

No.	PA010006-V0022	技術名	車載搭載型非接触式路面プロファイラ																			
会社名	株式会社トノックス				担当者	高橋 満雄		連絡先	TEL:0463-73-9151 E-mail:m-takahashi@tonox.com													
技術概要	センサBOXを車体の床下に取り付けて走行すると、路面のプロファイルとIRIが計測できる車載搭載型の装置です。 センサーBOX内部には、2台のレーザ変位計とIMUが内蔵されており、路面の勾配を精度高く検出します。 同時にGNSSデータと車速パルスの入力により車両の位置を検出します。後処理のソフトにより、測位座標 および距離データに紐づけされたプロファイルとIRIが算出されます。																					
概要図・ 機器写真	  小型Tx-IRIセンサBOX 専用地図表示ソフトでGoogleEarth上にIRIを3ランク色分け表示																					
関連情報URL	http://www.tonox.com/pdf/txiri.pdf																					
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	—	ビッグデータ活用型	—												
実道試験結果 (舗装)	ひび割れ率					わだち掘れ量																
	-					-																
	IRI(R4年度)					アウトプット(出力)形式																
	<table><tr><td>Ⅱ以上検出率</td><td>Ⅱ以上の中率</td><td>Ⅲ検出率</td><td colspan="2">Ⅲ的中率</td></tr><tr><td>80～90%</td><td>90～100%</td><td>70～80%</td><td colspan="2">90～100%</td></tr></table>					Ⅱ以上検出率	Ⅱ以上の中率	Ⅲ検出率	Ⅲ的中率		80～90%	90～100%	70～80%	90～100%		PC内の専用ソフトからの出力データ: 1)距離データ(5cm毎)と路面高さと測位座標、 2)距離データ(10m毎)とIRIと測位座標であり、データの拡張子はCSV						
Ⅱ以上検出率	Ⅱ以上の中率	Ⅲ検出率	Ⅲ的中率																			
80～90%	90～100%	70～80%	90～100%																			
経済性	100km×1車線あたりの標準的な費用		本装置は、販売を目的としており、お客様の車両に車載して、お客様自身の計測運用となります。 装置販売価格:200万円/台			定額費用一例	—															
実績 2024年度時点	国土交通省	総実績数	代表事例		その他公共機関	総実績数	代表事例		民間	総実績数	代表事例											
		0件	実施名称			0件	実施名称			0件	実施名称											
			実施年度				実施年度				実施年度											
			実施内容				実施内容				実施内容											
			実施延長				実施延長				実施延長											
その他	測定可能時間帯		☒ 昼間 ☒ 夜間	計測可能な速度帯		最低 最高	0km/h 80km/h	データ出力標準日数	1～5km 100km	1日 2日	測定対象幅員	-										
	実道試験に使用した車両タイプ			ステーションワゴン			実道試験に使用した車両名			ランディ												
留意事項	・測定不可能となる条件:路面表面に雨水がたまっている状態、積雪状態 ・測定機器のリースおよび購入:可																					

1. 基本事項

技術番号		PA010006-V0022		
技術名		車載搭載型非接触式路面プロファイラ		
	技術バージョン			作成： 2023年3月作成(2024年3月更新)
開発者		株式会社トノックス		
連絡先等		TEL: 0463-73-9151	E-mail: m-takahashi@tonox.com	担当部署: 計装システム事業部
現有台数・基地		現有2台	基地	神奈川県平塚市長瀬
技術概要		センサBOXを車体の床下に取り付けて走行すると、路面の縦断プロファイルとIRIが計測できる車載搭載型装置である。センサーBOX内部には、2台のレーザ変位計とIMUが配置されており、路面の勾配を精度高く検出する。同時にGNSSデータと車速パルスの入力により車両の位置を検出する。データロガー内のSDカードに測定データを記録し、後処理のソフトにより、測位座標および距離データに紐づけされた縦断プロファイルとIRIが算出される。		
技術区分	対象部位	歩道/車道		
	変状の種類	IRI、平坦ん性		
	物理原理	前後2台のレーザ変位計による変位差とIMUの測定値から算出された車体の姿勢角で路面勾配を算出し、その路面勾配を走行距離で積分することにより路面プロファイルを算出		
	検出項目	レーザ変位計による路面までの距離/IMUによる加速度と角速度/車速パルスカウント値/測位座標		

