機能を付加する技術もあり、実用性は高い技術と言える。

【その他の移動機構】として、壁面や橋桁に吸着して固定・移動するロボット技術もあった。これらは新しい機構として点検ロボットへの適用の可能性を示すことができたが、実用までには小型化や信頼性の向上など、更なる改良が必要と考えられる。

『見る・撮る』では、目視検査の支援を目的としたカメラと打音検査を支援する打音装置などがあり、鮮明な画像の取得や損傷を見分けるデータの採取が求められる。

『見る・撮る』は、応募技術により品質に差が見られたが、幾つかの技術については点検情報の取得に実用的なレベルであることが確認された。

鮮明な画像の取得では、解像度やレンズなど「カメラ本体の性能」の他、移動機構に装着する際の「マウント方法」や「撮影方法での工夫」が品質を左右する。

一般的には「カメラ本体の性能」はカメラの大きさや重さと比例するため、搭載する移動機構の性能や撮影対象の特性を踏まえた選択が必要である。今回は飛行型でも高性能カメラを搭載するものが多く、カメラの高性能化に合わせて進化する可能性が見て取れた。

カメラの「マウント方法」は様々あり、単に移動機構に固定したもの、雲台に免震機構を有するもの、短軸あるいは多軸可動軸を持つものがあった。また、「撮影方法」については、一定時間間隔で撮影するもの、カメラから電送された画像を確認しながら撮影（シャッター操作のみ）するもの、同じく画像を確認しながらカメラの操作（ズームや方向転換、シャッター操作）できるものに分かれた。

幾つかの技術では、これら機能をバランス良く実現し、従来の点検員による撮影画像と比べても遜色ない画像が得られているものもあるが、記録として不十分な画像も幾つか見られた。今回の評価結果を踏まえた改良を待ちたい。

「打音検査装置」については、叩く、集音するといった機構は、ほぼ実用段階であることが確認された。ただし、被検査物表面の状態（風化状況や砂塵などの付着）やノイズの影響などについては十分な検証に至っていない。今後も継続して検証する必要がある。

『検出する』については、画像や打音などのデータから損傷を識別し、損傷の程度を表す定量的（サイズや長さ等）、定性的（色や表面状態等）な情報を解析することを求める。今回検証をおこなった範囲では、画像からコンクリートのひびわれを自動検出し、ひびわれ幅や長さなどの情報を得られるものもあったが、実用的な精度には至っていない。今回の検証技術の中では、画像から手作業で損傷を抽出、測定をおこなう応募者が多かったが、開発中あるいは開発予定との回答も多く聞かれた。

「打音」については、今回いくつか自動解析技術の検証を実施し、一部支援の可能性も見られたものの、検出した損傷を記録する方法についての対処が望まれる。なお、打音検査装置に代わる装置として、赤外線カメラによる損傷検出技術については、適用条件に制約はあるが、一定の損傷の検出は可能であることが確認された。

『検出する』作業は、今回の検証により点検作業全体の中で費用、手間の占める割合が大きく、この改良は効率の向上に大きく貢献することが見込まれる。画像利用、解析技術は異分野でも発展が見込まれる技術であり、そこで培われた技術の展開も含めて、今後の改良が期待される。

『記録する』について、今回の検証範囲では各応募者から提出された点検調書に記された損傷図と損傷写真が記録としての品質を有するかどうかで判定した。多くは一定の品質を有しており、点検への支援効果が認められた。ただし、一部の損傷写真で鮮明さが欠ける理由で記録として不十分なものも見られた。

なお、今回の評価は、現状の点検要領に基づく紙媒体の調書を基本としているが、近年の情報通信技術の進歩を鑑みると、コンピュータ上で画像データやCAD等の電子媒体の調書の実現も期待される。今回の検証でも一部の応募者より撮影した二次元画像を、図-2に示すような三次元化したモデルが、参考資料として提出された。

今後、こうした最新技術を活用した管理方法についても検討されていくことが期待される。



図-2 三次元化モデルの例

## 5-3 評価結果（個別）

### 【評価方法】

#### （1）総合評価

今回の現場検証で確認した事項を挙げ、ロボット活用の目的である橋梁点検に対する支援効果の程度を考察し、総合的な評価の結果として「試行的導入」に向けた位置付けとして、次の4クラスに評定する。

#### ○ I. 試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の諸条件下での検証において、点検支援（点検情報の取得・記録）での効果を有する可能性が高いことが確認され、試行的導入に向け更に種々の条件を想定した検証が望まれる技術。

#### ○ II. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の諸条件下での検証では、公募で求める基本要件との整合性や、安全性、信頼性などにおいて若干の課題が残り、現状では点検支援（点検情報の取得・記録）での効果が限定的となることが判明した技術。

今回確認された課題の解消により、早期に実用レベルでの支援効果が得られる可能性があることから、課題の解決を前提として試行的導入に向けた種々の条件を想定した検証が望まれる。

#### ○ III. 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する

今回の諸条件下での検証では、公募で求める基本要件との整合性や、安全性、信頼性などの基本的な要素に係る課題があることが判明した技術。

試行的導入に向けた検証に先立ち、今回確認された課題への対応と、その結果の検証が必要である。

#### ○ IV. 今回は十分な検証ができていない

今回の諸条件下での検証では、機器・システムの不調や開発途上などの理由により、提案されたシステムでの検証に十分なデータが得られなかった技術。

今後の開発状況をみて検証の可能性を検討する必要がある。

総合評価の結果に応じて、「課題」、「想定される適用範囲」、「期待される活用場面」、「期待される改良・開発事項」等のコメントを示す。

なお、「試行的導入に向けた検証」とは、実際の点検業務と同一の環境下で検証を行う「試行的導入」に向け、ロボット技術による支援の内容・効果、検証方法を具体化するため、及び、各技術の課題への対応状況等を確認するため、適宜、必要な現場検証を行うことをいう。

## (2) 検証項目毎の判定

公募要領に示す基本要件および期待項目について、下表に示す観点・方法により5段階で判定をおこなう。

なお、この判定は、今回の限られた場面での現場検証の結果であり、現場の諸条件（構造、桁下の使用条件、周辺環境など）や、適用する点検要領で求められる品質（損傷検出精度、記録項目など）により、異なる結果となることが考えられる。

従って、ここでの判定結果は、「総合評価」の評定に一对一で対応するものではなく、現場検証の結果の参考として示すものである。

◎	良好	○	可	△	×	不可	-
	可に比べて更なる有効性が認められる。		実用レベルでほぼ問題ない程度である。				

項目	内容	判定の観点・方法
基本要件① 調書作成・支援	「橋梁点検要領等」の規定に定める点検調書の作成またはその支援ができる。	提出された損傷図(点検調書その5)および損傷写真(点検調書その6)について、「橋梁定期点検要領」で求められる仕様との整合性、写真の鮮明さなどから判定する。
基本要件② 損傷情報の収集	「橋梁点検要領等」に基づく損傷評価に必要な全てまたは一部の情報を得ることができる。	提出された損傷図に「橋梁定期点検要領」に基づく損傷評価に必要な情報が記録されており、その根拠が損傷写真から読み取ることができるかを、検出された損傷個数等で定量的に評価する。 (○: 検出率60%以上、△: 同30~59%、×: 同29%以下検出率以外の指標で×がある場合は1ランクダウン)
基本要件③ アプローチ性	足場の設置等をしなければ、点検のために人が近づけない部位や、狭隘部など人が近づき難い箇所を点検できる。	現場検証状況、提出された点検調書および性能等に関するヒアリング内容等から、対象部位の損傷情報が得られる工夫の有無とその有効性について定性的に評価する。
基本要件④ 効率	現場での点検作業や点検結果の記録、整理作業および調書作成に掛かる費用や手間を削減することができる。 (なお、点検作業に伴う交通規制による社会的損失を加味した費用※で評価する。)	提出された点検調書と、それを参照して「橋梁定期点検要領」で求められる点検調書を作成するのに必要な点検員による点検に掛かる費用、手間の合計値を従来点検による費用・手間と比較して定量的に評価する。 提出された点検調書の作成に掛かる費用、手間は、提出された工数等集計結果に基づく。 (◎: 従来比20%以上削減、○: 同19%削減~5%増加、△: 同6~10%増加、×: 同11%以上増加)
基本要件⑤ 安全性	現場での点検作業における安全確保がなされている。	現場検証状況、提出された性能等に関するヒアリング内容等から、点検作業員、第三者、周辺構造物などに対する安全性を定性的に評価する。
期待項目⑥ 安定性	点検において、外乱(強風、外光(太陽光)や照明など)の影響を受け難いこと。	現場検証状況、提出された点検調書および性能等に関するヒアリング内容等から、取得情報に対する安定性を定性的に評価する。
期待項目⑦ 効率・正確さ	損傷状況の把握、評価が、より効率的あるいは正確になること。	現場検証状況、提出された点検調書および工数等集計結果等から、点検員の手間の削減、精度向上への効果を定性的に評価する。
期待項目⑧ 作業性	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと。	現場検証状況より、搬入、設置撤去に要する時間、手間、設備などから定性的に評価する。
期待項目⑨ 汎用性	今回の検証現場以外でも、より多くの現場において効果を発揮すること。	現場検証状況、提出された性能等に関するヒアリング内容等から、現場条件、構造などへの汎用性を定性的に評価する。
期待項目⑩ 性能保証	性能保証範囲が明確であり、且つ、それを客観的に示せること。	現場検証状況、提出された性能等に関するヒアリング内容等から、性能保証に対する妥当性を定性的に評価する。

※点検作業に伴う交通規制による社会的損失を加味した費用  
従来点検では橋梁点検車の使用を仮定し、橋梁点検車の設置のための交通規制により生じる走行時間延長費用とする。なお算定では、24時間交通量約2万台、大型車混入率24%の時間交通量データを使用した。








## 【評価結果（個票）】

### 目次

No.	技術名称	頁
1	構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」 ルーチェサーチ株式会社	23-24
2	非 GPS 環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術 三信建材工業株式会社	25-26
3	橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム 国立大学法人東北大学	27-28
飛行型	4 マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測 夢想科学株式会社	29-30
	5 マルチコプターを利用した橋梁点検システム(マルコ™) 川田テクノロジーズ株式会社	31-32
	6 画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術 総合警備保障株式会社	33-34
	7 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム 新日本非破壊検査株式会社	35-36
8 「橋梁点検カメラシステム 視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術 ジビル調査設計株式会社	37-38	
車両型	9 橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検 株式会社帝国設計事務所	39-40
	10 損傷検知装置 古河機械金属株式会社	41-42
ポール型	11 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ 三井住友建設株式会社	43-44
	12 ポール打音検査機 日本電気株式会社	45-46
13 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」 東北工業大学	47-48	
懸架型	14 ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム 八戸工業大学	49-50
	15 橋梁自動点検ロボットシステム 株式会社ミライト	51-52
その他	16 赤外線調査トータルサポートシステム J システム 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	53-54
	17 移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術 佐藤鉄工株式会社	55-56
18 橋梁点検用飛行ロボットシステム 日本電気株式会社	57-58	
要素検証	19 複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム 富士フィルム株式会社	59-60
	20 音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出 株式会社熊谷組	61-62
	21 インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発 株式会社開発設計コンサルタント	63-64

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」 副題: 小型無人ヘリまたはポール搭載カメラによる構造物点検および点検調書作成支援システム												
<b>○応募者</b>	ルーチェサーチ株式会社												
<b>○共同開発者</b>	広島工業大学, 株式会社建設技術研究所												
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	人が近接することなく、デジタルカメラを搭載したロボット(UAV、ポール型)により撮影した写真の画像処理を行い、橋梁全体の3次元または2次元画像を作成したうえで橋梁に発生している損傷箇所・損傷程度を正確に把握し、橋梁点検調書の作成支援を行う技術・システムである。	(外観・イメージ)  UAV点検ロボ  ポール搭載カメラ											
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理												
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 20%;">飛行型(無人航空機)</td> <td style="width: 60%;">寸法: 950mmx950mmx400mm、重量: 8kg</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 4,240万画素数[SONY α 7R II]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ作成[自社開発]</td> </tr> <tr> <td>ひびわれ解析</td> <td>画像からひびわれ幅と長さを解析[自社開発]</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 950mmx950mmx400mm、重量: 8kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 4,240万画素数[SONY α 7R II]	データ処理	オルソ化	オルソ作成[自社開発]	ひびわれ解析	画像からひびわれ幅と長さを解析[自社開発]
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 950mmx950mmx400mm、重量: 8kg											
センサー	静止画取得	最大画素数: 4,240万画素数[SONY α 7R II]											
データ処理	オルソ化	オルソ作成[自社開発]											
	ひびわれ解析	画像からひびわれ幅と長さを解析[自社開発]											
<b>○問い合わせ先</b>	ルーチェサーチ株式会社 代表取締役 渡辺 豊 Tel: 082-209-0230 Mail: info@luce-s.jp URL: http://luce-s.net/												
<b>●検証項目</b>	[2]・[3]・[6]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)	点検状況  合成画像と損傷図  <small>主観: ⑦ 距離・観測高出-d #20101 150x450 ⑧写真番号②</small>											
<b>●検証場所</b>	蒲原高架橋(国道1号、静岡県静岡市)												
<b>●検証内容</b>	コンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  【検証実施日】 平成27年10月28日(点検作業)、11月2日(委員検証)  【検証時風速】 最大平均風速 1.3m/s、最大瞬間風速 2.8m/s												

○技術名称	構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」
-------	---------------------------------

●評価結果【実用検証評価】

I. 試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○検証現場では、安定して飛行し、画像を取得する状況を確認した。          ○検証時に確認した飛行体の安定性は高いものの、操縦者の技量に依存する部分が多いと見受けられた。衝突などへの安全性についても同様で、制御や機能面での安定性、安全性の向上を図ることが望まれる。          ○取得された点検情報として、損傷写真は点検記録として十分な品質を有することを確認した。また、ポールカメラの併用により、支承周りの狭隘部の画像も良く取得できることが確認した。          ○損傷検出精度は、ひびわれ損傷についてはほぼ検出されているが、それ以外の剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の検出精度は十分とは言えない。鮮明な画像は取得出来ていることから、画像から損傷を検出する技術の向上が課題と考えられる。</p> <p>以上の結果から、本システムは現状で点検への支援効果は期待できるが、検証が必要な事項も残すことから、総合評価として、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>
------	---

課題	【損傷検出精度の向上】 画像から損傷を検出する技術の向上が必要である。
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造(コンクリート橋や高橋脚、主塔など)であること。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(点検範囲が視認できれば、一部に河川などで進入できない範囲がある状況でも可)</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
期待される活用場面	上記の適用範囲にある橋梁で、近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となり、比較的損傷が多く点検に時間を要する場合に、現場点検時間の短縮(橋梁点検車が必要な橋梁では、交通規制時間の短縮により社会的損失の低減)が期待できる。
期待される改良・開発事項	【安全性の向上】 操縦者の技量によらない、逸走防止および衝突に対する安全設備の装備。


参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	△
		損傷写真(調書その6)	○
基本要件②	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	○
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	×
	[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	○
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	△	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	非GPS環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術 副題: 非GPS環境において自律飛行可能なマルチコプターにデジタル一眼レフカメラを搭載し、撮影画像から異常部の解析・集計を行う近接目視点検支援																							
<b>○応募者</b>	三信建材工業株式会社																							
<b>○共同開発者</b>	(国法)千葉大学, (株)自律制御システム研究所, アイエムソフト(有)																							
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	SLAM技術により半自律飛行可能なUAVを用い、搭載カメラにて撮影する近接目視点検支援技術。 機体に搭載したレーザーレンジファインダーにより構造物と一定距離を保つことが可能であり、操作ミス等により機体が構造物に衝突しない安全性の向上と、常に一定した画角の画像を取得できる。 撮影画像は解析ソフトウェアを用いて異常個所をトレースすることにより規模を測定し、図面と合成することで異常個所の位置特定を支援する。	(外観・イメージ)																						
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理																							
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>飛行型(無人航空機)</td> <td>寸法: 1.44m × 1.30m × 0.70m、総重量: 10.5kg 寸法: 1.10m × 0.96m × 0.50m、総重量: 6.5kg</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ画像合成 [PhotoScan Professional]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>三次元化</td> <td>3Dモデル構築 [PhotoScan Professional] 他</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ひびわれ解析</td> <td>画像を図面と合成し、異常部をなぞることによりひびわれ幅と長さを自動解析 [Image SR]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>SLAM技術</td> <td>移動中に周辺環境を3次元スキャンし、機体の移動を制御</td> </tr> </table>			移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1.44m × 1.30m × 0.70m、総重量: 10.5kg 寸法: 1.10m × 0.96m × 0.50m、総重量: 6.5kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]		動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]	データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [PhotoScan Professional]		三次元化	3Dモデル構築 [PhotoScan Professional] 他		ひびわれ解析	画像を図面と合成し、異常部をなぞることによりひびわれ幅と長さを自動解析 [Image SR]	その他	SLAM技術	移動中に周辺環境を3次元スキャンし、機体の移動を制御
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1.44m × 1.30m × 0.70m、総重量: 10.5kg 寸法: 1.10m × 0.96m × 0.50m、総重量: 6.5kg																						
センサー	静止画取得	最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]																						
	動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]																						
データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [PhotoScan Professional]																						
	三次元化	3Dモデル構築 [PhotoScan Professional] 他																						
	ひびわれ解析	画像を図面と合成し、異常部をなぞることによりひびわれ幅と長さを自動解析 [Image SR]																						
その他	SLAM技術	移動中に周辺環境を3次元スキャンし、機体の移動を制御																						
<b>○問い合わせ先</b>	三信建材工業株式会社 開発室 石田晃啓 Tel: 0532-34-6066 Mail: ishida.t@sanshin-g.co.jp URL: http://sanshin-g.co.jp/																							
<b>●検証項目</b>	[2]・[3]・[6] (詳細内容は、本書p.2に記載)		 <p>点検状況(幸久橋)</p>																					
<b>●検証場所</b>	蒲原高架橋 (国道1号、静岡県静岡市), 幸久橋 (国道349号(通行止め区間)) 茨城県那珂市~常陸太田市																							
<b>●検証内容</b>	コンクリート橋の橋桁と床版、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。 【検証実施日】 [蒲原高架橋] 平成27年10月28日(点検作業)、11月2日(委員検証) [幸久橋] 平成27年11月12日(点検作業) 【検証時風速】 [蒲原高架橋] 最大平均風速2.1m/s、最大瞬間風速5.1m/s [幸久橋] 最大平均風速3.3m/s、最大瞬間風速5.9m/s																							
			 <p>合成されたオルソ画像</p>																					

○技術名称	非GPS環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術
-------	--------------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅱ. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○検証現場では、点検対象となる橋体からほぼ一定の離間を保持した状態で安定して飛行し、画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○現状では、高さ方向のみ自律制御が有効に機能する状態であるが、飛行安定性、操作性の向上、および衝突防止としての効果は確認した。</p> <p>○取得された点検情報として、損傷写真の一部で鮮明さが欠けるものが見られるとともに、逆光の影響で画像からの損傷検出ができない範囲があることを確認した。</p> <p>○今回の検証での損傷検出精度は、橋梁定期点検要領求める精度に対して、ひびわれの検出が十分とは言えない。取得する画像の画質や画像から損傷を識別する技術の向上による改善が望まれる。</p> <p>○オルソ化や三次元モデルの構築により損傷位置は把握できている。</p> <p>以上の結果より、現時点では橋梁点検に対する支援効果は限定的であり、改良が望まれる課題を残すことから、総合評価は、これら課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨するものとした。</p>
------	---

課題	<p>【損傷検出精度の向上】</p> <p>ひびわれを含む各種損傷の検出精度が十分ではない。検出精度の向上が必要である。</p> <p>【画像品質の向上】</p> <p>損傷写真の一部で鮮明さが欠ける画像が見られた。損傷程度の評価に必要な情報が読み取れないため、記録として不適である。</p>
----	--

想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造(コンクリート橋や高橋脚、主塔など)であること。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
-----------	--

期待される活用場面	上記の適用範囲にある橋梁で、近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となり、比較的損傷が多く点検に時間を要する場合に、現場点検時間の短縮(橋梁点検車が必要な橋梁では、交通規制時間の短縮により社会的損失の低減)が期待できる。
-----------	---

期待される改良・開発事項	<p>【SLAMによる自律制御システム構築】</p> <p>今回の検証ではSLAMの特性を十分に活用したものとは言えない。更に改良を加えて自律制御、自動運転を可能とすることを期待する。</p>
--------------	--

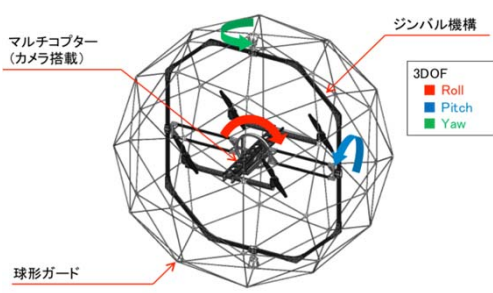
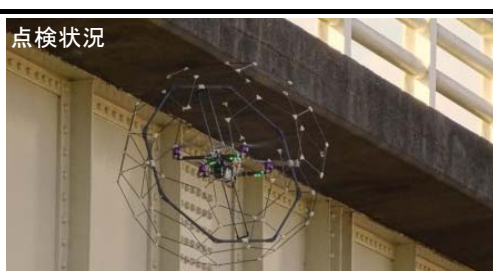

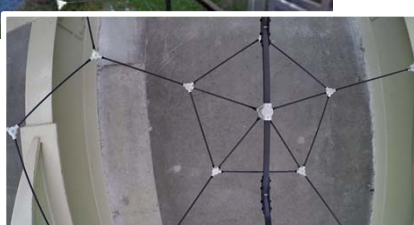
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	△
		損傷写真(調書その6)	△
基本要件②	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	△
		剥離・鉄筋露出	○
		漏水・遊離石灰	○
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	△	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	△	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム										
○応募者	国立大学法人東北大学										
○共同開発者	株式会社千代田コンサルタント, 一般財団法人航空宇宙技術振興財団, 株式会社リコー										
○技術概要 (自己申告)	<p>けた等が入り組んだ狭あい空間を橋梁ならびに自身を傷つけることなく安全安定に飛行しながら、日照条件にロバストに橋梁表面の接写撮影ができる飛行体。技術的なポイントは、本体と独立に回転できる球殻によりマルチコプターを保護すること、複数形式のカメラで赤外画像や高解像度の接写画像などを撮影することである。</p> <p>足場が不要、現場への搬入出が容易といった利点がある。</p> <p>NEDO-SIPの委託事業で開発中</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 									
○対象分野	橋梁維持管理										
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px;">移動機構</td> <td style="padding: 2px;">飛行型(無人航空機)</td> <td style="padding: 2px;">寸法: 直径950mm(球殻サイズ), 重量: 2.6kg</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">センサー</td> <td style="padding: 2px;">動画取得</td> <td style="padding: 2px;">最大画素数: 829万画素[GoPro Hero4], 台数: 2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">データ処理</td> <td style="padding: 2px;">パノラマ化</td> <td style="padding: 2px;">点検面毎の撮影動画を三次元復元し、対象面のパノラマ画像(オルソ画像)を合成[自社開発]</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 直径950mm(球殻サイズ), 重量: 2.6kg	センサー	動画取得	最大画素数: 829万画素[GoPro Hero4], 台数: 2	データ処理	パノラマ化	点検面毎の撮影動画を三次元復元し、対象面のパノラマ画像(オルソ画像)を合成[自社開発]
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 直径950mm(球殻サイズ), 重量: 2.6kg									
センサー	動画取得	最大画素数: 829万画素[GoPro Hero4], 台数: 2									
データ処理	パノラマ化	点検面毎の撮影動画を三次元復元し、対象面のパノラマ画像(オルソ画像)を合成[自社開発]									
○問い合わせ先	(国)東北大学 情報科学研究科 田所研究室 准教授 大野/助教 岡田 Tel: 022-795-7025 Mail: { ohno,okada }@rm.is.tohoku.ac.jp URL: http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/										
●検証項目	[1]・[2]・[3]・[6]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)	点検状況									
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)										
●検証内容	<p>鋼橋およびコンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 1.6m/s、最大瞬間風速 4.5m/s</p>	<p>搭載カメラの画像</p>  									

