

## 1. 基本事項

技術番号	TN010017-V0123		
技術名	軽車両搭載型トンネル点検支援システム(MIMM-S)		
技術バージョン	なし	作成:	2023年 3月
開発者	計測検査株式会社		
連絡先等	TEL: 093-642-8231	E-mail: kkeigyo@keisokukensa.co.jp	営業部
現有台数・基地	1台	基地	福岡県北九州市八幡西区
技術概要	動画撮影に特化したデジタルカメラ及び高精度レーザー計測システムを軽車両等に搭載し、トンネル覆工表面ひび割れや漏水等の変状とトンネル断面形状を計測する。計測結果により覆工壁面展開画像及び変状展開図を作成することで、チョーキングや変状位置を正確に把握することが出来る。また本計測装置は分解・組換が可能であることから、フィールドに応じて手押し式台車や軽便トロへの搭載も可能となっている。		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 内装板 吸音板 天井板 ケーブル類 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊	
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断	
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画	

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測装置は、撮影角度を手動で調整可能なパノラマ雲台、交換式レンズを備えた本体収録式デジタルカメラ、照明用のLEDからなる画像撮影部と、高精度レーザースキャナ・IMU・LDV等で構成される高精度レーザー計測部で構成される。装置一式は分解・組換が可能ことから、用途に応じて軽車両、台車、軽便トロ等に搭載することが可能となっている。また高精度レーザースキャナに関してはPentax S-2100(Z+F PROFILER 9012)を使用し、100万点/秒、回転数最大200回/秒の性能を備える。	
移動装置	移動原理	<p>【車両型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関を搭載した車両にて移動する。</li> <li>・車両に設置し、一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能。</li> </ul> <p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・台車等に設置し、人力で運用することも可能。</li> </ul>	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離構造</li> <li>【軽車両型】</li> <li>・最大外形寸法(長さ3.4m×幅1.5m×高さ1.8m)</li> <li>・最大重量(1.2t)</li> <li>【台車型】</li> <li>・最大外形寸法(長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.0m)</li> <li>・最大重量(50kg)</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>【軽車両型】</li> <li>・最大外形寸法(長さ1.9m×幅1.4m×高さ2.0m)</li> <li>・最大重量(350kg)</li> <li>【台車型】</li> <li>・最大外形寸法(長さ0.9m×幅0.9m×高さ2.0m)</li> <li>・最大重量(100kg)</li> </ul>	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源:内燃機関(車両搭載時)、人力(台車搭載時)</li> <li>・燃料:ディーゼル</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	移動装置としては連続稼働時間の制限は特になし	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離可能構造</li> <li>・車両後方に設置された計測システムは車両本体とラッシングベルトにより締結、分離時はラッシングベルトを取り外し分解作業を行う。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測システム(分離可能)</li> <li>・外形寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.5m</li> <li>・重量 0.1t</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>【デジタルカメラ】</li> <li>・センサーサイズ 4/3型Live MOSセンサー(17.2mm×13mm)</li> <li>・ピクセル数 3840×2160 (1920×1080にも対応可)</li> <li>・焦点距離 レンズ交換式により広角～望遠まで対応可能</li> <li>・シャッタースピード 1/500～1/10,000(走行速度により変動)</li> <li>・動画フレームレート 60 fps</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平(パン方向) 360度</li> <li>・鉛直(チルト方向) 使用雲台をパノラマ→自由雲台変換時にのみ±45度程度対応可能</li> </ul>
		角度記録・制御機構機能	・デジタル角度計を使用し、手動にて任意角度に調整可能
	測位機構	レーザー計測、IMU、オドメータ距離計	
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタルカメラ:防塵防滴機能あり ※レンズ交換式カメラのためIP規格外、LED照明:公式な防塵、防水等級なし</li> <li>・測位のためのレーザー計測装置:レーザースキャナー部 IP54</li> </ul>	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ計測装置 カメラ用バッテリーを使用する。</li> <li>・測位のためのレーザー計測装置 ポータブルバッテリーを使用する。</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ計測装置は、2時間程度(外気温:0～40℃)</li> <li>・測位のためのレーザースキャナーは、バッテリー給電であり連続稼働時間は2時間程度であるが、計測に合わせ断続的に計測するため、通常4時間程度の使用が可能。(外気温:0～40℃)</li> </ul>		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離可能構造</li> <li>・車両後方に設置された計測システムは車両本体とラッシングベルトにより締結、分離時はラッシングベルトを取り外し分解作業を行う。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測システム(分離可能)</li> <li>・外形寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.5m</li> <li>・重量 0.1t</li> </ul>	
	データ収集・記録機能	画像撮影部:カメラ本体の記録媒体(SDXC)に収録及び記録 レーザー計測部:計測装置内部に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・機器に搭載されたバッテリー及びポータブルバッテリーを使用	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—		

