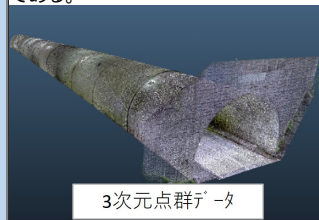


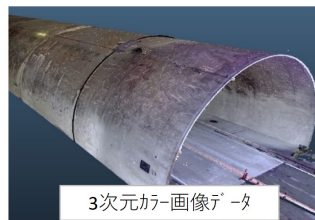
1. 基本事項

技術番号	TN010028-V0023		
技術名	トンネル覆工展開図自動作成システム		
技術バージョン	1	作成:	2023年 3月
開発者	株式会社 伸浩技建		
連絡先等	TEL: 088-855-7029	E-mail: n.komatsu@shinkougiken.jp	調査部
現有台数・基地	1	基地	高知県高知市南ノ丸町15番地2

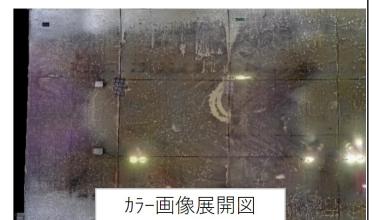
本技術は、3次元レーザースキャナで点検後の覆工コンクリートを撮影し、カラー画像データ等を取得。このデータから変状展開図を自動作成し、現場でのスケッチ作業を代替できるシステムである。
 2車線道路トンネルの場合、2スパン(約20m)を約6~8分で計測し、3次元の点群データと8000万画素のカラー画像が取得可能である。