2. 基本諸元

計測機器の構成		本装置は、2台のレーザ変位計とIMUが内蔵された『センサBOX』とセンサーBOXからのデータと、車速パルスを入力し、かつRTK測位可能なGNSS受信装置を搭載した『コントローラ』および、SDカードに計測されたデータを記録する『データロガー』で構成されている車載搭載型の装置である。	
移動装置	移動原理		【車両型】/内燃機関や電動車両にて車載して移動する。
	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)		—
	動力		—
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		—
計測装置	設置方法		車体床下にブラケットを取り付け、センサBOXをブラケットにて固定する。コントローラは、助手席下に搭載
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		センサBOX : 幅120mm×長320mm×高80mm 重量3.0kg コントローラ : 幅175mm×長145mm×高70mm 重量0.6kg データロガー : 幅160mm×長105mm×高50mm 重量0.4kg
	センシングデバイス	カメラ	—
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構機能	—
		測位機構	GNSS (RTK、単独測位)
		計測原理	センサBOX内はIMUと2台のレーザ変位計が内蔵されている。IMU測定値から算出される車体の姿勢角と前後2台のレーザ変位計で測定される変位差から路面の勾配を算出しその勾配を走行距離で積分することにより路面のプロファイルを算出する。性能試験は、本装置を台車に搭載し試験路面を複数回走行し、低速プロファイラ装置との比較を行い、精度および再現性の試験を行う。
		計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	レーザ変位計使用のため水溜りや積雪では計測不可、さらにGNSSにより測位座標を検出しているがトンネル内は測位不可のためトンネル出入り口の測位可能座標により測位不可区間の座標を補間して求める。またセンサBOXは一般的に左前後輪間に設置するためOWP上の測線の縦断プロファイルが測定される。
		精度と信頼性に影響を及ぼす要因	レーザ変位計の射出窓の汚れや太陽光の影響があると正確な変位が検出できず、プロファイルの不正確の要因となる。(射出窓に汚れが付着した場合はふき取る必要あり。また太陽光の影響がある場合は日よけカバーを施す。)一般車両では時速2km/h以下程度の超低速走行時には車速パルスが出力不可となり距離の誤差要因となる。
		計測プロセス	電源が入ると、IMUのイニシャライズが行われる。その後、GNSS受信装置からの測位がされるとコントローラ内でPPSに同期したクロックが発生する。このクロックでレーザ変位計、IMU、GNSSおよび車速パルスデータがサンプリングされる。データ送信SWをONすると、データロガーのSDカードに前記サンプリングデータが記録される。
		アウトプット	サンプリング毎の各センサのデータであり、データはカンマ区切りのCSV形式である。各センサは、レーザ変位計、IMU、GNSSおよび車速パルスである。
		計測頻度	測線に対して最低1回
	耐久性		センサBOX (防塵防水: IP53、耐衝撃50G以内)
	動力		車両のバッテリー (12Vあるいは24V) を用いる。
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		連続8時間以上測定可能 気温条件: -10℃～50℃
データ収集・通信装置	設置方法		車内のダッシュボード等に設置
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		データロガー: 幅160mm×長105mm×高50mm 重量0.4Kg
	データ収集・記録機能		記録メディア (SDカード) に記録・保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		RTK測位の場合は、基地局情報をスマホなどを利用してGNSS受信装置とBluetooth経由で通信
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		—
	動力		車両のバッテリー (12Vあるいは24V) を用いる。
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		8時間以上記録可能 気温条件: 0℃～60℃

