

No.	PA010029-V0022	技術名	IRIワイヤレス路面測定技術「ACTUS」												
会社名	株式会社ニュージェック		担当者	原田 秀敏	連絡先	TEL：06-6374-4031(道路グループ) E-mail：actus@newjec.co.jp									
技術概要	<p>本技術は日々進行する路面損傷に対して、日常点検等に使用可能な簡易路面性状計測システムであり、IRI算定原理に即したシステム構成を特徴とする。加速度センサーを一般車両のサスペンション上下に取付け、センサーからの測定データを車内の本体モジュールに無線送信し、伝達関数法による補正により正確にIRIを算出する。また、GPS/GNSSもしくは自律航法による測位からの位置情報と紐づけすることで、リアルタイムに路面性状の把握が可能である。</p>														
概要図・機器写真	<p>【計測原理（伝達関数法）】</p> <p>データ収集 → ノイズ処理 → フィルタリング → データ補正 → IRI計算 → IRI出力</p> <p>伝達関数 LUT Table LUT</p> <p>IRI計算 <math>IRI = \frac{1}{L} \int_0^L  z_s - z_u  dt</math></p> <p>IRI出力</p> <p>QCモデル</p> <p><math>Z_s</math>: ハネ上質量の上下方向変位 <math>Z_u</math>: ハネ下質量の上下方向変位 OR <math>Z_s</math>: ハネ上質量の上下方向速度 <math>Z_u</math>: ハネ下質量の上下方向速度</p> <p>IRIはサスペンションのたわみの累積量を走行距離で除した値</p>					<p>ACTUS本体 (ジャイロ内蔵)</p> <p>加速度センサー (口5cm×厚2cm)</p> <p>計測状況</p>									
関連情報 URL	<a href="https://www.newjec.co.jp/assets/pdf/actus.pdf">https://www.newjec.co.jp/assets/pdf/actus.pdf</a>														
精度確認項目	ひび割れ率			わだち掘れ量											
	○	IRI			ポットホール										
		区画線			建築限界										
		標識隠れ													
その他の精度未確認項目															
測定車両タイプ	—	専用測定車	—	専用オペレータ	○	可搬式測定機器の設置	○	繰り返し計測							
実道試験結果	ひび割れ率			わだち掘れ量											
	-			-											
(舗装)	IRI (R5年度)			アウトプット (出力) 形式											
	<table border="1"> <tr> <td>II 以上 検出率</td> <td>II 以上 的中率</td> <td>III 検出率</td> <td>III 的中率</td> </tr> <tr> <td>70~80%</td> <td>80~90%</td> <td>70~80%</td> <td>60~70%</td> </tr> </table>			II 以上 検出率	II 以上 的中率	III 検出率	III 的中率	70~80%	80~90%	70~80%	60~70%	(計測結果のみの場合) ・テキストファイル (加速度データ、GPSデータ) ・CSVファイル (IRI解析結果ファイル) ・別途、結果の表示・マッピング等を行うソフトウェアがある			
II 以上 検出率	II 以上 的中率	III 検出率	III 的中率												
70~80%	80~90%	70~80%	60~70%												
経済性	100km×1車線あたりの標準的な費用	・現地計測作業 (事前調査、試験走行、本計測、IRI解析) 1式: 289千円 ・机上作業 (計画、データ処理、分析等) 1式: 1,164千円 ・機械費 (ACTUS損料、機器取付撤去費) 1式: 162千円 ・合計 1,615千円/100km		定額費用一例	(1年間客先の車両に機器を設置して計測いただく場合) 1年間の機器レンタル費用: 70千円/月×12月 = 840千円 機器設置・撤去費用: = 200千円 キャリブレーション費用: = 100千円 合計: = 1,140千円 ※図化・評価作業や委託による計測の場合には別途となります										
実績 2023年度時点	国土交通省	2 件		その他 公共機関	2 件		民間	0 件							
その他	測定可能時間帯	<input checked="" type="checkbox"/> 昼間	計測可能な速度帯	最低	0km/h	データ出力標準日数	1~5km	10日	測定対象幅員	2.0m以上					
		<input checked="" type="checkbox"/> 夜間		最高	120km/h		100km	10日							
	実道試験に使用した車両タイプ		SUV		実道試験に使用した車両名		C-HR (トヨタ自動車)								
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般道、高速道路などの車道幅員であれば問題ないが、曲線拡幅部においては車輪位置に留意することが必要である。</li> <li>計測範囲において、GPS/GNSS受信が可能なこと。ただしトンネルなど部分的に受信不可箇所は、自律航行走行で補完する。</li> <li>機器の取り付けは、付属のマニュアルに準じ適切に設置する必要がある。</li> <li>計測前にキャリブレーションを実施する必要がある (車種によって特性が異なるため留意が必要)。</li> </ul>														

