

高精度レーザーキャナーを搭載したMMSによる 舗装計測について

サイテックジャパン株式会社
市場開拓G
大橋 徹也



MMSとは？

車載に搭載したレーザスキャナーがレーザー光を全周に照射しスキャンする。
車が移動しながら連続的に照射することで、広範囲の点群データを短時間で計測することができる。

<搭載しているセンサー類とその役割>

- ①GNSS/IMU（GNSS慣性装置）・・・車体の位置や姿勢を高速に算出する（100Hz 200Hz）
慣性装置は衛星測位における条件が厳しいエリアで車体の移動量と姿勢を算出できる
- ②GNSSアンテナ・・・測位衛星からの信号を受信してGNSS慣性装置へ送る
- ③レーザスキャナ・・・計測対象物までの距離を角度を高速に算出する（100万点/秒）
- ④DMI（距離計）・・・タイヤの回転から移動距離を算出する
- ⑤制御用端末・・・システムの設定やデータを記録する専用のソフトウェアを使用する



車載搭載センサー

③レーザースキャナー
Z/F 9012

②GNSSアンテナ×2
1個は本体上部
1個は方位算出のため車両前方に



④DMI (距離計) 接続可
ホイールに装着



①GNSS/IMU
Applanix AP40 or AP60

車両側マウント



搭載する車両に応じてマウントを制作

ただし、ルーフレールのある車両が望ましい

写真（トヨタ ラッシュ）

センサー本体重量 25kg

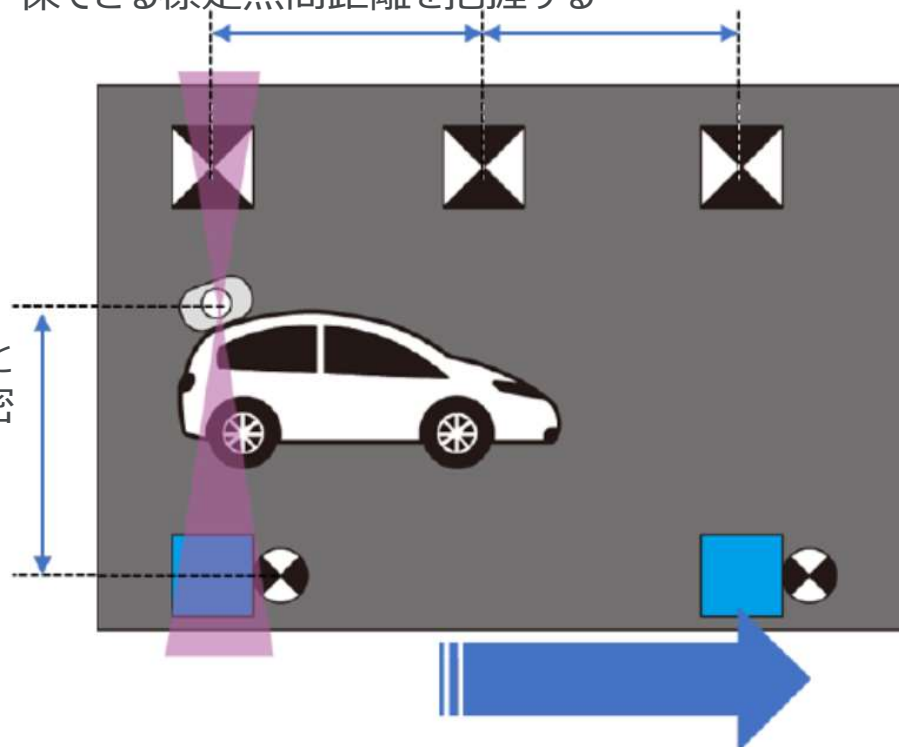
マウントラック 10kg

合計 35kg

を支えられるキャリアが必要

計測前に確認が必要なこと

計測パラメータ（スキャン速度と発射レート）を変更し、作業効率と精度を担保できる標定点間距離を把握する



-  標定点
-  検証点
-  検査面

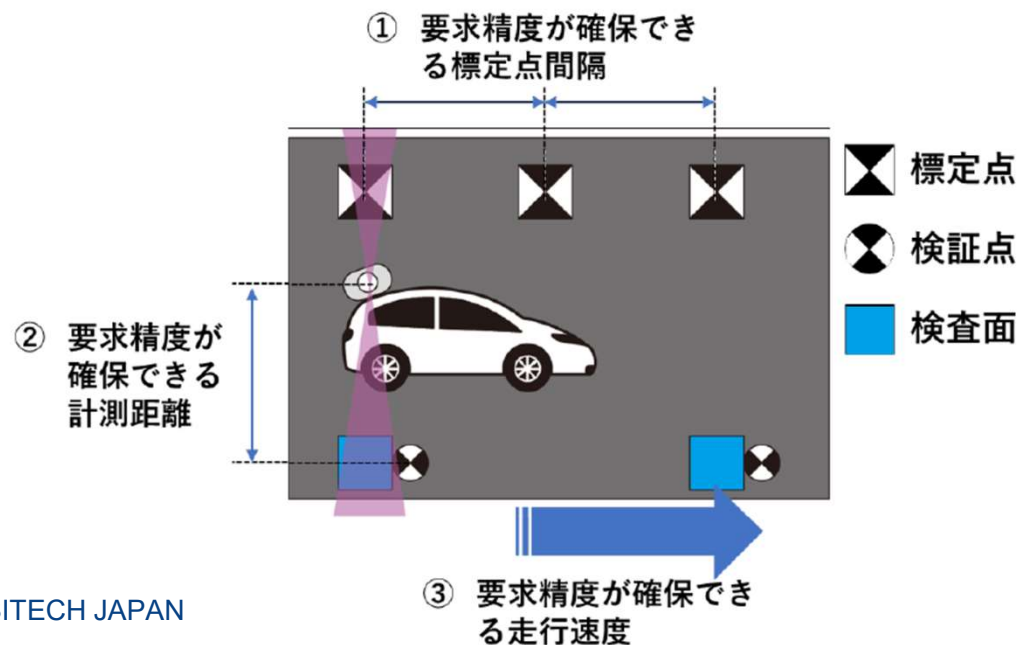
計測パラメータ（スキャン速度と発射レート）を変更し、点群密度と精度を担保できる測定距離を把握する