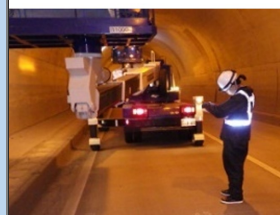
3次元点群データ



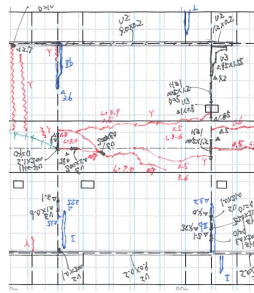
3次元カラー画像データ



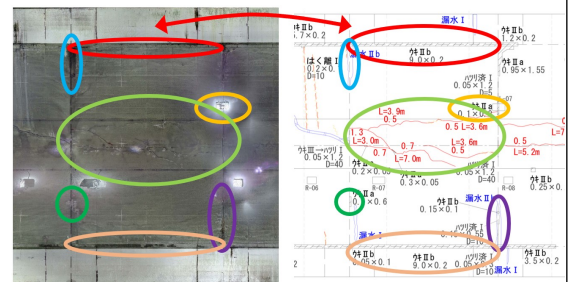
カラー画像展開図



(従来) スケッチ状況

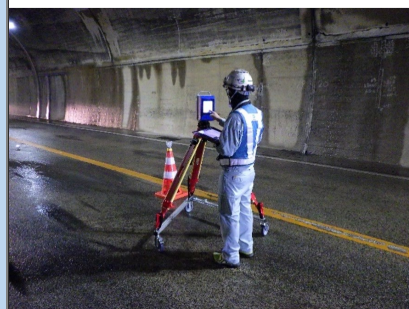


(従来) 手書きスケッチ



カラー画像展開図と自動作成展開図の精度対比

技術概要



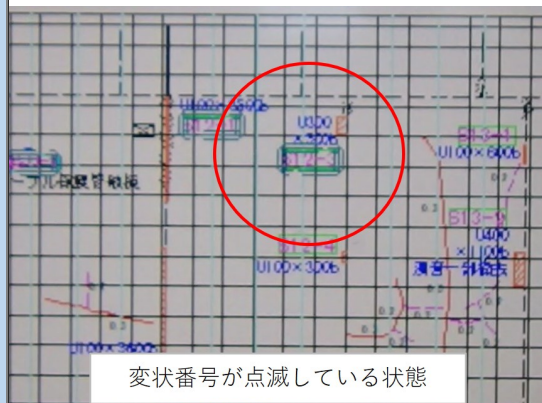
撮影状況



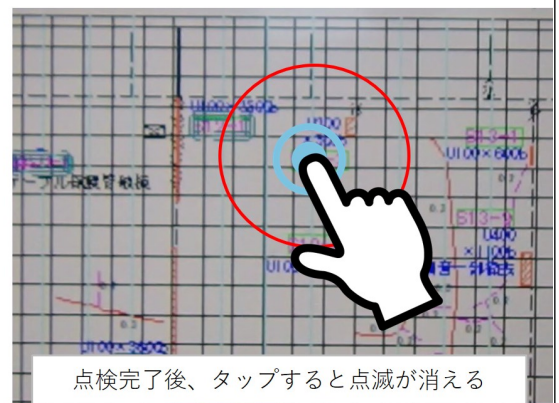
撮影状況



3次元レーザースキャナセッティング状況



変状番号が点滅している状態



点検完了後、タップすると点滅が消える

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

技術区分	対象部位	内装板 吸音板 天井板 坑門 その他(ボックスカルバート/シェッド)
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離 変形 欠損 その他(漏水/豆板)
	物理原理	技術が採用する 画像 その他(赤外線レーザー)

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本技術に使用する計測機器は、移動を容易に行うため、台車に三脚をセットした状態で使用する。三脚に本計測機器を固定した状態で徒歩で移動させ、計測位置ではキャスターをロックした状態でレベルを取って計測を行う、軽量かつコンパクトな構成である。</p> <p>操作は本体および、タブレット端末で行い、タブレットでは、20m程度の遠隔での操作も可能である。</p> <p>計測結果は本体内部ストレージおよび、本体内蔵のWi-Fiでタブレットに記録され、即時に合成処理・カラー化、ノイズ処理が可能である。</p>		
		  		
移動装置	移動原理	オペレーターが計測装置を持ち運び、装置を設置後、情報取得範囲を重複させるように移動して計測するもの		
	外形寸法・重量	移動装置なし(人力)		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	移動装置なし(人力)		
	動力	移動装置なし(人力)		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	移動装置なし(人力)		
計測装置	設置方法	計測機器は、台車にセットした三脚上に固定し、トンネル坑内に設置する		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	外形寸法(幅1100mm×奥行き1100mm×高さ1560~2200mm)、総重量 約23kg ・計測機器本体：外形寸法(幅328mm×奥行き150mm×高さ258mm)、重量(7.5kg(バッテリー含む)) ・三脚：最大外形寸法(幅1100mm×奥行き1100mm×高さ1100~1730mm)、重量(8.6kg) ・台車：最大外形寸法(幅1100mm×奥行き1100mm×高さ200mm)、重量(6.8kg)		
	センシングデバイス	カメラ	2軸回転型レーザースキャナ(赤外線レーザー) ・照射時の角度情報と反射光の距離計測情報で3次元点群データを構成する ・HDRカメラにより高解像度のカラー情報を取得し、3次元点群データにRGB情報を付加しリアルなカラー化点群を構成する	
		パン・チルト機構	・パン:360° ・チルト:320°	
		角度記録・制御機構機能	・垂直及び水平回転軸をモーターとロータリーエンコーダーによる回転駆動 2軸 ・傾斜補正:解像度: 0.001°計測精度: +/- 0.5° 精度: < 0.004° ダイナミック補正 on/off 選択可能	
		測位機構	GPS、コンパス、ジャイロスコップ、気圧計、加速度センサ	
	耐久性	IP54(埃および水撥ねからの保護)		
動力	計測機器取付けバッテリー(リチウムイオン二次電池・交換可)			
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約5時間(外気温:-10~45℃、湿度:結露がないこと)			
データ収集・通信装置	設置方法	計測機器に内蔵		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	(計測機器に含む)		
	データ収集・記録機能	内部128GB SATA、128GBのSDカード		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	Wi-Fi(802.11 a/n/g standaed、デュアルバンド、最大伝送速度 240Mbits/s)、Ethernet		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	IEEE 802.11a/n/g 規格		
	動力	計測機器取付けバッテリー(リチウムイオン二次電池・交換可)		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	最大伝送速度 240Mbits/s		

