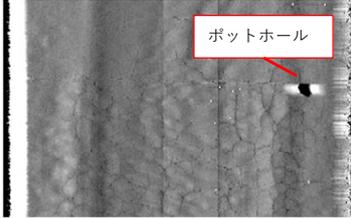


No.	PA020012-V0023	技術名	車両搭載型路面横断プロファイラ													
会社名	株式会社トノックス			担当者	畠見 尚彦	連絡先	TEL:0463-73-9151 E-mail:n-hatami@tonox.com									
技術概要	着脱式のセンサユニットを車両屋根上後方に取り付けて走行すると、路面横断プロファイルが計測できる装置です。センサユニット内部は、ライン状に照射するレーザ照射装置と3Dカメラから構成されています。いわゆる光切断法の原理を用いています。そのためライン状に照射された路面の横断プロファイルを精度高く検出します。同時にRTK-GNSSと車速パルスの入力により車両の位置を特定します。後処理ソフトにより、路面コンター図として画像表示し、ポットホール等を判別できるものです。															
概要図・機器写真	 センサユニット取付け状態			 3Dカメラ レーザ照射装置 センサユニット内部			 白：高い 黒：低い ポットホール ビューアソフトによるコンター画像表示									
関連情報 URL																
ポットホール	ひび割れ率				わだち掘れ量											
	IRI				○											
	区画線				建築限界											
	標識隠れ															
その他の精度未確認項目		段差、落下物														
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 (道路巡視)	ポットホール(R5年度)					区画線										
	【参考】① 10cm未満検出率		②10cm～ 20cm検出率		③20cm以上 検出率											
	90～100%		90～100%		80～90%											
建築限界					標識隠れ											
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、お客様の車両に搭載しお客様自身の計測運用となります。装置販売価格：300万円/台			定額費用一例		-							
その他 (精度未確認)	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					0 件					0 件			
			実施名称					実施名称					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 100km/h		データ出力標準日数		1～5km 100km		1日 2～3日	
	実道試験に使用した車両タイプ			ワンボックス			実道試験に使用した車両名			ハイエース						
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 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	PA020012-V0023		
技術名	車両搭載型路面横断プロファイラ		
技術バージョン		作成:	2024年3月作成
開発者	株式会社トノックス		
連絡先等	TEL: 0463-73-9151	E-mail: n-hatami@tonox.com	担当部署: 計装システム事業部
現有台数・基地	現有1台	基地	神奈川県平塚市長瀬
技術概要	着脱式センサユニットを車両屋根上後方に取り付けて走行すると、路面横断プロファイルが計測できる車両搭載型装置です。センサユニット内部には、ライン状に照射するレーザ装置と3Dカメラから構成されています。いわゆる、測定原理は光切断法を採用し、ライン状に照射された路面の横断プロファイルを精度高く検出します。同時にRTK-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。BOX PC内のHDDに測定データを記録し、後処理のソフトにより、路面コンター図として画像表示しポットホール等を画像処理して自動抽出するものです。		
技術区分	対象部位	車道	
	変状の種類	ポットホール	
	物理原理	光切断法	
	検出項目	光切断法による路面高さ/GNSSIによる測位座標/車速パルスカウント値	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本装置は、ライン状に照射するレーザ装置と3Dカメラが内蔵された『センサユニット』と前記レーザ装置用の『レーザ電源ユニット』と、PPSと同期した前記3Dカメラ用のサンプリングクロック生成と、車速パルスのカウントおよびRTK測位可能なGNSS受信装置を搭載した『コントローラ』さらに、計測されたデータを内蔵HDDに記録するための『BOX PC』から構成されている車両搭載型の装置です。	
移動装置	移動原理	【車両型】車両屋根上後方にセンサユニットを取り付けて、交通流にそって計測走行します。	
	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	車両屋根上後方にブラケットを取り付け、センサユニットをブラケットに固定します。他の機材は助手席下や、ダッシュボード上に搭載します。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	センサユニット:幅15cm×長44cm×高20cm 重量:約5kg コントローラ :幅18cm×長15cm×高7cm 重量:約0.6kg レーザ電源 :幅15cm×長17cm×高6cm 重量:約0.8kg	
	カメラ	カメラ	竹中システム製 型番:FD500GE 撮像素子:1インチ/2560(H)×2048(V)
		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	センサユニットを車両屋根上後方に取り付け、センサユニット内部のレーザ装置から、路面横断方向にライン状にレーザ光を照射します。さらにセンサユニット内部の3Dカメラにより路面に照射されたライン状のレーザ光を斜めから撮影することにより光切断方式の原理を採用した路面横断プロファイルの高さデータが得られます。得られた高さデータを濃淡画像に変換します。つまり高さの高いデータは白画像に、低い画像は黒画像に変換されます。濃淡画像表示するとポットホールのような低いものは黒色の画像分布として鮮明に検出することができます。	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	レーザ光を使用のため水たまりや積雪では計測不可です。さらにGNSSにより測位座標を検出していますがトンネル内は測位不可のため、トンネル出入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ます。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	3Dカメラにはレーザ光の波長のみを透過させる光学フィルタを装着していますが、夏場の強い太陽光により路面からの反射が大きい場合は、レーザ光を捉えることができず、プロファイルが不正確になる要因となります。また、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誤差の要因となります。	
	計測プロセス	構成計測装置の電源を入れ、PC BOXに接続されたディスプレイから、計測ソフトを起動します。起動すると計測操作画面が表示され、この画面には①『カメラ接続』ボタン、②『記録開始』ボタン、③『記録停止』ボタン、④『終了』ボタンの4個のボタンが用意されています。最初に『カメラ接続』ボタンを押下し、3DカメラとBOX PCとの接続を行います。接続が完了したら、計測開始地点に移動し、開始地点で『記録開始』ボタンを押下します。記録開始ボタンを押下すると記録フレーム数のカウント値が画面表示されるので記録の確認ができます。フレーム数のカウントが確認出来たら車両を走行させ計測終了地点までのデータがBOX PCのHDDに保存されます。計測終了地点に到着したら③『記録停止』ボタンを押下して記録を終了します。計測ソフトの終了は④『終了』ボタンを押下します。	
	アウトプット	1フレームあたり1500プロファイルの3Dカメラデータ(バイナリデータ)/PPSと距離カウント値および測位座標を統合したデータ(CSVデータ)	
	計測頻度	計測横断幅は約3.5mであるので、1車線あたり1回の計測	
	耐久性	センサユニット(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:0°C~40°C)		
データ収集・通信装置	設置方法	車内のダッシュボード上や、座席下等に設置	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	BOX PC :幅26cm×長15cm×高7cm 重量:約1kg	
	データ収集・記録機能	BOX PC内のHDDあるいはSSD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)	連続8時間以上記録可能(気温条件:0°C~55°C)		