1. 基本事項

技術番号	PA010029-V0022		
技術名	IRIワイヤレス路面測定技術「ACTUS」		
技術バージョン	—	作成: 2024年3月作成	
開発者	(株)ニュージェック、北海道国立大学機構北見工業大学、(株)PROFICT LAB、(株)コトブキエンジニアリング		
連絡先等	TEL: 06-6374-4031	E-mail: actus@newjec.co.jp	担当部署: 道路グループ
現有台数・基地	4台	基地	①道路グループ(大阪)、②道路グループ(九州)
技術概要	<p>本技術は日々進行する路面損傷に対して、日常点検等に使用可能な簡易路面性状計測システムであり、IRI算定原理に即したシステム構成を特徴とする。加速度センサーを一般車両のサスペンション上下に取付け、センサーからの測定データを車内の本体モジュールに無線送信し、伝達関数法による補正により正確にIRIを算出する。また、GPS/GNSSもしくは自律航法による測位からの位置情報と紐づけすることで、リアルタイムに路面性状の把握が可能である。</p>		
技術区分	対象部位	車道(路面)	
	変状の種類	路面性状調査のうちIRI(国際ラフネス指数)の測定	
	物理原理	加速度センサーを車両のサスペンション上下に取付け、センサーからの測定データを車内の本体モジュールに無線送信し、IRI算定原理に基づき、伝達関数法を用いた補正により正確にIRIを算出する	
	検出項目	IRI、バネ上・バネ下加速度値(上下方向)、車速、位置情報、IRIの結果をマッピングすることが可能	

2. 基本諸元

計測機器の構成		・加速度センサー(2個)、本体モジュール、モバイルパソコン(タブレット)、GPS/GNSSアンテナ、アクションカメラ等	
移動装置	移動原理	機器を取り付けた乗用車等を運転しながら走行する	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	加速度センサー(□5cm×厚2cm)、本体(10cm×15cm×5cm)	
	動力	加速度計(車両バッテリーor乾電池)	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	車両のバッテリーの場合には特に制限はありません(乾電池の場合には取り替えの必要有)		
計測装置	設置方法	車両の左側サスペンション上下部に加速度センサーを2機取り付ける。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	加速度計(□5cm×厚2cm)	
	センシングデバイス	カメラ	アクションカメラ(GoPro等)を使用して時刻での同期が可能
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構機能	—
		測位機構	—
	計測原理	<p>・バネ上・バネ下加速度センサーからの測定データ(上下方向)を下図IRI算定原理に基づき、伝達関数法による車種(速度)補正を行い、GPS/GNSSもしくは自律航法から取得した距離情報と紐づけ、IRIを計算するものである。</p> <p>データ収集 → ノイズ処理 / フィルタリング → データ補正 (FRF, LU Table, LUT) → IRI計算 (<math>IRI = \frac{1}{L} \int_0^{L/r}  z_s - z_u  dt</math>) → IRI出力</p> <p>QCモデル: <math>m_s, c_s, k_s, m_u, k_t</math> 変位/速度: <math>z_s, z_u</math></p>	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車道上で計測ができ、車両内において計測作業は助手席程度のスペースが必要</li> <li>・路面上に障害物、路上駐車車両がないこと</li> <li>・交通渋滞が発生していないこと(走行速度20km/h以上)</li> <li>・計測走行時に交通安全が確保されていること</li> <li>・衛星状態(GPS/GNSS)が安定していること</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・機器の取り付け方法(加速度センサーの設置位置・固定方法、本体の設置方向(ジャイロセンサー))、車種補正	
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の車両への取り付け(加速度計・本体・GPS/GNSSの設置・車速パルスの取り出し・バッテリー接続)、GPS/GNSSの受信確認</li> <li>・機器のキャリブレーションの実施およびキャリブレーション値に基づく車種補正值の入力</li> <li>・現地での試走行(距離標(起点～終点)確認、幅員確認(走行位置))</li> <li>・本走行の実施(計測・IRI解析)</li> <li>・結果の整理</li> </ul>	
アウトプット	IRI値/10m、IRI値/100m、加速度値(上下方向)/0.01sec、緯度経度値、車速値		
計測頻度	特に定めておりません(計測したいときに可能)		
耐久性	加速度センサーについてはプラスチック加工した箱で防護して水密加工を実施している		
動力	車両バッテリーor乾電池		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	車両バッテリーの場合には制限はありません。乾電池の場合には電池の取り替えが必要となります		