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	トンネル幅0.6m×高さ0.5m 覆工との計測装置との距離が0.3mまで計測可能	狭小なトンネルほど、計測回数が増加する
適用可能なトンネルの最大寸法	計測機器と覆工との距離が100m以上となる場合は不可	・最大寸法を越える場合は、点群密度が低下する ・坑内粉塵等によるノイズの影響が大きくなる

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 ※	無	
		【性能値】 公表無し 【標準試験値】 ・トンネル延長20mあたり約6分		標準的な道路トンネル(幅員10m、高さ7m程度)の場合
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 公表無し 【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 白、黄、ピンクの幅5mm、10mmのマーキングを用いた結果、全て確認可能		—
	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】 1mm+10ppm/m 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 ・マーカージ間距離を計測した場合の計測誤差 延長方向:0.09%(4側線の平均) 周方向:0.14%(4側線の平均)		—
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 公表無し 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 延長方向:0.002m(8側線の平均) 周方向:0.003m(8側線の平均)		—
	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 【標準試験値】 ・フルカラー識別可能		—

※「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>①トンネル覆工面の点検を行い、ひび割れ、漏水、うき等の変状箇所にチョークによるマーキングを行う。</p> <p>②本計測器で点検後の覆工を撮影し、点群データ(RGB/反射強度付き)および画像データ(8000万画素)を取得する。</p> <p>③展開画像作成ソフトウェアにて、撮影した点群データを「展開画像化」し、点群の隙間などがある場合には自動補完を行う。</p> <p>④展開画像作成ソフトウェアにて「チョークによるマーキングの自動検出・CAD描画機能」を使用し、展開画像のCADデータ化を行う。</p> <p>⑤次回点検時、当システムで作成した変状展開図を活用し、タブレットPCに表示したCADデータで変状箇所を点滅させる。</p>	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	3次元データ 展開画像化/チョークによるマーキング自動CAD化 ソフトウェア	
	検出可能な変状	チョークによるマーキングを行った変状	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> ・点検時にチョークによるマーキングされたひび割れを、展開画像からRGBやIntensity(反射強度)をもとに自動検出 ・検出された点をもとにCAD線に自動変換
		ひび割れ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅:チョークによるマーキングを読み取り図面化する(手動) ・長さ:AutoCADソフトウェアにて、自動描画されたCADデータを計測する(手動)
		ひび割れ以外	<ul style="list-style-type: none"> 【うき・はく離、漏水、豆板、変形、欠損 等】 展開画像のチョークによるマーキングにより、変状箇所を目視で検出(手動)
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	チョークによるマーキング抽出の設定値により変動(検証中)
		変状の描画方法	チョークによるマーキング・ポリライン/線分
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	OBJ/PLY/STL/E57/LAS/ZFS/FLS/RSP/CL3/XYZ
		ファイル容量	約5GB(点群データ・テクスチャモデル)
		カラー/白黒画像	カラー(RGB)/グレースケール/ミラー(凹凸陰影表示)/距離での段階色彩
画素分解能		1mm以上	
その他留意事項		<ul style="list-style-type: none"> ・チョークの色を統一する ・3次元レーザースキャナの撮影明度を一定にする ・変状の検出精度は検証中 	
出力ファイル形式	DXF/PTC/TIFF/JPG/BMP/PNG/TFW		
調書作成支援の手順		<p>①展開画像作成ソフトウェアにて「チョークによるマーキングの自動検出・CAD描画機能」を使用し、展開画像のCADデータ化を行う。</p> <p>②展開画像と自動抽出されたCADデータを、AutoCADソフトウェアに出力する。</p> <p>③AutoCADソフトウェアにて、ひび割れの幅や長さ、ひび割れ以外の変状のマークを追記する。</p> <p>④点検調書の様式に従い、覆工スパン番号等を入力する。</p>	
調書作成支援の適用条件		—	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		<p>《市販ソフトウェア》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・LupoScan Pro 2022.1 ・AutoCAD 2014~2021 ・Pythagoras SV. version <p>《クラウドサービス》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・提供無し 	