計測パラメータ（スキャン速度と発射レート）を変更し、点群密度と精度を担保できる走行速度を把握する

MMSを用いた出来形管理要領

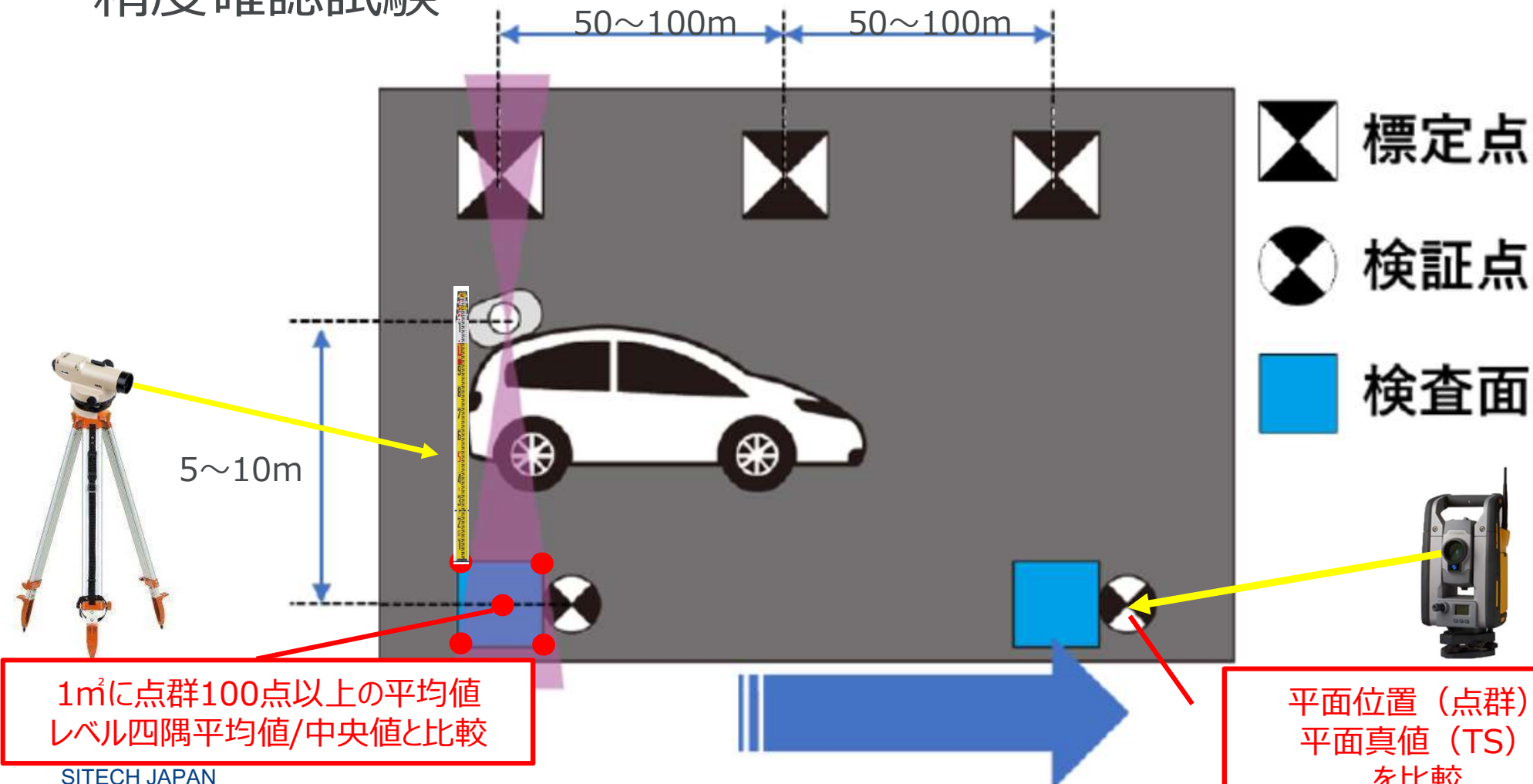
レーザースキャナーを地上移動体に搭載することで広範囲でも効率的に計測できる地上移動体搭載型レーザースキャナー（以下、「地上移動体搭載型LS」という）が開発されており、計測作業の効率化が期待されている。

- (1) 計測の準備作業が軽減でき、また計測時間も短いために測量作業が大幅に効率化する。
- (2) 測量結果を3次元CADで処理することにより、鳥瞰図や縦断図・横断図など、ユーザーの必要なデータが抽出できる。



舗装工 精度確認試験 規格値			
アスファルト舗装			
工種	鉛直方向	水平方向	計測密度
起工測量	±20mm以内	20mm以内	1点以上/50cmX50cm
路床表面	±20mm以内		
下層路盤表面	±10mm以内	10mm以内	1点以上/10cmX10cm
上層路盤表面	±10mm以内		
基層・中間層 表面	±4mm以内		
表層表面	±4mm以内		