データ収集・通信装置	設置方法	車内に本体、GPS/GNSSを設置し、車両から車速パルスを取り出し、本体と接続させる
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	本体(10cm×15cm×5cm)
	データ収集・記録機能	本体にモバイルパソコン(タブレット)を接続してデータの記録・収集を行う
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	加速度センサーと本体の間は無線通信(IEEE802.15.4準拠、ZigBee)を行う。周波数帯は2.4GHzを利用できるようにする
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	データは所有のモバイルパソコンに保存するため、暗号管理によりデータ流出を防ぐ
	動力	内蔵電池
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	リアルタイムにIRIの計算を実施、モバイルパソコン(タブレット)画面でモニタリングが可能

3. 計測性能

項目		性能	
計測装置	計測レンジ(測定範囲)	車両の走行したライン(左側前方の車輪位置)による	
	感度	校正方法	事前にキャリブレーションを実施して車種特性を把握する
		検出性能	加速度センサー(ADXL345(3軸)、サンプリング周波数800Hz)
		検出感度	最大加速度±8gまで検出可能
	撮影速度	—	
	計測精度	2.5msec毎の加速度値を取得できる	
	位置精度	GPS/GNSSで位置情報を取得(GPS/GNSSで取得できない場合には自律航行機能に自動切り替え)	
	色識別性能	—	
	S/N比	—	
	分解能	—	
	計測精度	クラス1測定値(水準測量値)に対して±30%以内	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	20km/h～120km/hまで対応(一般道、高速道路での使用が可能)、※信号停車は問題なし	
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	GPS/GNSSで位置情報を取得(トンネル内など、GPS/GNSSで取得できない場合には自律航行機能に自動切り替え) 位置精度(水平位置):2.5m	

4. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	-	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	-
	検出可能な変状	-
	変状検出の原理・アルゴリズム	-
	取り扱い可能な画像データ	-
	出力ファイル形式	-

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	一般道、高速道路などの車道幅員であれば問題ないが、曲線拡幅部においては車輪位置に留意が必要である。
	周辺条件	計測範囲において、GPS/GNSS受信が可能なこと。ただしトンネルなど部分的に受信不可箇所は、自律航行走行で補完する。
	作業範囲	機器の設置には駐車場の範囲が必要であり、計測時は、指定された計測範囲に併せて路面走行する。
	安全面への配慮	道路交通法を順守し安全運転に徹する。
	無線等使用における混線等対策	—
	交通規制の要否	交通規制の必要はない
	交通規制の範囲	交通規制の必要はない
	現地への運搬方法運搬方法	機器を取り付けた車両で移動が可能
	気温条件	-20℃~+85℃
	車線数の制約	同時に計測できるのは1車線のみとなる
	その他	