○技術名称	橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム
-------	------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅱ. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、鋼桁の横構部材の隙間を抜けて桁間に円滑に進入し、球殻を接触させながら移動して画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○取得した点検情報として、損傷写真については機体の映り込みや広角レンズによる歪みはあるものの、損傷情報を得られる画質であることを確認した。(画像による損傷位置の特定では、パノラマ画像化システムを使用している)</p> <p>○損傷の検出精度について、全体的に橋梁定期点検要領求める精度に対して十分とは言えない。</p> <p>○今回の検証ではデータ整理、調書作成の費用、手間が大幅に増加する結果となったが、作業の熟練や画像処理の自動化により改善されることを期待する。(現在取組中であることを確認している。)</p> <p>以上の結果より、現状では点検への支援効果は限定的であり、改良が望まれる課題を残すことから、総合評価は、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨するものとした。</p>
------	--

課題	<p>【損傷検出精度の向上】 コンクリート橋、鋼橋ともに損傷の種類を問わず検出率が低い。検出精度の向上が必要である。</p> <p>【調書作業効率の改善】 今回、調書作成作業工数が嵩み、結果的に工費が大幅な増加となることが確認された。特にデータ整理において顕著であるため、画像処理の自動化など効率改善が必要である。</p>
----	---

想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼橋、コンクリート橋、橋脚、主塔など全般。</li> <li>・アーチ橋やトラス橋など従来手法では接近が困難な箇所での点検情報取得。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
-----------	--

期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記の適用範囲にある橋梁で、近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となり、比較的損傷が多く点検に時間を要する場合に、現場点検時間の短縮が期待できる。</li> <li>・特にアーチ橋やトラス橋などの立体的な構造では、接触に対する防護が有効な本機の特性が大いに活かされるものと期待できる。</li> </ul>
-----------	---

期待される改良・開発事項	<p>【損傷の定量データの取得】 ひびわれ幅など損傷程度の評価に必要な定量値の測定機能の追加。</p> <p>【飛行時間の延長】</p>
--------------	--

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	○
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	△
		防食機能の劣化	△
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	△
[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	×	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)	◎	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	×	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	◎	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測 副題: 人的リスク、現場工数、コストの低減と管理の標準化																			
<b>○応募者</b>	夢想科学株式会社																			
<b>○共同開発者</b>	株式会社 ニチギ, 株式会社 plus-b																			
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	橋梁検査における近接目視検査にて、マルチコプターに搭載されたミラーレス一眼レフカメラにて撮影。近接撮影のための専用設計の機体で上部に設置されたカメラやガード、遠隔ズームや採寸のためのレーザーポイントと被写体との平行を支持するシステムを搭載。 また、撮影された動画、静止画より異状部の寸法(長さ、面積)を計測するソフトウェアにて詳細な検査データを構築する。 また、将来的に画像解析技術により自動判定や自動作図などを目指す。	(外観・イメージ)  寸法計測用画像データ (レーザー光を基準として解析)																		
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理																			
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>飛行型(無人航空機)</td> <td>寸法: 1000mm × 1000mm × 650mm、重量: 7.5kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 2400万画素 [SONY α6000]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ画像合成 [Photoscan]</td> </tr> <tr> <td>3次元化</td> <td>3Dモデル構築 [Photoscan]</td> </tr> <tr> <td>ひびわれ解析</td> <td>スケールの画像合成による、ひびわれ幅判定</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>平行撮影補助システム</td> <td>自社開発(超音波センサー・レーザーポイント)</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1000mm × 1000mm × 650mm、重量: 7.5kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 2400万画素 [SONY α6000]	動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]	データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [Photoscan]	3次元化	3Dモデル構築 [Photoscan]	ひびわれ解析	スケールの画像合成による、ひびわれ幅判定	その他	平行撮影補助システム	自社開発(超音波センサー・レーザーポイント)
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1000mm × 1000mm × 650mm、重量: 7.5kg																		
センサー	静止画取得	最大画素数: 2400万画素 [SONY α6000]																		
	動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]																		
データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [Photoscan]																		
	3次元化	3Dモデル構築 [Photoscan]																		
	ひびわれ解析	スケールの画像合成による、ひびわれ幅判定																		
その他	平行撮影補助システム	自社開発(超音波センサー・レーザーポイント)																		
<b>○問い合わせ先</b>	夢想科学株式会社 代表取締役社長 泉 保則 Tel: 097-574-5428 Mail: izumi@anaheim-laboratory.com																			
<b>●検証項目</b>	[1]・[2]・[3]・[6]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)																			
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)																			
<b>●検証内容</b>	鋼橋およびコンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  <b>【検証実施日】</b> 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)  <b>【検証時風速】</b> 最大平均風速 1.7m/s、最大瞬間風速 3.1m/s	点検状況  合成された3Dモデル																		



○技術名称	マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測
-------	---------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅱ. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、安定して飛行し、画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○機体の操縦、画像取得のオペレータの連携により効率良く点検情報を取得できていたが、連携を含めてオペレータの技量によるところが大きいことが想定される。</p> <p>○免振性の高い3軸可動のカメラ架台(雲台)により、飛行体のブレに対しても安定し、多様な角度からの画像取得が可能であることを確認した。</p> <p>○また、鮮明で多角度からの画像を合成することで、欠落部の少ない精細な三次元画像が作成可能であることを確認した。</p> <p>○取得された点検情報として、損傷写真は従来点検と同等の品質の画像が得られることを確認した。</p> <p>○損傷検出精度は、ひびわれの検出率が低く、またその以外の剥離・鉄筋露出や漏水・遊離石灰の検出率についても十分とは言えない。</p> <p>以上の結果より、現状では点検への支援効果は限定的であり、改良が望まれる課題を残すことから、総合評価は、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨するものとした。</p>
課題	<p>【損傷検出精度の向上】</p> <p>コンクリート橋、鋼橋ともに損傷の検出数が十分でなく、検出精度を向上させる必要がある。</p>
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造(コンクリート橋や高橋脚、主塔など)であること。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
期待される活用場面	<p>上記の適用範囲にある橋梁で、近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となり、比較的損傷が多く点検に時間を要する場合に、現場点検時間の短縮(橋梁点検車が必要な橋梁では、交通規制時間の短縮により社会的損失の低減)が期待できる。</p>
期待される改良・開発事項	<p>【自律制御・操縦補助機能の追加】</p> <p>【損傷の定量値の測定技術】</p> <p>ひびわれ幅など損傷程度の評価に必要な定量値の測定機能の追加。</p> <p>【3Dモデルによる点検情報の管理】</p> <p>精緻な3Dモデルの構築による点検情報の管理、記録の提案。</p>

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	○
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	○
		防食機能の劣化	×
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	○
[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	×	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	◎	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	◎	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™) 副題: 高精細画像取得用マルチコプタと橋梁脱着型マルチコプタによる近接目視点検支援システム															
○応募者	川田テクノロジーズ株式会社															
○共同開発者	(株)エンルート, 大日本コンサルタント(株), (独)産業技術総合研究所															
○技術概要 (自己申告)	<p>本システムは2種類のマルチコプタにより画像取得点検を行うシステムである。                  高精細画像取得用マルチコプタは、自律飛行を行い、橋梁下面の高精細で網羅的且つ均質的な画像を取得する。                  橋梁脱着型マルチコプタは、点検対象が鋼橋の場合に、飛行して接近後、桁を把持し、アーム式カメラにて細部点検を実施する。                  両システムとも飛行時間と安全性の確保を目的として、落下防止兼用の有線給電ケーブルを備える。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p style="text-align: right;">橋梁脱着型 マルチコプタ</p> <p style="text-align: center;">高精細画像取得用 マルチコプタ</p>														
○対象分野	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市~常陸太田市)															
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 20%;">飛行型(無人航空機)</td> <td style="width: 60%;">                     精密画用: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、質量: 5kg                      着脱型: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.7m、質量: 6.5kg                 </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得 精密画用</td> <td>最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]</td> </tr> <tr> <td>" 着脱用</td> <td>最大画素数: 1200万画素 [GoPro Hero4]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3次元化</td> <td>3Dモデル構築 [PHOTOSCAN]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>Local Positioning System</td> <td>自動追尾式の赤外線カメラにて機体位置を把握、カメラ撮影位置を特定。(橋梁脱着型コプタ)</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	精密画用: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、質量: 5kg 着脱型: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.7m、質量: 6.5kg	センサー	静止画取得 精密画用	最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]	" 着脱用	最大画素数: 1200万画素 [GoPro Hero4]	データ処理	3次元化	3Dモデル構築 [PHOTOSCAN]	その他	Local Positioning System	自動追尾式の赤外線カメラにて機体位置を把握、カメラ撮影位置を特定。(橋梁脱着型コプタ)
移動機構	飛行型(無人航空機)	精密画用: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、質量: 5kg 着脱型: 寸法: 1.0m × 1.0m × 0.7m、質量: 6.5kg														
センサー	静止画取得 精密画用	最大画素数: 2430万画素 [SONY α6000]														
	" 着脱用	最大画素数: 1200万画素 [GoPro Hero4]														
データ処理	3次元化	3Dモデル構築 [PHOTOSCAN]														
その他	Local Positioning System	自動追尾式の赤外線カメラにて機体位置を把握、カメラ撮影位置を特定。(橋梁脱着型コプタ)														
○問い合わせ先	川田テクノロジーズ(株)技術研究所 金平 徳之 Tel: 028-687-2217 Mail: noriyuki.kanehira@kawada.co.jp URL: http://www.kawada.jp/															
●検証項目	[1]・[2]・[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;">●検証場所</div> <div>幸久橋(那珂市)</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;">●検証内容</div> <div> <p>鋼橋およびコンクリート橋の橋桁と床版の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 2.7m/s、最大瞬間風速 6.2m/s</p> </div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="margin-bottom: 10px;">  <p>点検状況</p> <p>(橋梁脱着型)</p> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">  <p>高精細画像取得用</p> </div> <div>  <p>合成された3Dモデル</p> </div> </div> </div>														
●検証場所	幸久橋(那珂市)															
●検証内容	<p>鋼橋およびコンクリート橋の橋桁と床版の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 2.7m/s、最大瞬間風速 6.2m/s</p>															

○技術名称	マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)
-------	---------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅱ. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、高精細画像取得用(今回はコンクリート橋でのみ適用)は安定して飛行し、画像を取得する状況を確認した。橋梁脱着型(鋼橋専用)は、ポジショニングシステムを使って橋上からの操作により、鋼桁に飛行して接近した後、桁に取り付き、車輪移動して画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○点検情報の取得について、橋梁脱着型については今回の点検範囲が狭かったため、十分な検証には至らなかったが、高精細画像取得用については、従来手法と同等品質の損傷写真が取得できることを確認した。</p> <p>○損傷の検出精度は、ひびわれ以外の損傷(剥離・鉄筋露出と漏水・遊離石灰)は概ね主要な損傷が検出できていることを確認した。ひびわれの検出精度については、現状では十分とは言えない。</p> <p>○高精細画像取得用で取得した画像から、三次元画像の構築が可能であることを確認した。(鮮明さなどについては今後確認の必要がある。)</p> <p>以上の結果より、現状では点検への支援効果は限定的であり、改良が望まれる課題を残すことから、総合評価は、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨するものとした。</p> <p>なお、本評価は高精細画像取得用マルチコプターによるコンクリート橋の点検支援に限定し、今回十分な検証をおこなっていない脱着型マルチコプターについては本評価の対象外とする。</p>
------	--

課題	<p>【損傷検出精度の向上】</p> <p>ひびわれを含む各種損傷の検出精度が十分ではない。検出精度の向上が必要である。</p>
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造(コンクリート橋や高橋脚、主塔など)であること。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・マルチコプターの飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
期待される活用場面	<p>上記の適用範囲にある橋梁で、近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となり、比較的損傷が多く点検に時間を要する場合に、現場点検時間の短縮(橋梁点検車が必要な橋梁では、交通規制時間の短縮により社会的損失の低減)が期待できる。</p>
期待される改良・開発事項	<p>【3Dモデルによる点検情報の管理】</p> <p>精緻な3Dモデルの構築による点検情報の管理、記録の提案。</p>



参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	○
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	—
		防食機能の劣化	—
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	○
[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	×	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	◎	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	○	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	—	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術 副題: GPS情報に依存しない小型カメラを用いた自己位置推定による操縦者を補助する飛行ロボットの半自律飛行制御															
<b>○応募者</b>	総合警備保障株式会社															
<b>○共同開発者</b>	株式会社横河ブリッジホールディングス															
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	<p>点検者による橋梁点検の事前情報となるスクリーニング画像の取得を目的とした飛行ロボットを用いた橋梁撮影システムである。</p> <p>技術的特徴として、飛行ロボットに搭載した小型カメラおよび距離センサーを利用することで、GPSに依存しない位置認識と半自律飛行が可能である。</p> <p>また、セーフティーワイヤーを橋梁上から接続することで、作業範囲外への飛行・落下防止、橋梁上からの操縦を実現する。</p>	(外観・イメージ) 														
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理															
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">飛行型(無人航空機)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、重量: 8.2kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ画像合成 [PIX4DMapper]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>距離センサーによる位置認識技術</td> <td>飛行ロボットに搭載した距離センサーで橋脚の位置を計測し、機体の移動を制御</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、重量: 8.2kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)	動画取得	最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)	データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [PIX4DMapper]	その他	距離センサーによる位置認識技術	飛行ロボットに搭載した距離センサーで橋脚の位置を計測し、機体の移動を制御
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1.0m × 1.0m × 0.4m、重量: 8.2kg														
センサー	静止画取得	最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)														
	動画取得	最大画素数: 1200万画素 (GoPro Hero4 改)														
データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [PIX4DMapper]														
その他	距離センサーによる位置認識技術	飛行ロボットに搭載した距離センサーで橋脚の位置を計測し、機体の移動を制御														
<b>○問い合わせ先</b>	総合警備保障株式会社 開発企画部 担当: 土谷 尚賢 Tel: 03-3402-7606 Mail: tsuchiya-t@alsok.co.jp URL: <a href="http://www.alsok.co.jp/">http://www.alsok.co.jp/</a>															
<b>●検証項目</b>	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p style="text-align: right;">点検状況</p> 														
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)															
<b>●検証内容</b>	<p>鋼橋の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月11日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 1.8m/s、最大瞬間風速 3.4m/s</p>															

○技術名称	画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術
-------	--------------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅲ. 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、橋上の操作者がモニターを見ながら操縦して、桁に接近して画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○確実な画像伝送のため飛行体はケーブルで接続されており、逸走防止の効果も期待できるもののケーブルの自重やたるみにより飛行体に負荷がかかり、飛行状態が不安定となる状況を確認した。</p> <p>○点検情報の取得に関して、提出された損傷写真は全体的に不鮮明であり、その結果、損傷検出精度や損傷程度の把握も十分ではないことを確認した。</p> <p>以上のとおり、現状では実用までに幾つかの課題を残すことから、総合評価として、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>
課題	<p>【機体の安定性向上】 飛行時の安定性について、有線給電による自重軽減、ケーブル接続部の改良などの改善を検討中とのことであるが、その効果について今後検証が必要である。</p> <p>【画像品質の向上】 損傷写真の一部で鮮明さが欠ける画像が見られた。損傷程度の評価に必要な情報が読み取れないため、記録として不適であり、画像品質の向上が必要である。</p>
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼桁、鋼アーチ橋、鋼トラス橋など、鋼橋全般。 ただし、接続ケーブル延長(現状30m)の制約あり。</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋上で全ての作業をおこなうため、桁下条件に限らない点検への活用が期待できる(ただし、点検作業中は第三者の立入制限が必要)。</li> <li>・点検に橋梁点検車が必要となる橋梁での現場点検時間の短縮が期待できる。</li> </ul>
期待される改良・開発事項	<p>【桁間の点検情報の取得】 鋼橋の桁間は部材が立体的に配置された構造となる場合が多いため、配置された部材を避けて桁間の点検情報を取得する技術が求められる。</p>


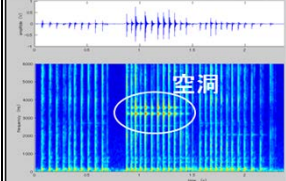
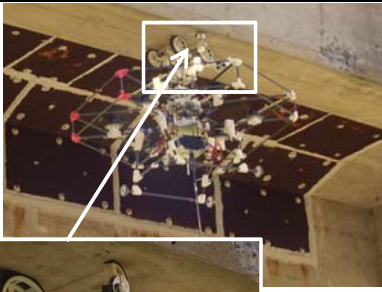

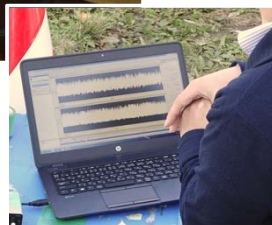
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	△
		損傷写真(調書その6)	△
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	△
		防食機能の劣化	△
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	△	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム 副題: 近接目視・打音検査を接触状態で実施する飛行型点検ロボット																	
<b>○応募者</b>	新日本非破壊検査株式会社																	
<b>○共同開発者</b>	名古屋大学大学院, 九州工業大学, 福岡県工業技術センター																	
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	インフラ構造物の健全性評価と長寿命化を目的とし、飛行体(マルチコプター)により橋梁・トンネルなどの鋼製・コンクリート構造物に接触し、壁面に走行車輪を押し付け車輪駆動により移動しながら、近接目視と打音検査を接触移動にて実施する点検ロボットシステム。	(外観・イメージ)   打音周波数解析結果																
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理																	
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">移動機構</td> <td style="width: 25%;">飛行型(無人航空機)</td> <td>寸法: 1000mm×850mm×500mm、重量: 6.2kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>打音取得</td> <td>マイクロホン [Panasonic RP-VC201-S] アナログ入力モジュール [National Instruments]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>打音解析</td> <td>ブラインド・デコンボリューション [自社開発] 時間周波数解析 [MathWorks製MATLAB 2013a]</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ検出</td> <td>HMI(ヒューマンマシンインターフェース)を含む画像からのひび割れ幅と長さ解析 [自社開発]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>点検調書作成支援</td> <td>解析結果をデータベース化し調書用データを自動生成, 点検調書への貼り付けを実施。</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1000mm×850mm×500mm、重量: 6.2kg	センサー	打音取得	マイクロホン [Panasonic RP-VC201-S] アナログ入力モジュール [National Instruments]	動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]	データ処理	打音解析	ブラインド・デコンボリューション [自社開発] 時間周波数解析 [MathWorks製MATLAB 2013a]	ひび割れ検出	HMI(ヒューマンマシンインターフェース)を含む画像からのひび割れ幅と長さ解析 [自社開発]	その他	点検調書作成支援	解析結果をデータベース化し調書用データを自動生成, 点検調書への貼り付けを実施。
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法: 1000mm×850mm×500mm、重量: 6.2kg																
センサー	打音取得	マイクロホン [Panasonic RP-VC201-S] アナログ入力モジュール [National Instruments]																
	動画取得	最大画素数: 829万画素 [GoPro Hero4]																
データ処理	打音解析	ブラインド・デコンボリューション [自社開発] 時間周波数解析 [MathWorks製MATLAB 2013a]																
	ひび割れ検出	HMI(ヒューマンマシンインターフェース)を含む画像からのひび割れ幅と長さ解析 [自社開発]																
その他	点検調書作成支援	解析結果をデータベース化し調書用データを自動生成, 点検調書への貼り付けを実施。																
<b>○問い合わせ先</b>	新日本非破壊検査株式会社 メカトロニクス部 担当 和田 秀樹 Tel: 093-581-1256 Mail: h-wada@shk-k.co.jp URL: http://www.shk-k.co.jp/																	
<b>●検証項目</b>	[3]・[5] (詳細内容は、本書p.2に記載)	点検状況   打音データの収録状況 																
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)																	
<b>●検証内容</b>	コンクリート床版の損傷の近接目視、および打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  【検証実施日】 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)  【検証時風速】 最大平均風速 2.9m/s、最大瞬間風速 5.4m/s																	