精度確認試験



1㎡に点群100点以上の平均値
レベル四隅平均値/中央値と比較

SITECH JAPAN

平面位置 (点群)
平面真値 (TS)
を比較

仕様について



TYPE	Model		Lidar	GNSS IMU	搭載するLiDERの写真	GNSS/IMU SPEC	LiDER SPEC	カメラ	軌跡姿勢解析ソフトウェア	点群生成ソフトウェア	
MMS	MMS-Road For PW-M		ZF 9012 MMS	AP40		<GNSS受信区間> 位置 0.02-0.05m 速度 0.005m/s ピッチ/ロール 0.015° 進行方位 0.02° <GNSS非受信区間 60秒間> 位置 0.10-0.12m ピッチ/ロール 0.02° 進行方位 0.02° 全て、PosPac MSSによる後処理解析時 出力レート 最大200Hz	レーザークラス 1 測定距離 0.3-119m 解像度 0.1mm 測定速度 100万点/秒 測定精度 反射率18% (黒色) @ 0.3m 1.3mm @ 2m 0.8mm @ 5m 0.6mm @ 10m 0.5mm @ 25m 1.1mm @ 50m 3.1mm	N/A	Applanix PosPac MMS	ScanLook PC	
	MMS-Road For PW-M W/Cam							LadyBug5 (5M全方位)	Applanix PosPac MMS	ScanLook PC	
	MMS-Road For PW-H					AP60	<GNSS受信区間> 位置 0.02-0.05m 速度 0.005m/s ピッチ/ロール 0.005° 進行方位 0.015° <GNSS非受信区間 60秒間> 位置 0.02-0.05m ピッチ/ロール 0.005° 進行方位 0.015° 全て、PosPac MSSによる後処理解析時 出力レート 最大200Hz	反射率37% (灰色) @ 0.3m 0.8mm @ 2m 0.5mm @ 5m 0.4mm @ 10m 0.3mm @ 25m 0.6mm @ 50m 1.4mm 全て1σ	N/A	Applanix PosPac MMS	ScanLook PC
	MMS-Road For PW-H W/Cam								LadyBug5 (5M全方位)	Applanix PosPac MMS	ScanLook PC

GNSS/IMUのクラスとカメラの有無により4モデルを準備

GNSS非受信区間が長い計測を行う場合、ハイエンドモデルを推奨

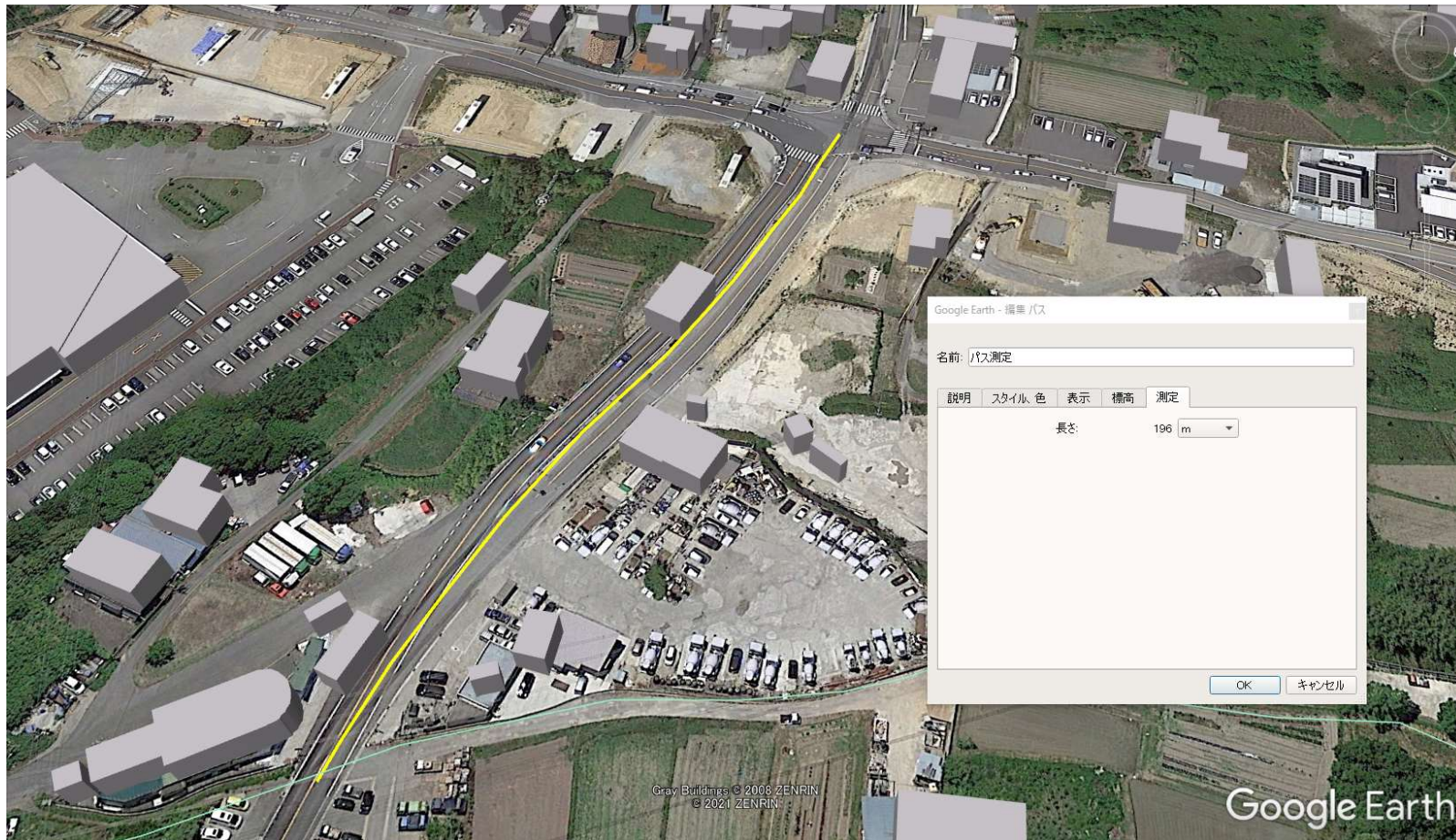
夜間計測にはカメラによる画像が取得できない（暗くて色が取得できない）ので、カメラは搭載しなくてもよい。

