

SHINSHIN





高知布師田(債)第1号 (仮称)高知布師田団地 団地整備工事

i-Construction施工について

目次

SHINSHIN

- ▶工事概要説明
- ▶i-constructionについて
- ▶当現場のUAV起工測量について
- ▶3次元設計データの作成
- ▶ICT建機での施工
- ▶空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理
- ▶地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理



工事概要

SHINSHIN

▶工 期

自 令和 2年 12月 25日 至 令和 5年 3月 15日

▶請 負 金 額

¥2,042,689,000(内消費税 ¥185,699,000)

▶工 事 内 容

本工事1 幹線道路・区画道路・法面管理道

→道路土工、法面工、擁壁工、排水構造物工、構造物撤去工、舗装工、地すべり防止工、防護柵工、区画線工

本工事2 幹線道路 幅広部・防災調節池・流路工・排水施設・緑地

→道路土工、河川土工、地盤改良工、法面工、擁壁工、ブロック積工、
排水構造物工、構造物撤去工、舗装工、付帯道路工、防護柵工、水道施設工

本工事3 造成地

→整地工、地盤改良工、法面工、擁壁工、排水構造物工、構造物撤去工、舗装工、区画線工

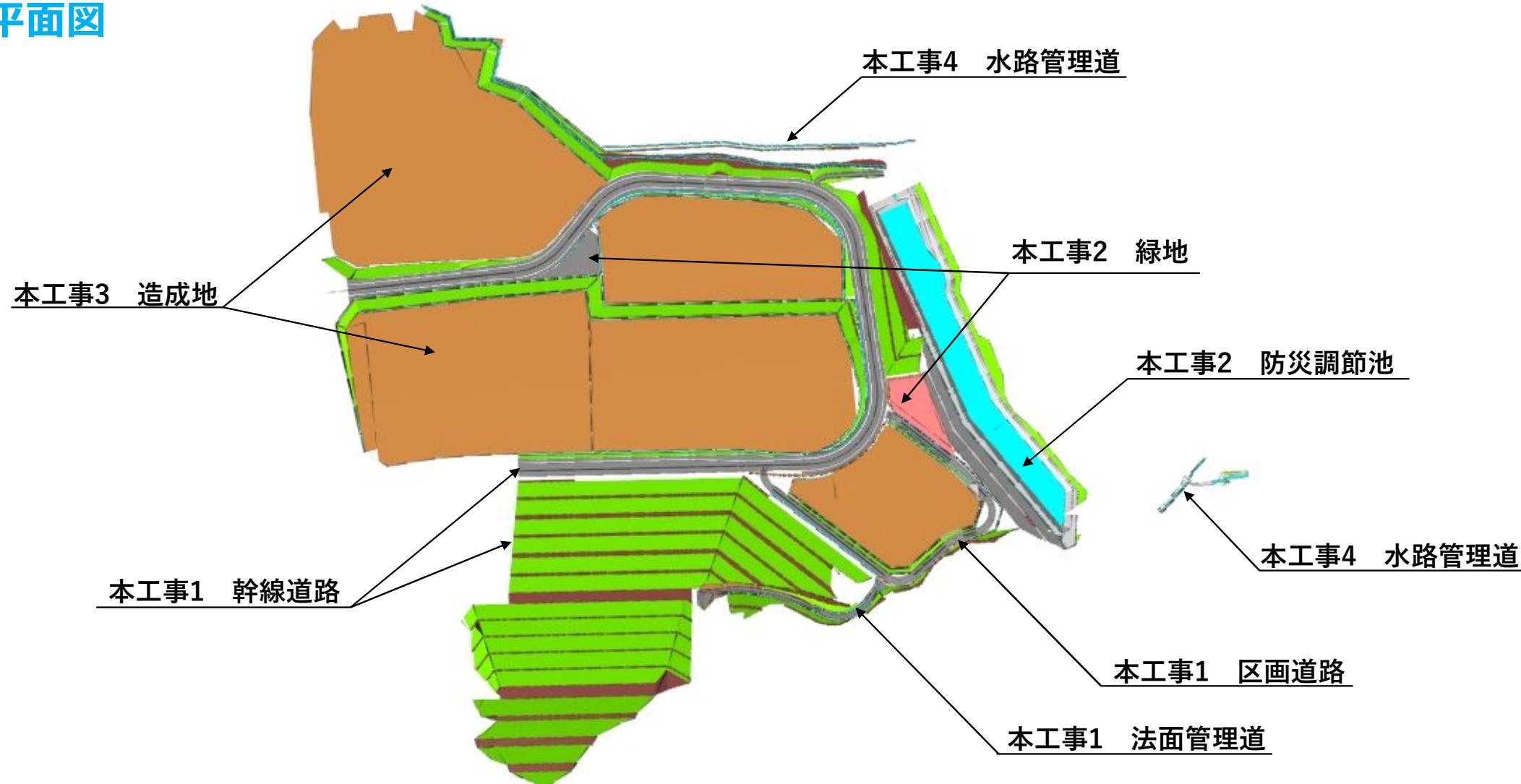
本工事4 水路管理道・合流付近

→河川土工、法面工、擁壁工、ブロック積工、排水構造物工、構造物撤去工、
舗装工、付帯施設工、仮設工、防護柵工、擁壁護岸工

工事概要

SHINSHIN

▶平面図



工事概要

SHINSHIN



i-constructionについて

SHINSHIN

▶ICT施工とは、建設現場の生産性向上と品質確保が目的のシステム

→建設機械の位置情報と連動

→情報通信技術を活用して高精度の施工を目指す

▶ICT施工がもたらす7つのメリット

①施工効率・精度の向上 → 効率(目視確認と検測回数を減らせる)精度(オペレーターの力量に頼らない)
※無丁張かつ均一な仕上りが可能

②安全性の向上 → 建機周辺の作業が不要となり、**作業員の安全確保**に繋がる

③細かい作業が一挙に省ける → GPSネットワークシステムや施工履歴データを活用して細かい作業を省略

④人員削減が可能となる → 作業補助や検測がなくなり、**人員削減**が可能 ※人手不足の解消に