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	なし	レーザー製品の安全性クラス:クラス1 本計測器は、ISO DIN EN 60825-1およびIEC 60825-1:「レーザー機器の安全性(Sicherheit von Laser-Einrichtungen)」に従い、クラス1に区分されたレーザー製品である。 このレーザーは、不可視光線なので、道路利用者(走行車両、歩行者、自転車等)の妨げにはならない。
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	要	点検作業(道路交通規制を伴う)と並行して計測可能
	交通規制の範囲	片側交互通行規制 全面通行止め	—
	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	なし	【参考】バッテリー駆動時間2.5時間(1個あたり)
	車線数の制約	なし	適用可能なトンネルの最大寸法(計測機器から覆工の離隔が100m)を越えないこと
	断面形状の制約	・トンネル内空幅0.6m未満または内空高さ0.5m未満は計測不可 ・本計測装置から覆工面までの隔離が100m以上となる断面形状の箇所では、計測不可	—
その他	・苔、煤、汚れ等がある場合でも計測可能 ・計測範囲内に車両等の障害物がある場合は、計測範囲外に移動が必要	汚れ等を遊離石灰として誤検出する可能性がある	

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)
調査技術者の技量	現場計測時の機器設置および操作が行えること	事前に設置および操作手順の習得が必要
必要構成人員数	・3次元レーザースキャナ計測オペレーター: 1名 ・計測補助員: 1名	最小遂行人数: 1名
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	なし	—
操作場所	・トンネル(坑口、坑内) ・カルバート ・シェッド	・作業ヤードの設置不要 ・交通規制中の範囲内のみでの計測
計測作業日数	作業日数 現場計測作業日数: 2日 (解析作業日数: 2日 変状が多いトンネルは別途必要)	【トンネル条件】 ・トンネル延長: 1,000m ・点検対象面積: 20,000㎡ ・施工条件: 一般道の道路トンネル 【計測条件】 ・点検作業に随行し、上り線・下り線ともに点検が完了した状態で計測を行う ・変状箇所はチョークによるマーキングを行うこと
点検費用	【現地計測(外業)】220,000円 【解析等(内業)】150,000円	・現地計測、画像解析費、変状展開図作成の直接人件費のみの金額 ・解析ソフトウェア使用料、点検支援ソフトウェア使用料、機械損料、旅費交通費は含まない 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・スケッチ作業の代替により、人為的ミスの懸念がなくなる。ペーパーレス化が可能になる。
保険の有無、保障範囲、費用	加入済み(保証範囲: 機器損壊)	—
時間帯(夜間作業の可否)	なし(昼夜不問で作業可能)	—
計測時の走行速度条件	—	—
渋滞時の計測可否	計測可能	通行車線を走行する車両が写り、計測精度は低下する
設備等による死角条件	照明、ジェットファン等の附属物の背面は計測不可	—
車両から覆工表面までの距離条件	—	—
トンネル内照明の消灯の必要性	消灯の必要なし	—
可搬性(寸法・重量)	装置寸法(計測および坑内移動可能な状態) ・最大外形寸法(長さ1100mm×幅1100mm×高さ2200mm) ・最大重量(約23kg)	—
自動制御の有無	—	—
利用形態: リース等の入手性	自社機材	—
関係機関への手続きの必要性	道路交通規制を要する場合は、トンネル管理者及び警察との協議が必要	—
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト: 自社開発ソフトウェア ・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	あり	—
センシングデバイスの点検	・計測直前に、レーザー出射窓およびカメラ表面ガラスの汚れやくもりの有無を確認 ・年1回の校正が望ましい	—
その他	・気象条件: なし ・作業条件: なし ・作業条件: 計測装置本体が結露しないこと、計測対象が濡れていないこと	降雨等でも作業可能 (坑口付近では、吹き込む雨が写りこみ、ノイズになることがある)