上記のシステム以外にGNSS基準局データが必要。

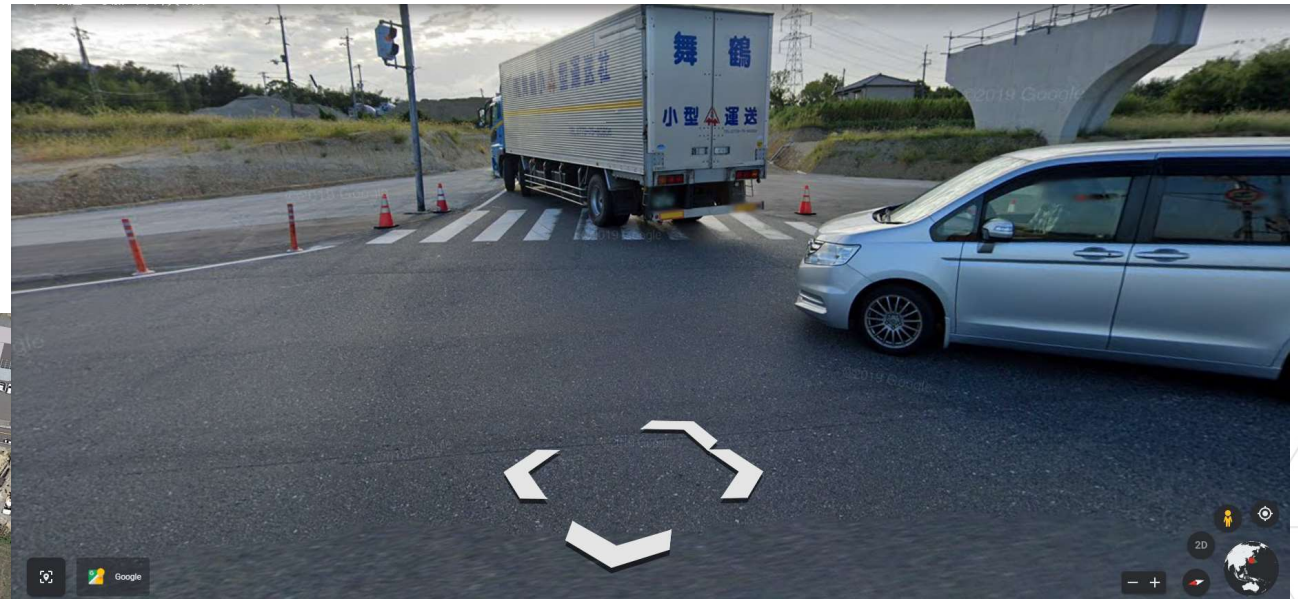
VRSデータ配信会社の1秒間隔の後処理用観測データ、もしくは自社でのGNSS基準局設置。

リアルタイムによる補正は精度を担保できない可能性があるため推奨しない。

計測路線について



計測路線について



計測路線について



計測路線について



実作業時間(延長 約200m)

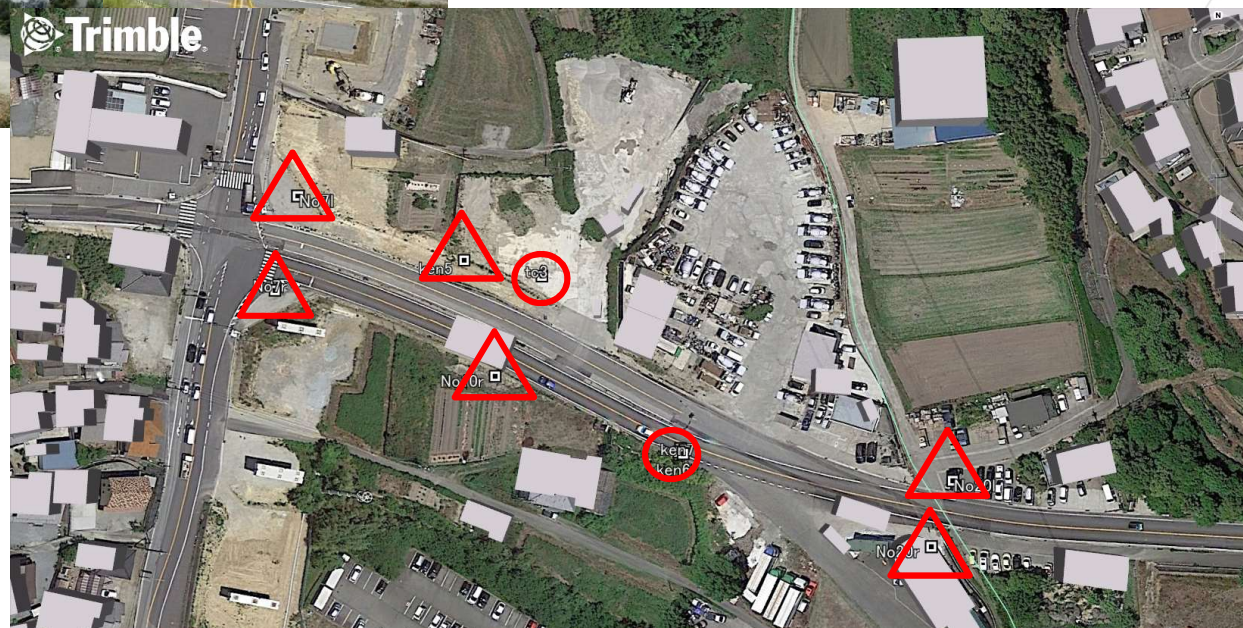
- 標定点、検証点、評価面については、事前に測量済みなので今回の作業時間には含まない。
- 標定点、検証点へのターゲット設置（計7点）2名で30分
- MMS計測準備 30分
- MMSによる路面計測 時速10kmで約1分30秒
- 計測車両の走行軌跡と姿勢の計算 約30分（電子基準点のデータを使用して後処理解析を行うので、電子基準点データがアップされるまでのタイムロスはある。状況により1時間程度）
- 点群データの三次元化処理 約30分
- Trimble Business Center（以下 TBC）による 標定点による調整計算 約1時間
- TBCによる精度確認試験結果報告書作成 約30分
- TBCによるノイズ処理、間引き処理 約30分
- TBCによる点群データのエクスポート 約5分