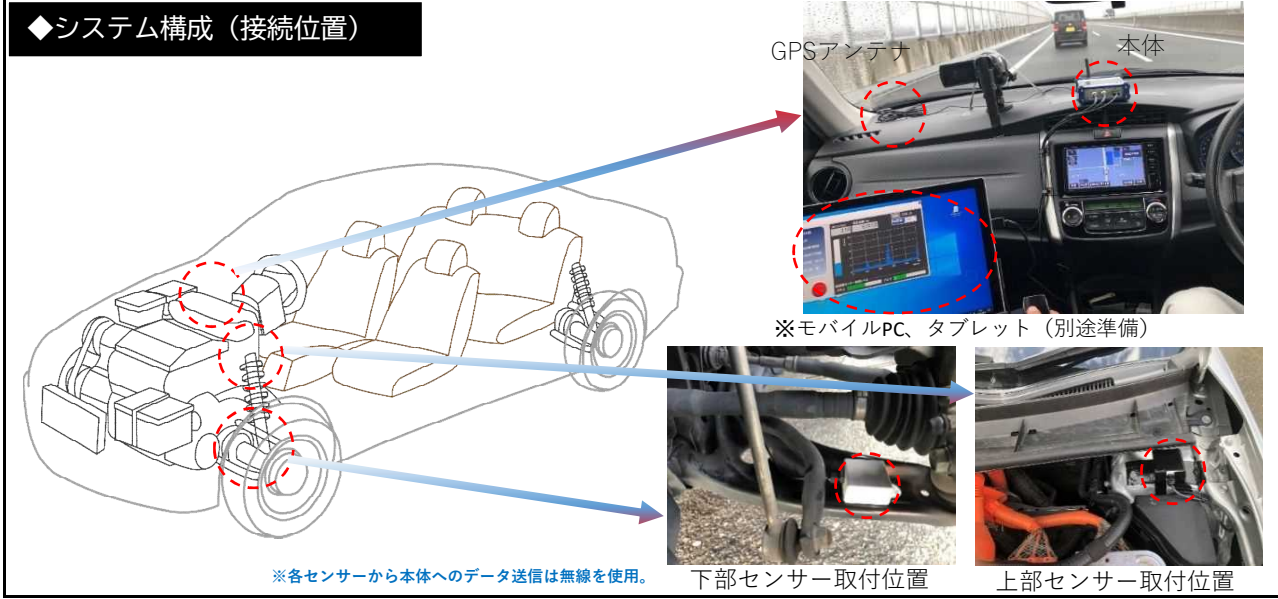
5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件
調査技術者の技量	特になし
必要構成人員数	2名(運転者1名、計測者1名)
操作に必要な資格等の有無、 フライト時間	特になし
作業ヤード・操作場所	特になし
点検・診断に関する費用	概略費用(調査費用、機械経費、その他費用)[①1~5kmあたり、②100kmあたり] ①1~5kmあたり ・現地計測作業(2日:事前調査、試験走行、本計測) 1式:189千円 ・机上作業(10日:計画、データ処理、分析、マッピング、報告書) 1式:764千円 ・機械費(レンタカー2日、ACTUS損料、機器取付撤去費) 1式:152千円 ・合計 1,105千円/1~5km ②100kmあたり ・現地計測作業(3日:事前調査、試験走行、本計測) 1式:289千円 ・机上作業(17日:計画、データ処理、分析、マッピング、報告書) 1式:1,164千円 ・機械費(レンタカー3日、ACTUS損料、機器取付撤去費) 1式:162千円 ・合計 1,615千円/100km ①1~5kmあたり(機器貸出しの場合) ・机上作業(10日:計画、データ処理、分析、マッピング、報告書) 1式:764千円 ・機械費(ACTUS貸出し料(1か月)、機器取付撤去費) 1式:70千円/月+230千円 ・合計 1,064千円/1~5km ②100kmあたり(機器貸出しの場合) ・机上作業(17日:計画、データ処理、分析、マッピング、報告書) 1式:1,164千円 ・機械費(ACTUS貸出し料(1か月)、機器取付撤去費) 1式:70千円/月+230千円 ・合計 1,464千円/100km ※取付期間、場所によって機器取付撤去費は異なります
作業条件・運用条件 保険の有無、保障範囲、費用	補償の範囲:使用する車両の保険を適用
時間帯(夜間作業の可否)	昼間でも夜間でも測定可能
計測時の走行速度条件	20km/h~120km/hまで対応(一般道、高速道路での使用が可能)、※信号停車は問題なし
渋滞時の計測可否	渋滞時でも計測可能であるが、定速走行ができる状態よりも精度が下がる可能性がある
可搬性(寸法・重量)	持ち運び可能な寸法・重量である
自動制御の有無	自動制御なし
利用形態:リース等の入手性	計測機材は購入・リース可能
関係機関への手続きの必要性	必要なし
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:IRIの計算ソフトは機器に含めて販売あるいは委託により実施する ・マッピングや評価のためのソフトウェアは別途、販売
不具合時のサポート体制の有無及び条件	取り付けや不具合発生時にはサポートを実施
センシングデバイスの点検	特に定めていませんが、動作不良時には対応致します
その他	



