1. 基本事項

技術番号		TN010015−V0122				
技術名		モービルインスペクションシステムGT−8K				
技術バージョン		GT-8K			作成：	2021年10月
開発者		朝日航洋株式会社				
連絡先等		TEL：	049-244-4155	E-mail：	yuuya-yamaguchi@aeroasahi.co.jp	モビリティ空間技術部MMS技術グループ 山口　裕哉
現有台数・基地		1		基地	埼玉県川越市南台3丁目14番地4	
技術概要		高精細画像を連続的かつ面的に取得する8Kエリアセンサカメラ、および、高精度レーザ測距装置を車両に搭載し、通常走行でトンネル覆工面や道路周辺等を計測を行う技術（NETIS KT-220211-A）である。 取得した高精細カメラ画像と、3次元レーザ点群データからトンネル覆工面の展開画像を作成し、変状を検出することで、近接目視点検や打音検査を支援するデータ資料を作成する。				
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 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 排水施設 路肩及び路面				
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 鋼材腐食 巻厚の不足または減少 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 緩み 脱落 亀裂 腐食 欠損				
	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			画像撮影部（8Kエリアセンサカメラ・照明）と、レーザ計測部（高精度レーザ測距装置・GNSS/IMU）を移動車両と一体化させたもの
移動装置	移動原理		【車両型】 ・内部機関を搭載した車両にて移動する ・交通規制を行うことなく計測可能
	外形寸法・重量		【一体構造（移動装置＋計測装置）】 ・長さ：5.33m ・幅：1.95m ・高さ：2.7m ・車両総重量：3,005kg
	搭載可能容量(分離構造の場合)		—
	動力		・動力源：内燃機関 ・燃料：ディーゼル ・定格出力：0.18kW
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		—
計測装置	設置方法		移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	センシングデバイス	カメラ	【8Kエリアセンサカメラ】 ・センササイズ：スーパー35mm相当　単板CMOSイメージセンサ　24.546mm×13.824mm ・ピクセル数：7,680×4,320（33,177,600画素） ・焦点距離：使用レンズによる ・シャッタースピード：1/24～1/10,000 ・フレームレート：最大120fps
		パン・チルト機構	・水平：360° ・鉛直±60°
		角度記録・制御機構 機能	【可動式】 任意角度に設定可能
		測位機構	GNSS/IMU、オドメータ、レーザ計測
	耐久性		・画像撮影部：IP24（照明、8Kエリアセンサカメラには公式な防塵、防水等級なし） ・レーザ計測部：IP54（高精度レーザ測距装置）
	動力		計測車両に搭載している発電機とUPSより給電
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		5時間程度（車両に搭載している発電機の定格負荷時・外気温：0℃～40℃）
データ収集・通信装置	設置方法		移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	データ収集・記録機能		レーザ計測部：計測装置内部に保存 画像撮影部：車載しているデータ収録PCに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		レーザ計測部：計測装置内部に保存 画像撮影部：通信方法…有線、通信規格…SDI12G×4本
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)		専用記録装置から直接HDDへ保存 HDDはボリューム全体を暗号化
	動力		発電機とUPSから給電
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		5時間程度（車両に搭載している発電機の定格負荷時・外気温：0℃～40℃）

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	計測車両（長さ：5.33m、幅：1.95m、高さ：2.7m）が通過できるトンネル	・車線数に応じ複数回の走行が必要 ・道路付帯物が車両の走行に影響がないことを確認する必要あり ・トンネル断面形状が大きく変動する場合には、別途計測が必要 ・要求精度に合わせた車両速度にて計測する必要あり
適用可能なトンネルの最大寸法	車両から覆工表面まで10m程度以下	上記同様