総計：3時間6分30秒 電子基準点のアップロードのタイムロス含め約4時間

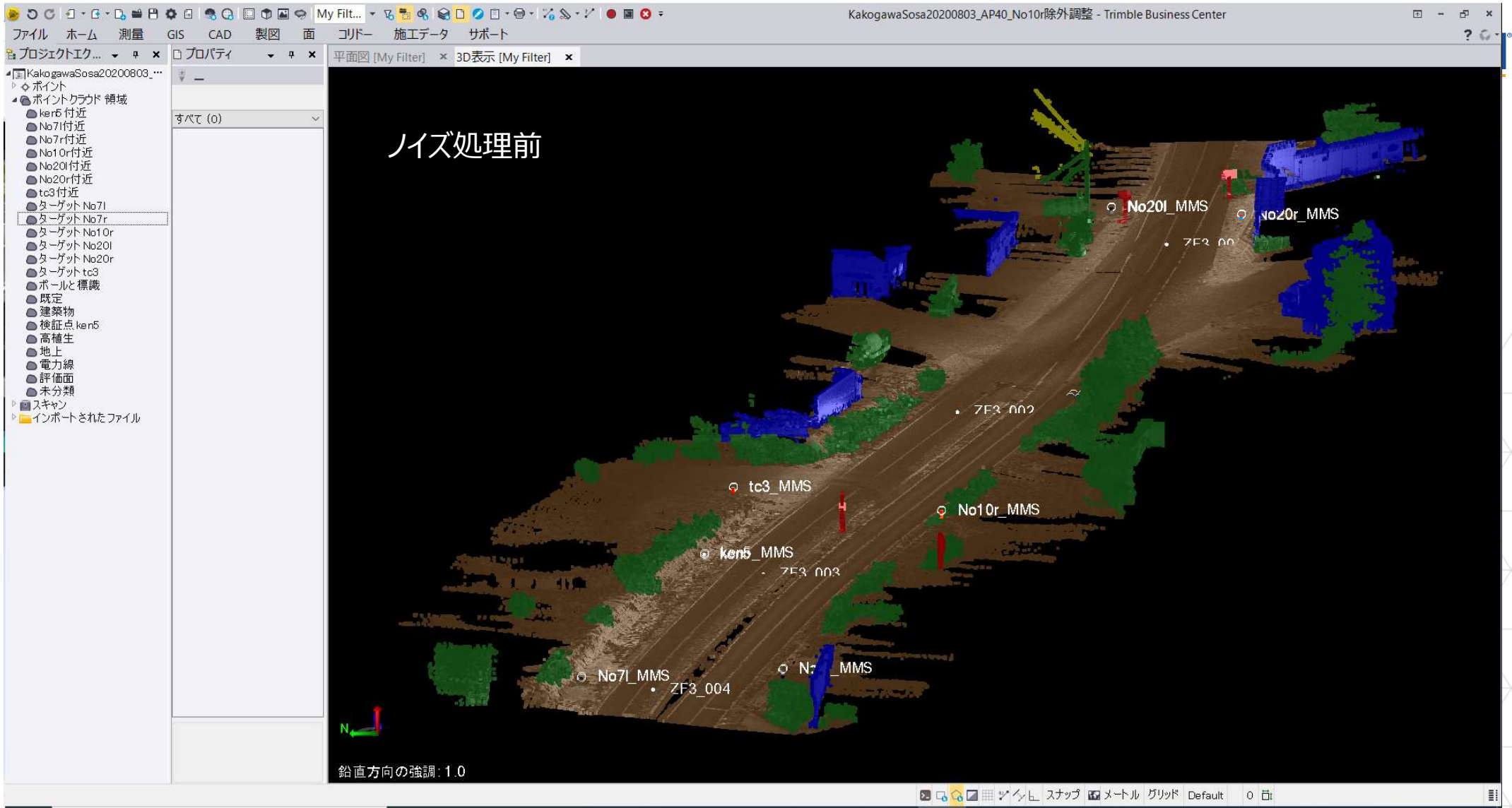
※今回は、起工測量なので鉛直及び平面方向の精度確認試験規格値は20mm

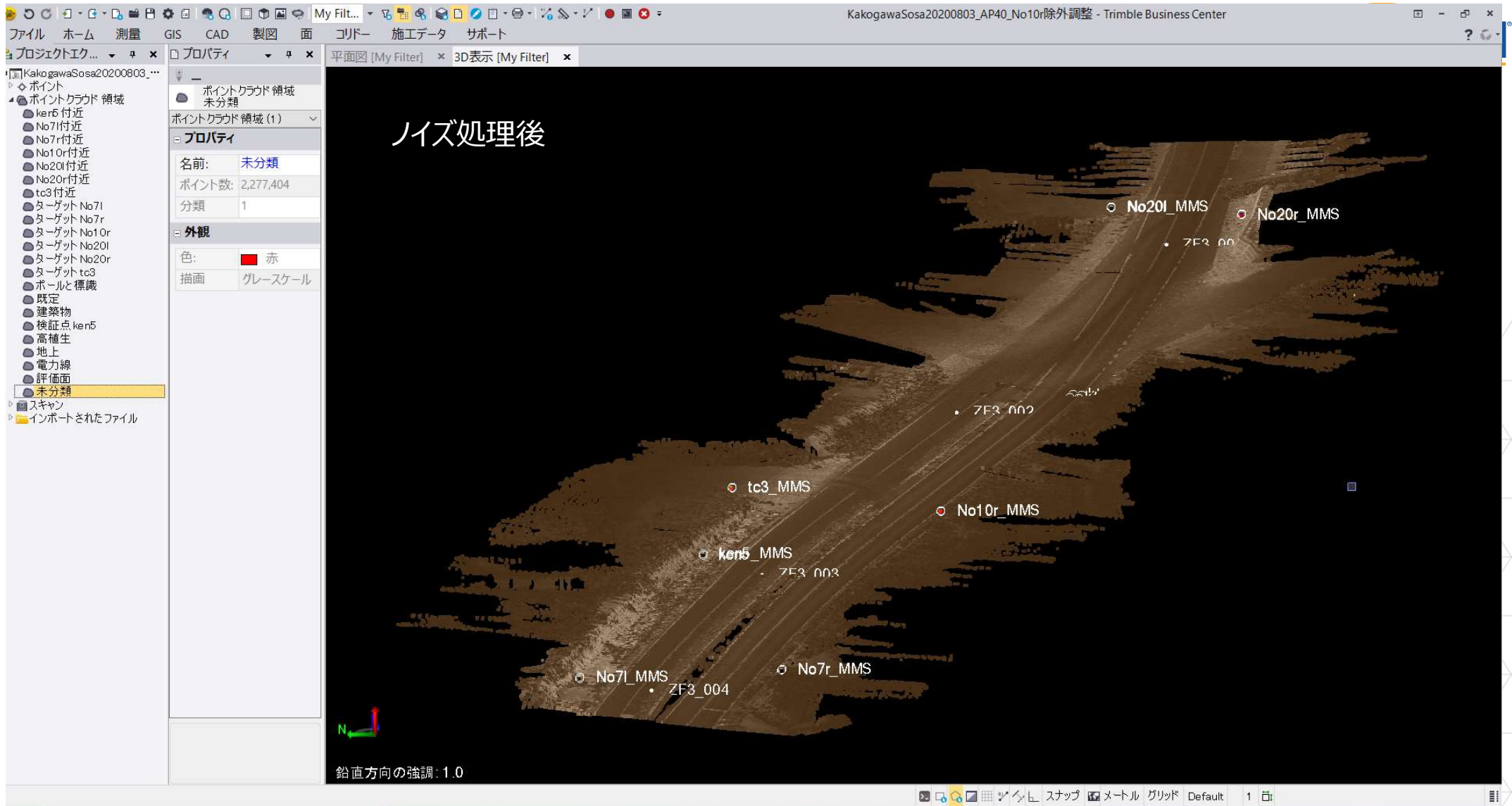
路盤/表面になる毎、規格値は厳しくなるので、計測および解析処理に時間を有すると思われる。

ターゲット設置









考察

- ・ターゲット座標による測地変換精度も概ね良好
- ・精度確認試験結果についても平面方向/鉛直方向 良好
- ・計測路線が長いほど標定点設置数が増えるため、事前準備に時間がかかる
- ・MMSで使用するGNSS/IMUの特性上、往復観測による観測では復路往路のレジストレーションが難しい
- ・路盤/表面になると規格値が厳しくなるため、ターゲット設置方法など検討を要す
- ・交通規制なしで計測可能だが、一般車両による遮蔽を避ける必要がある
- ・対費用効果についても要検討、製品価格を抑えることができるか？

土工向け廉価版 MMSの検討

- GNSS/IMUをエントリーグレードモデルに
- LiDAR : レーザーレンジファインダー
- オドメーター : 有無の選択 土工現場の場合スリップが誤差の原因に
- カメラ : 有無の選択 全方位カメラ



Trimble SX12 スキャニングTS

- 内蔵カメラの強化 500万画素×3個（広角/標準/望遠）
→800万画素×3個（広角/標準/望遠）
HDRに対応
- グリーンレーザーポインター トンネルなどの現場で切羽マーキングなどに活用
1.3~50m スポット径3mm
- 国内発売は未定



SiteMeasure TS用フィールドソフトウェア

- SPS-TSとの組み合わせで出来形測量が可能
- Panasonic ToughPadを使用することで軽量/安価に
- 2.4GHz無線に対応 TDL2.4Radio



- SiteMeasure ScanOP + TrimbleSXシリーズでスキャニング作業も可能に



A decorative graphic on the left side of the slide consists of a grid of white lines forming a series of triangles that tapers towards the bottom left corner.