3. 計測性能

項目		性能	
計測装置	計測レンジ(測定範囲)	路面高さ測定範囲: ±50mm(センサユニット取付高さ1.4mの場合) / ±100mm(センサユニット取付高さ2.0mの場合)	
	感 度	校正方法	高さ校正は、リニアステージに搭載した角材の高さを変えて校正
		検出性能	—
		検出感度	—
	撮影速度	時速54km/h(縦断ピッチ1cm)/時速108km/h(縦断ピッチ2cm)	
	計測精度	高さ精度: ±2~3mm以内	
	位置精度	横断方向位置精度±5mm	
	色識別性能	—	
	S/N比	—	
	分解能	高さ分解能: 1mm	
	計測精度	高さ精度: ±2~3mm以内	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	時速54km/h(縦断ピッチ1cm)/時速108km/h(縦断ピッチ2cm)	
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	距離精度: ±0.5%以内(延長1000mの測量に対して) 測位座標精度: 1m以内	

4. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>3Dカメラデータと統合データ(PPSと距離カウントおよび測位座標)の両者はPPSで同期しており、どちらも時間サンプリングデータです。この両者から、『1cmサンプリングプロファイル抽出ソフト』を起動し、1cm毎のプロファイルデータを作成します。続いて、『ビューアソフト』を起動し、前記作成されたデータを読み込むと縦軸が路面延長方向、横軸が縦断方向の高さデータを濃淡表示(高い:白、低い:黒)されたコンター画像が表示されます。このままの画像であると路面勾配の影響が生じるためシェーディング補正を行い路面勾配の影響を除去する処理を行います。その後、画像処理をつかった自動処理によりポットホールとその中心部の紐づけされた測位座標を抽出がされます。抽出された各ポットホールは、最大横寸法、最大縦寸法および測位座標などまとめてCSV形式で出力されます。</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>自社開発ソフト『1cmサンプリングプロファイル算出ソフト』 自社開発ソフト『ビューアソフト』</p>
	<p>検出可能な変状</p>	<p>ポットホール</p>
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ビューアソフトにより、高さデータを濃淡表示(高い:白、低い:黒)された画像が表示されます。そのため画像処理を使ったポットホール自動検出処理アルゴリズムは下記のとおりです。ポットホールは、穴ぼこであるので高さデータは低いので画像は黒く表示されます。そこで、ある閾値を設定することで閾値以下の濃度の画素が抽出されます。つづいて、画像膨張処理を行い連結し、収縮します。そしてラベリング処理を行い、ラベリングされた領域の面積が小さいもの、極端に大きいものを除去し、残った領域の重心およびフィレ径を求め重心画素に紐づけされた測位座標を検出するものとなっています。</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式: バイナリデータ ファイル容量: 1フレーム(15007*ロファイル)/1ファイルあたり=>3.75MByte 画像: 白黒画像 画素分解能: 縦断方向10mm/20mm × 横断方向2mm</p>
<p>出力ファイル形式</p>	<p>CSV形式</p>	