3. 計測性能

項目		性能
計測装置	計測レンジ(測定範囲)	レーザ変位: $\pm 250\text{mm}$ 、角速度: $\pm 450^\circ/\text{s}$ 、加速度: $\pm 10\text{G}$
	校正方法	レーザ変位計およびIMUとも機器メーカーの仕様書に準ずる。
	感 度	
	検出性能	レーザ変位計: 分解能: $10\mu\text{m}$ 、繰返精度: $10\mu\text{m}$ 、リニアリティ: フルスケールに対し $\pm 0.1\%$ IMU: ジャイロバイアス安定性: $0.8^\circ/\text{h}$ 、角度ランダムウォーク: $0.06^\circ/\sqrt{\text{h}}$
	検出感度	レーザ変位: $22\mu\text{m}$ 、加速度: 0.4mG 、角速度: $0.015^\circ/\text{S}$ いずれも1bit分解能
	撮影速度	—
	計測精度	—
	位置精度	—
	色識別性能	—
	S/N比	—
	分解能	プロファイル高さ分解能 0.1mm
	計測精度	・プロファイル: 低速プロファイラ装置と比較して一致率90%以上である。 (『NEXCO 殿路面プロファイラ精度検証ソフト』による) ・平坦性: 縦断プロフィルメータによる標準偏差の測定値に対し、 $\pm 30\%$ 以内の精度である。
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	0~80km/h
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	距離精度: 0.1%程度 (距離校正後)、測位座標精度: 1~2m以下 * 車両の車速パルスを利用しているため車載車両ごと距離校正を要する。 * 距離精度は速度5km/h以上、距離1km走行したものである。

4. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		【IRI】 ①計測記録されたSDカードをパソコンにセットする。 ②自社開発の『路面プロファイル&IRI算出ソフト』を起動する。 ③SDカード内の対象計測データファイルを選択する。 ④画面上に諸条件(車速、パルスピッチ、GNSSアンテナ高さ、IRI算出開始&終了距離、IRI評価長)を入力する。 ⑤ソフトを実行すると、自動的に距離と測位データに紐づけされた5cm毎のプロファイルと評価長ごとのIRIがCSVファイルで自動的に出力される。 ⑥つづいて自社開発の『IRI地図表示ソフト』を起動する。 ⑦前記出力された評価長ごとのIRIファイルを選択する。 ⑧ソフトを実行するとGoogleEarthの地図上にIRIを3ランクで色分け表示される。 【平坦性】 ①自社開発の『平坦性解析ソフト』を起動する。 ②前記、出力された5cm毎のプロファイルのファイルを選択する。 ③画面上に諸条件(算出開始&終了距離、評価単位)を入力する。 ④ソフトを実行すると自動的に平坦性の帳票がEXCEL出力される。
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	自社開発ソフト『路面プロファイル&IRI算出ソフト』 '自社開発ソフト『平坦性解析ソフト』 '自社開発ソフト『IRI地図表示ソフト(Excelマクロ)』
	検出可能な変状	IRI、平坦性
	変状検出の原理・アルゴリズム	【IRI】 算出された路面プロファイルからASTM INTERNATIONALの下記資料にフォートランソースコードで示されているものを使用 Designation: E 1926 - 98 (Reapproved 2003) Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements 【平坦性】 算出された路面プロファイルから舗装試験法による『平坦性測定方法』に基づき算出
	取り扱い可能な画像データ	—
	出力ファイル形式	CSV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	本装置を搭載した車両が通過可能な道路幅
	周辺条件	本装置を搭載した車両が通過可能な暗渠高さ
	作業範囲	—
	安全面への配慮	—
	無線等使用における混線等対策	—
	交通規制の要否	不要
	交通規制の範囲	不要
	現地への運搬方法運搬方法	・本装置を測定する車両に搭載して運搬 ・本装置を分割して宅急便にて運搬し現地にて測定する車両に搭載
	気温条件	-10℃～+50℃ 結露無いこと
	車線数の制約	特になし
	その他	—

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特に必要なし
	必要構成人員数	運転手1人での操作が可能
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	無し
	作業ヤード・操作場所	特になし
	点検・診断に関する費用	主として本装置の販売を目的(お客様の車両に取り付けてお客様にて計測運用)
	保険の有無、保障範囲、費用	—
	時間帯(夜間作業の可否)	夜間作業可能
	計測時の走行速度条件	0～80km/h
	渋滞時の計測可否	計測可能
	可搬性(寸法・重量)	センサBOX寸法、重量:幅120mm×長320mm×高80mm 2.97Kg
	自動制御の有無	—
	利用形態:リース等の入手性	自社開発機材
	関係機関への手続きの必要性	特に必要なし
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	『路面プロファイル&IRI算出ソフト』(自社開発ソフト) 『平坦性解析ソフト』(自社開発ソフト) 『IRI地図表示ソフト(EXCELマクロ)』(自社開発ソフト) 必要作業:お客様にて上記ソフトによる解析作業
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り
	センシングデバイスの点検	1年に1回程度の定期点検を推奨
	その他	①特許:特許第7210184号「路面のプロファイル測定器」 ②気象条件:雨天、積雪時など路面が濡れている場合は測定不可 ③作業条件:なし