⑤環境負荷が低減できる → 建機の効率的な稼働は**燃料使用量を減らし**、環境負荷を低減

⑥技術的評価値の見える化が図れる → 精度の高さは様々な施工履歴データで裏付け

⑦工期を短縮することができる → 3次元データの活用は**すべての工期で短縮**



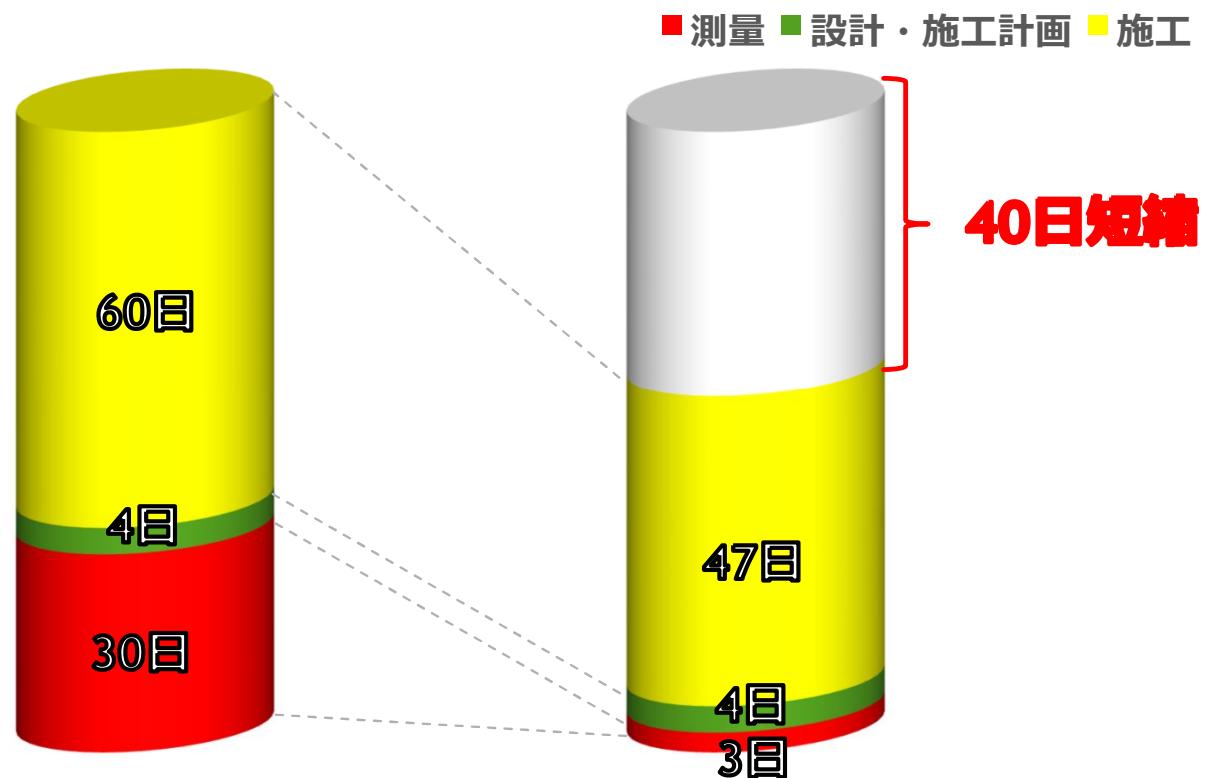
作業の効率化・現場の安全確保に繋がる

働き方改革にも繋がり、週休二日制の導入が可能

i-constructionについて

SHINSHIN

▶工期短縮について



	測量業務	設計・施工計画	施工(法面整形 8,400m ²)	施工(土工 48,000m ³)	日数比較
従来施工	30日	4日	30日	30日	94日
ICT施工	3日	4日	20日	27日	54日

▶ ICT施工による4つのデメリット

- ①通信が途切れる環境下では使用できない → 山間部等の通信環境
- ②設備投資のコストがかかる → ICT導入を阻害
- ③システムダウンすると作業が止まる → 機器の故障
- ④ICT施工を前提とした設計の導入 → 施工単価の相違



ICT建機が無い場合は施工が出来ない



設備投資のコストが最大のネック

i-constructionについて

SHINSHIN

▶使用機器・ソフト一覧

①3次元設計データの作成

→3D施工データ作成ソフト SiTECH3D (株)建設システム

②ICT建機での施工

→使用機械 BH(0.7m³) BD(10t) 振動ローラー

③空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

→UAV機器 PHANTOM 4 RTK DJI JAPAN(株)

→点群処理システム Metashape Agisoft

④地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

→3Dレーザースキャナー GLS-2200 (株)TOPCON

→点群処理システム MAGNET Collage (株)TOPCON

⑤出来形管理 ヒートマップと評価

→点群処理システム TREND-POINT 福井コンピュータ(株)

当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

▶起工測量について

1. 現場内の草・木の伐採
2. 起工測量【UAV(空中写真測量)】
→ 基地局・検証点(標定点)の設置



→ UAV(空中写真測量)



PHANTOM 4 RTK