TRIMBLE SITEVISON MR (MIXED REALTY)紹介

■ SiteVisionとは

クラウド「Trimble Connect」にアップロードされた図面や3Dモデルのデータを、GNSSアンテナとARCoreテクノロジーの連携により、現実空間へ高精度に重ね合わせることが可能な製品



- 2018年からTrimble 早期体験プログラムで国内で検証
- 2019年11月末製品提供開始
- 2020年末 SiteVision For Windows 提供開始



VR

現実空間を
デジタルコンテンツで
置き換え

MR

デジタルと
実体、周辺環境の
MRはARとVRを
融合

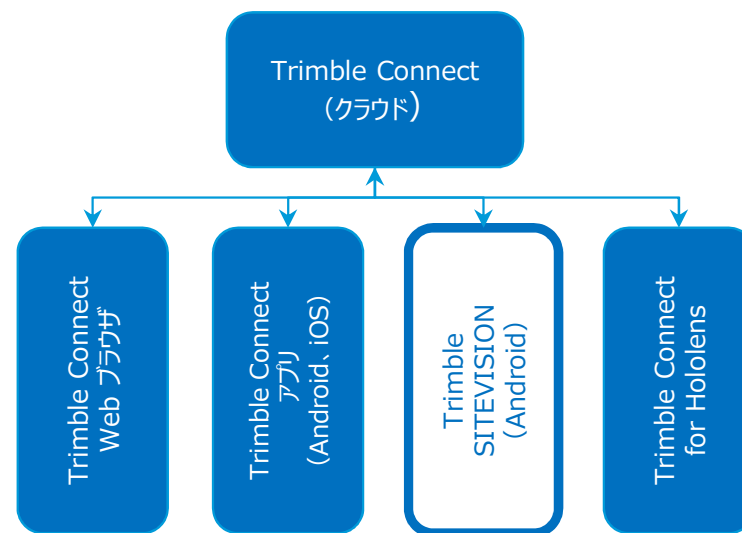
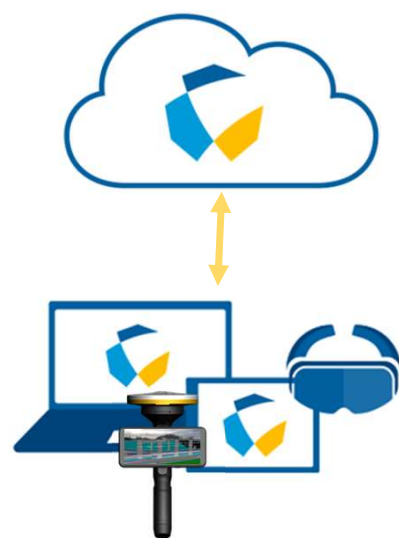
AR

現実空間を
デジタルコンテンツで
拡張



■ Trimble Connectを基盤とした xRソリューション

クラウド「Trimble Connect」により、様々なデバイスで3Dモデルを活用できる。
SiteVisionはAndroidスマホのデバイスを活用したもの



建設現場への適用

SiteVisionを設計、施工の段階に導入することにより、現場の生産性を向上

3Dデータの
可視化

① 測量



② 設計・施工計画



③ 施工

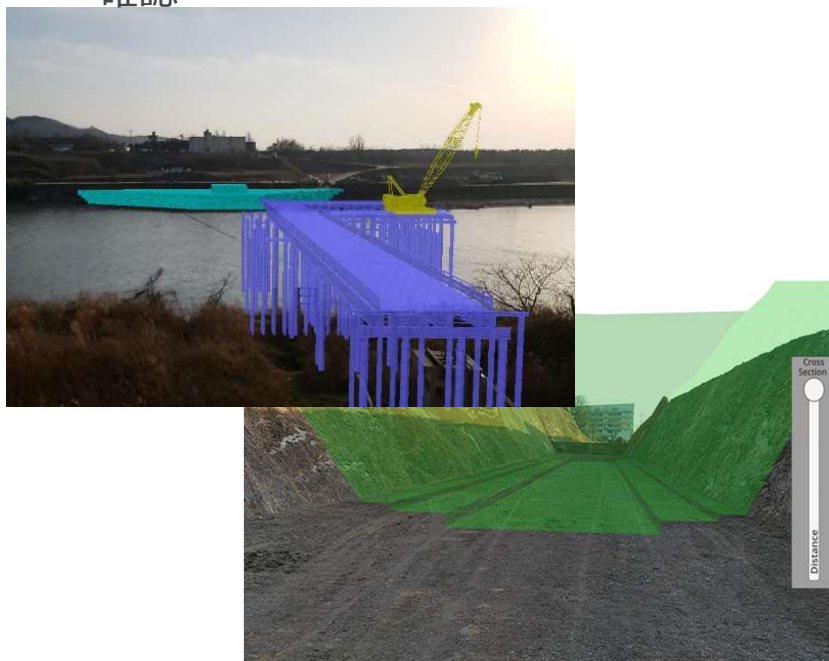


④ 検査



<完成形を現場で手軽にイメージ>

紙資料やパース図を使った説明がなくても、3次元データにより施工状況の進捗や出来形を確認



<現場でのコミュニケーション向上>

口頭では伝えるのが難しい施工計画や手順を、客先／協力会社／地域関係者と現場で共有し、合意形成を効率化





<障害物や干渉の確認>

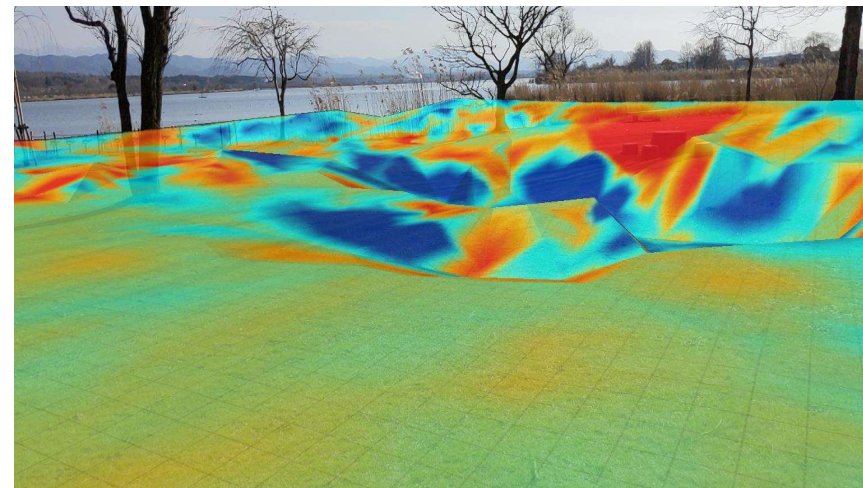
設計デザインと現在の風景を重ね合わせて、
工事後の景観の変化や障害物の干渉有無を
現場で確認ができる