○技術名称	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>IV. 今回は十分な検証ができていない</b>			
総合評価	<p>○現場検証では、コンクリート主桁下面および床版下面に飛行体で接近、接触した状態で、機上の車輪駆動による移動と打音ハンマーにより打撃し、打撃音を集音する状況を確認した。</p> <p>○検証時の状況から、被検査面に機体を接触しながら移動させる操作は、操縦者の技量によるところが大きいものと推測される。</p> <p>○現状では機体サイズと打音検査装置の配置により、検査範囲が限定され、汎用性が高いとは言えない。</p> <p>○取得された点検情報としては、今回の検査範囲が狭く十分な検証はできていない。</p> <p>ただし、今回検査した範囲においては、うき、剥離・鉄筋露出は検出されている。</p> <p>○記録としての損傷写真は、損傷そのものは良く確認できるものの、視野が狭く、歪みも大きいことから損傷位置の特定や大きさ、範囲の認知には習練が必要と思われる、記録として適当とは言い難い。</p> <p>以上のとおり、今回は検査を実施できた範囲が狭く、十分な検証ができていないことから、現地で確認したロボットの機構に限定した評価に留める。</p>		
評価の理由	実施範囲が狭く、点検精度、点検費用・手間に関する検証が十分できなかった。		
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート橋およびコンクリート橋の床版。(鋼橋の床版については接近できれば適用可能)</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・マルチコプター-の飛行が可能あるいは必要な許認可が得られる場所であること。(航空法対応)</li> </ul>		
期待される活用場面	・近接目視のために橋梁点検車や高所作業車が必要となるコンクリート橋、床版での事前のスクリーニングとして活用することで、現場点検時間の短縮が期待できる。		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行時および車輪駆動時の安定性向上(等間隔の打音検査を可能とする)。</li> <li>・被検査物の状態(粉塵汚れ、うきの深さなど)による検査結果への影響についての検証が必要である。</li> <li>・側面の打音検査機能の追加</li> <li>・取得画像の視界改善</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	△
基本要件②	[3]コンクリート床版の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	○
		漏水・遊離石灰	-
	[5]コンクリート床版の打音支援	うき	○
補修・補強材の損傷		-	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		○
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		△
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		○
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		◎
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		△
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		△
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術 副題:「橋梁点検カメラシステム視る・診る」によるひび割れ検出・打音検査・他																						
<b>○応募者</b>	ジビル調査設計株式会社	(外観・イメージ) 																					
<b>○共同開発者</b>	有限会社インテス, 福井大学																						
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	橋梁点検の際の近接目視の援助・補完技術として開発したものである。 本システムは幅1.0m長さ2.7mとコンパクトで路肩の一部又は歩道端部に設置して橋面上から点検用のアームを橋梁下面に侵入させそのアームに搭載したビデオカメラで橋梁下面を近接撮影し、橋面上のモニターで確認し画像取得するシステムである。																						
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理																						
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>車両型 (搭乗型クローラー台車)</td> <td>寸法: 2.52m×0.95m×2.27m, 重量: 1.6tf</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 2000万画素 (SONY FDR-AX100)</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 1420万画素 (SONY FDR-AX100)</td> </tr> <tr> <td>赤外線熱画像取得</td> <td>検出器解像度 320×240ピクセル</td> </tr> <tr> <td>打音取得</td> <td>指向性マイクロフォン (SONY EMC-GZIM)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ画像作成 (kuraves-Th)</td> </tr> <tr> <td>ひび割れ解析</td> <td>抽出 (kuraves-Th), 作図 (V-nas)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>損傷形状測定</td> <td>クラックスケール(φ150mm)を装備 幅 0.1mm~1.00mmのクラックをモニター計測</td> </tr> </table>			移動機構	車両型 (搭乗型クローラー台車)	寸法: 2.52m×0.95m×2.27m, 重量: 1.6tf	センサー	静止画取得	最大画素数: 2000万画素 (SONY FDR-AX100)	動画取得	最大画素数: 1420万画素 (SONY FDR-AX100)	赤外線熱画像取得	検出器解像度 320×240ピクセル	打音取得	指向性マイクロフォン (SONY EMC-GZIM)	データ処理	オルソ化	オルソ画像作成 (kuraves-Th)	ひび割れ解析	抽出 (kuraves-Th), 作図 (V-nas)	その他	損傷形状測定	クラックスケール(φ150mm)を装備 幅 0.1mm~1.00mmのクラックをモニター計測
移動機構	車両型 (搭乗型クローラー台車)	寸法: 2.52m×0.95m×2.27m, 重量: 1.6tf																					
センサー	静止画取得	最大画素数: 2000万画素 (SONY FDR-AX100)																					
	動画取得	最大画素数: 1420万画素 (SONY FDR-AX100)																					
	赤外線熱画像取得	検出器解像度 320×240ピクセル																					
	打音取得	指向性マイクロフォン (SONY EMC-GZIM)																					
データ処理	オルソ化	オルソ画像作成 (kuraves-Th)																					
	ひび割れ解析	抽出 (kuraves-Th), 作図 (V-nas)																					
その他	損傷形状測定	クラックスケール(φ150mm)を装備 幅 0.1mm~1.00mmのクラックをモニター計測																					
<b>○問い合わせ先</b>	ジビル調査設計株式会社 担当 南出 重克 Tel: 0776-23-7155 Mail: minamide@zivil.co.jp URL: http://www.zivil.co.jp/																						
<b>●検証項目</b>	[1]・[2]・[3]・[4]・[5]・[6]・[7]・[8]・[9] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p style="text-align: right;">点検状況</p> <p style="text-align: right;">クラックスケールと打音用アタッチメント</p> <p style="text-align: right;">カメラモニターを備えた操作盤</p>																					
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)																						
<b>●検証内容</b>	<p>鋼橋とコンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視と打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 1.8m/s、最大瞬間風速 3.5m/s</p>																						



○技術名称	「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>I. 試行的導入に向けた検証を推奨する</b>			
総合評価	<p>○現場検証では、高解像度カメラのほか、各種アタッチメントツールを利用して点検情報を取得する状況を確認した。</p> <p>○自走式クローラータ車の移動、および桁下に回り込むための片持ち支持梁のセットアップはいずれもスムーズに完了し、カメラ、打音検査装置などのアタッチメントを点検対象部に接近させることができることを確認した。</p> <p>○損傷検出精度として、主要な損傷は点検員による従来手法と同等程度に検出できることを確認した。</p> <p>○記録としての損傷写真は、鮮明さ、明るさなど記録として十分な品質が確保されていることを確認した。</p> <p>○カメラ画像や打音などの情報をその場で判断して損傷を検出して記録する方法であるため、点検員が操作あるいは同行する必要がある、点検作業全体の費用、手間への影響について、引き続き検証の必要がある。</p> <p>以上の結果から、本システムは現状で点検への支援効果は期待できるが、検証が必要な事項も残すことから、総合評価として、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>		
課題	【点検業務全体の中での効率についての検証】 現地で取得する点検情報の品質は、現地での作業時間や費用、手間に影響することが予想される。点検作業全体で最適な活用方法について検証する必要がある。		
想定される適用範囲	・路肩（歩道でも可）規制が可能な橋梁全般。（ただし路面から桁下面までの高さ8m程度まで） ・上路トラス、上路アーチなど、橋梁点検車でも接近が困難な箇所でも適応性が高い。		
期待される活用場面	渡河部など橋梁下への進入ができず、従来点検で橋梁点検車が必要となる橋梁点検において、点検技術者の工数削減（現地点検、調書作成）と社会的損失（道路規制時間短縮による走行時間費用）の削減が期待できる。 特に幅員が狭い2車線の橋梁で、橋梁点検車を設置した場合に通行幅が確保できず、通行止めが必要となる場面でも、本機では規制幅が抑えられるため、通行幅の確保が容易となり、社会的損失の削減に大きく貢献できる。		
期待される改良・開発事項	打音の解析によるうき損傷の自動判定システムの追加。 全橋画像のオルソ化、3D化。		
参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果（今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果）			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図（調書その5）	○
		損傷写真（調書その6）	◎
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	△
		防食機能の劣化	○
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	○
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	○
	[4]鋼橋・コンクリート橋の打音支援 [5]コンクリート床版の打音支援 [7]コンクリート橋脚の打音支援	うき	○
		補修・補強材の損傷	○
		[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能（アクセス性）	◎	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	◎	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	○	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる（汎用性）	◎	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	
判定凡例			◎：良好 ○：可 △：課題が残る ×：不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検 副題: 車載型ロボットアーム、3DCG、カメラを利用した点検																	
○応募者	株式会社帝国設計事務所																	
○共同開発者	株式会社カナモト																	
○技術概要 (自己申告)	<p>ロボットアームの先端にカメラを設置し、操作室内の3DCGとモニターによる遠隔操作にて安全に橋梁上部工・下部工の近接目視点検が可能。 点検画像データや位置情報はその場で電子データ化される。 本データは写真帳整理、変状展開図作成作業の効率化のために支援ソフトにより、半自動で整理可能である。 さらに、損傷座標位置情報は経年変化を的確かつ容易に把握することが可能である。</p>  	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>アーム先端カメラによるモニター画像</p>  <p>撮影中の視点及び注視点位置の情報が表示される。</p> <p>写真の注視点位置は青色で示される。</p> <p>選択した写真の注視点位置は黄色で示される。</p> <p>選択した写真の位置情報とプレビューが表示される。</p> <p>選択した写真毎に電子メモが保存できる。</p> <p>点検位置及び操作支援技術</p> <p>車内での点検情報表示</p>																
○対象分野	橋梁維持管理																	
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">車両型 (専用車両)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 2.2m × 8.5m × 3.4m、重量: 8.0tf</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 610万画素 [SONY SDR-SR8]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 228万画素 [SONY SDR-SR8]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>点検データベース化</td> <td>専用開発したデータ収集・調査化ソフトを使用</td> </tr> <tr> <td>ひびわれ解析</td> <td>ひびわれ幅と長さを自動解析 [協会社開発]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>位置情報システム</td> <td>カメラの視点及び注視点位置を橋梁座標系で記録</td> </tr> </table>		移動機構	車両型 (専用車両)	寸法: 2.2m × 8.5m × 3.4m、重量: 8.0tf	センサー	静止画取得	最大画素数: 610万画素 [SONY SDR-SR8]	動画取得	最大画素数: 228万画素 [SONY SDR-SR8]	データ処理	点検データベース化	専用開発したデータ収集・調査化ソフトを使用	ひびわれ解析	ひびわれ幅と長さを自動解析 [協会社開発]	その他	位置情報システム	カメラの視点及び注視点位置を橋梁座標系で記録
移動機構	車両型 (専用車両)	寸法: 2.2m × 8.5m × 3.4m、重量: 8.0tf																
センサー	静止画取得	最大画素数: 610万画素 [SONY SDR-SR8]																
	動画取得	最大画素数: 228万画素 [SONY SDR-SR8]																
データ処理	点検データベース化	専用開発したデータ収集・調査化ソフトを使用																
	ひびわれ解析	ひびわれ幅と長さを自動解析 [協会社開発]																
その他	位置情報システム	カメラの視点及び注視点位置を橋梁座標系で記録																
○問い合わせ先	株式会社帝国設計事務所 技術開発部 若山 昌信 Tel: 011-753-4768 Mail: wakayama@kk-teikoku.jp URL: http://www.kk-teikoku.jp/																	
●検証項目	[1]・[2]・[3]・[6]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p>点検状況</p>  <p>車内での操作状況</p>																
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)																	
●検証内容	<p>鋼橋とコンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証) 【検証時風速】 最大平均風速 2.3m/s、最大瞬間風速 4.4m/s</p>																	

○技術名称	橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検
-------	-----------------------

●評価結果【実用検証評価】

I. 試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、キャビンでの操作により、ロボットアームが安定して桁下にアプローチして画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○操作はキャビン内にあるアーム先端のカメラおよびアーム監視カメラ、橋梁座標上にアームの位置が可視化された3DCG等のモニターを見ながらジョイスティックでおこなう。これらの操作は習練が必要と考えられる。</p> <p>○取得された点検情報として、損傷写真は可動範囲の広いアームとカメラ架台(雲台)の効果により、点検員による従来手法のものに比べても安定した撮影が可能で、点検記録として十分な品質を有することを確認した。</p> <p>○損傷検出精度については、本システムの備える調書作成ソフトの仕様が、検証で比較対象とした点検要領の仕様と異なったため、いずれの損傷についても低い検出率となっている。精度については再検証が必要であるとともに、必要に応じてシステムの仕様の追加が望まれる。</p> <p>○カメラからの画像情報をもとにその場で損傷を検出して記録する方法であるため、点検員が操作あるいは同行する必要がある、また、情報取得のための作業時間も長くなることが想定される。点検作業全体の費用、手間への影響について、引き続き検証の必要がある。</p> <p>以上の結果から、本システムは現状で点検への支援効果は期待できるが、検証が必要な事項も残すことから、総合評価として、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>
------	--

課題	<p>【損傷検出精度の検証】 今回の検証では、調書の仕様が異なることにより、損傷検出精度については十分に検証できていない。再度検証の必要がある。</p> <p>【点検業務全体の中での効率についての検証】 現地で取得する点検情報の品質は、現地での作業時間や費用、手間に影響することが予想される。点検作業全体で最適な活用方法について検証する必要がある。</p>
----	--

想定される適用範囲	<p>・従来点検で橋梁点検車が必要となり、かつ橋梁点検車では接近しにくい箇所がある橋梁。(上路トラス・アーチ、桁高の高い桁橋など)</p>
-----------	---

期待される活用場面	<p>・従来十分な点検情報が得られなかった箇所の情報取得による点検精度の向上が期待できる。</p> <p>・現地点検作業における作業性、安全性の向上に貢献できる。</p>
-----------	---

期待される改良・開発事項	<p>【打音検査装置の追加】 打音検査機能、および落下物の防止、回収装置の追加。</p> <p>【点検員が搭乗できるバケットの換装】 バケットに転装することで点検員が搭乗できれば、現地点検の効率向上が期待できる。</p>
--------------	--

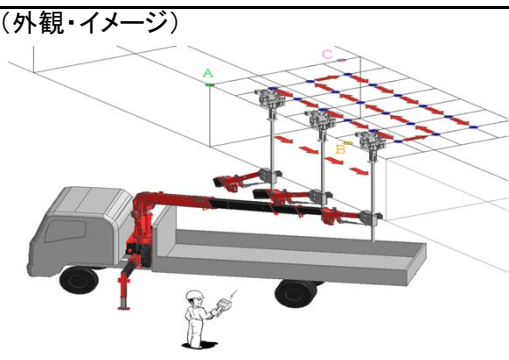

参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	△
		損傷写真(調書その6)	◎
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	△
		防食機能の劣化	×
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	×
[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	×	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	◎	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	○	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	◎	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	損傷検知装置 副題: 健全部の打音を基準として損傷部を検知する打音検査装置														
○応募者	古河機械金属株式会社														
○共同開発者	国立研究開発法人 産業技術総合研究所														
○技術概要 (自己申告)	車載型クレーン「UNIC」と打音検査装置で構成される。 打音検査装置は、被験部への打撃力を計測し適正な入力を監視、集音は環境ノイズを抑えるカバー構造により高S/N比で打音を採り込む。 打音分析法のAR-HMMは、打音による非定常な駆動の影響を除去し、コンクリート内部の状況を反映した音響的特徴を比較的安定に抽出できる。 また、点検作業は、自動点検モードにより素人でも簡単に点検操作でき、その場で損傷判定できる	(外観・イメージ) 													
○対象分野	蒲原高架橋(国道1号、静岡県静岡市)														
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">車両型 (ブーム付車両)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 2.5m × 7.8m × 2.6m、重量: 5.2tf</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>打撃力取得 打音取得</td> <td>フォースセンサ [ Dytran ] マイクロフォン [ NVS ]</td> </tr> <tr> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 1200万画素 [ GoPro Hero4 ]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>打音分析</td> <td>打音損傷度分析 [ 共同開発 ]</td> </tr> <tr> <td>損傷図面作成</td> <td>損傷図面作成 [ 自社開発 ]</td> </tr> </table>		移動機構	車両型 (ブーム付車両)	寸法: 2.5m × 7.8m × 2.6m、重量: 5.2tf	センサー	打撃力取得 打音取得	フォースセンサ [ Dytran ] マイクロフォン [ NVS ]	静止画取得	最大画素数: 1200万画素 [ GoPro Hero4 ]	データ処理	打音分析	打音損傷度分析 [ 共同開発 ]	損傷図面作成	損傷図面作成 [ 自社開発 ]
移動機構	車両型 (ブーム付車両)	寸法: 2.5m × 7.8m × 2.6m、重量: 5.2tf													
センサー	打撃力取得 打音取得	フォースセンサ [ Dytran ] マイクロフォン [ NVS ]													
	静止画取得	最大画素数: 1200万画素 [ GoPro Hero4 ]													
データ処理	打音分析	打音損傷度分析 [ 共同開発 ]													
	損傷図面作成	損傷図面作成 [ 自社開発 ]													
○問い合わせ先	古河機械金属株式会社 つくば総合開発センター 担当: 湯浅文雄 Tel: 029-839-5105 Mail: f-yuasa@furukawakk.co.jp URL: <a href="http://www.furukawakk.co.jp/">http://www.furukawakk.co.jp/</a>														
●検証項目	[5] (詳細内容は、本書p.2に記載)	点検状況  													
●検証場所	蒲原高架橋(静岡市)														
●検証内容	コンクリート橋の床版のうきの打音検査をおこない、「損傷情報の取得及び記録」に係る「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  【検証実施日】 平成27年10月28日(点検作業)、11月2日(委員検証)  【検証時風速】 最大平均風速 3.1m/s、最大瞬間風速 6.2m/s														

○技術名称	損傷検知装置		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>Ⅳ. 今回は十分な検証ができていない</b>			
総合評価	<p>○検証現場では、検査車両を桁下に配置し、自動制御により等間隔で打音検査を実施する状況を確認した。  ○今回の検証では、検査をおこなった範囲に対象とするうき損傷がなかったため、損傷検出精度の確認はできなかった。また、検査対象面に十分な打撃力が伝わらず、損傷の解析ができない範囲があった。  ○打音装置にはマーカ機能および記録写真撮影用カメラを付属し、点検情報の取得、記録が可能であることを確認した。  ○叩き落とし用アタッチメントの動きのみ確認した(使用してはいない)。落下物の回収機能は現状では備えていない。  ○今回は検査実施範囲が狭いため費用、手間の検証はおこなっていない。</p> <p>以上の結果より、今回の検証では損傷検出精度、ならびに点検支援効果にかかるデータの取得には至らず、現地で確認したロボットの機構に限定した評価に留める。</p>		
評価の理由	現段階では、実構造物での損傷検出精度の検証ができていない。		
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート床版や床版橋などの下向き面のうき損傷の調査に限定。(張り出し床版などの緩やかな傾斜は対応可能)</li> <li>・橋下あるいは側近に中型トラック(4t車)が進入でき、アウトリガーがセットできる地盤であること。</li> </ul>		
期待される活用場面	<p>コンクリート床版橋下面など平坦な面の広範囲な点検をおこなう際に次の効果が期待できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検査、判定条件のばらつきがなくなる。</li> <li>・自動運転により調査技能者の工数を抑えられる。</li> </ul>		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動運転での点検時間の短縮。</li> <li>・目視点検支援システムの具備。</li> <li>・叩き落とし機能と剥落物の落下防止および回収機能の装備。</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	-
		損傷写真(調書その6)	-
基本要件②	[5]コンクリート床版の打音支援	うき	-
		補修・補強材の損傷	-
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		○
期待項目⑥	打音検査に伴う落下物の回収または安全対策		○
期待項目⑦	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		○
期待項目⑧	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		◎
期待項目⑨	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		○
期待項目⑩	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		○
期待項目⑪	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		△
期待項目⑫	剥落の恐れのある範囲をたたき落とすことが可能		×
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ															
<b>○応募者</b>	三井住友建設株式会社															
<b>○共同開発者</b>	株式会社 日立産業制御ソリューションズ															
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	<p>橋梁等構造物の近接目視が困難な部位に高機能なカメラを視準可能な位置に近づけ、タブレット端末から無線LANで遠隔操作し、タブレット端末に表示される映像から損傷状況の確認やひび割れ幅の計測を行い記録できる装置の技術である。</p> <p>点検結果を動画および静止画としてタブレット端末に記録できる。カメラおよび架台は軽量で可搬性に優れる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>														
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理															
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td>ポール型 (伸縮ポール、高欄設置型ポール)</td> <td>懸垂型架台(収納時) 寸法: 1350mm×280mm×210mm、重量: 12.5kg 高欄笠木から鉛直下方向へ最大4.5m伸長。 高所ポール(収納時) 寸法: 1900mm×230mm×230mm、重量: 10.5kg 設置面から鉛直上方向に最大10.5m伸長。</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>静止画・動画取得</td> <td>最大画素数: 92万画素 [自社開発品]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>ひび割れ幅/長さ計測</td> <td>画面上にクラックスケールを表示し計測を行う。 20m先の0.2mm幅のひびわれを視認識可能。 [自社開発]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>低倍率自動撮影機能</td> <td>ズームアップした写真の撮影と同時に、標準倍率(1倍)を含んだ2倍、4倍等の写真を撮影。</td> </tr> <tr> <td>L型スケール表示機能</td> <td>損傷の2方向(直交方向)大ききの計測が行えるL型スケールの画面表示[自社開発]</td> </tr> </table>	移動機構	ポール型 (伸縮ポール、高欄設置型ポール)	懸垂型架台(収納時) 寸法: 1350mm×280mm×210mm、重量: 12.5kg 高欄笠木から鉛直下方向へ最大4.5m伸長。 高所ポール(収納時) 寸法: 1900mm×230mm×230mm、重量: 10.5kg 設置面から鉛直上方向に最大10.5m伸長。	センサー	静止画・動画取得	最大画素数: 92万画素 [自社開発品]	データ処理	ひび割れ幅/長さ計測	画面上にクラックスケールを表示し計測を行う。 20m先の0.2mm幅のひびわれを視認識可能。 [自社開発]	その他	低倍率自動撮影機能	ズームアップした写真の撮影と同時に、標準倍率(1倍)を含んだ2倍、4倍等の写真を撮影。	L型スケール表示機能	損傷の2方向(直交方向)大ききの計測が行えるL型スケールの画面表示[自社開発]	
移動機構	ポール型 (伸縮ポール、高欄設置型ポール)	懸垂型架台(収納時) 寸法: 1350mm×280mm×210mm、重量: 12.5kg 高欄笠木から鉛直下方向へ最大4.5m伸長。 高所ポール(収納時) 寸法: 1900mm×230mm×230mm、重量: 10.5kg 設置面から鉛直上方向に最大10.5m伸長。														
センサー	静止画・動画取得	最大画素数: 92万画素 [自社開発品]														
データ処理	ひび割れ幅/長さ計測	画面上にクラックスケールを表示し計測を行う。 20m先の0.2mm幅のひびわれを視認識可能。 [自社開発]														
その他	低倍率自動撮影機能	ズームアップした写真の撮影と同時に、標準倍率(1倍)を含んだ2倍、4倍等の写真を撮影。														
	L型スケール表示機能	損傷の2方向(直交方向)大ききの計測が行えるL型スケールの画面表示[自社開発]														
<b>○問い合わせ先</b>	三井住友建設(株)土木リニューアル推進室 Tel: 03-4582-3053 Mail: dobokutoiawase@smcon.co.jp URL: http://www.smcon.co.jp/															
<b>●検証項目</b>	[1]・[2]・[3]・[6]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
<b>●検証場所</b>	蒲原高架橋(国道1号、静岡県静岡市)、 幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市~常陸太田市)															
<b>●検証内容</b>	<p>鋼橋とコンクリート橋の橋桁と床版、支承周りの狭隙部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 [蒲原高架橋] 平成27年10月28日(点検作業) [幸久橋] 平成27年11月13日(点検作業)、 11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 [蒲原高架橋] 最大平均風速 1.8m/s、 最大瞬間風速 3.2m/s [幸久橋] 最大平均風速2.8m/s、最大瞬間風速5.6m/s</p>															

○技術名称	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ
-------	------------------

●評価結果【実用検証評価】

I. 試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、地上および高欄に据え付けたポールカメラで、安定して画像等の点検情報を取得できることを確認した。</p> <p>○検証現場には一部傾斜地もあったが、問題なく点検情報の取得作業が可能であった。また直下に進入できない河川上の橋桁の一部についても点検情報を取得することができていた。</p> <p>○取得された点検情報として、損傷写真は、鮮明さ、明るさなど記録として十分な品質が確保されていることを確認した。</p> <p>○損傷検出精度は、従来点検相当には達しないものの、主要な損傷は検出できることを確認した。また、モニター上の仮想スケールにより実物と同じ操作感でひびわれ幅や長さなどの定量値の取得が可能であることを確認した。</p> <p>○なお、今回の検証ケースでは費用、手間において、従来点検に比べて大幅な増加となった。作業者の熟練度や損傷位置の特定方法などに課題があることが想定される。画像の自動処理化などの取り組みをおこなっているとのことであるが、その改善効果が期待される。</p> <p>以上の結果から、本システムは現状で点検への支援効果は期待できるが、検証が必要な事項も残すことから、総合評価として「試行的導入」に向けた検証を推奨するとした。</p>
------	--