6. 図面等

◆システム構成 (接続位置)



技術番号	PA010029-V0022										
技術名	IRIワイヤレス路面測定技術「ACTUS」					会社名	株式会社ニュージェック				
試験日	令和5年11月28日	天候	晴れ	昼夜	昼間	気温	11.6°C	風速	2.6m/s	路面状況	乾燥
試験場所	茨城県常総市										
カタログ分類	舗装	検出項目	IRI					計測時 平均速度	46.8 km/h		

試験で確認する カタログ項目	IRI
-------------------	-----

対象箇所の概要

【試験場所】

- ・舗装種（表層）：密粒度アスファルト舗装
- ・1区間：10m
- ・試験区間：1,350m（135区間）うち任意の50区間
- ・交通量：路線①・・・5,586台/日（〈小型〉4,000台/日、〈大型〉1,289台/日）【R3センサス】  
 路線②・・・10,072台/日（〈小型〉6,669台/日、〈大型〉3,403台/日）【R3センサス】



※写真は正解値測定時（交通規制中）



※写真は正解値測定時（交通規制中）

試験方法（手順）	技術番号	PA010029-V0022
【①点検】車両への機器取付・キャリブレーション（車種補正作業）の実施・現地走行		
【②データ取り込み】 現地計測しながら加速度データを無線で本体→接続PCに送付、GPSでの位置情報を受信したデータを接続PCに送信		
【③解析前処理】走行前のキャリブレーション時に実施するため、必要ありません		
【④データ解析】走行しながら、データ解析を実施（加速度データ・位置情報をもとにIRIを算定するための解析を実施）できるため、事後処理としては不要。位置情報から計測区間のデータの取り出しの実施と、3回の計測を実施したためデータの整合性確認を実施した		

車両・機器諸元、機器設置状況、測定状況

- ・車両（レンタカーを使用：C-HR（トヨタ））
- ・機器の諸元
  - （1）機器構成：本体モジュール1台、加速度センサー2台、ノートパソコン1台、GPSアンテナ1基、車速パルス取り出し用ケーブル、加速度センサー用バッテリー接続ケーブル、アクションカメラ等
  - （2）機器性能
    - ①加速度センサー
      - ・設置箇所：サスペンション上下に設置
      - ・形状：□5cm×厚2cm
      - ・計測頻度：800Hz
      - ・プラスチック加工した箱で防護し、水密加工を実施
      - ・通信：本体との通信は無線（IEEE802.15.4準拠）で実施
      - ・電源：乾電池もしくは車両のバッテリーを使用可能
    - ②本体モジュール
      - ・社内に設置、ジャイロセンサ搭載
    - ③GPS及び自律航行システム
      - ・社内に設置、自律航行システムとしてジャイロセンサ+車速パルスを使用
    - ④ソフトウェア
      - ・ソフトウェアの使用でリアルタイムにIRIの算出結果の確認が可能



機器の設置状況



現地測定状況

## 【計測技術の精度の算出方法】

- ・実道試験区間（延長1,350m）における任意の50区間(1区間=10m)について、各技術で診断区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲによる評価を行う。
- ・事前に測定した『正解値』と、各技術における診断結果（Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）を比較する。
- ・公募時のリクワイヤメントにおいて「目視と同等以上の評価が可能」としていることから、有識者による技術検討委員会において『幅値』の考え方を整理し、それぞれの検出率と的中率を求めた。