当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

● 標定点とは…

画像から抽出する点群座標を
現地の座標系に関連付けるための
基準点

標定点、検証点は対空標識を設置して、
計測後の画像データ上で判別が出来るようにする
対空標識は、標定点・検証点と同じ中心位置、同じ高さで設置する

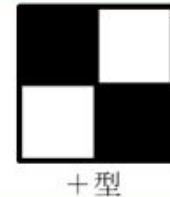
● 対空標識の例



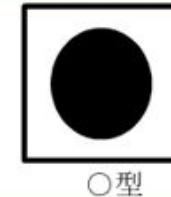
★型



X型



十型



○型

四角の場合辺長、円形の場合直径が15画素以上とする
白黒を標準とするが状況により変更できる
標識は上空に向かって45度以上の視界を確保する
標識は地表面に設置

● 検証点とは…

撮影されたデジタル画像から求めた
点群データ座標の
精度を確認するための点
要求精度は5cm以内(出来形計測の場合)



当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外側標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内側標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置する。

● 配置例の参考図

国総研HPからダウンロード

The screenshot shows two windows. The left window is a search results page for 'i-Construction' on the NILIM website. It lists several categories: 土木・建築 (Civil Engineering), メンテナンス (Maintenance), 建築 (Architecture), 気象・地質 (Weather and Geology), and i-Construction. A pink arrow points to the i-Construction link. The right window is a detailed page titled '国総研におけるi-Constructionに関する取り組み' (Activities related to i-Construction at the National Research Institute). It contains four tables:

○i-Constructionに関する研究の紹介 国総研で実施しているi-Constructionに関する研究	社会資本マネジメント研究センター ・社会資本施工高度化研究室 ・社会資本情報基盤研究室 ・社会資本システム研究室
○ICT活用工事で用いる基準類 ICT土工・ICT舗装工で用いる基準類	・ICT土工 基準類 ・ICT舗装工 基準類 (社会資本施工高度化研究室)
○基準類に関する Q&A集 ICT活用工事で用いる新たな基準について、寄せられた問い合わせに対するQ&A集	ICT土工 Q&A集 (社会資本施工高度化研究室)
○i-Construction 関連動画 i-Constructionについて分かりやすくお伝えするための関連動画	関連動画 (社会資本施工高度化研究室)

当現場のUAV起工測量について

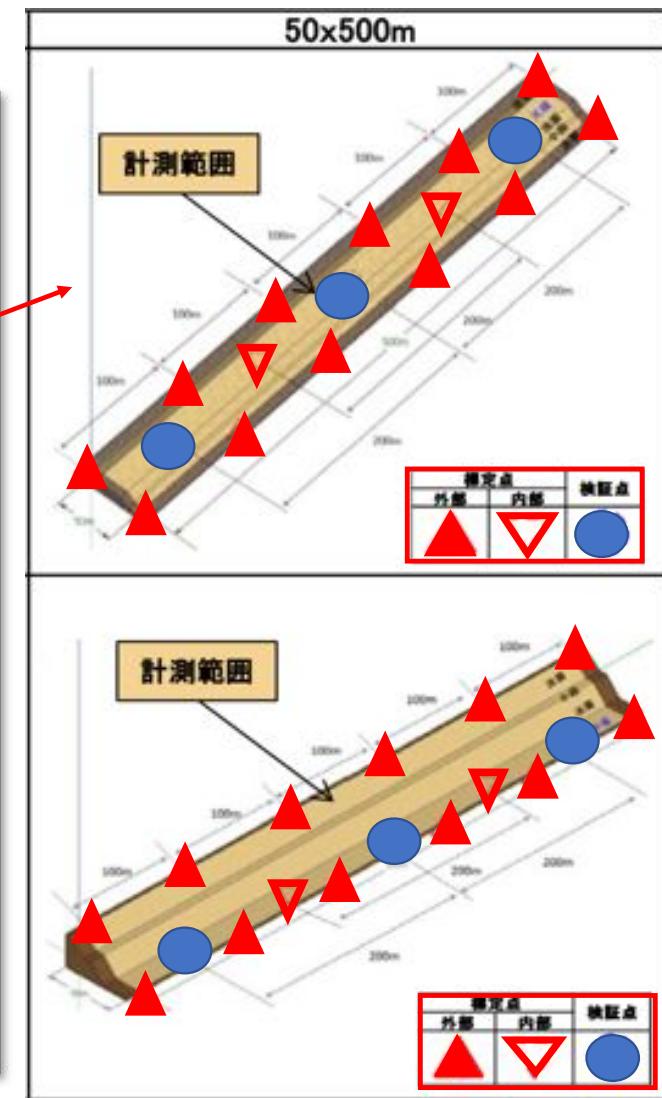
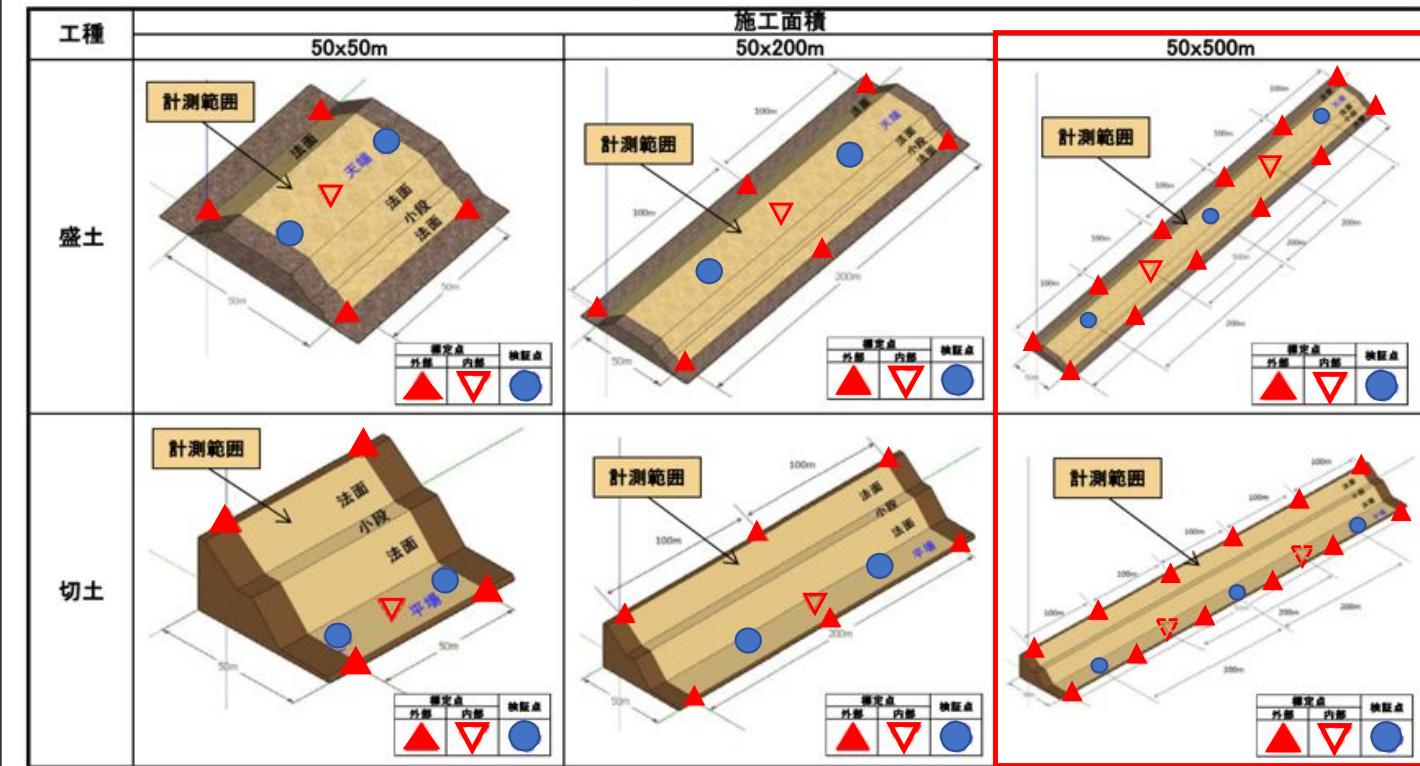
SHINSHIN