### 3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	【軽車両型】 ・幅2.5m 高さ2.5m 以上  【台車型】 ・幅2.0m 高さ2.0m 以上	・複数回走行が必要な場合がある。 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。
適用可能なトンネルの最大寸法	・幅、高さ6.0m以下	・カメラからの直線距離が1.5m～5.0m以内推奨 ・車線数に応じ複数回走行が必要 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	※【条件は下記の各性能も共通】 【天候】 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。 【路面状態】 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。 【レーザー計測】 IMUの初期静止及び終了静止が必要 【日照条件】 TN坑口に太陽光が差し込んだ場合、ハレーションによる精度低下の可能性あり
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	上記同様
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	上記同様 【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状長さ精度を向上
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	上記同様 【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状長さ精度を向上
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	上記同様

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	<p>【変状検出手順】</p> <p>①撮影した画像を部位ごとに合成する。(自動・調整は一部手動)</p> <p>②ひび割れ・漏水やはく落跡等の変状を、合成画像から抽出する。(手動)</p> <p>③ひび割れ幅は、ひび割れ幅自動分類ソフトを使用する。(自動)</p> <p>④最大ひび割れ幅に変換する。(自動)</p> <p>⑤変状展開図を作成し、DWG等のCADファイルへ出力する。(手動)</p> <p>【解析作業日数】</p> <p>以下の条件の場合の標準的な作業日数</p> <p>[トンネル条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・延長500m</li> <li>・ひび割れ密度0.3m/m<sup>2</sup></li> <li>・2車線断面</li> </ul> <p>[作業日数]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・画像合成 5～7日 ※覆工状況による</li> <li>・変状抽出 5～7日 ※覆工状況による</li> </ul>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・ひび割れ幅自動分類ソフトHALCON(ライブラリ使用での自社開発)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認出来るもの	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>・ひび割れ自動抽出ソフト(HALCON)により、コンクリート面とひび割れのピクセルの輝度値から、ひび割れを自動抽出し、ひび割れ幅を検出する。(ひび割れ以外は、手動検出)</p> <p>さらに現地でのひび割れ実測結果及び現地計測時の校正板写真等を参考にすることで精度を向上する。</p> <p>・撮影条件・仕様等</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ:デジタルカメラ(動画モード)</li> <li>2) 撮影設定:絞り優先設定</li> <li>3) ISO感度:ISO6400以下</li> <li>4) ラップ率:オーバーラップ 30%、サイドラップ 30%</li> <li>5) 画質:1.5mm/pix以上</li> <li>6) 画質フォーマット:JPEG、TIFF、PNG、BMPなど</li> </ol>
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>・ひび割れ幅:HALCONによりピクセルの輝度値から、ひび割れ幅を検出する(1.0mm/pixの分解能であるが、輝度使用により0.3mm程度以上のひび割れ幅の検出が可能)</p> <p>・ひび割れの検出レイヤ:(0.3mm未満, 0.3～0.5, 0.5～1.0, 1.0～2.0, 2.0～3.0, 3.0以上を基本としたレイヤカスタマイズ可能)</p> <p>・ひび割れ長さ:ひび割れをポリラインに変換し、長さを確認する。ひび割れ位置、長さはレーザによる位置座標から算出している。</p>
		ひびわれ以外	<p>【漏水、遊離石灰、はく落跡、鉄筋露出、ジャンカ、コールドジョイント、照明、JFなど】</p> <p>・画像から手動にて抽出する。うきについては、近接目視、打音検査の結果及びチョーキングを参考にする。</p>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	<p>検出した変状の描画方法(ポリライン、ポリゴン、点群データ等)を記載する。(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れ:ポリライン</li> <li>・ひび割れ以外:ポリゴン</li> </ul>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG、TIFF、PNG、BMPなど
		ファイル容量	50MB～200MB程度/1スパン
		カラー／白黒画像	カラー
画素分解能		ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1.5mm/Pixel以下であることが必要	
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする(見上げも可)</li> <li>・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする</li> <li>・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難</li> </ul>	
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式の場合】</p> <p>JPEG/DWG等</p> <p>【クラウドサービス提供の有無】</p> <p>無し</p>		
調書作成支援の手順	<p>①MIMM,MIMM-Sにてトンネルを撮影し、画像データを取得する。</p> <p>②取得した画像データから、撮影展開画像を作成する。</p> <p>③作成した撮影展開画像にて、変状展開図の作成を行う。</p> <p>④変状展開図と撮影展開画像の情報をリンクし、撮影展開画像から変状部分の画像を切り取り、変状写真を作成する。</p> <p>⑤変状展開図より、各変状の調書入力可能箇所を変状リストに出力する。</p> <p>⑥調書に変状写真・変状リストを自動で貼り付けて出力する。</p> <p>※【R3年度申請中】MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」</p>		