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	
		【性能値】 65km/h未満 【標準試験値】 65km/h未満		【天候】 ・荒天対応不可、雨天時は現場判断 【トンネル内状態】 ・路面凍結・積雪対応不可 ・トンネル覆工面の凍結、過剰な漏水対応不可 ・走行経路が悪路（不陸が激しい等）などで、車両走行（ハンドル操作）が困難な場合、計測機器の測定値に影響が及ぶ可能性がある ・トンネル覆工面の形状が大きく変動する場合には、適切なレンズの選定・付け替えなどの作業が必要 【GNSS測位】 ・GNSS測位（計測開始・終了時）必須 【日照条件】 ・坑口付近等における日光により、画像の城飛び等が発生した場合、変状検出率が低下する
	計測精度	性能確認シートの有無　※	有	
		【性能値】 最小ひび割れ幅※：0.2mm、計測精度：未検証 （ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様） ※最小ひび割れ幅とは、技術で見ることができるひび割れの最小幅 【標準試験値】 標準試験方法（2019） 実施年　2021年 最小ひび割れ幅※：0.1mm　計測精度：0.297mm （ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様） ※最小ひび割れ幅とは、技術で見ることができるひび割れの最小幅		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	
		【性能値】 縦断方向：未検証 走行方向：未検証 【標準試験値】 標準試験方法（2019） 実施年　2021年 縦断方向：0.39% ※1 走行方向：0.09% ※2 ※1：確認シート「長さ計測精度」ｽﾊﾟﾝ05～06、12～13、21～22のL(A-B)、L(C-D)の「誤差率」平均値 ※2：確認シート「長さ計測精度」ｽﾊﾟﾝ05～06、12～13、21～22のL(A-C)、L(B-D)の「誤差率」平均値		上記同様
	位置精度	性能確認シートの有無　※	有	
		【性能値】 縦断方向：未検証 走行方向：未検証 【標準試験値】 標準試験方法（2019） 実施年　2021年 縦断方向：0.025mm ※1 走行方向：0.002mm ※2 ※1：確認シート「位置精度」ｽﾊﾟﾝ05～06、12～13、21～22のH(A)、H(B)、H(C)、H(D)の「誤差率」平均値 ※2：確認シート「長さ計測精度」ｽﾊﾟﾝ05～06、12～13、21～22のW(A)、W(B)、W(C)、W(D)の「誤差率」平均値		上記同様
	色識別性能	性能確認シートの有無　※	有	
		【性能値】 フルカラー識別可能 グレースケール識別可能 【標準試験値】 標準試験方法（2019） 実施年　2021年 フルカラー識別可能 グレースケール識別可能		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		自社開発ソフトウェアを組み込んだ解析用PCにて、以下の処理を行う。 ①　3次元点群データから覆工面の形状を考慮し、撮影した画像をつなぎ合わせる。（自動） ②　8K画像の色や形状と、3次元点群情報から各変状を抽出する。（自動） ③　抽出した変状をベクトルデータに変換する。（自動） ④　ベクトルデータを目視にて編集する。（手動） 【トンネル条件】 ・延長500mトンネル ・2車線断面、歩道なし、附属物なし 【作業日数】 ・1次解析　約1日 ・画像合成　約4.5日 ・変状抽出　約6.5日 【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対象外	
ソフトウェア情報	ソフトウエア名	モービルインスペクションシステムGT-8K　オリジナルソフトウェア	
	検出可能な変状	ひび割れ、遊離石灰、漏水、うき・はく離、附属物	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	8K画像の色や形状からひび割れ候補箇所を抽出する。 さらに、検出された候補箇所を目視により編集することで精度を向上する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	任意の画素分解能に変換した投影画像から、検出したひび割れの画素数×画素分解能により、幅、長さを計測する。
		ひびわれ以外	8K画像、3次元点群データの情報から、遊離石灰・漏水、うき・剥離、附属物を抽出する。 さらに、目視検出により検出精度を向上する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ー
		変状の描画方法	ラスタ、ベクトルデータ
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	TIFF、JPEG
		ファイル容量	1スパン（10mを想定）当たり約10GB※ ※画素分解能：0.1mm、カメラ台数計：6台時（片道3台×往復）
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	ひび割れ幅0.1mmを検出するには1mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・日光の影響を受ける可能性のある坑口付近等は、場合によって変状検出率が低下する ・画像がぼやけている等、変状が明瞭ではない場合、変状検出率が低下する
	出力ファイル形式	TIFF、JPEG、SHP、DXF	
調書作成支援の手順		車載のカメラ収録PC上で下記の操作を行う。 ①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②点検調書の様式を自動作成し、覆工スパン番号、変状部位等を手動入力する。 ③変状位置に該当する画像を抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けると共に、変状の種類、状況を記載する。 ④入力したデータを調書として保存する。	
調書作成支援の適用条件		・画像の解像度は0.3mm/Pixel以下となるように撮影する ・ひび割れの計測精度が「4. 計測性能ー計測精度」と同等となるように撮影	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウエア名		・使用する機器：カメラ収録用PC ・自社開発ソフトウェア ・クラウドサービス提供の有無：無	