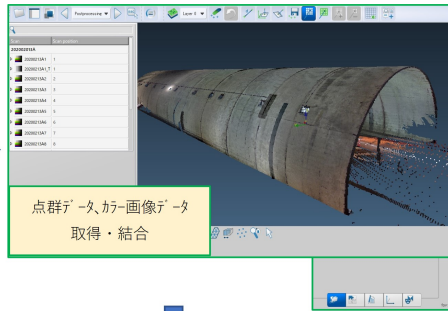
作業条件・運用条件

7. 図面

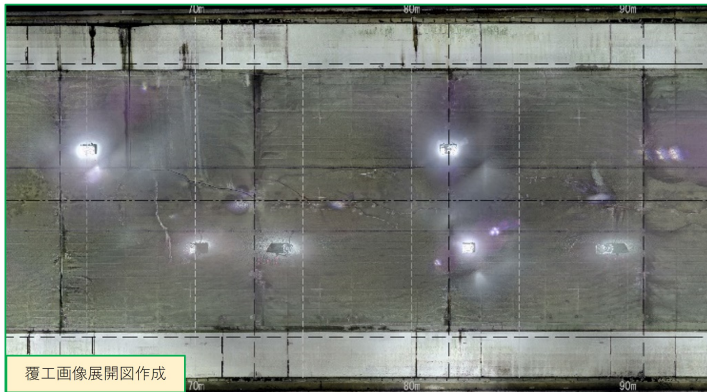
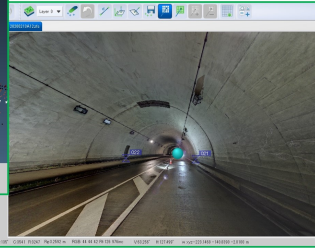
計測から調書作成までの流れ