調書作成支援の適用条件	・MIMM、MIMM-Sでトンネル撮影計測すること(レーザー計測は任意)。 ・MIMM、MIMM-Sがトンネル内を走行できる状態にあること。 ・被写体に対して正対して撮影すること。 ・調書が最新の国交省仕様(yobo6_2)であること。 ※[R3年度申請中]MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・「MIMM台帳 Ver1.00」(自社開発ソフト) ※[R3年度申請中]MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・特になし ・測位に使用するレーザーはクラス1であり、人体に影響はない。	—
	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	—	—
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬	—
	トンネル延長の制約	・特になし	—
	車線数の制約	・特になし	—
	断面形状の制約	・断面形状変化区間は別途調整後、再計測が必要な場合あり	—
	その他	【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】 ・すすが固着して非透過の場合は撮影不能 ・汚れ及びすす等により変状が見えない場合、変状検出精度が低下する。	【作業条件・運用条件】 ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。 ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
調査技術者の技量	社内基準	—	
必要構成人員数	車両運転者1名 作業オペレータ1~2名	—	
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習必要	—	
操作場所	・準備用の作業場所が必要(10m×10m程度) ・走行前に車両外にて操作を行う。	—	
計測作業日数	・トンネル(500m)1本計測:1日 ・トンネル(500m)10本計測:2~3日 ※特記事項参照	【トンネル条件】 ・ひび割れ密度0.3m/m2 ・延長500mトンネル往復計測 ・2車線断面、歩道なし、附属物なし 【算定条件】 ・変状はひび割れ・遊離石灰・漏水・うき・はく離とする ・附属物の背面等の不可視部は対象外 ・近接目視点検、打音検査は含めない 【その他】  ・対象トンネル間の位置関係、断面形状によって作業日数は変動する。 ・同一路線及び同一形状であれば連続的に計測を行うことが可能。	
点検費用	現場計測費用 ・現地までの燃料費、交通費(高速道路、フェリー等) ・車両損料 250,000円/日 ・計測費 100,000円/日+機器レンタル費用 ・解析費 1,100,000円/km  ※日数については上記計測作業日数を参照	上記と同様  【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力による点検前のスクリーニング ・スケッチ作業の代替 ・人力による近接目視点検の代替	
作業条件・運用条件	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業は可)	—
	計測時の走行速度条件	・40km/h程度以下	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・5m程度以内	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	—
	可搬性(寸法・重量)	下記容量へ複数分離し可搬可能 ・寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.0m × 複数個 ・重量15kg × 複数個	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託にて対応	—
	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:自社開発ソフト ・必要作業:担当者による解析作業 ・上記計測費に含む	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	—
センシングデバイスの点検	・日常点検 ・毎年定期調整を実施	—	
その他	【特許状況】 ・特になし 【気象条件】 ・1mm/h以上の降雨時の計測は不可 【作業条件】 ・特になし	—	

## 7. 図面

### MIMM-S特徴

**分解・組換可能**

**デジタルカメラ/  
高精度レーザーセンサー+IMU搭載**

**手押台車型**

**小型・軽量**

**軽車両搭載型**

**画像撮影部**  
デジタルカメラ、LED照明

**レーザー計測部**  
高精度レーザー、IMU、LDV

### 状況写真

**出力データの例**

**撮影展開画像**

**変状展開図**