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	レーザはクラス1のものを使用しており、人体に影響はない。
	無線等使用における混線等対策	特になし	−
	交通規制の要否	不要	交通規制は必要ないが、覆工表面に照明を当てながら計測するため、歩行者がいない状態での計測が望ましい。 また、計測途中に歩行者が通る場合は、車内の計測制御装置により照明装置のON／OFFを切り替え、影響が及ばないよう操作する。
	交通規制の範囲	不要	−
	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	断面寸法変化のある区画では再計測が必要になる場合がある（非常駐車帯等により）	−
	その他	・カメラやレーザによる計測が不可能な箇所（照明設備やジェットファンの背面等）は点検対象外 ・計測、解析日数・金額はトンネルの状態（断面寸法の変化の有り無し等）や車線数等により変動する ・汚れや、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。	−

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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	社内基準	・社内におけるOJTを実施する
	必要構成人員数	車両運転者1名 作業オペレータ1名	−
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内講習5日以上	−
	操作場所	トンネルの近場にGNSS衛星が十分に受信できるエリアが必要 車両内	−
	計測作業日数	■トンネル1本計測：2日 ■トンネル10本計測：6日	【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】 ・トンネル断面が大きく変動する、比較的類似しているトンネルを連続して撮影する等の状況により、計測・解析日数が変動する ・トンネルは関東周辺を想定。長距離移動を伴う場合、移動費（車両費、人件費、船舶による郵送費約20万等）を追加
	点検費用	■トンネル1本点検 ・外業：520,000円 ・内業：780,000円 ・直接経費：350,000円 ・総計：1,650,000円 ■トンネル10本点検 ・外業：3,250,000円 ・内業：10,000,000円 ・直接経費：4,500,000円 ・総計：17,750,000円	上記と同様
	保険の有無、保障範囲、費用	加入済み 保障範囲：対人、対物、車両、計測機器	−
	時間帯(夜間作業の可否)	特になし	−
	計測時の走行速度条件	80km/h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	車両から覆工表面まで2m～10m程度	−
	トンネル内照明の消灯の必要性	必要なし	−
	可搬性(寸法・重量)	自走	−
	自動制御の有無	無	−
	利用形態：リース等の入手性	すべて自社機材 点検サービス、業務請負	−
	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：自社開発ソフトを使用 ・必要作業：担当者による解析作業	−
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有（各センサメーカーによる原状復帰サポート）	−
	センシングデバイスの点検	日常点検、1年に一回のセンサメーカー点検	−
	その他	・トンネル入り口付近がGNSS衛星不感地帯となっている場合は計測困難 ・特許状況：取得中 ・気象条件：強雨、応接時の計測は不可	−

7. 図面

■画像撮影部
8Kカメラ
（7,680px×4,320px）
照明
(LED Flicker free)
■レーザ計測部
GNSSアンテナ
（※その他車両前方に1台）
高精度レーザスキャナ
（100万点/秒）
IMU
（※ユニット内部）
■車内
・レーザスキャナ計測部操作PC
・8Kカメラ収録・操作PC
・8Kカメラ操作端末
・照明操作端末