課題	<p>【作業に係る費用・人工についての検証】</p> <p>従来点検と同様に、現地にて損傷を特定して記録する情報取得方法であり、点検情報の品質は高いものの、現状では点検全体としての費用、人工の増大を招いている。現在取組中の改良の効果を踏まえて、点検作業全体で最適な活用手法について検証する必要がある。</p>
----	--

想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁全般。ただし地上から被検査物までの高さが概ね10m以内であること。</li> <li>・橋直下に操作者が進入可能であること。(地上設置型)</li> <li>・高欄に機器が設置でき、作業員を路側に配置できること。(高欄懸垂型)</li> <li>・ひびわれについては幅0.2mm以上を検出対象とする。(検証で60%以上の検出率が確保できた範囲)</li> <li>・打音検査は対象外である。</li> </ul>
-----------	--

期待される活用場面	<p>渓谷部などで、桁下に作業者は進入できるものの、高所作業車が進入できないために橋梁点検車で点検が必要となる場合、点検技術者の工数削減(現地点検、調書作成)と社会的損失(道路規制時間短縮による走行時間費用)の削減が期待できる。</p> <p>特に幅員が狭い2車線の橋梁で、橋梁点検車を設置した場合に通行幅が確保できず通行止めが必要となる場面では、本機の支援効果により社会的損失の削減に大きく貢献できる。</p>
-----------	--

期待される改良・開発事項	<p>桁上から橋桁下面や床版の点検できる範囲を拡大するため、高欄懸垂型の発展型(橋軸直角方向に伸びるポールユニット)の開発。(現場検証時点で試作品は開発済み。)</p>
--------------	--

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5) ○ 損傷写真(調書その6) ◎
	基本要件②	[1]鋼橋の目視支援
[2]コンクリート橋の目視支援		ひびわれ △
[3]コンクリート床版の目視支援		剥離・鉄筋露出 ○
[6]コンクリート橋脚の目視支援		漏水・遊離石灰 ○
	[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷 ○
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	◎
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	×
基本要件⑤	現場での安全確保	◎
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	○
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会


<b>○技術名称</b>	ポール打音検査機 副題: 5mの棒の先に打検のためのハンマーとアクチュエータ、打音をモニタするためのマイクから構成され、人の手の届かない高い場所の打音検査を支援する装置。								
<b>○応募者</b>	日本電気株式会社								
<b>○共同開発者</b>	(株)自律制御システム研究所, (国研)産業技術総合研究所, (一財)首都高速道路技術センター								
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	打音検査をするヘッド部分は5m程度の棒の先についており、点検員の手の届かない高い場所の打音点検を可能とする。 ヘッド部分は230gのハンマーと直動型のアクチュエータから構成され、これで壁面などを打音検査する。さらに打音箇所を確認するカメラを搭載している。 打音をした音はマイクにより集音され手元の端末に伝送、モニタができる。点検員はモニタした打音から清音・濁音を判別する。	(外観・イメージ)	 <p style="font-size: small;">点検の様子</p>  <p style="font-size: small;">打音検査機の構成</p> <p style="font-size: small;">点検端末</p> <p style="font-size: small;">センサーヘッド</p>						
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理								
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>ポール型 (伸張ポール)</td> <td>最大伸張: 約5.0m、重量: 約2kg</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">センサー</td> <td>打音取得</td> <td>                     マイク: 単一指向性マイク ECM-DM5P (SONY)                      周波数特性 100~15000Hz                      サイズ 10×45mm                      振動センサ: VS-BV203 (NECトーキン)                      電圧感度 20mV/m/s<sup>2</sup>                      周波数帯域 10~15000Hz                      サイズ 11.4×8.4×2.9mm                 </td> </tr> </table>	移動機構	ポール型 (伸張ポール)	最大伸張: 約5.0m、重量: 約2kg	センサー	打音取得	マイク: 単一指向性マイク ECM-DM5P (SONY) 周波数特性 100~15000Hz サイズ 10×45mm 振動センサ: VS-BV203 (NECトーキン) 電圧感度 20mV/m/s <sup>2</sup> 周波数帯域 10~15000Hz サイズ 11.4×8.4×2.9mm		
移動機構	ポール型 (伸張ポール)	最大伸張: 約5.0m、重量: 約2kg							
センサー	打音取得	マイク: 単一指向性マイク ECM-DM5P (SONY) 周波数特性 100~15000Hz サイズ 10×45mm 振動センサ: VS-BV203 (NECトーキン) 電圧感度 20mV/m/s <sup>2</sup> 周波数帯域 10~15000Hz サイズ 11.4×8.4×2.9mm							
<b>○問い合わせ先</b>	日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 担当: 西沢 俊広 Tel: 042-333-1148 Mail: nishizawa@bk.jp.nec.com URL: http://jpn.nec.com/								
<b>●検証項目</b>	[4]・[5]・[7] (詳細内容は、本書p.2に記載)								
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市~常陸太田市)								
<b>●検証内容</b>	コンクリート橋の橋桁と床版、およびコンクリート橋脚の損傷の打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  【検証実施日】 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)  【検証時風速】 最大平均風速 3.2m/s、最大瞬間風速 6.9m/s	 <p style="text-align: center;">点検状況</p>							



○技術名称	ポール打音検査機		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>Ⅲ. 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する</b>			
総合評価	<p>○現場検証では、打音装置を検査位置に当てて、点検員が打音を聞き、損傷を検知する状況を確認した。  ○簡便に高所の打音検査が可能となるが、打音装置を持って移動し、先端を所定位置に押し当てる作業を長時間継続するのは作業姿勢から見ても重労働であると考えられ、効率の悪化に繋がることが懸念される。  ○取得した点検情報として、本機による打音検査によりうき損傷を概ね検出できることを確認した。ただし、打音の判定は点検員がおこなうもので、打音は記録されるものの解析する機能は備えていない。  ○現状では損傷データのマーキングや記録(写真や座標)する機能は装備されていない。  ○叩き落としや落下物防止、回収装置の追加予定はない。  装置としては完成していると見なせるものの、今回の現場検証の主旨である点検での支援効果を高めるために、損傷の自動判定機能、調査位置の自動記録装置などの装備などについて検討することが期待される。</p> <p>よって、総合評価として、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>		
課題	<p><b>【損傷の自動(あるいは補助)判定機能の追加】</b>  現状では打音による損傷判定は点検員がおこなうが、実用的な支援ツールとするために音響解析技術などを用いた自動判定あるいは判定補助機能の追加が必要である。</p> <p><b>【調査位置の自動記録機能(損傷写真を含む)の追加】</b>  現状では検査範囲や損傷箇所は、従来手法と同様、手作業による記録となるが、実用的な支援ツールとするために、損傷場所にマーキングし、その位置が特定できる画像を取得する機能などの追加が必要である。</p>		
想定される適用範囲	・点検者からの離間が6m以内の範囲の打音調査。		
期待される活用場面	・点検者の手が届かない箇所の打音調査での活用が期待できる。(近接はできるがテストハンマーでの打音調査ができない箇所)		
期待される改良・開発事項	<p><b>【たたき間隔補助機能の追加】</b>  打音装置を等間隔で高所に押し当てる作業は、作業姿勢として厳しいものと思われる。補助的な機構を付加することで作業性を改善する工夫が望まれる。</p> <p><b>【叩き落とし、および剥落物の落下防止、回収機構の追加】</b></p>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	×
基本要件②	[4]鋼橋・コンクリート橋の打音支援 [5]コンクリート床版の打音支援 [7]コンクリート橋脚の打音支援	うき	○
		補修・補強材の損傷	○
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		○
基本要件⑤	現場での安全確保		◎
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		○
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		△
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		◎
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		○
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		-
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」 副題: 2名が普通車で現場に行き、交通規制せず、容易に橋梁下面を診ることが可能												
○応募者	東北工業大学												
○共同開発者	O・T・テクノロジー株式会社												
○技術概要 (自己申告)	<p>幅員概ね13m以下の床版下面を、カメラのリアルタイム映像で確認しながら静止画像を取得し、近接目視点検支援を実行する。 最長12mの棒部材を橋両側の高欄部より吊上げ、棒部材に固定する最大6台のカメラを用いて同時撮影する。 個々のカメラの映像確認・保存、ズーム、パン・チルト等の操作は、橋上の技術者のタブレット端末から行う。 技術者2名が普通自動車に当該装置一式を積んで現場に向かうことで点検可能となる</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>橋上からの装置吊上げ (専用ウィンチ使用時) * 吊上げ時、ウィンチ等を用いず、人力のみで吊上げることも可能。</p> <p>橋上からのタブレット操作 (各カメラ操作・撮影・保存) Wi-Fi利用</p> <p>橋上の設置物一覧 ・Wi-Fi ルーター ・LAN用HUB ・LANケーブル ・小型電源装置</p> <p>棒部材12mの使用例 (2台の点検用カメラを使用)</p> <p>← 点検用カメラA 装置全体の「状況確認用」にも利用可 (横方向に設置)</p>											
○対象分野	橋梁維持管理												
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">移動機構</td> <td style="width:30%;">懸架型(懸垂梁)</td> <td style="width:50%;">梁材 40mm角中空断面×(長さ2m~12m) 重量: 24kg (12m時、カメラ除く)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>Wi-Fiタブレットによるカメラ制御点検ソフト</td> <td>独自開発ソフトにより懸架梁に搭載した複数のカメラの画像をモニターしながら撮影、データを取得。</td> </tr> </table>		移動機構	懸架型(懸垂梁)	梁材 40mm角中空断面×(長さ2m~12m) 重量: 24kg (12m時、カメラ除く)	センサー	静止画取得	最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]	動画取得	最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]	その他	Wi-Fiタブレットによるカメラ制御点検ソフト	独自開発ソフトにより懸架梁に搭載した複数のカメラの画像をモニターしながら撮影、データを取得。
移動機構	懸架型(懸垂梁)	梁材 40mm角中空断面×(長さ2m~12m) 重量: 24kg (12m時、カメラ除く)											
センサー	静止画取得	最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]											
	動画取得	最大画素数: 130万画素 [PanasonicBB-SC384B]											
その他	Wi-Fiタブレットによるカメラ制御点検ソフト	独自開発ソフトにより懸架梁に搭載した複数のカメラの画像をモニターしながら撮影、データを取得。											
○問い合わせ先	東北工業大学工学部 都市マネジメント学科 教授 小出 英夫 Tel: 022-305-3506 Mail: koide@tohtech.ac.jp URL: http://www.tohtech.ac.jp/												
●検証項目	[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)												
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市~常陸太田市)												
●検証内容	<p>コンクリート床版の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月13日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 2.7m/s、最大瞬間風速 5.5m/s</p>	 <p>タブレットによる操作状況</p> <p>点検状況</p> 											

○技術名称	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」
-------	--------------------------

●評価結果【実用検証評価】

Ⅱ. 課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、装置の組立から移動(点検情報の取得)、解体までの作業を容易かつ安全にできることを確認した。</p> <p>○必要な点検情報は、桁上の点検員がタブレットPCに映し出される複数のカメラ画像を切替え、ズームなどの簡単な操作で取得できる。</p> <p>○取得した点検情報として、損傷写真は、多くが鮮明さに欠けるため損傷が視認できず、記録として不十分であることを確認した。</p> <p>○損傷検出精度は、橋梁定期点検要領求める精度に対して十分とは言えないが、主要な損傷は概ね検出されている。</p> <p>○今回の検証では、費用、手間の削減効果は見られなかった。床版の目視点検支援のみを対象としており、点検作業全体に占める作業比率が小さいため、かえって効率性を悪化させているものと考えられる。現場作業を見る限りでは、主桁下面など床版以外の部位への適用も可能であり、その場合の精度、費用等の検証が必要と考えられる。</p> <p>以上の結果より、現状では点検への支援効果は限定的であり、改良が望まれる課題を残すことから、総合評価は、課題の解決を前提に、試行的導入に向けた検証を推奨する</p>
------	---

課題	<p>【画像品質の向上】</p> <p>今回の検証では、損傷写真が全体的に暗いため、写真から損傷の位置、程度を認識することができず、記録として不適であるとともに、損傷検出精度の低下の原因のひとつと想定される。</p> <p>記録として品質を有する画像を取得できるよう改良が必要である。</p>
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幅員13mまでのコンクリート橋。(高欄より外側に照明柱などの障害物が有る場合には現地の確認が必要)</li> <li>・橋下に梁の組立やカメラ組み込みのための作業スペースが確保できること。</li> <li>・橋上の両路側部に作業員が配置できること。(歩道がない場合には路肩規制が必要。)</li> </ul>
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シンプルな機材構成で複雑な操作もなく簡便に点検が可能であり、小規模な橋梁では、梯子による点検に比較しても安全に短時間での検査が期待できる。</li> </ul>
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・装置組立、セットの改良</li> </ul> <p>橋下を使わずに橋上ですべての組立作業ができれば、溝橋やカルバート等への活用場面の拡大が期待できる。</p>

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	△
基本要件②	[3]コンクリート床版の目視支援	ひびわれ	△
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	△
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	×	
基本要件⑤	現場での安全確保	○	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	△	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	◎	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム														
○応募者	八戸工業大学														
○共同開発者	(株)TTES, 岡山大学大学院, 京都産業大学, 信州大学, 名古屋工業大学大学院, 神奈川大学, 電気通信大学大学院, (株)大和エンジニアリング, 長大(株)														
○技術概要 (自己申告)	<p>ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボットARANEUSは、モーターにより制御された8本のワイヤを駆動することで桁下空間を自由に移動できる。</p> <p>さらに、反力を確保できることから外力に強く、重量物を積載できるため種々の作業を実現可能な汎用ロボットである。</p> <p>本申請においては、カメラを設置したアームを登載し、狭隘部も含めた多くの部位の目視点検を支援するシステムである。</p> <p>将来的には、橋梁の洗浄・簡易修繕・打音などの機能を追加可能である。</p>	(外観・イメージ)	 <p style="text-align: center;">点検状況</p>  <p style="text-align: center;">ARANEUS本体</p>												
○対象分野	橋梁維持管理														
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">懸架型 (ワイヤー懸垂)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 400mm×400mm×700mm、重量: 15kg</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>静止画・動画取得</td> <td>AXIS P5635-E PTZ ドームネットワークカメラ, 最大解像度: 1920×1080, 光学ズーム: 30倍</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>パノラマ合成</td> <td>パノラマ合成(円筒法) [PhotoShop]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>ワイヤ張力制御</td> <td>ワイヤテンションを適切に保ちつつ移動する制御を実装</td> </tr> </table>	移動機構	懸架型 (ワイヤー懸垂)	寸法: 400mm×400mm×700mm、重量: 15kg	センサー	静止画・動画取得	AXIS P5635-E PTZ ドームネットワークカメラ, 最大解像度: 1920×1080, 光学ズーム: 30倍	データ処理	パノラマ合成	パノラマ合成(円筒法) [PhotoShop]	その他	ワイヤ張力制御	ワイヤテンションを適切に保ちつつ移動する制御を実装		
移動機構	懸架型 (ワイヤー懸垂)	寸法: 400mm×400mm×700mm、重量: 15kg													
センサー	静止画・動画取得	AXIS P5635-E PTZ ドームネットワークカメラ, 最大解像度: 1920×1080, 光学ズーム: 30倍													
データ処理	パノラマ合成	パノラマ合成(円筒法) [PhotoShop]													
その他	ワイヤ張力制御	ワイヤテンションを適切に保ちつつ移動する制御を実装													
○問い合わせ先	八戸工業大学 社会連携学術推進室 課長 大野 和弘 Tel: 0178-25-3111(代表) Mail: kohno@hi-tech.ac.jp URL: <a href="https://www.hi-tech.ac.jp/1401outline">https://www.hi-tech.ac.jp/1401outline</a>														
●検証項目	[2]・[3] (詳細内容は、本書p.21に記載)	 <p style="text-align: center;">ARANEUS機体</p>													
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)														
●検証内容	<p>コンクリート橋の橋桁と床版の損傷の近接目視と打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月13日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 2.7m/s、最大瞬間風速 5.7m/s</p>			 <p style="text-align: center;">点検状況</p> <p style="text-align: center;">画像ではワイヤーを強調してあります。</p>											

○技術名称	ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム
-------	--

●評価結果【実用検証評価】

Ⅲ. 課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨する

総合評価	<p>○現場検証では、高欄に設置した治具から張り渡したワイヤーを巻き取り、浮上、移動し、ロボットに搭載したカメラ画像をモニターしながら画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○今回使用した大型の吊り治具(鉄骨製)は、設置のための橋上での作業スペースの確保や安全性の観点から実現場での適用において制約となることが想定される。</p> <p>○ロボットの浮上、移動の際、ワイヤーの巻き取りがスムーズでない状況が見られた。セット時のワイヤーの張り渡し方法や破断時の挙動などを含めて、作業性、安全性について更なる検証が必要と考えられる。</p> <p>○点検情報の取得について、橋梁定期点検要領求める精度に対して十分とは言えないが、剥離・鉄筋露出と漏水・遊離石灰については主要な損傷が概ね検出可能であることを確認した。</p> <p>○記録としての損傷写真は、一部に鮮明さが十分でないものも見られるが、概ね従来手法と同等の品質が確保されている。</p> <p>以上の結果より、現状では幾つかの検討課題を残すことから、総合評価として、課題への対応・結果により、試行的導入に向けた検証を推奨するものとした。</p>
------	--

課題	<p>【ワイヤー吊り元の構造改良(軽量化、小型化、設置撤去作業時の安全性向上)】 現状のワイヤー吊り元となる鉄骨治具の設置撤去の作業性(路上での展開)、安全性(大型、重量物の人力によるセットアップ)について改善の必要がある。</p> <p>【ワイヤーを含む機器設置に関する作業性・安全性に関する検証】 ワイヤーの設置方法、ワイヤー巻き取りなどの移動機構の安定性、ワイヤー破断時の挙動や機械故障時の回収方法について検証の必要がある。</p>
----	---

想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート橋などの部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造であること。</li> <li>・橋下に操縦者が進入可能であること。(一部に河川などを跨いでいるのは可)</li> <li>・橋直下にワイヤー展開やロボットのセットのための作業スペース、両側の路側部でワイヤー吊り元治具の設置が可能である</li> </ul>
-----------	---

期待される活用場面	<p>飛行体などに比べて搭載可能荷重が大きいこと、多彩なセンサーやアタッチメントの装備が可能であり、通常点検以外でも詳細点検やその他の維持作業(簡単な補修や洗浄作業など)への活用も期待できる。</p>
-----------	--

期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ幅など損傷程度の評価に必要な定量値の測定機能の追加。</li> <li>・カメラ以外のセンサーやアタッチメントでの活用。</li> </ul>
--------------	---

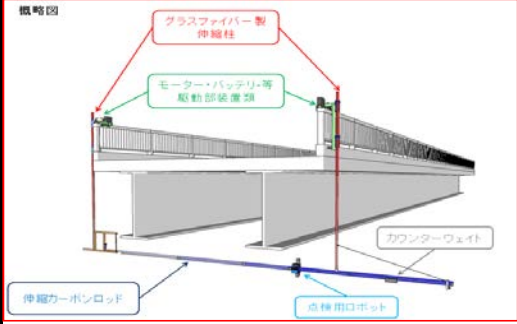

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検証項目		判定	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	△
基本要件②	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援	ひびわれ	×
		剥離・鉄筋露出	△
		漏水・遊離石灰	△
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)	○	
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	○	
基本要件⑤	現場での安全確保	△	
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○	
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○	
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	△	
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	△	
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○	

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

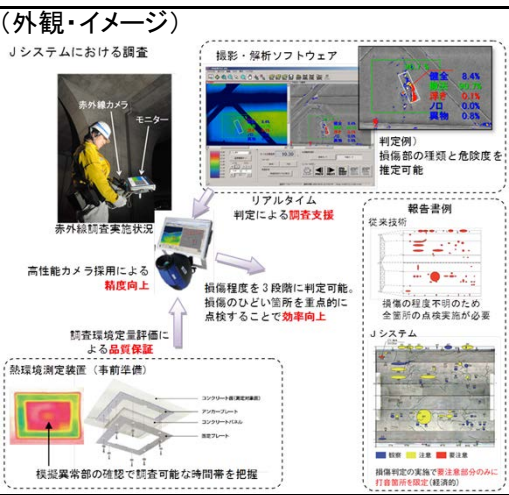
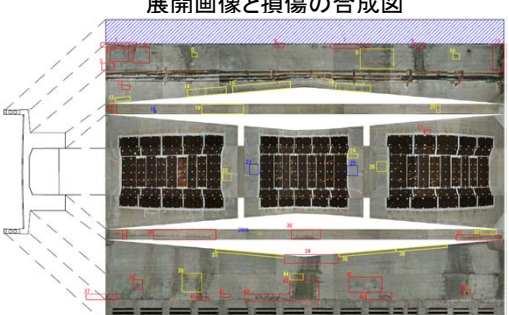
次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	橋梁自動点検ロボットシステム 副題: 伸縮カーボンロッドと主桁方向可動機構による面的な自動点検技術															
○応募者	株式会社ミライト															
○共同開発者	-															
○技術概要 (自己申告)	<p>橋上から軽量で伸縮可能なカーボン製ロッドで安定した梁を作る。梁をレールとし、その上を伸縮・回転・首振りが可能なカメラを搭載した自動点検用ロボットが走行する。</p> <p>また、一体となった梁全体が主桁方向に移動する事で面的な点検が可能となる。</p> <p>本設備はバッテリーを搭載、Wi-Fiと各種センサーを活用した自律制御が可能であり、自動で点検ができる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p> 														
○対象分野	橋梁維持管理															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">移動機構</td> <td style="width: 25%;">懸架型(梁+台車)</td> <td style="width: 60%;">CFRPパイプ(φ40~30)、伸長可能長:約10m</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数:504万画素 [Raspberry Pi]</td> </tr> <tr> <td>距離センサー</td> <td>測距モジュール(SHARP GP2Y0A02YK)</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>自動撮影機能</td> <td>近距離センサーを利用した自立制御[自社開発]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御</td> <td>モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御取得した画像データは位置、寸法の情報と併せてクラウドサーバーに保存[自社開発]</td> </tr> </table>		移動機構	懸架型(梁+台車)	CFRPパイプ(φ40~30)、伸長可能長:約10m	センサー	静止画取得	最大画素数:504万画素 [Raspberry Pi]	距離センサー	測距モジュール(SHARP GP2Y0A02YK)	データ処理	自動撮影機能	近距離センサーを利用した自立制御[自社開発]	その他	モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御	モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御取得した画像データは位置、寸法の情報と併せてクラウドサーバーに保存[自社開発]
移動機構	懸架型(梁+台車)	CFRPパイプ(φ40~30)、伸長可能長:約10m														
センサー	静止画取得	最大画素数:504万画素 [Raspberry Pi]														
	距離センサー	測距モジュール(SHARP GP2Y0A02YK)														
データ処理	自動撮影機能	近距離センサーを利用した自立制御[自社開発]														
その他	モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御	モバイルネットワーク、Wi-Fiとクラウドサーバーを利用した自動制御取得した画像データは位置、寸法の情報と併せてクラウドサーバーに保存[自社開発]														
○問い合わせ先	株式会社ミライト 次世代モバイルビジネス創造本部ファンシリティ&デザイン室 担当:林・佐々木 Tel:03-6807-3795 Mail: hayashi.gosuke@mirait.co.jp, sasaki.rei@mirait.co.jp URL: http://www.mrt.mirait.co.jp/															
●検証項目	[1]・[3]・[8] (詳細内容は、本書p.2に記載)															
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市~常陸太田市)															
●検証内容	<p>鋼橋の橋桁と床版、支承周りの狭隘部、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月13日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 1.9m/s、最大瞬間風速 3.3m/s</p>	<p style="text-align: center;">点検状況</p> 														