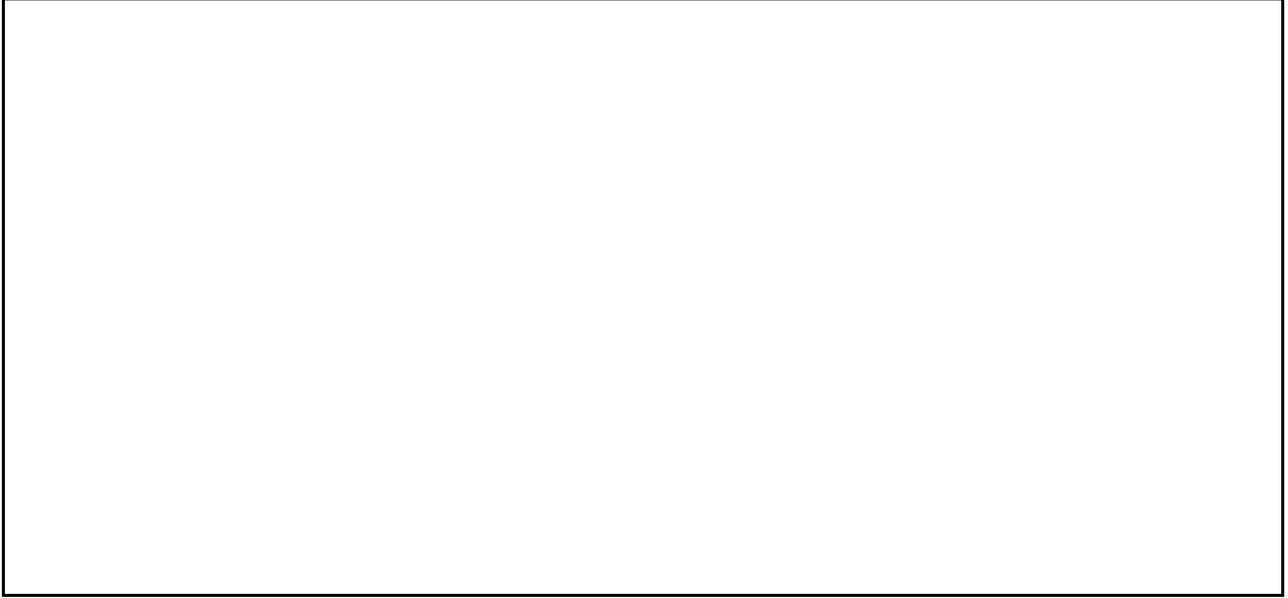
5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	幅員:3.5m以下
	周辺条件	暗渠部など:高さ2m以上
	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あるいは、本装置を分割して宅急便等で運搬し測定する車両に搭載
	気温条件	0~40°C
	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)	昼夜作業可能
	計測時の走行速度条件	0~50km/h(縦断ピッチ1cm)/0~100km/h(縦断ピッチ2cm)
	渋滞時の計測可否	計測可能
	可搬性(寸法・重量)	センサユニット:幅15cm×長44cm×高20cm 重量:約5kg
	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	自社開発ソフト『1cmサンプリングプロファイル算出ソフト』 自社開発ソフト『ビューアソフト』
	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		

6. 図面等



技術番号	PA020012-V0023										
技術名	車両搭載型路面横断プロファイラ					会社名	株式会社トノックス				
試験日	令和5年11月29日	天候	晴れ	昼夜	昼間	気温	9.8°C	風速	2.0m/s	路面状況	乾燥
試験場所	茨城県つくば市										
カタログ分類	道路巡視		検出項目	ポットホール				計測時 平均速度	30 km/h		

試験で確認する カタログ項目	ポットホール
-------------------	--------

対象箇所の概要

【試験場所】

- ・場所：国立研究開発法人 土木研究所内 舗装走行実験場
- ・舗装種（表層）：密粒度アスファルト舗装
- ・試験区間：870m（対象外のコンクリート舗装区間含む）
- ・測定時は、位置情報の補正のための基準点を2点設け、試験前に自由に補正等を行えるように配慮した。



※各試験者はカラーコーン内を車線に見立て走行



※人為的にポットホールを作成

【①点検】光切断法による路面横断プロファイルの高さデータを濃淡画像に変換し、高さデータの低い分布画像をポットホールとして画像処理により自動検出する。

【②データ取り込み】路面横断方向に照射されたライン状のレーザ光を斜め方向から撮影し得られた3Dカメラからのプロファイルデータと統合されたデータ（PPSデータ、車速パルスカウント値、測位座標）をBOX PCのHDDに記録する。