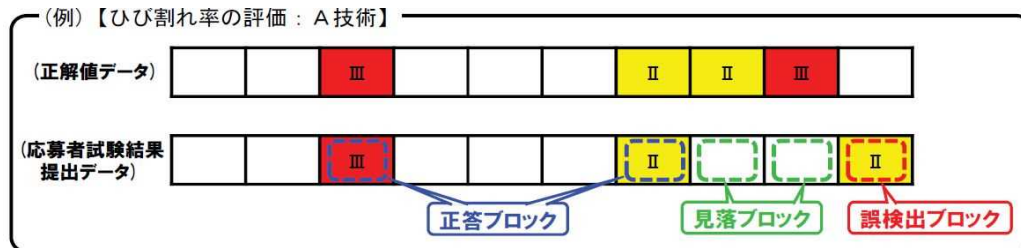
## 【幅値の考え方】

各測定項目（ひび割れ率・わだち掘れ量・IRI）の『正解値』が以下の幅値の範囲内であった場合、隣合った区分も正解とする

■ひび割れ率：『正解値』が診断区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの基準値となる20%・40%の±5%以内（例：正解値が42.0%（診断区分Ⅲ）であった場合、各技術が「Ⅱ」と判断していても正解とする）

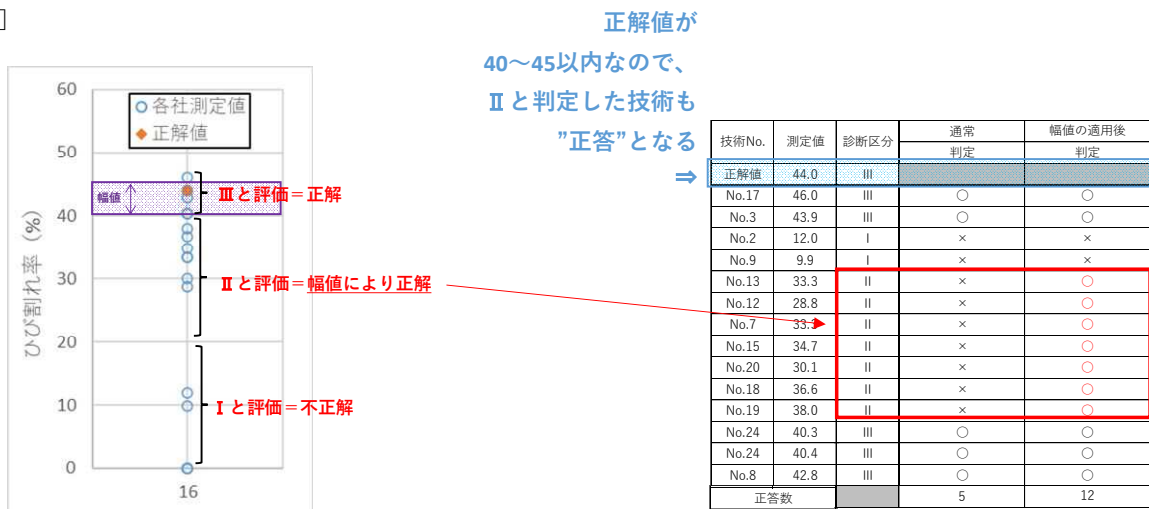
■わだち掘れ量：『正解値』が診断区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの基準値となる20mm・40mmの±5mm以内（例：正解値が38mm（診断区分Ⅱ）であった場合、各技術が「Ⅲ」と判断していても正解とする）

■IRI：『正解値』が診断区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの基準値となる3mm/m・8mm/mの±20%以内（例：正解値が9.4mm/m（診断区分Ⅲ）であった場合、各技術が「Ⅱ」と判断していても正解とする）



指標	算出方法	備考
検出率	検出率 = $\frac{\text{応募技術における正答ブロック数}}{\text{正解値を基にした実損傷ブロック数}}$	確実に損傷を発見できるか確認する
的中率	的中率 = $\frac{\text{応募技術における正答ブロック数}}{\text{応募技術により検出されたブロック数}}$	検出結果の精度を確認する

[例]



## 【計測技術の精度確認結果（令和5年度）】

IRI

II 以上 検出率	II 以上 的中率	III 検出率	III 的中率
70~80%	80~90%	70~80%	60~70%

※検出率：確実に損傷を発見できるか      的中率：発見した損傷の評価の精度

【凡 例】