○技術名称	橋梁自動点検ロボットシステム		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>Ⅳ. 今回は十分な検証ができていない</b>			
総合評価	<p>○現場検証では、桁上からの操作により高欄から懸垂した梁のセットと装置の操作が可能であることを確認した。  ○記録としての損傷写真は、概ね従来手法と同等の品質が確保されている。  ○機材の不調により自動制御・運転は実施できず、局部的な点検情報の取得に終わったため、機能、精度について十分な検証ができていない。</p> <p>以上の結果より今回は、現地で確認したロボットの機構に限定した評価に留める。  橋上ですべての点検情報の取得に係る作業が可能であり、桁下条件を問わない本システムは汎用性の高さが期待される。</p>		
評価の理由	今回の検証では機械不具合により精度、機能ともに十分な検証ができなかった。		
想定される適用範囲	・コンクリート橋など、部材が輻輳せず比較的平面で構成される構造であること。		
期待される活用場面	・橋上に部材を展開するための作業スペースと、両側の高欄に機材を配置する必要があるが、橋下は一切使用しない点検が可能となり、高架橋以外にも(高欄形状への対応が可能であれば)溝橋やカルバートへの展開も期待できる。		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・梁の連結など一連のセットアップ作業時間の短縮。</li> <li>・多様な高欄形状への適応。</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	○
		損傷写真(調書その6)	○
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	-
		防食機能の劣化	-
	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	-
		剥離・鉄筋露出	-
		漏水・遊離石灰	-
[8]支承部等狭隘部の目視支援	支承本体の損傷	-	
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)		◎
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		○
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		○
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		-
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		△
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		○
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		△
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム 副題: 赤外線調査支援システム															
○応募者	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社															
○共同開発者	-															
○技術概要 (自己申告)	<p>橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生する剥離やうき(コンクリート内部のはく離ひび割れ)を、赤外線法により検出する技術である。 鉄筋の腐食に伴い発生するコンクリート表面に平行な鉄筋に沿ったはく離ひび割れや、それに連続する斜め方向に進展して表面に達するひび割れを検出できる技術である。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>(外観・イメージ)</b></p> <p>Jシステムにおける調査</p>  <p>撮影・解析ソフトウェア</p> <p>リアルタイム判定による調査支援</p> <p>報告書例</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>赤外線カメラ</p> <p>モニター</p> <p>赤外線調査実施状況</p> <p>高性能カメラ採用による精度向上</p> <p>調査現場定量評価による品質保証</p> <p>熱環境測定装置 (事前準備)</p> <p>コンクリート(調査対象部)</p> <p>鉄筋</p> <p>コンクリート</p> <p>鉄筋異常部の確認で調査可能な時間帯を把握</p> </div> </div>															
○対象分野	橋梁維持管理															
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">移動機構</td> <td style="width:30%;">携帯型</td> <td style="width:50%;">-</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>赤外線カメラ</td> <td>冷却型高性能カメラ 33万画素 重量: 2.3kg 長さ196×幅102×高さ102mm</td> </tr> <tr> <td>可視画像用カメラ</td> <td>ピクセル最大画素数: 1221万画素 [NikonD300]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>損傷抽出</td> <td>熱画像解析による損傷箇所の抽出[自社開発]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>熱環境測定装置</td> <td>赤外線調査に適した熱環境条件を判定するシステムを開発</td> </tr> </table>		移動機構	携帯型	-	センサー	赤外線カメラ	冷却型高性能カメラ 33万画素 重量: 2.3kg 長さ196×幅102×高さ102mm	可視画像用カメラ	ピクセル最大画素数: 1221万画素 [NikonD300]	データ処理	損傷抽出	熱画像解析による損傷箇所の抽出[自社開発]	その他	熱環境測定装置	赤外線調査に適した熱環境条件を判定するシステムを開発
移動機構	携帯型	-														
センサー	赤外線カメラ	冷却型高性能カメラ 33万画素 重量: 2.3kg 長さ196×幅102×高さ102mm														
	可視画像用カメラ	ピクセル最大画素数: 1221万画素 [NikonD300]														
データ処理	損傷抽出	熱画像解析による損傷箇所の抽出[自社開発]														
その他	熱環境測定装置	赤外線調査に適した熱環境条件を判定するシステムを開発														
○問い合わせ先	西日本高速道路エンジニアリング四国(株) 土木技術課 担当: 林 詳悟 Tel: 087-834-2419 Mail: shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp URL: <a href="http://www.w-e-shikoku.co.jp/product/index.html">http://www.w-e-shikoku.co.jp/product/index.html</a>															
●検証項目	[2]・[3]・[4]・[5] (詳細内容は、本書p.2に記載)	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>●検証内容</p> <p>鋼橋とコンクリート橋の橋桁と床版の損傷の近接目視と打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月13日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 点検作業が夜間であったため風速データなし。</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>点検状況</p>  <p>展開画像と損傷の合成図</p>  </div> </div>														
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)															



○技術名称	赤外線調査トータルサポートシステム J システム
-------	--------------------------

●評価結果【実用検証評価】

**I. 試行的導入に向けた検証を推奨する**  
(ただし、現時点ではうきを対象とする第三者被害予防措置に係る点検支援を想定している)

総合評価	<p>○現場検証においては、コンパクトな機材を携行した作業員1名で所定の点検情報を容易に取得できることを確認した。</p> <p>○点検情報の取得について、うき損傷を対象とした赤外線検査結果は、本システムが損傷の有無を「注意」、「要注意」などの確率的表現での判定となるため、実際のうき損傷を検出する精度は高い。(一方で損傷が存在しない箇所を「要注意」判定するケースもあり、留意が必要。)</p> <p>○うき損傷以外の可視画像によるひびわれ等の損傷抽出精度は、いずれも十分ではないことを確認した。</p> <p>○記録について、うき損傷の自動判定ソフトの出力画像は視覚的でわかりやすい。ただし、一般的な定期点検調書の様式とは異なる点で調書作成における支援効果は小さい。</p> <p>○可視画像については、全体的に鮮明さに欠け、記録としては十分ではない。</p> <p>既に多くの実績が有り、赤外線によるうき損傷の検知システムとしては完成しており、うきを対象とした第三者被害予防措置に係る点検としての支援効果は現状でも十分に期待できる。ただし、検知精度に影響を及ぼすと考えられる熱環境や離間距離などについては、引き続き、検証が必要である。</p> <p>以上の結果より、総合評価は、うきを対象とした第三者被害予防措置に係る点検を対象として、試行的導入に向けた検証を推奨するとした。</p>
------	--

課 題	【適用環境に関する検証】 点検で求められる精度とその精度を確保できる適用環境(熱環境や離間距離等)の検証が必要である。
想定される適用範囲	鋼橋のコンクリート床版およびコンクリート橋全般。
期待される活用場面	・跨道橋、跨線橋などでのうき損傷のスクリーニングとして支援効果が期待できる。 (特に、うきを対象とする第三者被害予防措置に係る点検で有効。)
期待される改良・開発事項	【うきの判定精度の向上】 定期点検等で求められる断定的にうきを評価できる精度。 【うき以外の損傷検出精度の向上】 うき以外の可視画像による損傷の検出精度の改善。

参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)

検 証 項 目		判 定
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5) × 損傷写真(調書その6) △
	基本要件②	損傷評価に必要な情報の収集
[2]コンクリート橋の目視支援		剥離・鉄筋露出 △
[3]コンクリート床版の目視支援		漏水・遊離石灰 ×
[4]鋼橋・コンクリート橋の打音支援		うき ○
[5]コンクリート床版の打音支援		補修・補強材の損傷
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)	◎
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる	◎
基本要件⑤	現場での安全確保	◎
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い	○
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる	○
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと	◎
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)	◎
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能	○

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>実用検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術 副題: 画像情報と位置計測をリンクしたコンクリート構造物のひび割れ調書作成技術															
<b>○応募者</b>	佐藤鉄工株式会社															
<b>○共同開発者</b>	国立大学法人富山大学															
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	<p>本システムは構造物の損傷箇所の点検において、近接目視による点検作業を代替するものである。カメラを搭載した2台のロボットにより構造物の損傷箇所を画像で記録し、損傷箇所の位置や大きさを表す損傷箇所マップを作成できる。作業者単独でも迅速な測定が行えることや、計測部だけでも画像収集が可能であるため、人が携帯したり、UAVに搭載できる利点を有する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>														
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理															
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">台車 (クローラー台車)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 300mmX310mmX110mm, 重量: 4.3kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 504万画素 [ImagingSource]</td> </tr> <tr> <td>姿勢制御</td> <td>3軸加速度・ジャイロ・コンパスセンサ [InvenSense]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>画像解析ソフト</td> <td>HALCON, Open-CV [BTO]</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>ひびわれ検出および幅測定技術</td> <td>自社開発ひびわれ解析ソフト (特許出願済 2015-179973)</td> </tr> </table>	移動機構	台車 (クローラー台車)	寸法: 300mmX310mmX110mm, 重量: 4.3kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 504万画素 [ImagingSource]	姿勢制御	3軸加速度・ジャイロ・コンパスセンサ [InvenSense]	データ処理	画像解析ソフト	HALCON, Open-CV [BTO]	その他	ひびわれ検出および幅測定技術	自社開発ひびわれ解析ソフト (特許出願済 2015-179973)	
移動機構	台車 (クローラー台車)	寸法: 300mmX310mmX110mm, 重量: 4.3kg														
センサー	静止画取得	最大画素数: 504万画素 [ImagingSource]														
	姿勢制御	3軸加速度・ジャイロ・コンパスセンサ [InvenSense]														
データ処理	画像解析ソフト	HALCON, Open-CV [BTO]														
その他	ひびわれ検出および幅測定技術	自社開発ひびわれ解析ソフト (特許出願済 2015-179973)														
<b>○問い合わせ先</b>	佐藤鉄工株式会社 企画室 可部谷 弘彦 Tel: 076-462-9237 Mail: kabetani@satotekko.co.jp URL: http://www.satotekko.co.jp/															
<b>●検証項目</b>	[3] (詳細内容は、本書p.2に記載)	<p>点検状況</p>														
<b>●検証場所</b>	蒲原高架橋(国道1号、静岡県静岡市)															
<b>●検証内容</b>	<p>コンクリート床版の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年10月28日(点検作業)、11月2日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 2.9m/s、最大瞬間風速 4.4m/s</p>															
		<p>詳細画像</p> <p>ひびわれ検出画像</p>														

○技術名称	移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術		
●評価結果【実用検証評価】			
<b>Ⅳ. 今回は十分な検証ができていない</b>			
総合評価	<p>○現場検証では、桁下に配したクローラー式台車を自動制御運転して、台車に搭載したカメラで等間隔に画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○走行状況として、クローラーがスリップして台車が蛇行する状況や、クローラーに小石を巻き込み、走行に支障をきたす状況を確認した。</p> <p>○取得された点検情報として、提出された損傷写真は鮮明さに欠け、記録として不十分であることを確認した。</p> <p>○画像解析により特定されるひびわれ幅は細緻に示されているが、平均的な幅や最大幅などの代表値の記録が求められる従来手法との比較において、その精度については十分に検証できていない。</p> <p>○また、実際には連続した一本のひびわれが、自動抽出された結果では不連続な短いひびわれで示されているものもあり、損傷程度を把握するうえで重要な情報の誤認が懸念される。</p> <p>○なお、今回実施できた検査範囲が狭いため費用、手間の検証はできなかった。</p> <p>以上の結果、および今回の検証では提案されたシステムでの検証ができていないことから、現地で確認したロボットの機構に限定した評価に留める。</p>		
評価の理由	今回は、ロボット機構の不調により予定の検証がおこなわれていない。		
想定される適用範囲	・現在のクローラー台車の機構においては、箱桁内面、あるいは被検査面直下が平坦な舗装面である場合などに限定される。		
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業性の悪い狭小断面箱桁や、梯子での点検が困難な大断面箱桁の内面のひびわれ調査での活用が期待できる。(ただし照明設備が必要)</li> <li>・上記の適用範囲において、近接がむずかしい箇所の詳細なひびわれ状況を短時間に調査する必要がある場合での活用が期待できる。(現状では、ひびわれ以外の剥離・鉄筋露出や遊離石灰などの損傷の検出精度は検証できていない。)</li> </ul>		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像取得のための移動機構の改良。</li> <li>・自動運転での点検時間の短縮。</li> <li>・ひびわれ以外の損傷も含めた目視点検支援システムへの改良。</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>		<b>判定</b>	
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	×
		損傷写真(調書その6)	×
基本要件②	[3]コンクリート床版の目視支援	ひびわれ	-
		剥離・鉄筋露出	-
		漏水・遊離石灰	-
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)		△
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		◎
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		△
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		△
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		◎
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		×
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		△
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>要素検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

<b>○技術名称</b>	橋梁点検用飛行ロボットシステム 副題:非GPS環境下で飛行できる無人のマルチロータヘリにより、同機材に搭載した変状を確認できる可視及び赤外カメラによる画像取得・判別、及び同じく搭載した打音検査機による打音情報の収集を具備したシステム															
<b>○応募者</b>	日本電気株式会社															
<b>○共同開発者</b>	(株)自律制御システム研究所, (国研)産業技術総合研究所, (一財)首都高速道路技術センター															
<b>○技術概要 (自己申告)</b>	<p>プラットフォームとなる飛行ロボットは、自己位置の推定と環境地図作成機能、およびナビゲーションアルゴリズムとの組み合わせでGPSに依存しない飛行制御方式を実現し、壁面・障害物認識による自律/半自律飛行を可能とする。</p> <p>機体上のセンサは、目視検査用に壁面を連続撮影可能とする小型ジンバル上に可視及び赤外の2種類の光学センサを搭載し、打音検査は小型アクチュエータ又は機体にプロベラガードを付けた打音検査機で実現する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>   <p>電源アータ</p> 														
<b>○対象分野</b>	橋梁維持管理															
<b>○技術構成</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 20%;">飛行型(無人航空機)</td> <td style="width: 60%;">寸法:1500mmx1500mmx800mm 重量:15.5kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数:3640万画素 [SONY A7R]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数:820万画素 [GoPro Hero3]</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>打音取得</td> <td>マイク:単一指向性マイク ECM-DM5P(SONY) 振動センサ:VS-BV203(NECトーキン)</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>自己位置推定機能</td> <td>レーザスキャナとトータルステーションによる位置制御及び障害物回避</td> </tr> </table>		移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法:1500mmx1500mmx800mm 重量:15.5kg	センサー	静止画取得	最大画素数:3640万画素 [SONY A7R]	動画取得	最大画素数:820万画素 [GoPro Hero3]	データ処理	打音取得	マイク:単一指向性マイク ECM-DM5P(SONY) 振動センサ:VS-BV203(NECトーキン)	その他	自己位置推定機能	レーザスキャナとトータルステーションによる位置制御及び障害物回避
移動機構	飛行型(無人航空機)	寸法:1500mmx1500mmx800mm 重量:15.5kg														
センサー	静止画取得	最大画素数:3640万画素 [SONY A7R]														
	動画取得	最大画素数:820万画素 [GoPro Hero3]														
データ処理	打音取得	マイク:単一指向性マイク ECM-DM5P(SONY) 振動センサ:VS-BV203(NECトーキン)														
その他	自己位置推定機能	レーザスキャナとトータルステーションによる位置制御及び障害物回避														
<b>○問い合わせ先</b>	日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 担当:西沢 俊広 Tel:042-333-1148 Mail:nishizawa@bk.jp.nec.com URL:http://jpn.nec.com/															
<b>●検証項目</b>	[2]・[3]・[4]・[5]・[6]・[7] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p>点検状況 (打音検査機)</p>   <p>打音検査装置部</p>  <p>(目視検査用)</p>														
<b>●検証場所</b>	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)															
<b>●検証内容</b>	<p>コンクリート橋の橋桁と床版、およびコンクリート橋脚の損傷の近接目視と打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月12日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 3.1m/s、最大瞬間風速 6.6m/s</p>															

○技術名称	橋梁点検用飛行ロボットシステム		
●評価結果【要素検証コメント】			
<b>要素検証により部分的な機能を確認した。</b>			
コメント	<p>○検証時点ではシステムの開発途中のため、ロボットのシステム構成と機構について、実演と応募者による説明で確認した。</p> <p>○実演では、打音装置を装着した大型の飛行体(マルチコプター)で、橋脚側面の打音検査を実施する状況を確認した。</p> <p>○また、画像取得用マルチコプターの飛行と画像取得する状況を確認した。</p> <p>○現状では、打音装置を目標とする位置に接近して打音検査装置を安定して押し当てるのが難しい状況であることを確認した。</p>		
検証対象とした要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打音検査装置を搭載した飛行体の動作状況</li> <li>・画像取得用マルチコプターの飛行状況</li> </ul>		
想定される適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート製の橋脚、橋梁、および床版の打音検査</li> <li>(目視点検支援に関しては飛行状況以外は確認できていないためコメントできない)</li> </ul>		
期待される活用場面	<p>高橋脚や海上部など接近が困難な橋脚の打音調査での活用が期待できる。</p> <p>(目視点検支援に関しては飛行状況以外は確認できていないためコメントできない)</p>		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検査箇所に確実にアプローチできる制御技術</li> <li>・トータルステーションの自動追尾が中断した際の安定性、復旧の容易性の改良。(実際の点検現場におけるアクシデントへの対策が望まれる。)</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	-
		損傷写真(調書その6)	-
基本要件②	[2]コンクリート橋の目視支援 [3]コンクリート床版の目視支援 [6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	-
		剥離・鉄筋露出	-
		漏水・遊離石灰	-
	[4]鋼橋・コンクリート橋の打音支援 [5]コンクリート床版の打音支援	うき	-
		補修・補強材の損傷	-
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		○
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		△
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		-
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		△
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		△
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		-
判定凡例    ◎:良好    ○:可    △:課題が残る    ×:不可			

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>要素検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム																			
○応募者	富士フイルム株式会社																			
○共同開発者	株式会社イクスリスサーチ、一般財団法人首都高速道路技術センター																			
○技術概要 (自己申告)	複眼式撮像装置(ステレオカメラ)を搭載したロボットで鋼桁下フランジを移動しながら鋼桁を撮影し、撮影画像を画像処理し「橋梁点検要領等」における損傷を検出して近接目視を主体とする点検の支援、および点検調書の作成を支援するシステム。 NEDOプロジェクトにてH26年度開発開始、H27年度末にプロトタイプ完成予定。	(外観・イメージ) 																		
○対象分野	橋梁維持管理																			
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">懸垂型 (フランジ懸垂台車)</td> <td style="width: 50%;">寸法: 500(W)x500(D)x400(H) × 2式、各20kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 1630万画素 × 2(ステレオ撮影) [Fujifilm X-T1]</td> </tr> <tr> <td>動画取得</td> <td>最大画素数: 207万画素 30frame/sec(フルHD) [Fujifilm X-T1]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>ステレオカメラによる正対化補正 + 合成 [自社開発]</td> </tr> <tr> <td>損傷計測</td> <td>ステレオカメラによる3D測距 [自社開発]</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他</td> <td>ひび割れ解析</td> <td>画像からひびわれ幅と長さを自動解析 [自社開発]</td> </tr> <tr> <td>自動追尾トータルステーションによる空間座標取得</td> <td>自動追尾型トータルステーションで空間座標を取得し、自己位置を把握する。 将来的にはステレオカメラによる自己位置把握に移行する。</td> </tr> </table>		移動機構	懸垂型 (フランジ懸垂台車)	寸法: 500(W)x500(D)x400(H) × 2式、各20kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 1630万画素 × 2(ステレオ撮影) [Fujifilm X-T1]	動画取得	最大画素数: 207万画素 30frame/sec(フルHD) [Fujifilm X-T1]	データ処理	オルソ化	ステレオカメラによる正対化補正 + 合成 [自社開発]	損傷計測	ステレオカメラによる3D測距 [自社開発]	その他	ひび割れ解析	画像からひびわれ幅と長さを自動解析 [自社開発]	自動追尾トータルステーションによる空間座標取得	自動追尾型トータルステーションで空間座標を取得し、自己位置を把握する。 将来的にはステレオカメラによる自己位置把握に移行する。
移動機構	懸垂型 (フランジ懸垂台車)	寸法: 500(W)x500(D)x400(H) × 2式、各20kg																		
センサー	静止画取得	最大画素数: 1630万画素 × 2(ステレオ撮影) [Fujifilm X-T1]																		
	動画取得	最大画素数: 207万画素 30frame/sec(フルHD) [Fujifilm X-T1]																		
データ処理	オルソ化	ステレオカメラによる正対化補正 + 合成 [自社開発]																		
	損傷計測	ステレオカメラによる3D測距 [自社開発]																		
その他	ひび割れ解析	画像からひびわれ幅と長さを自動解析 [自社開発]																		
	自動追尾トータルステーションによる空間座標取得	自動追尾型トータルステーションで空間座標を取得し、自己位置を把握する。 将来的にはステレオカメラによる自己位置把握に移行する。																		
○問い合わせ先	富士フイルム(株)経営企画本部イノベーション戦略企画部 山下 仁 Tel: 03-6271-2585 Mail: hitoshi.yamashita@fujifilm.com																			
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)	蒲原高架橋下での検証状況 																		
●検証場所	幸久橋(ただし、橋梁構造が不適合であったため蒲原高架橋にて模擬桁で要素検証を実施)																			
●検証内容	本来、鋼橋の近接目視の支援技術であるが、今回検証対象とした鋼橋(幸久橋)では、桁構造が本ロボットの適用範囲外であったため、模擬桁を用いて機構・システムを作動させることで、「作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。  【検証実施日】 平成27年11月2日(委員検証)  【検証時風速】 最大平均風速 1.8m/s、最大瞬間風速 6.6m/s																			
		複眼式撮像装置 																		