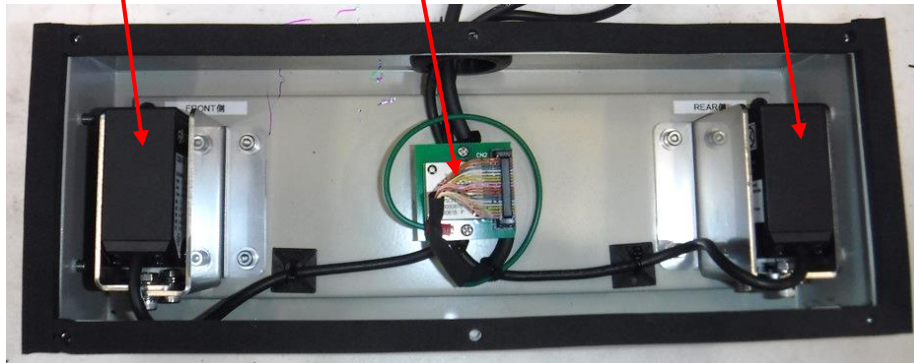
6. 図面

センサBOX内部

FRONT側レーザ変位計

IMU

REAR側レーザ変位計



前後 2 台のレーザ変位計間隔：250mm

技術番号	PA010006-V0022						
技術名	車載搭載型非接触式路面プロファイラ			開発者名	株式会社トノックス		
試験日	令和5年2月17日	天候	晴れ	昼夜	昼	路面状況	乾燥
試験場所	三重県亀山市関町坂下						
カタログ分類	舗装	検出項目	IRI			計測時 平均速度	50.0 km/h

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

対象箇所の概要

PA010006-V0022

・路線：一般国道1号（上り） 第1車線

・舗装種（表層）：密粒度アスファルト舗装

・1区間：10m

・試験区間：997m（100区間）

・交通量：4,265 台／日（〈小型〉2,293 台／日、〈大型〉1,972 台／日）【H27センサス】

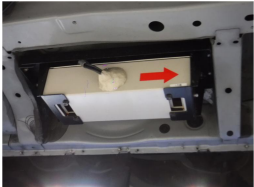


※写真は正解値測定時（交通規制中）



※写真は正解値測定時（交通規制中）

試験方法（手順）	技術番号	PA010006-V0022
【①点検】測位座標と距離データに紐づけされた5 c m毎の路面プロファイルと I R I を取得する。		
【②データ取り込み】センサ B O X に内蔵されている2台のレーザ変位計および I M U からのデータ、G N S S 受信装置からの測位座標データおよび車両の車速パルスカウントデータをデータロガーのSDカードに記録する。		
【③解析前処理】SDカードに記録されるファイル名は、測定開始時点の『日付+時刻』で命名されるので、測定されたファイルの確認を行う。		
【④データ解析】測定記録されたSDカードをパソコンにセットする。自社開発の解析ソフト『プロファイル&IRI算出ソフト』を起動し、前記SDカード内から対象ファイルを選択する。解析画面上に諸条件（車速パルスピッチ、GNSSアンテナ高さ、IRI算出開始&終了位置、IRI評価長）を入力する。ソフトを実行すると自動的に測位座標と距離データに紐づけされた路面プロファイルとIRIがCSVファイルで出力される。		