【③解析前処理】記録されたデータは、時間サンプリングであるので、『1cm毎サンプリングプロファイル抽出ソフト』を起動し、1cm毎のプロファイルデータに変換する。

【④データ解析】『画像ビューソフト』を起動し、解析前処理後のデータを読み込むと、高さデータが濃淡表示（高い：白 低い：黒）されたコンター画像が表示される。ポットホールは、穴ぼこであるので高さは低く黒い画像分布として表示される。ソフト上のポットホール自動検出ボタンを押下することにより、設定された閾値以下の黒い画素分布の画像が抽出され、膨張と収縮後、ラベリング処理され、小領域除去、重心算出、フィレ径算出を行い、各ポットホール毎に大きさ、測位座標等をまとめたCSVデータを自動で出力する。

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（トヨタ社製ハイエース）
- ・車両サイズ
 - 長さ：598cm
 - 幅：233cm
 - 高さ：274cm

上記は実働試験時に使用した車両であり、センサユニットを車両に取り付けることができれば車種は問わない。



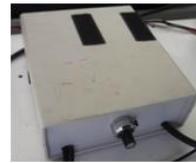
測定状況

3Dカメラ

レーザ照射装置



センサユニット内部



レーザ電源



コントローラ

【機器諸元】

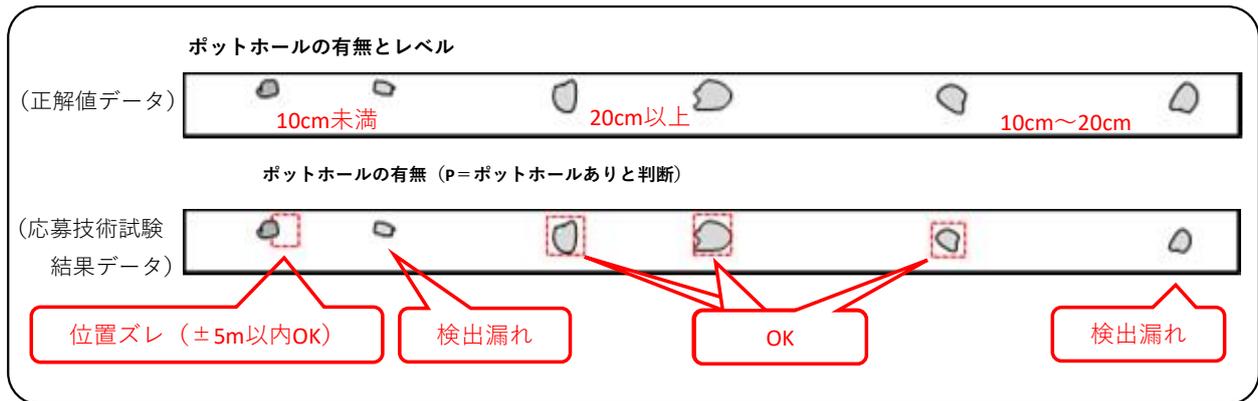
- ・センサユニット寸法、重量：幅15cm×長さ44cm×高さ20cm 重量：5kg
- ・センサボックス取付け高さ：センサユニット下面まで2m
- ・レーザ電源寸法、重量：幅15cm×長さ17cm×高さ6cm 重量：0.8kg
- ・コントローラ寸法、重量：幅18cm×長さ15cm×高さ7cm 重量：0.6kg
- ・BOX PC寸法、重量：幅26cm×長さ15cm×高さ7cm 重量：1kg
- ・入力電圧：車両バッテリーから12Vあるいは24V
- ・レーザクラス：クラス3B
- ・計測幅員：3.5m



BOX PC

【計測技術の精度の算出方法】

- ・実道試験区間（延長870m）において、人為的にポットホール（①10cm未満、②10～20cm、③20cm以上）をそれぞれ複数個作成し、各技術でポットホールの位置情報及び写真を測定する。
- ・GNSSにより得た正解値の位置情報（緯度経度）と各技術により測定したポットホールの写真及び位置情報（緯度経度）を比較し、5m以内の位置情報を示しているかどうかを判定した。



【ポットホールの評価】

※参考

①10cm未満

$$\text{検出率} = \frac{1}{2} = 50\%$$

評価
対象

②10cm～20cm

$$\text{検出率} = \frac{1}{2} = 50\%$$

③20cm以上

$$\text{検出率} = \frac{2}{2} = 100\%$$

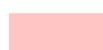
【計測技術の精度確認結果（令和5年度）】

ポットホール

①10cm未満 検出率(参考)	②10cm～20cm 検出率	③20cm以上 検出率
100%	100%	80%

※検出率：確実に損傷を発見できるか

【ポットホール 凡例】

 : 100%	 : 80%	 : 60%	 : 60%未満 精度未確認
--	---	---	--