○技術名称	複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム		
●評価結果【要素検証コメント】			
<b>要素検証により部分的な機能を確認した。</b>			
コメント	<p>○今回の検証では、鋼桁の幸久橋を点検対象としたが、桁構造(横構ガセット位置)の制約によりロボットの設置ができないことが判明したため、模擬桁での実演と応募者による説明にてロボットの機構、システムを確認した。</p> <p>○実演では、模擬桁上での梁の移動とカメラ架台の移動、伸張、雲台の回転などの機能を確認するとともに、モニター上での画像解析(寸法計測)性能について確認した。</p> <p>○確認した範囲においては、本システムで計画されている機構が具現化されていることを確認した。</p>		
検証対象とした要素	・システム全体の作動状況。 (点検精度、点検費用・工数等に関する検証はおこなっていない。)		
想定される適用範囲	・鋼桁橋全般 ただし、対象とする径間の橋脚に検査路があり、ロボットの搬入・組立ができるスペースを有すること。 また、構造細目(下フランジ上のクリアランス、下フランジ付きのピース、点検通路・添架管位置など)の確認が必要。		
期待される活用場面	・橋下が街路や河川となっており、近接点検に高所作業車が必要な橋梁、および近接点検に橋梁点検車が必要な橋梁において、現場点検時間の短縮と街路あるいは橋面の交通規制時間の短縮が期待できる。		
期待される改良・開発事項	・機体の軽量化と組立て・解体の作業性・安全性の向上。		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	—
		損傷写真(調書その6)	—
基本要件②	[1]鋼橋の目視支援	腐食	—
		亀裂(塗膜われ)	—
		防食機能の劣化	—
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)		◎
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		—
基本要件⑤	現場での安全確保		△
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		○
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		—
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		△
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		△
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		○
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>要素検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出 副題: 音の可視化による床版の浮き・剥離箇所の診断																	
○応募者	株式会社熊谷組																	
○共同開発者	(株)移動ロボット研究所, (株)応用技術試験所, 東京エレクトロンデバイス(株), (国法)名古屋大学																	
○技術概要 (自己申告)	<p>昨年度からNEDOの研究開発委託を受け、「音カメラ」技術を活用したロボットの開発を進めている。この技術は損傷箇所を音響的に診断するため、可視的な部分のみならず不可視部分もリアルタイムに診断できる点で優位な技術である。</p> <p>今回の現場実証では、音カメラを遠隔操作可能な雲台に搭載し、健全部との音の違いを利用し床版の劣化状況を診断する技術、ならびに高精細カメラによる床版のひび割れ診断を補助する技術を検証する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>指向性音カメラ搭載移動ロボットの外観イメージ</p> 																
○対象分野	橋梁維持管理																	
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">移動機構</td> <td>吸着型台車(磁力)</td> <td>寸法: 400mm×400mm×250mm、重量: 30kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">センサー</td> <td>静止画取得</td> <td>最大画素数: 1890万画素 [SONY QX10]</td> </tr> <tr> <td>音声取得</td> <td>・無指向性コンデンサマイクホン(市販品) インピーダンス: 2.2kΩ以下、周波数特性: 20-16,000Hz、</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">データ処理</td> <td>オルソ化</td> <td>オルソ画像合成 [Photoscan Professional]</td> </tr> <tr> <td>3D化</td> <td>3Dモデル構築 [Photoscan Professional]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>音カメラソフト</td> <td>動画・音声のリアルタイム表示機能(自社開発) 解析ソフトウェア(自社開発)</td> </tr> </table>		移動機構	吸着型台車(磁力)	寸法: 400mm×400mm×250mm、重量: 30kg	センサー	静止画取得	最大画素数: 1890万画素 [SONY QX10]	音声取得	・無指向性コンデンサマイクホン(市販品) インピーダンス: 2.2kΩ以下、周波数特性: 20-16,000Hz、	データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [Photoscan Professional]	3D化	3Dモデル構築 [Photoscan Professional]	その他	音カメラソフト	動画・音声のリアルタイム表示機能(自社開発) 解析ソフトウェア(自社開発)
移動機構	吸着型台車(磁力)	寸法: 400mm×400mm×250mm、重量: 30kg																
センサー	静止画取得	最大画素数: 1890万画素 [SONY QX10]																
	音声取得	・無指向性コンデンサマイクホン(市販品) インピーダンス: 2.2kΩ以下、周波数特性: 20-16,000Hz、																
データ処理	オルソ化	オルソ画像合成 [Photoscan Professional]																
	3D化	3Dモデル構築 [Photoscan Professional]																
その他	音カメラソフト	動画・音声のリアルタイム表示機能(自社開発) 解析ソフトウェア(自社開発)																
○問い合わせ先	(株)熊谷組 技術研究所 新技術創造センター総括部長 永田 尚人 Tel: 03-3235-8617 Mail: hnagata@ku.kumagaigumi.co.jp URL: http://www.kumagaigumi.co.jp/																	
●検証項目	[5] (詳細内容は、本書p.2に記載)	<p>点検状況</p>   <p style="text-align: center;">リアルタイムモニター画像</p>																
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)																	
●検証内容	<p>コンクリート床版の損傷の打音検査の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 3.8m/s、最大瞬間風速 1.3m/s</p>																	



○技術名称	音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出		
●評価結果【要素検証コメント】			
<b>要素検証により部分的な機能を確認した。</b>			
コメント	<p>○今回の検証は、打撃用のロボットが揃わなかったため、音カメラを搭載したロボットの機構に関する要素検証とした。</p> <p>○音カメラを備えた永久磁石を車輪に持つロボットを、専用の昇降装置で鋼桁下フランジに据え付け、ロボットが吸着した状態で下フランジ下面をスムーズに移動する状況を確認した。</p> <p>○下フランジの傾斜や板厚変化部のテーパ部についても、円滑に移動できることを確認した。</p> <p>○桁表面の状態(さびや粉塵)への適応性について確認する必要がある。また途中で停止した場合の回収方法などについても検討が必要と考える。</p> <p>○その場でモニター画像上に映し出される音カメラの解析結果は、グラフィカルで視覚的にわかりやすいことを確認した。</p>		
検証対象とした要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼桁の下フランジに磁力で吸着した音カメラロボットの設置撤去の作業性、安全性</li> <li>・音カメラロボットが下フランジ(テーパの段差有り)を移動する状況</li> <li>・音カメラによる損傷検出システムの一連の動作</li> </ul>		
想定される適用範囲	<p>鋼桁の主桁および床版の打音検査。 ただし、次の事項の検証が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・音カメラによる床版の損傷検出精度</li> <li>・鋼桁下フランジに設置したロボットで点検可能な範囲</li> <li>・音カメラロボットの移動性能(添接部の乗り越え、堆積した粉塵(磁性体であるさび粒を含む)などの影響)</li> <li>・その他、安全性など</li> </ul>		
期待される活用場面	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打音調査のスクリーニングでの活用が期待できる。</li> <li>・異常音発生時の詳細調査(音の発生源や原因の特定)での活用が期待できる。</li> </ul>		
期待される改良・開発事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・桁への吸着ロボットは、音カメラとの組み合わせ以外にも用途開発が期待される。</li> </ul>		
参考: 今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	-
		損傷写真(調書その6)	-
基本要件②	損傷評価に必要な情報の収集 [5]コンクリート床版の打音支援	うき	○
		補修・補強材の損傷	-
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能 (アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		△
期待項目⑥	打音検査に伴う落下物の回収または安全対策		-
期待項目⑦	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		-
期待項目⑧	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		-
期待項目⑨	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		△
期待項目⑩	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		-
期待項目⑪	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		-
期待項目⑫	剥落の恐れのある範囲をたたき落とすことが可能		-
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

<b>現場検証 評価結果</b>	<b>要素検証</b>
------------------	-------------

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会

○技術名称	インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発										
○応募者	株式会社開発設計コンサルタント										
○共同開発者	(学法)法政大学, (国法)岡山大学・岡山大学大学院, ステラ技研(株)										
○技術概要 (自己申告)	<p>ALPは、コンクリート壁面に真空吸着しながら縦・横方向に自走して、高所等難条件下でのインフラ維持管理のための点検を支援するロボットシステムである。 搭載する計測機器とソフトウェアによる解析により、近接目視・打音検査・非破壊検査とその評価が可能である。 検査データは、位置座標を含め客観的定量データであり、熟練技術者でなくとも現地で容易に評価ができるものとなる</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ALP概要図</p> <p>高精細デジタルカメラとコンクリート壁面(3Dモデル)</p> <p>打音装置と反射音評価システム</p>									
○対象分野	橋梁維持管理										
○技術構成	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">移動機構</td> <td style="padding: 5px;">吸着型台車 (真空パッド)</td> <td style="padding: 5px;">寸法: 1700mm×750mm×1600mm、重量: 54kg 独立脚ユニット×4個</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">センサー</td> <td style="padding: 5px;">静止画取得</td> <td style="padding: 5px;">最大画素数: 5150万画素</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">データ処理</td> <td style="padding: 5px;">3次元化</td> <td style="padding: 5px;">3Dモデル作成ソフトウェア (smart 3D capture)</td> </tr> </table>		移動機構	吸着型台車 (真空パッド)	寸法: 1700mm×750mm×1600mm、重量: 54kg 独立脚ユニット×4個	センサー	静止画取得	最大画素数: 5150万画素	データ処理	3次元化	3Dモデル作成ソフトウェア (smart 3D capture)
移動機構	吸着型台車 (真空パッド)	寸法: 1700mm×750mm×1600mm、重量: 54kg 独立脚ユニット×4個									
センサー	静止画取得	最大画素数: 5150万画素									
データ処理	3次元化	3Dモデル作成ソフトウェア (smart 3D capture)									
○問い合わせ先	株式会社開発設計コンサルタント 設備保全技術開発センター 担当:野嶋 潤一郎 Tel:0467-85-0816 Mail :nojima@jpde.co.jp URL: http://www.jpde.co.jp/										
●検証項目	[6] (詳細内容は、本書p.2に記載)										
●検証場所	幸久橋(国道349号(通行止め区間)茨城県那珂市～常陸太田市)										
●検証内容	<p>コンクリート橋脚の損傷の近接目視の支援として、「損傷情報の取得及び記録」に係る、「取得情報の精度、記録の妥当性、作業の効率性、汎用性、及び安全性」について検証を実施。</p> <p>【検証実施日】 平成27年11月16日(点検作業)、11月17日(委員検証)</p> <p>【検証時風速】 最大平均風速 3.8m/s、最大瞬間風速 1.3m/s。</p>	<p>点検状況</p>  <p>細密な3Dモデルの構築</p>									

○技術名称	インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発		
●評価結果【要素検証コメント】			
<b>要素検証により部分的な機能を確認した。</b>			
コメント	<p>○今回は機構に関する要素検証である。</p> <p>○現場検証では、真空吸着装置により橋脚側面に吸着して移動し、カメラで被検査面を接写して画像を取得する状況を確認した。</p> <p>○取得した接写画像から合成された三次元画像は、非常に細密で鮮明であり、表面状態を詳細に確認することができることを確認した。</p> <p>○機体がモジュール化されており、機材の搬入出、組み立てに関する作業性は問題なもの、機体サイズ、重量が嵩むため現地での据え付け、撤去作業はやや時間と手間を要する。機体の小型化や据え付け治具等による改善が望まれる。</p> <p>○撮影などの作業時間を含め検査可能範囲を想定した場合、移動速度の高速化の検討が必要と考えられる。</p> <p>○機体が大型でかつ平坦な面での使用に限られるため、現状では汎用性が高いとは言えないが、大型橋脚や吊橋の主塔など、特定分野での用途展開が見込まれる。</p>		
検証対象とした要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真空吸盤による壁面への吸着と移動の作業性、安全性</li> <li>・搭載カメラによる自動接写機能の動作</li> </ul>		
想定される適用範囲	平坦面で構成された橋脚、主塔などの側面の目視、打音検査		
期待される活用場面	飛行体などと比較して搭載可能荷重が大きい、多様な検査機器の搭載が可能であることから、高橋脚や主塔などでの詳細検査での活用が期待される。		
期待される改良・開発事項	<p>適用範囲の拡大のため以下の改良、開発が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機体の小型化</li> <li>・移動速度の向上</li> <li>・曲面・段差への対応</li> </ul>		
参考：今回の現場検証における応募要件・項目についての判定結果(今回の検証現場・検証橋梁の諸条件下での結果)			
<b>検証項目</b>			<b>判定</b>
基本要件①	点検調書の作成・支援	損傷図(調書その5)	-
		損傷写真(調書その6)	-
基本要件②	[6]コンクリート橋脚の目視支援	ひびわれ	-
		剥離・鉄筋露出	-
		漏水・遊離石灰	-
基本要件③	足場を必要とする部位を足場なしで点検可能(アクセス性)		○
基本要件④	現場での点検作業結果の記録、整理作業、調書作成の費用や手間を削減できる		-
基本要件⑤	現場での安全確保		△
期待項目⑥	強風、太陽光、照明などの影響を受け難い		△
期待項目⑦	損傷状況の把握、評価がより効率的あるいは正確になる		-
期待項目⑧	現場への搬入、設置及び撤去が容易なこと		△
期待項目⑨	他の多くの現場において効果を発揮できる(汎用性)		△
期待項目⑩	性能保証範囲が明確であり、かつそれを客観的に示すこと可能		-
判定凡例			◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

## 6. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）

政府の取組としてのS I P（戦略的イノベーション創造プログラム）の一環として、「インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」を進めており、本現場検証・評価結果については、当該システムに組み入れて、様々な現場での有効活用や更なる技術開発を図ることとしている。

当該システムにおいては、ロボット技術に係る「技術情報、評価情報、配備情報等の関連情報」を、画像・動画、マップ、検索機能等を活用して情報発信を行う『ポータルサイト』を構築・充実するとともに、ロボット技術に係る「開発者、利用者、所有者、施設管理者、有識者等の各方面の関係者」による『各種コミュニティ』の形成を図り、ロボットの有効活用、効果的な開発を促進することとしている。

# 社会インフラ用ロボット情報一元化システムについて



## 「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」 の研究開発課題のひとつ

国土交通省直執行（総合政策局公共事業企画調整課）

業務実施機関（平成26, 27年度）  
一般財団法人 先端建設技術センター  
株式会社 野村総合研究所

平成26～30年度の5カ年計画（現在2年目）

## スケジュール（中間目標・最終目標）

<中間目標>

平成26年度

情報一元化システムの基本構想

（達成した事項）  
システムの基本構想の検討、簡易システムの構築

平成27年度

情報一元化システムの基本設計

（達成すべき事項）  
想定される実現性、有効性、持続可能性

平成28年度

情報一元化システム（ベータ版）

（達成すべき事項）  
システム（ベータ版）の利便性、有効性、持続可能性

<最終目標>

平成30年度

情報一元化システムの運用開始

（達成すべき事項）  
システム（完成版）の利便性、有効性、持続可能性

## 「社会インフラ用ロボット情報一元化システム」とは？

社会インフラの維持管理及び災害対応に役立つ  
ロボット・ロボット技術に関連する情報を一元化

### 【コンテンツの例】

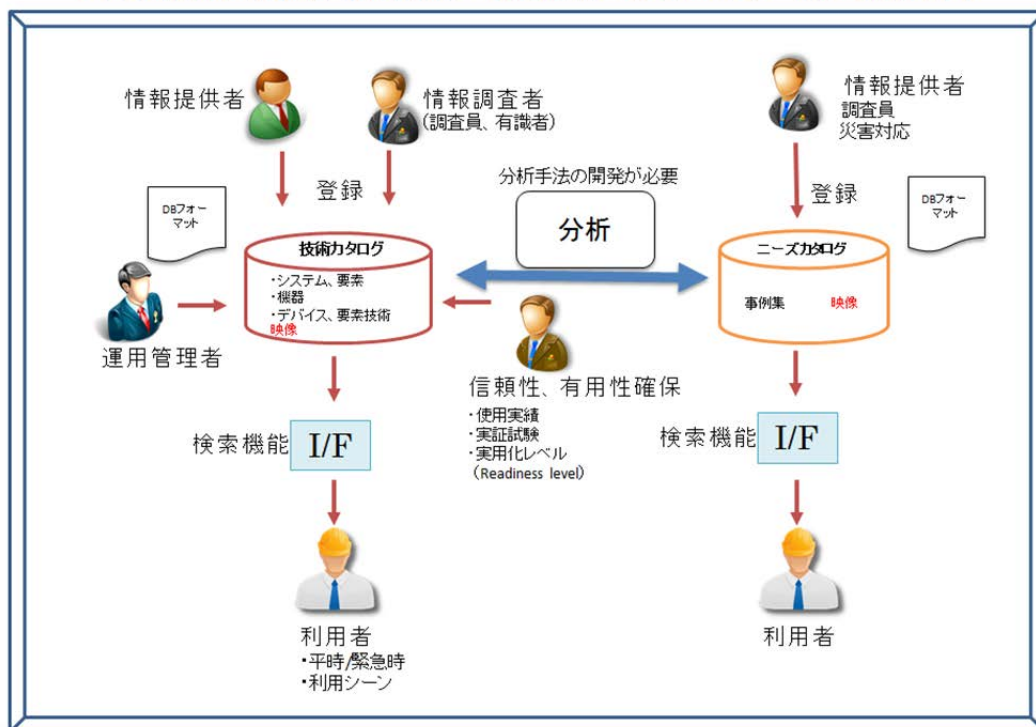
ロボットやロボット技術に関する技術情報  
現場実証・評価・訓練に関する情報  
ロボットの配備・保有状況  
実際の災害事例 等



ロボットの利用者・開発者等が一元化した情報を  
有効に活用できる仕組み

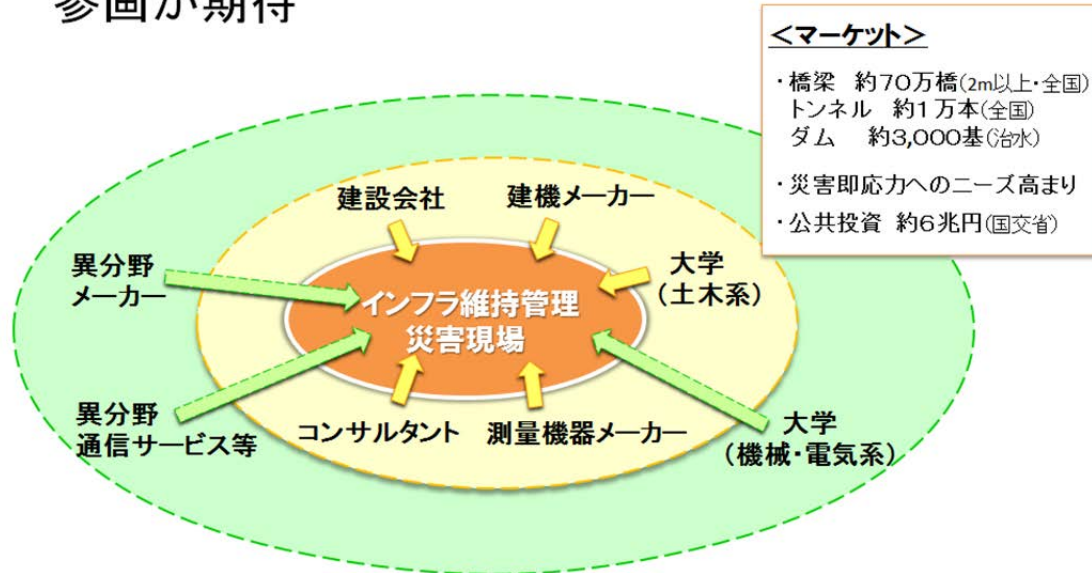
## データベースの構築・運用にあたっての考え方

2013年度 産業競争力懇談会「災害対応ロボットセンター設立構想」より

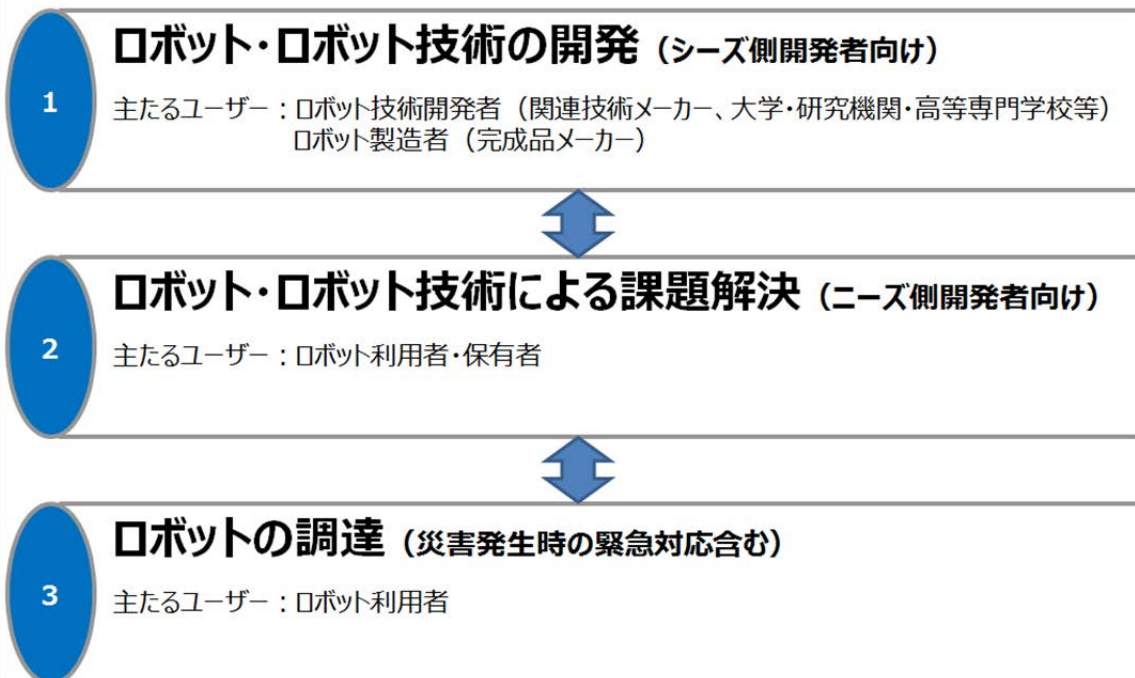


## 幅広い分野の情報を一元化

- ロボットは異分野技術のインテグレーション
- 「社会インフラ用ロボット」に幅広いプレイヤーの参画が期待



## プレイヤーの位置付け



## 幅広い利用場面を想定

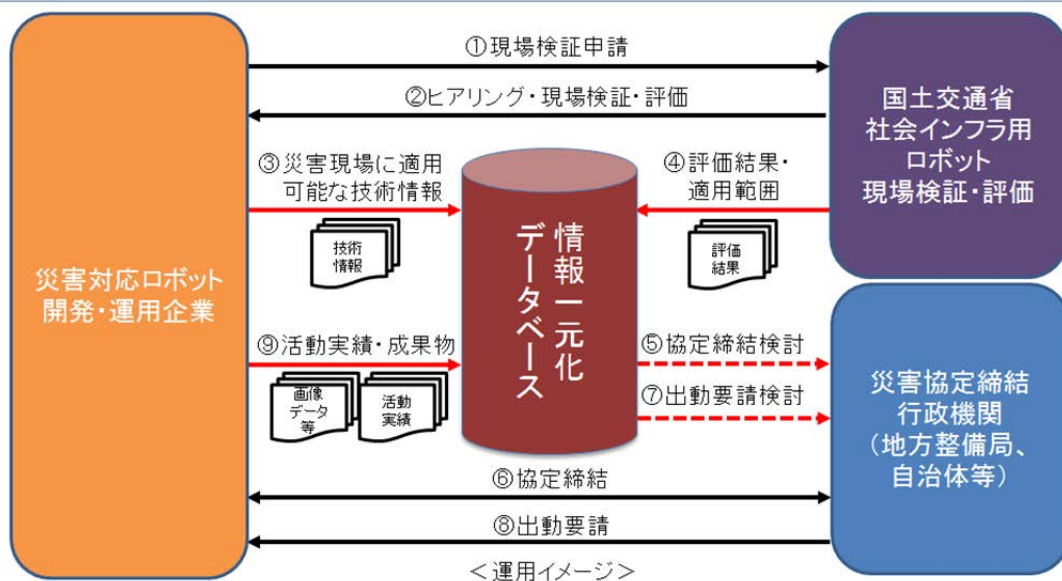
### ■想定される利用場面

	維持管理ロボット	災害対応ロボット
平時	技術開発 利用検討 平時利用	技術開発 利用検討
災害時	有事利用	有事利用

- 「潜在」ニーズをつかまえるというニーズも  
→ニーズとシーズの関連付け(アナライズ)