車両・機器諸元、機器設置状況、測定状況		
【車両諸元】 ・測定時の車種（スズキ社製ランディ） ・車両サイズ └長さ:468cm └幅 :169cm └高さ:186cm 上記は実道試験時に使用した車両であり、センサBOXを車両に取り付ける事が出来れば車種は問わない。 【機器諸元】 ・センサボックス寸法、重量：幅120mm×長320mm×高80mm 2.97 k g ・センサボックス取付高さ：レーザ 出射口から路面までの距離が200mm～500mm ・コントローラ寸法、重量：幅175mm×長145mm×高70mm 0.6kg ・データロガー寸法、重量：幅160mm×長105mm×高50mm 0.4kg ・1時間当たりの記録容量：約47MB（1GBのSDカードで約20 h 計測可能） ・入力電圧：10.2V～27.6V ・消費電流：600mA以下 ・太陽光による影響：取り付け車両によっては太陽光の影響が生じるので、その場合は日よけカバーを施す。 ・使用SDカード：SDHC スピードクラス10 ・レーザクラス：クラス2（1 mW）		
 測定状況  センサBOX設置状況（車体床下）		
 コントローラ（助手席下）  データロガー（ダッシュボード上）		

【計測技術の精度の算出方法】

- ・実道試験区間（延長997m）における合計100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。

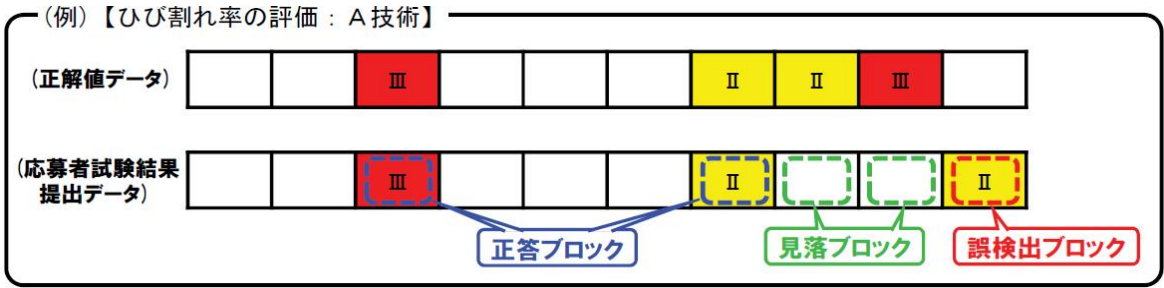
【幅値の考え方】

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）

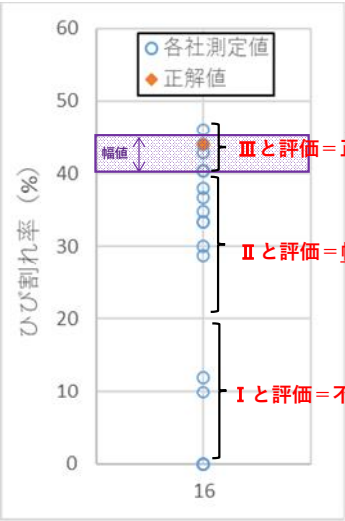
■わだち掘れ量：『正解値』が診断区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの基準値となる20mm・40mmの±5mm以内（例：正解値が38mm（診断区分Ⅱ）であった場合、各技術が「Ⅲ」と判断していても正解とする）

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

[例]



正解値が
40～45以内なので、
Ⅱと判定した技術も
”正答”となる
⇒

技術No.	測定値	診断区分	通常	幅値の適用後
			判定	判定
正解値	44.0	Ⅲ		
No.17	46.0	Ⅲ	○	○
No.3	43.9	Ⅲ	○	○
No.2	12.0	Ⅰ	×	×
No.9	9.9	Ⅰ	×	×
No.13	33.3	Ⅱ	×	○
No.12	28.8	Ⅱ	×	○
No.7	33.3	Ⅱ	×	○
No.15	34.7	Ⅱ	×	○
No.20	30.1	Ⅱ	×	○
No.18	36.6	Ⅱ	×	○
No.19	38.0	Ⅱ	×	○
No.24	40.3	Ⅲ	○	○
No.24	40.4	Ⅲ	○	○
No.8	42.8	Ⅲ	○	○
正答数			5	12

【計測技術の精度確認結果（令和4年度）】

IRI			
Ⅱ以上 検出率	Ⅱ以上 的中率	Ⅲ検出率	Ⅲ的中率
80～90%	90～100%	70～80%	90～100%

※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