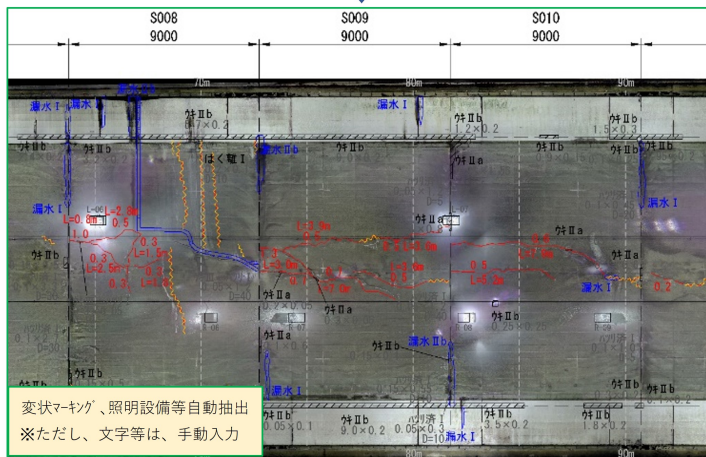
計測状況



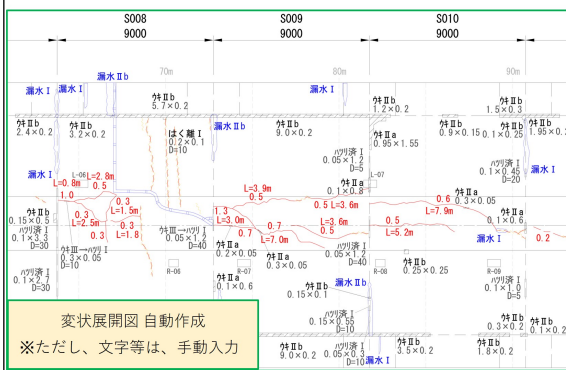
点群データ、カメラ画像データ
取得・結合



覆工画像展開図作成



変状マーク、照明設備等自動抽出
※ただし、文字等は、手動入力



変状展開図 自動作成
※ただし、文字等は、手動入力

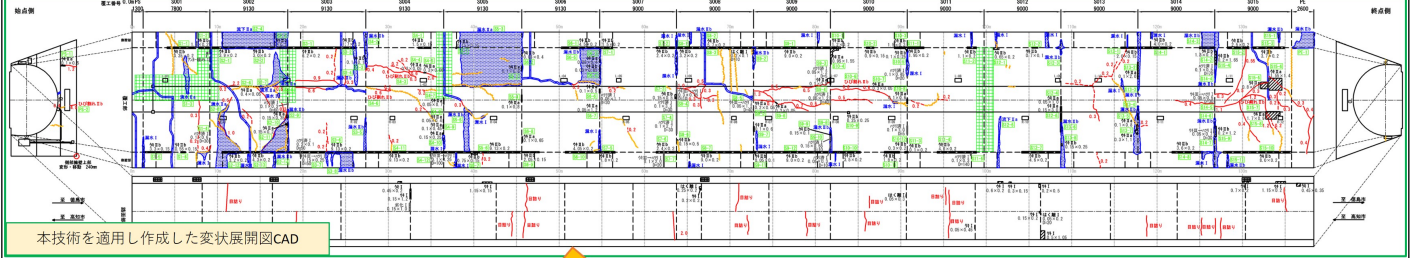
フリガナ	トンネル	路線名	定期点検番号	変状検出番号	変状検出年月
〇〇〇〇トンネル	〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇〇〇〇
名 称	〇〇〇〇トンネル	路線番号	〇〇〇〇〇番号	定期点検番号	〇〇〇〇〇

トンネル全体変状展開図

成果品に貼付

注1: 本図は、各トンネルごとに作成すること。
 注2: 変状検出番号は、変状検出図(変状検出図)の番号に上乗せして、
 変状検出図の図番に付すこと。
 注3: 検出日付は、変状検出図(変状検出図)の番号に付すこと。
 注4: 1箇所の変状は、複数箇所に分けて検出すること。

点検支援ソフトウェア



本技術を適用し作成した変状展開図CAD



次回点検時、タブレットPCの点検支援ソフトウェアでCAD表示

タブレットPCスペック

【仕様】

OS : Windows 11 Home
 CPU : 第 11 世代 Intel(R) Core(TM) i5 - 1135G7
 メインメモリ : 8GB
 グラフィック : Intel(R) Iris(R) Xe グラフィックス
 ストレージ容量 : 128GB
 ディスプレイサイズ : 12.3 インチ PixelSense(TM) Display
 ディスプレイ解像度 : 2736×1824(267PPI)
 バッテリー持続時間 : 最大約15時間(※1)急速充電対応(約1時間で80%)
 無線LAN : Wi-Fi 6 802.11a/b/g/n/ac/ax
 Bluetooth : Bluetooth 5.0

外部接続端子

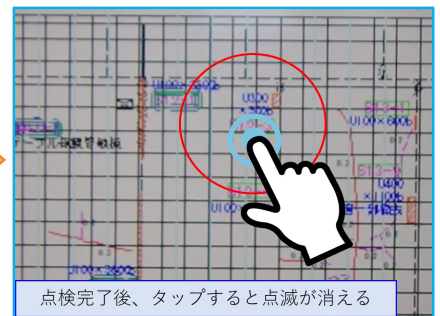
- ・USB - C(R)
- ・フルサイズ USB - A
- ・microSDXC(TM) カード スロット
- ・3.5mm ヘッドセット ジャック
- ・SurfaceConnect(TM) (充電、Surface ドック用端子)
- ・Surface Dial のオフスクリーン操作に対応(※2)
- 生体認証 : Windows Hello (顔認証)
- 前面カメラ画素数 : 5メガピクセル, 1080p対応
- オーディオ
 - ・Dual far-field スタジオマイク内蔵
 - ・Dolby Atmos(R) 搭載 1.6W ステレオスピーカー(※3)
- 製品サイズ : 292×201×8.5mm
- 製品重量 : 770g



点検状況



変状番号が点滅している状態



点検完了後、タップすると点滅が消える