● 標定点と検証点（配置例）

空中写真測量(UAV)による出来型計測 標定点及び検証点設置例

標定点・検証点設置の留意点

- 外部標定点：撮影区域外縁に100m以内の間隔に設置
- 内部標定点：天端上に200m間隔程度を目安に設置
- 検証点（外部・内部）：天端上に200m以内の間隔に設置



当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

令和2年3月改定

空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外側標定点として撮影区域外縁に 100m 以内の間隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内側標定点として天端上に 200m 間隔程度を目安に設置する。

標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。あるいは、工事基準点などの既知点から TS を用いて計測することができる。

また、SfM (Structure from Motion) の利用においてカメラ位置を直接計測できる手法（RTK、ネットワーク型 RTK、PPK、自動追尾 TS 等）を併用する場合は、標定点の設置は任意とすることができる。

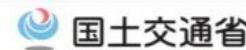
検証点については、UAVマニュアルにおける検証点として天端上に 200m 以内の間隔となるように設置する。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。計測範囲が狭い場合については、最低 2箇所設置する。精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。

ただし、カメラ位置を直接計測できる手法のうち、自動追尾 TS を利用する場合は、計測範囲内で TS から最も離れた位置に、1点検証点を設置することとする。

当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

II. 産学官連携による基準作成の取組 ②-7.②-8

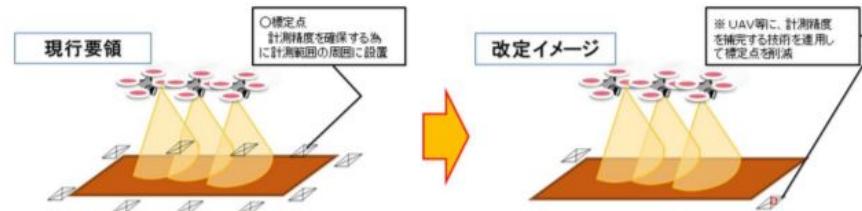


【空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編) 改定】

- ・空中写真測量に用いるUAV等の技術進展に伴う提案
- ・既存の出来形管理要領を改定

■改定概要

UAVの自己位置を高精度に把握する技術を導入した場合、地上標定点の設置を任意とし、検証点における精度確認のみとする改定



■改定の効果

空中写真測量実施時における省力化

- ・100m以内の間隔で配置している標定点の縮減または省略
- ・標定点の3次元座標計測作業の削減

■技術概要

自己位置を高精度に計測できるUAVを利用する事によって、写真測量SfM解析に用いる撮影位置を高精度に確定し、解析精度の向上を実現する技術

■構成機器(例)

- ・無人航空機
- ・自己位置測定装置(RTK、VRS、PPK、プリズム)

○自己位置の計測可能なUAV(例)

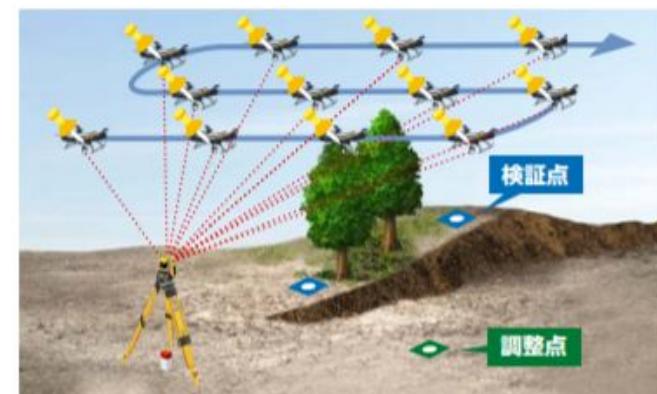


10

自己位置測定装置構成例 (RTK)



自己位置測定装置構成例 (プリズム)



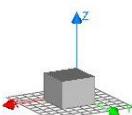
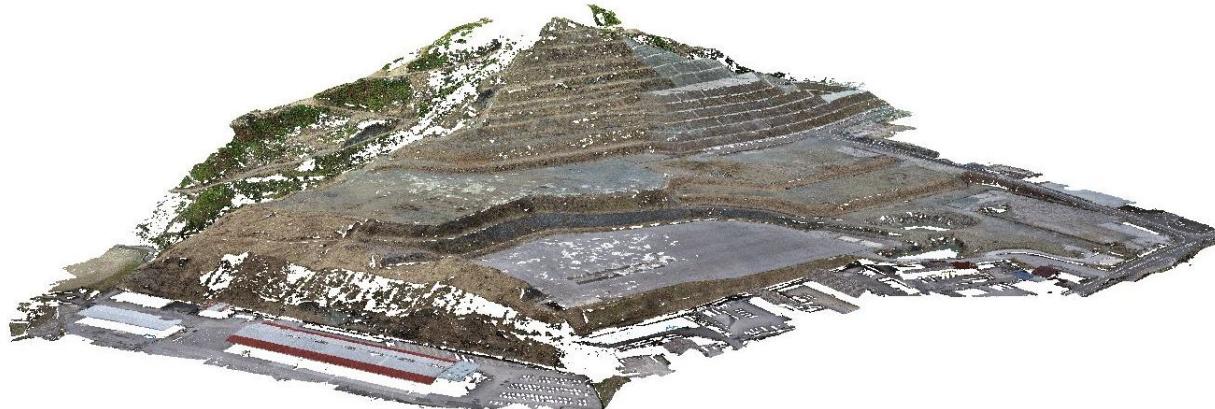
自動追尾トータルステーションを用いてカメラ位置を直接計測し、確定することで、標定点を設置する必要がありません。