完成形状の把握、完成イメージの共有



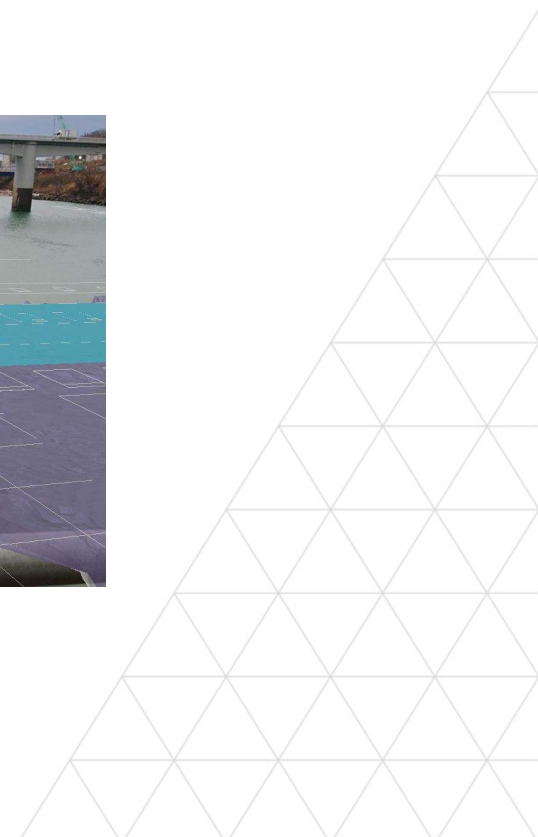
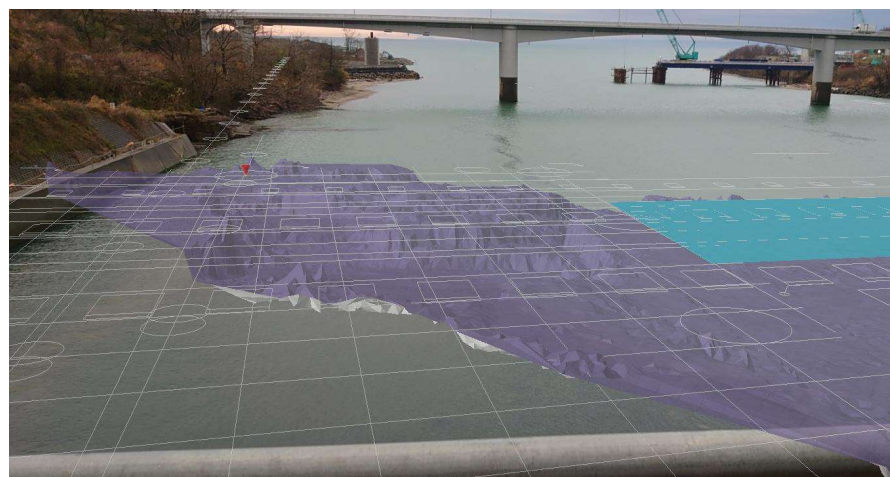
<現況と設計面の比較>

3Dスキャナ計測や施工履歴データと設計面と
の差を比較しヒートマップ化が可能



<見えないもの・箇所の可視化>

不可視部分にある埋設管や水面下の護床工などの重要インフラの位置、サイズ、属性を視覚化



<埋設管等の配管設備の可視化>

配管等の設置物の位置の把握、記録が可能

ピットビュー機能で可視化することにより、埋設位置が容易に把握可能



■ 端点の計測機能

複数の計測モードにより、現場の座標や現況とモデルとの2点間距離を状況に合わせて計測

- GNSS計測
 - 現物を計測
 - アンテナ中心、ポール先端
- AR計測
 - モデルを計測
 - 十字カーソルの中心
- GNSS+AR+EDM 組合せ
 - 現物を計測（動画）
 - 十字カーソルの中心



計測した端点形状をシンボルモデル形状に置換え可能



■ 連続点計測

- ・連続で指定した点の位置を計測し、外郭線の長さ、表面積を算出



■ 計測精度

- **GNSS**
 - ✓ GNSS 精度 - 水平 1cm + 1ppm 鉛直 2cm + 2ppm
- **レーザー距離計 (EDM)**
 - ✓ 距離精度 <5mm
 - ✓ 計測範囲 1-25m
- **GNSS+EDM (現況) +AR (設計)、(方位) を使った計測**
 - ✓ 10m先の計測精度
 - ✓ 水平 <20cm 鉛直 <10cm
 - ✓ 水平角と鉛直角の角度精度 スマートフォン端末のARCoreに依存
- **AR**
 - ✓ スマートフォン端末と ARCore キャリブレーションに依存



■ AR技術を導入するメリット

- 測量から検査まで一気通貫で活用し、各段階の生産性を向上
- MC・MGで使用するデータを可視化、3Dデータを効率的に活用
- 現場で直接簡易設計、設計したデータはMC・MGで活用
- 丁張が無くても完成形を現場でイメージ
- 完成イメージをあらゆる関係者と共有
- 現物と設計との概算距離を計測、概算の勾配や面積の算出
- クラウドでデータ共有