## 災害対応ロボット情報一元化システムの先行導入

- 災害対応ロボットの現場検証・評価から運用までの情報を一元化
- 類似技術の多さ、運用実績、実用性の観点からUAV(ドローン)の技術情報を整理
- 現場検証での評価結果や活動実績・成果物を参考に、関係行政機関が災害協定を締結
- 現場条件に適した災害対応ロボットの迅速な選定・出動要請を支援





# 簡易データベース(Ver.1)「現場検証技術DB」

<http://www.c-robotech.info/>

次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム  
～現場実証ポータルサイト～

ホーム 現場検証技術DB 現場検証委員会 ニュースリリース お問い合わせ 見学お申込み リンク集 運営

### 現場検証技術DB

全体	現場検証数				評価数				
	技術		者		①実用検証技術		②要素検証技術		
	検証項目	者	技術項目	者	技術項目	者	技術項目	者	
橋梁維持管理委員会	17	33	17	12	25	38	5	8	5
トンネル維持管理委員会	8	12	8	2	2	2	6	10	6
水中維持管理委員会	14	15	14	6	6	6	8	9	8
災害調査部会	19	22	19	13	13	13	8	9	8
応急復旧部会	7	9	6	6	7	5	1	2	1

①実用検証技術  
現場で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②要素検証技術  
【橋梁維持管理委員会】

平成26年度 現場検証の「評価結果」について  
[橋梁維持管理委員会](#)  
[トンネル維持管理委員会](#)  
[水中維持管理委員会](#)  
[災害調査部会](#)

# 簡易データベース(Ver.2)

社会インフラ用ロボット  
情報一元化システム

検索

条件検索

技術検証分野:

移動機種:

現場検証評価書: 有り 無し

災害協定: 有り 無し

航続時間:

ペイロード:

撮影方法: カメラ レーザーキャナ

撮影成果: 3Dモデル 高精細画像 高密度点群 動画

クリア 検索

## information

2016.01.19  
「社会インフラ用ロボット情報一元化システム意見交換会」開催のお知らせ  
2016年2月10日(水) 16:00から機械振興会館で開催します。是非、ご参加ください。  
[詳細はこちら](#) [お申込みはこちら](#)

## 参考資料 現場検証技術概要

No.	技術名称	頁
1	構造物点検ロボットシステム「SPIDER & Giraffe」 ルーチェサーチ株式会社	72
2	非 GPS 環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術 三信建材工業株式会社	72
3	橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム 国立大学法人東北大学	73
4	マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測 夢想科学株式会社	73
5	マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ <sup>TM</sup> ) 川田テクノロジーズ株式会社	74
6	画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術 総合警備保障株式会社	74
7	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム 新日本非破壊検査株式会社	75
8	「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術 ジビル調査設計株式会社	75
9	橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検 株式会社帝国設計事務所	76
10	損傷検知装置 古河機械金属株式会社	76
11	橋梁等構造物の点検ロボットカメラ 三井住友建設株式会社	77
12	ポール打音検査機 日本電気株式会社	77
13	橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」 東北工業大学	78
14	ワイヤ移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム 八戸工業大学	78
15	橋梁自動点検ロボットシステム 株式会社ミライト	79
16	赤外線調査トータルサポートシステム J システム 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	79
17	移動ロボットによる画像情報を用いた構造物の損傷箇所記録技術 佐藤鉄工株式会社	80
18	橋梁点検用飛行ロボットシステム 日本電気株式会社	80
19	複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム 富士フイルム株式会社	81
20	音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出 株式会社熊谷組	81
21	インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発 株式会社開発設計コンサルタント	82

## 小型無人ヘリまたはポール搭載カメラによる構造物点検および点検調書作成支援システム

### ～ 近接目視の「支援」技術の現場検証 ～

応募者：ルーチェサーチ株式会社

共同開発者：広島工業大学・株式会社建設技術研究所

#### 【概要】

全国約70万橋の橋梁について、5年に1回の近接目視点検が義務付けられたなか、より一層の点検作業の効率化が求められている。

そこで、本技術はUAV(無人航空機)をはじめとするロボット技術に着目し、従来点検における近接目視の「支援」を目的とした開発を行っている。

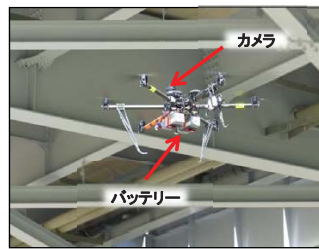
#### 【特徴】

- UAVは、橋梁上部や側面の撮影だけでなく、桁下面など全方向の撮影が対応可能である。
- 遠隔操作での調査なので、足場や交通規制の必要がなく点検コストの削減が期待できる。
- ポール型ロボットは、UAVでは撮影困難な狭隘部等の撮影・確認が可能であり、補完することができる。
- 点検ロボットによるスクリーニング作業を行うことで橋梁点検作業の効率化、省力化が図れる。

#### 【前回からの改良点】

- ✓ 画像処理に係る期間を短縮し、コストメリットを向上させた。
- ✓ ひびわれ幅や損傷箇所寸法の画像により判読させることが可能となり、定量的な情報を提供できる。

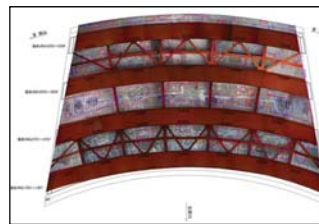
#### 【写真・イメージ】



UAV無人航空機



ポール型ロボット



【橋梁点検・現地調査支援】



【交通渋滞調査】

UAV無人航空機の活用事例

問い合わせ先：ルーチェサーチ株式会社 渡辺 豊

Tel: 082-209-0230

Mail: info@luce-s.jp

## 非GPS環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検支援技術

### ～ 床版・桁の目視点検の現場検証 ～

#### 【概要】

SLAM技術によりGPSを用いずに自律制御飛行可能なUAVを用い、搭載カメラにて撮影する近接目視点検支援技術。機体に搭載したレーザーレンジファインダーにより構造物と一定距離を保つことが可能であり、操作ミス等により機体が構造物に衝突しない安全性の向上と、常に一定した画角の画像を取得できる。

撮影画像は解析ソフトウェアを用いて写真上で異常箇所をトレースすることにより規模を測定し、図面と合成することで異常箇所の位置特定を行う。

#### 【特徴】

- **GPSを用いない自律制御機能を有し、橋梁下などGPSが届かない環境でもホバリングや衝突回避を自動で行うことが可能。**
- 操縦者は進行方向の指示のみ与え、完全マニュアル操縦のような**卓越した操縦技術を要しない。**
- 撮影画像と図面を合成することにより**PC上で目視点検を行うことが可能。**図面と合成した**写真上で異常部をなぞることにより該当箇所が図面に反映され、作図と数量計算を同時に行える。**
- ひび割れ延長・幅(0.1mm～)、欠損部などの面積計算が可能。

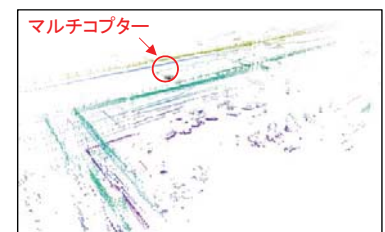
#### 【前回からの改良点】

- ✓ 床版裏点検用、桁側面点検用それぞれ専用機を用意。
- ✓ 耐風性の向上のため、アーム長さ延長、プロペラの径を拡大した。

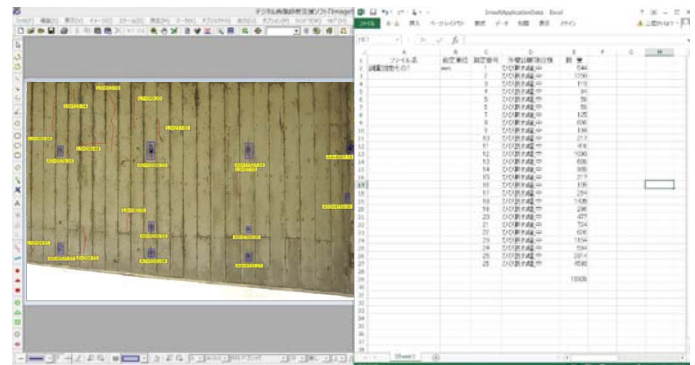
#### 【写真・イメージ】



マルチコプター(SLAM自律制御)



レーザーで読み取った周辺環境



調査図面と、自動計算された数量表(抜粋)

問い合わせ先：三信建材工業株式会社 開発室 石田晃啓

Tel: 0532-34-6066

Mail: ishida.t@sanshin-g.co.jp

## 橋梁の近接目視を代替する飛行ロボットシステム

### ～重要部位の近接目視性能の現場検証～

応募者： (国)東北大学 情報科学研究科

共同開発者：(株)千代田コンサルタント、(一財)航空宇宙技術振興財団、(株)リコー

#### [概要]

足場や橋梁点検車なしに、損傷が生じやすい床版・桁・対傾構・横構・支承部などに安全に接近し、近接映像を取得できる飛行ロボット(ドローン)。

特徴は、球形ガードの全周囲保護による安全性、最高風速10m/sまで飛行を維持できる耐風性、幅0.1mmのクラックを撮影できる搭載カメラなど。マニュアル操縦式。

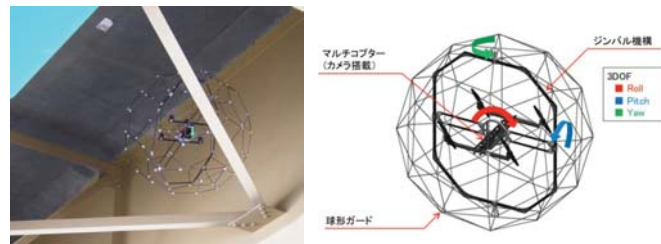
#### [特徴]

- 飛行して近接目視を行うため、原則として点検用の足場の仮設や橋梁点検車が不要
- 球形ガードによりドローン本体を全周囲から保護しているため、主桁や横構、対傾構の間を通過して安全に床版や支承部に接近できる
- 実橋梁での試験により、最高風速10m/sまで飛行を維持できること、国交省橋梁定期点検要領に定められる幅0.1mmのクラックをフルHD解像度で撮影できることを確認済み
- 飛行中に撮影する映像は地上でリアルタイムにモニタリングできるため、点検漏れが発生しにくい

#### [前回からの改良点]

- ✓ 推力を150%向上したことにより耐風性が向上
- ✓ 現場の意見を反映し映像リアルタイムモニタ機能を搭載

#### [写真・イメージ]



(左)下横構を通りぬけ床版の接写を行うドローン。ガードの直径は統計調査で国内橋梁への進入に最適化した95cm。  
(右)構造物と接触してもガードのみが回転して衝撃を吸収するため、ドローン本体は安定して飛行を継続できる



(左)主桁の高カボルトを約50cmの距離で接写した例  
(右)支承部を約1mの距離で接写した例

問い合わせ先：(国)東北大学 情報科学研究科 田所研究室 准教授 大野/助教 岡田 Tel:022-795-7025 Mail:ohno.okada@rm.is.tohoku.ac.jp

## マルチコプターによる橋梁検査の損傷報告書サポートシステム

### ～ 橋梁外観検査の現場検証 ～

#### [概要]

橋梁検査において、リスク・コスト・工期の削減を目的にマルチコプターによる近接外観目視検査を支援するシステムを構築します。

今回の取組みは、検査員が損傷度合いの判定を行うにあたり、マルチコプターにて採取された高精度な画像データと解析ソフトにより、報告書作成の支援を行うことを目的としています。

将来的に、すべての解析システムを統合しICT化することを目指します。

#### [特徴]

- 上部ジンバル専用機によって、広い視界(PAN:360° TILT:水平～仰角90度)を確保します。
- 一眼レフカメラ搭載の超近接撮影仕様で、さらに遠隔ズームで詳細な画像取得が可能です。(距離1mズーム最大で1ピクセル0.079mm)
- 高精度3Dモデリングと各損傷個所の詳細データのタグ付けにより詳細な位置情報を把握できます。※1
- 任意のポイントに座標値を入力することによりCAD化することが可能になり、検査報告書作成において図面作成の支援ができます。
- 0.1mmレベルのクラック判定を支援するソフトウェア(開発中)。※2
- 取得画像より長さや面積を割出すことが可能な寸法計測ソフト。※3
- 被写体とカメラの平行をサポートする制御システム搭載により、あおり補正等による画像解析の精度低下を抑制します。
- カメラの性能をフルに発揮できるような専用ジンバルを設計し、プロのカメラマン監修で高精度画像取得を目指します。

応募者：夢想科学株式会社(ドローン開発)

共同開発者：株式会社ニチギ(調査会社)・Plus-b(写真家)

#### [写真・イメージ]



※1 3Dモデル構築



※1 3Dモデル損傷部タグ付け



※1 タグ付けされた個所の詳細画像



※2 クラック判定支援ソフト



※3 寸法計測ソフト(2D・長さ/面積)

問い合わせ先：夢想科学株式会社 泉

Tel:097-574-5428

Mail:izumi@anaheim-laboratory.com

## 橋梁点検の新しい可能性を提示するマルチコプタを用いた点検システム: マルコ™

### ～ システムの実現性実証に関する現場検証 ～

応募者: 川田テクノロジーズ(株) 技術研究所  
共同開発者: (株)エンルート、大日本コンサルタント(株)、  
産業技術総合研究所

#### [概要]

マルコ™はNEDOの委託(H26～H29)を受けて開発中のマルチコプタを利用した橋梁点検システムである。

橋梁下面(床版下面、桁外面、下部工外面、支承部)の近接目視点検の支援を目的としており、自律制御技術や橋梁への脱着技術、点検データ処理技術の実現を通して運用性の高いシステムを実用化することを目指している。

#### [特徴]

- 地方公共団体の管理する道路橋を対象。
- 2種類のシステムを準備。
  - 高精細画像取得タイプ: 床版、コンクリート橋を対象とし、短時間で高精細な画像を網羅的に取得する。
  - 橋梁脱着タイプ: 鋼橋を対象とし、鋼桁を把持することで安定して点検画像を取得する。
- 交通規制を伴わずに橋上から少人数で運用できる。
- 有線給電式により十分な点検時間を確保。
- 安全索により飛行体の落下等による危険性を低減。

#### [写真・イメージ]



高精細画像取得用  
マルチコプタ



橋梁脱着型  
マルチコプタ



得られた画像の一例

問い合わせ先: 川田テクノロジーズ(株)技術研究所 金平 徳之

Tel: 028-687-2217

Mail: noriyuki.kanehira@kawada.co.jp

## 画像処理技術を用いた半自律飛行ロボットによる橋梁点検支援技術

### ～ 橋梁点検の効率化に役立つ技術の現場検証 ～

応募者: 総合警備保障株式会社  
共同開発者: 株式会社横河ブリッジホールディングス

#### [概要]

橋梁の老朽化に伴い、飛行ロボットをはじめ橋梁点検の効率化に役立つ技術の実用化が求められている。

飛行ロボットには、足場を設置せずに橋梁に接近できるという特徴があるが、橋梁付近ではGPS電波を受信できないため、位置認識機能を使用できないという課題もある。

そこで、GPSに依存しない位置認識技術を用いた半自律飛行により、操縦者の負担を軽減できる橋梁点検用飛行ロボットの実現を目指す。

#### [昨年度現場検証からの改良点]

- ・昨年度の現場検証を踏まえ、GPSに依存しない位置認識を実装。
- ・現場検証において、橋梁上からの操縦により鋼桁を撮影、主桁・配水管等の損傷を発見した。



現場検証の様子



撮影画像の一例

問い合わせ先: 総合警備保障株式会社 開発企画部

Tel: 03-3402-7606

Mail: tsuchiya-t@alsok.co.jp

## 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

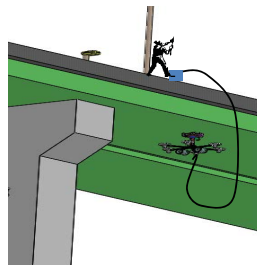
### ～ コンクリート床版への ロボット接触状態における点検の現場検証 ～

応募者：新日本非破壊検査株式会社  
 共同開発者：名古屋大学大学院  
 九州工業大学大学院  
 福岡県工業技術センター機械電子研究所

**【概要】**

橋梁やトンネルなどのインフラ構造物には、人が簡単に近づけない箇所も多く、従来の点検では特殊な車両や機材を使用するため、コスト面や作業員の安全確保など大きな課題を抱えていた。そこで、ドローン技術を活用して接近し、近接目視や打音検査などの点検を可能とする点検ロボットシステムを開発、効率的で低コストのインフラ点検システムを供給する。

**【写真・イメージ】**



橋梁点検イメージ



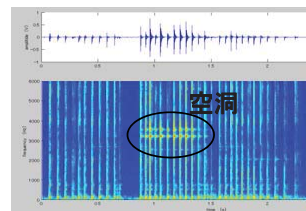
床版の点検

**【特徴】**

- ドローンの上部に搭載した駆動車輪をコンクリート壁面に押し付け、接触移動による点検。
- 接触点検により、安定した**連続データ**を取得。
- **複数台のカメラ**による近接目視を実施し、**コンクリートのひび割れを効率的に検出可能**。
- **回転式打音機構**により連続打音検査を高速で実施。
- データの自動解析により、点検調書作成を支援。



点検ロボット



打音周波数解析結果

問い合わせ先：新日本非破壊検査株式会社 メカトロニクス部 担当 和田 Tel: 093-581-1256 Mail: h-wada@shk-k.co.jp

## 「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

### ～ 橋梁点検ロボット技術の現場検証 ～

応募者：ジビル調査設計株式会社  
 共同開発者：有限会社インテス・福井大学

**【概要】**

本技術は、橋梁点検における肉眼での近接目視点検の支援・補完技術である。本システムは、橋面上に幅0.95m長さ2.7mのコンパクトな作業車を歩道又は、路肩の一部に設置し、点検用のアームを橋梁桁下に挿入させそのアームに搭載したハイビジョンビデオカメラを用いて桁下面を近接撮影し、橋面上のモニターでライブ映像及び、画像(動画・静止画)を取得し点検を行うシステムである。

**【写真・イメージ】**



**【特徴】**

- 高精細なライブ画像を確認しながら**正確な点検作業**が可能。
- ハイビジョンビデオカメラによる点検部位の**近接撮影で細かく損傷の点検が可能**。(例：幅0.1mmのひび割れ)
- システム操作及び、点検作業を橋面上の**操作台車**より実施する事で、**安全で落ち着いた環境での点検作業が可能**
- 点検結果は**動画・静止画**で取得が可能。**点検結果の再検証や点検漏れ・誤判定の防止**などに効果的。
- 損傷形状の**測定機能**として、**スケール宛がい法・レーザーポイント照射法・2D写真計測法・3D写真計測法**が可能。
- **打診専用台車**を用いて、**打診調査が可能**。また、**赤外線サーモグラフィ**を搭載し温度検査による**浮き部の抽出**可能。



カメラシステム仕様		
操作台車	カメラ関係	アーム関係
自走式 ゴムクローラー台車	ハイビジョン ビデオカメラ	水平アーム長 7.2m
車両幅 0.95m	記録画素数 2,000万画素	鉛直ロッド長 9.2m
車両長さ 2.70m	光学12倍ズーム	—

問い合わせ先：ジビル調査設計株式会社 担当 南出 Tel: 0776-23-7155 Mail: minamide@zivil.co.jp

## 橋梁点検ロボットシステム『橋竜』による点検

～ 車載型ロボットアーム、3DCG、

カメラを利用した点検の動画検証 ～

応募者：株式会社帝国設計事務所  
共同開発者：株式会社カナモト

### 【概要】

従来型の点検員がバケットにのる橋梁点検車では構造が複雑なトラス橋やアーチ橋への適用性が低く、また点検位置や写真を点検員が現場で野帳に記録し事務所で整理する方式で行われてきたが調査作成等に多くの時間を要するなど作業の効率化が求められていた。

そこで本システムでは

- 1) ロボットアームの先端にカメラを設置し、操作室内の3DCGとモニターによる遠隔操作にてトラス橋等においても安全に橋梁上部工・下部工の近接目視点検を可能とした。
- 2) 点検画像データや位置情報はその場で電子データ化され、損傷座標位置情報は経年変化を的確かつ容易に把握することが可能である。
- 3) 本データは写真帳整理、変状展開図作成作業の効率化のための支援ソフトにより、半自動で整理可能である。

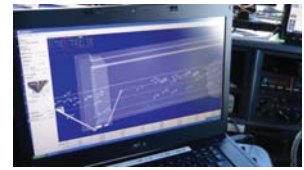
### 【特徴】

- 1) 本システムでは雲台に可視光レーザーを搭載しているため、市販の画像解析ソフトによりコンクリートのひび割れ幅、鋼材の亀裂幅や長さの計測も可能である。
- 2) 本システムは油圧式の鋼製アームで構成されているためアーム先端の搭載重量に余裕があり、点検用カメラを装着した雲台と非破壊検査装置等の搭載も可能である。

### 【写真・イメージ】



橋梁下面点検



操作室内3DCG



アーム先端カメラ



操作室内モニター画像



点検システムの前面



点検システムの背面

問い合わせ先：株式会社帝国設計事務所 技術開発部若山

Tel:011-753-4768

Mail:wakayama@kk-teikoku.jp

## 損傷検知装置

～健全部の打音を基準として損傷部を検知する打音検査装置～

応募者：古河機械金属株式会社  
共同開発者：産業技術総合研究所

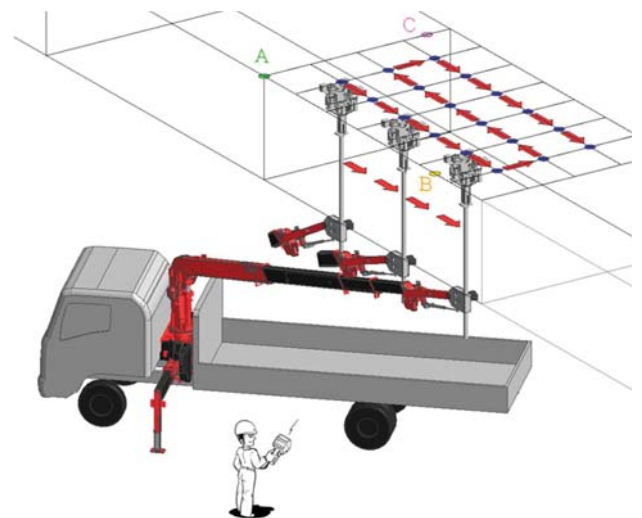
### 【概要】

本技術は、車載型クレーン「UNIC」と打音検査装置で構成される。打音検査装置は、被験部への打撃力を計測し適正な入力を監視、集音は環境ノイズを抑えるカバー構造により高S/N比で打音を採り込む。打音分析法のAR-HMMは、打音による非定常な駆動の影響を除去し、コンクリート内部の状況を反映した音響的特徴を比較的安定に抽出できる。点検作業においては、自動点検モードにより素人でも簡単に点検操作でき、その場で損傷判定できる。