当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

▶レポートについて

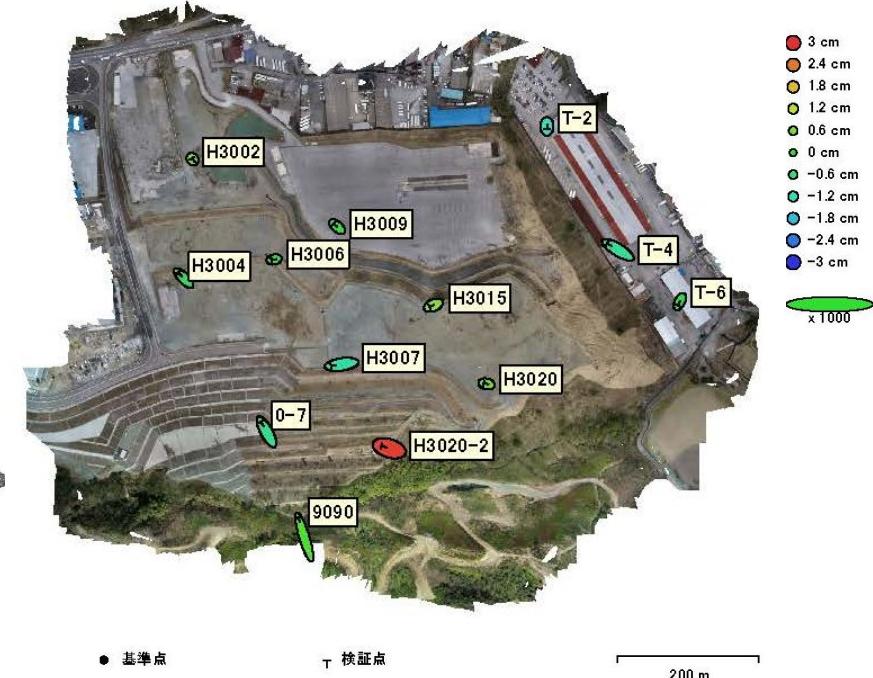
起工測量点群データ



起工測量の場合
XYZ誤差は±10cm以内

参考※空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)令和2年3月
※高知県建設工事技術者研修会テキスト(7-28)