### 【特徴】

- 橋梁の3点(図の例:A,B,C)をティーチングすることで、現場の橋梁に沿った方向(直交座標系)に移動操作できる。
- 自動点検モードにより一定間隔に自動送りおよび自動打音点検ができ、等密度の打音検査ができる。(※)
- 損傷箇所については床版上にマーキングできる。また装置先端部を交換すれば叩き落しもできる。(※)
- マークを含む撮像画像から、その場で損傷図作成支援するデータを作成できる。
- 点検作業から点検結果記録までワンマンオペレーションで実施できる。(※)

※印の特徴は、昨年度の現場検証からの改良点



問い合わせ先：古河機械金属株式会社 つくば総合開発センター

Tel: 029-839-5105

Mail: f-yuasa@furukawakk.co.jp

## 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

### ～ 橋梁損傷の定量把握技術の現場検証 ～

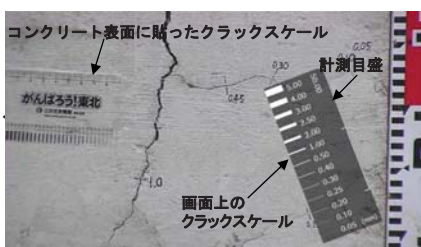
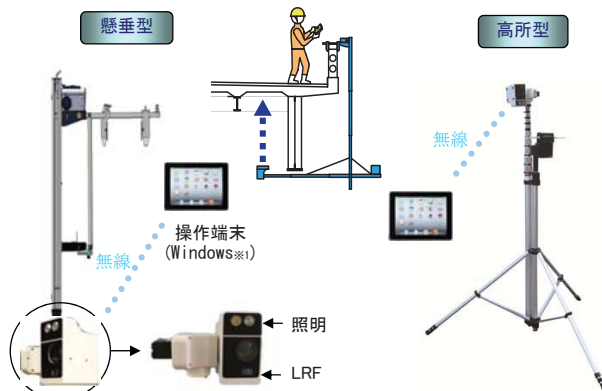
**[概要]**

橋桁の下面や支承部など近接目視が困難な箇所に対して、ポールユニットを用いて視準可能な高さにカメラを据付け、点検、測定、映像記録採取を行う装置です。  
カメラは、タブレット端末から無線通信により遠隔操作します。  
ポールユニットは、懸垂型と高所型があり、懸垂型は、高欄にポールユニット基部を設置して、下方(最大4.5m)に伸ばすことができます。高所型は地上に架台を設置して、上方(最大10.5m)にカメラを伸ばすことができます。

**[特徴]**

- 橋面から点検調査が可能、作業中の転落事故などの危険性を低減
- 点検時の交通規制を低減
- 光学倍率30倍、映像補正(コントラスト補正、霧除去)、手振れ補正により「見る」を強力にサポート
- ポールユニットは伸縮自在で容易に設置
- 指で操作するだけの簡単操作端末
- 動画を撮影しながら静止画撮影
- レーザー測距計による距離計測に基づき、計測対象面にクラックスケールの表示

応募者: 三井住友建設株式会社  
共同開発者: 株式会社 日立産業制御ソリューションズ



操作端末画面に表示されたクラックスケールおよび計測目盛



P C桁の点検



支承部の点検

問い合わせ先: 三井住友建設(株) 土木リニューアル推進室 Tel: 03-4582-3053

Mail: dobokutoiawase@smcon.co.jp

## ポール型打音検査機

### ～ポール型打音機を利用した打音点検の現場検証～

**[概要]**

手の届かない高さの打音点検箇所を足場なしでポール型打音検査機を利用して打音点検をするシステムである。  
今回の現場検証では点検員が打音点検すべき箇所を判断し、その箇所にポール型打音検査機のセンサヘッド部を押し当て、打音手点検を実施する。打音した際の清音・濁音の判断が可能な音声データを点検員に伝送をし、打音点検の運用性の検証を実施する。

応募者: 日本電気株式会社  
共同開発者: 自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

**[写真・イメージ]**



**[特徴]**

- 5m程度の高さの打音点検を、高所作業車といった足場を利用せずにポール型打音検査機を利用して打音点検をする。
- センサヘッド部が打音した際の音声データを清音・濁音の判断ができる品質で点検員に伝送し聴音させる。



問い合わせ先: 日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 担当: 西沢 俊広

Tel: 042(333)1148 Mail: nishizawa@bk.jp.nec.com



## 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

～ 2名が普通車で現場に行き、少ない通行規制の下、容易に橋梁下面を診る技術の現場検証 ～

応募者：小出英夫（東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 教授）  
 共同開発者：鳥海廣史（O・T・テクノロジー株式会社 代表取締役社長）  
 藤田豊己（東北工業大学工学部知能エレクトロニクス学科 教授）  
 山田真幸（東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 准教授）

### 【概要】

床版下面（総幅員約13m以下）を対象に、複数台の各カメラのリアルタイム映像を確認しながら静止画像を同時取得し、点検支援を効率的に実行する。

最長12mの両端ヒンジ棒部材を高欄部より吊上げ、棒部材に固定した最大7台のカメラを用いて、橋軸直角方向のすべての床版下面を橋上のタブレットから点検・撮影・保存する。カメラのズーム、パンチルト操作、撮影はカメラ毎でも同時一括でも可能。

技術者が最低2名で普通乗用車に当該装置一式を積んで現場に向かうことで点検可能となる。

### 【特徴】

- 装置一式を普通車に積み込み可能（棒部材は2mごとに分解）
- 2名の技術者ですべての作業が可能（運搬・設置・点検・撤収）
- 棒部材は50cm刻みで長さ調整可能（あらゆる幅員に対応）
- 各カメラ位置は固定により、写真撮影位置は明確。タブレット内での保存フォルダの仕分けにより点検調査への取込み等も容易
- 床版下面の任意部位での近接目視支援（ズーム撮影）も可能
- 仕組が単純で不具合が少なく、取扱い・メンテナンスも容易

### 【写真・イメージ】



問い合わせ先：東北工業大学工学部都市マネジメント学科 小出英夫 Tel: 022-305-3506 Mail: koide@tohtech.ac.jp

## ワイヤー移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム

～ 橋梁目視点検支援システムの現場検証

応募者：八戸工業大学  
 共同開発者：株式会社TTES, 株式会社長大

### 【概要】

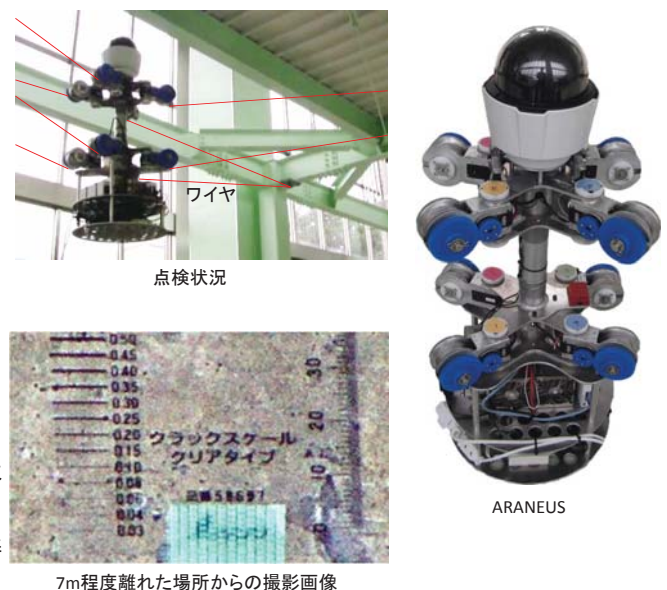
近年、橋梁の長寿命化のために点検・検査業務の効率化・省力化・経済性向上に貢献できる点検ロボットの開発が期待されている。橋梁の下には、河川だけではなく車道が存在しており、第三者被害を防止するためにも、ロボットの「落下」は許されない。そこで、本研究では、ワイヤー移動式の橋梁点検ロボットを提案する。本方式を適用することで大きなペイロードを確保し、高精度なセンサ・カメラを搭載することを可能にしている。

既に、平成27年9月12日に青森県八戸市の新井田橋において運用試験を実施し、本システムの有効性を確認している。

### 【特徴】

- 最低人数2名程度で検査業務の実施が可能
- 大ペイロードを活かし重いセンサ・カメラ（高精度）を搭載可能
- 8本のワイヤで橋梁に固定しているため、電源を喪失しても落下せず、フェイルセーフを確保
- ロボットアームを取り付けることによって打音・洗浄・簡易修繕等多様な検査業務に展開可能

### 【写真・イメージ】



問い合わせ先：八戸工業大学 社会連携学術推進室 Tel:0178-25-3111(代表) Mail: kohno@hi-tech.ac.jp

## 橋梁自動点検用ロボットシステム

～橋梁点検の近接目視点検の支援ができるシステム～

応募者：株式会社ミライト

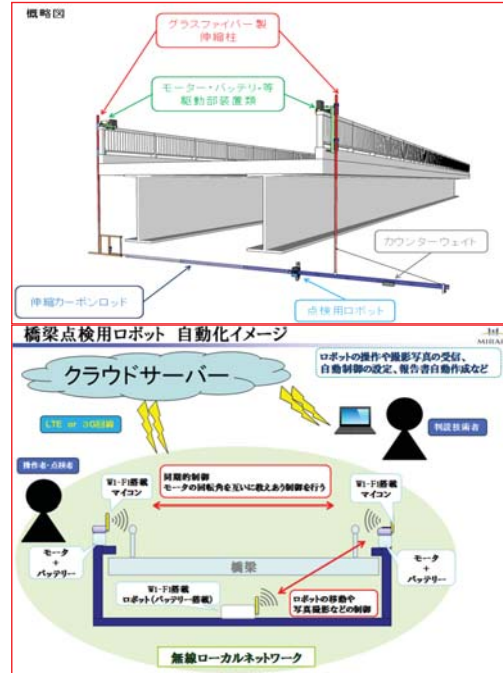
**[概要]**

全幅が10m程度の小規模橋梁を対象とし近接目視点検の支援を行う。  
 軽量のカーボン製ロボット上をカメラを搭載したロボットが移動し撮影した画像データをクラウドサーバーに送信・保存する。

**[特徴]**

- ・軽量で、**最小2名**で設置・撤収を含めた点検作業が可能。
- ・歩道もしくは路側帯の一部、最小のスペースで点検可能。
- ・橋上では高欄の一部のみを利用する為**規制は設置時撤収時のみかつ路側帯の一部のみ**となる。
- ・バッテリーを搭載、Wi-Fiと各種センサーを活用した自律制御が可能であり**自動で点検**ができる。
- ・クラウドサーバーにデータを送信・保存する為遠隔地で判読が可能で、高度な技術者が遠方にいても点検可能。
- ・足場等の大規模長期間の仮設が不要となる。

**[写真・イメージ]**



問い合わせ先：株式会社ミライト  
 次世代モバイルビジネス創造本部ファシリティ&デザイン室 林・佐々木

Tel: 03-6807-3795 Mail: hayashi.gosuke@mirait.co.jp  
 sasaki.rei@mirait.co.jp

## 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

～ 赤外線調査支援システムの現場検証 ～ 応募者：西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社

**[概要]**

橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生するはく離や浮き(コンクリート内部のはく離ひび割れ)を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。  
 鉄筋の腐食に伴い発生するコンクリート表面に平行な鉄筋に沿ったはく離ひび割れや、それに連続する斜め方向に進展して表面に達するひび割れを検出できる技術である。

**[特徴]**

- 遠望非接触にて、はく離、浮きなどの**コンクリート内部の損傷を検出**。
- 高精度赤外線カメラを用いることにより、既存技術と比較して、**調査精度、調査効率が向上**。
- 熱環境測定装置EM(S)を用いることにより、**安定した調査品質を確保**。
- リアルタイムで熱画像の画像解析を行うことにより、損傷状態と危険度を定量的に推定可能。**判定の個人差を排除し、損傷部の見逃しを防止**。
- 損傷程度の3段階分類により、**打音点検による確認箇所を絞り込む**。

Jシステムにおける調査

問い合わせ先：西日本高速道路エンジニアリング四国(株) 土木技術課 林 Tel: 087-834-2419

Mail: shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp

## 画像情報と位置計測をリンクしたコンクリート構造物のひび割れ調査作成技術

### ～ 橋梁維持管理の現場検証 ～

応募者：佐藤鉄工株式会社  
共同開発者：富山大学

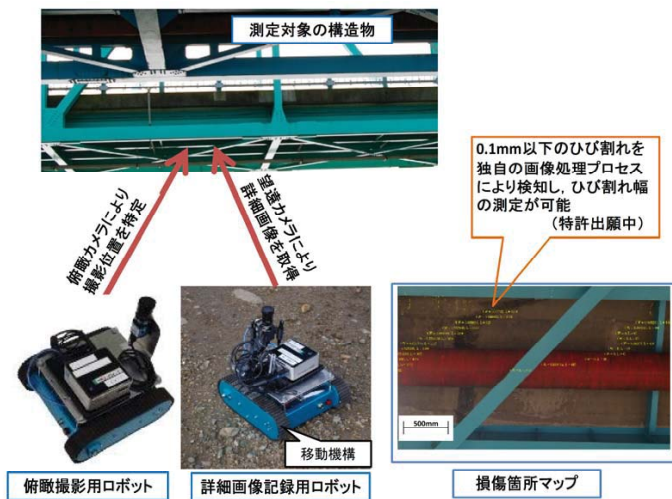
#### [概要]

本システムは構造物の損傷箇所の点検において、近接目視による点検作業を代替するものである。  
カメラを搭載した2台のロボットにより構造物の損傷箇所を画像で記録し、損傷箇所の位置や大きさを表す損傷箇所マップを作成できる。  
作業者単独でも迅速な測定が行えることや、計測部だけでも画像収集が可能であるため、人が携帯したり、UAVに搭載できる利点を有する。

#### [特徴]

- カメラを搭載した2台の移動ロボットを用いて、橋梁床版を自動撮影。
- 取得した画像を解析することで、ひび割れの位置と幅を計測するシステム。
- 高さ10m程度の計測距離において、検出精度として0.1mm以下の幅のひび割れの検出、計測可能。
- 取得したひび割れの情報を実際の橋梁床版画像に重ね合わせ、ひび割れの位置と幅を確認できる損傷箇所マップを作成できる。

#### [写真・イメージ]



問い合わせ先：佐藤鉄工株式会社 企画室 可部谷 Tel: 076-462-9237 Mail: kabetani@satotekko.co.jp

## 打音点検用飛行ロボットシステム

### ～飛行ロボットを活用した打音点検の現場検証～

応募者：日本電気株式会社  
共同開発者：自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

#### [概要]

足場を必要とする点検箇所を足場なしで飛行ロボットを利用して近接目視点検支援、打音点検支援をするシステムである。ロボット操作員と点検員により運用する。  
今回の現場検証では飛行ロボットをコンクリート構造物面に沿わせて近接目視点検を支援するための画像を収集する。その自律制御飛行と、高精細画像データ取得の要素技術の検証をする。さらにコンクリート構造物壁面に対して飛行ロボットに搭載した打検機を押し当て、打音した際の清音・濁音の判断が可能な音声データを点検員に伝送をする要素技術の検証を実施する。

#### [特徴]

- 10m程度の高さの打音点検を、高所作業車といった足場を利用せずに飛行ロボットを利用して打音点検をする。
- 打音点検箇所を探索するため、壁面に沿って一定の距離をあけて自律的飛行制御をしつつ、高精細画像データを収集する。
- 打音点検箇所へ自律的な飛行制御で壁面へ打検機を押し当てることでロボット操作員の操作を容易にする。
- 打音した音声データを清音・濁音の判断ができる品質で点検員に伝送し聴音させる。

#### [写真・イメージ]



問い合わせ先：日本電気株式会社 交通・都市基盤事業部 グローバルシステム開発部 担当：西沢 俊広  
Tel: 042(333)1148 Mail: nishizawa@bk.jp.nec.com

## 複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム

### ～ 橋梁近接目視点検の支援ができる システムの現場検証 ～

応募者：富士フイルム株式会社  
共同開発者：株式会社イクシスリサーチ  
一般財団法人首都高速道路技術センター

#### [概要]

複眼式撮像装置(ステレオカメラ)を搭載したロボットで鋼桁下フランジを移動しながら鋼桁を撮影し、撮影画像を画像処理し「橋梁点検要領等」における損傷を検出して近接目視を主体とする点検の支援、および点検調書の作成を支援するシステム。

#### [特徴]

- 鋼桁下フランジ懸垂型ロボットに搭載した複眼式撮像装置によって橋梁全体の桁下を移動しながら桁部の画像を撮影する。
- 撮像装置は障害物を避けて昇降し、損傷評価に必要な全ての情報を画像情報として得ることができ、近接目視の支援ができる。
- 撮影したステレオ画像を画像処理して損傷の寸法が計測でき、点検および調書作成の費用・手間を削減する。

#### [前回からの改良点]

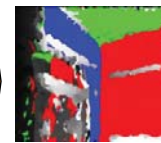
- ✓ 駆動系の改良により垂直補剛材など障害物の走破が可能となった
- ✓ ステレオカメラを改良し小型化、軽量化を図った



ステレオ画像  
撮影



平面推定



距離計測



問い合わせ先：富士フイルム(株)経営企画本部イノベーション戦略企画部 山下 仁 Tel:03-6271-2585 Mail: hitoshi.yamashita@fujifilm.com

## 音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出

### ～ 指向性音カメラ搭載ロボットの現場検証 ～

応募者：株式会社 熊谷組  
共同開発者：(株)移動ロボット研究所・(株)応用技術試験所  
東京エレクトロデバイス(株)・名古屋大学

#### [概要]

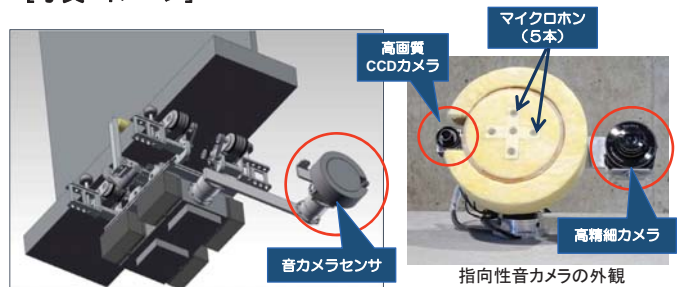
点検業務が困難な箇所については遠望目視となるため、高精度な点検を実施することが難しいなどの課題があった。

本研究開発では、音の発生箇所をビジュアル化する音カメラ装置と磁気式移動ロボットを組み合わせた点検ロボットを開発し、目視点検では把握困難な橋梁の異音を、環境の影響を受けない効率的な検知システムの開発を目指している。

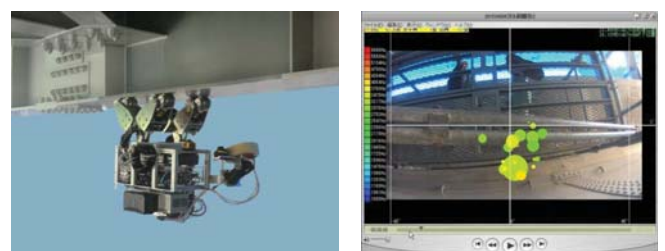
#### [特徴]

- 点検ロボットに搭載する音カメラに指向性機能を持たせ、橋梁背面の反射音を低減
- 指向性音カメラの高画質な動画ならびに音声データを同時に伝送可能
- コンクリート部材等を加振し、音響特性の相違から非健全部と健全部を診断
- 音カメラ画像と独立した高精細画像記録機能を付加し、静止状態で対象部位のひび割れ等を検出
- 点検者が、橋梁点検箇所から離れた位置で安全確実にリアルタイムな診断が可能

#### [写真・イメージ]



指向性音カメラ搭載移動ロボットの外観イメージ



名古屋大実験施設 (N2U-BRIDGE) での走行実験と指向性音カメラによる計測結果

問い合わせ先：(株)熊谷組技術研究所 永田 尚人 Tel:03-3235-8617 Mail:hnagata@ku.kumagaigumi.co.jp

## インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発

### ～ コンクリート製橋脚・橋台の現場検証 ～

応募者：株式会社開発設計コンサルタント  
 共同開発者：学校法人法政大学・国立大学法人岡山大学  
 ステラ技研株式会社

#### [概要]

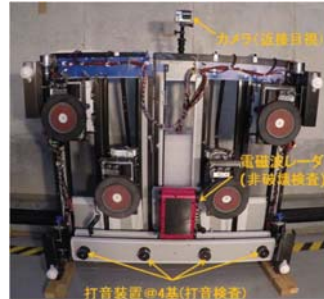
ALPは、コンクリート壁面に真空吸着しながら縦・横方向に自走して、高所等難条件下でのインフラ維持管理のための点検を支援するロボットシステムである。

搭載する計測機器とソフトウェアによる解析により、近接目視・打音検査・非破壊検査とその評価が可能である。検査データは、位置座標を含め客観的定量データであり、熟練技術者でなくとも現地で容易に評価ができるものとなる。

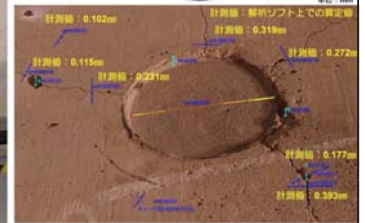
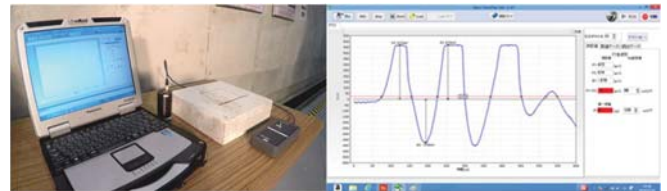
#### [特徴]

- 高精細デジタルカメラを用いたひび割れ抽出および打音装置を用いたときの自動判定により、「橋梁定期点検要領」における橋脚・橋台の点検項目について点検調書の作成支援が行える。
- 5～10mm程度の凹凸や表層劣化が生じているコンクリート面でも走行可能であり、約0.2m/分で移動しながら点検することができる。
- 真空度センサー等の吸着確認安全装置ならびに横移動による障害物回避行動が可能である。

#### [写真・イメージ]



ALP概要図

高精細デジタルカメラと  
コンクリート壁面(3Dモデル)

打音装置と反射音評価システム

問い合わせ先: 株式会社開発設計コンサルタント 設備保全技術開発センター Tel: 0467-85-0816 Mail: nojima@jpde.co.jp