地上基準点



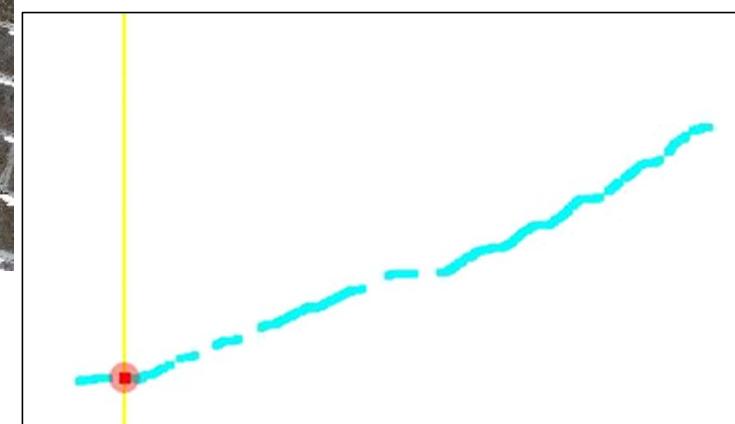
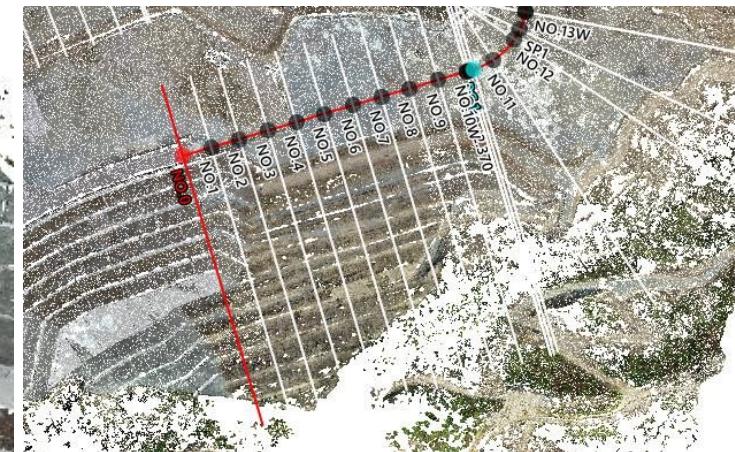
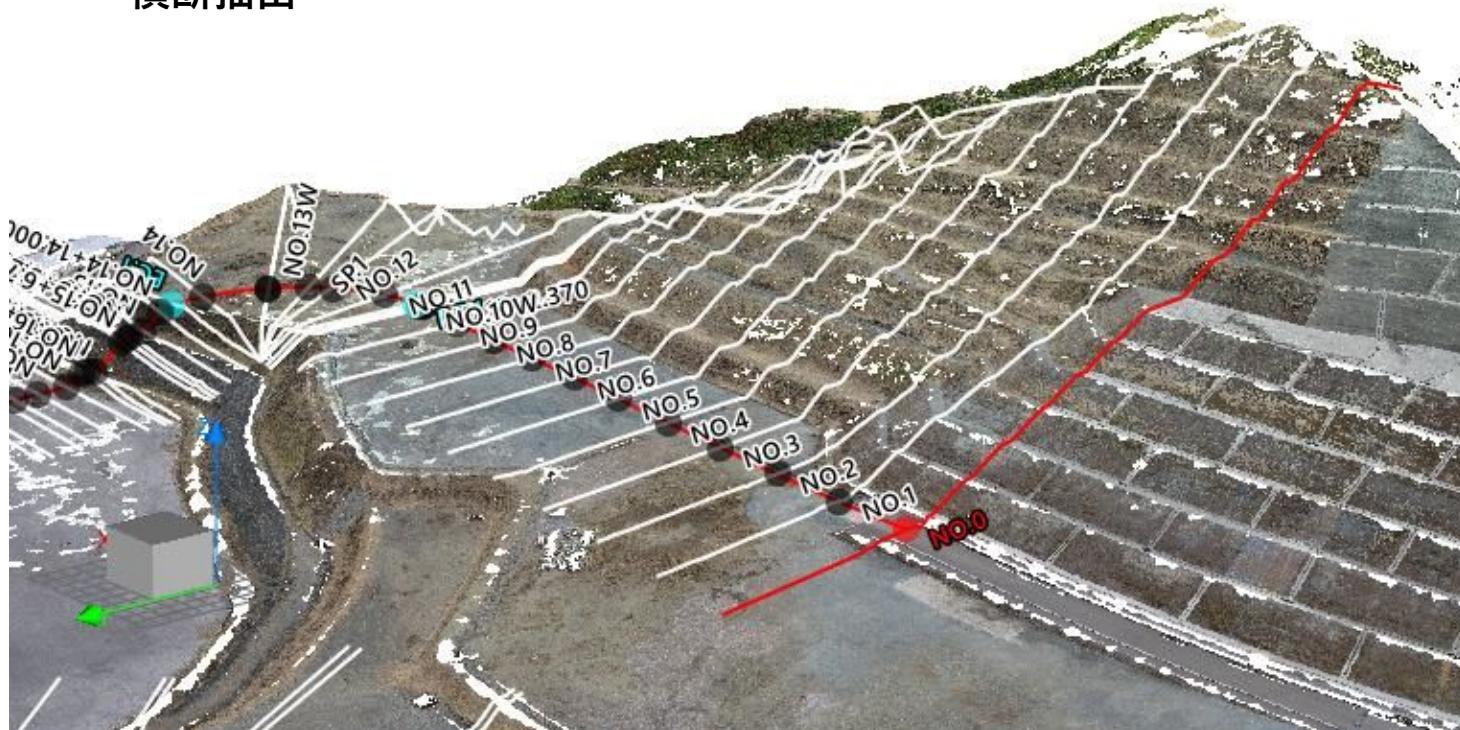
個数	X 誤差 (cm)	Y 誤差 (cm)	Z 誤差 (cm)	XY 誤差 (cm)	合計 (cm)
13	1.26301	1.50668	1.0299	1.96603	2.21945

テーブル 4. 検証点のRMSE.
X - 東経, Y - 北緯, Z - 高度.

当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

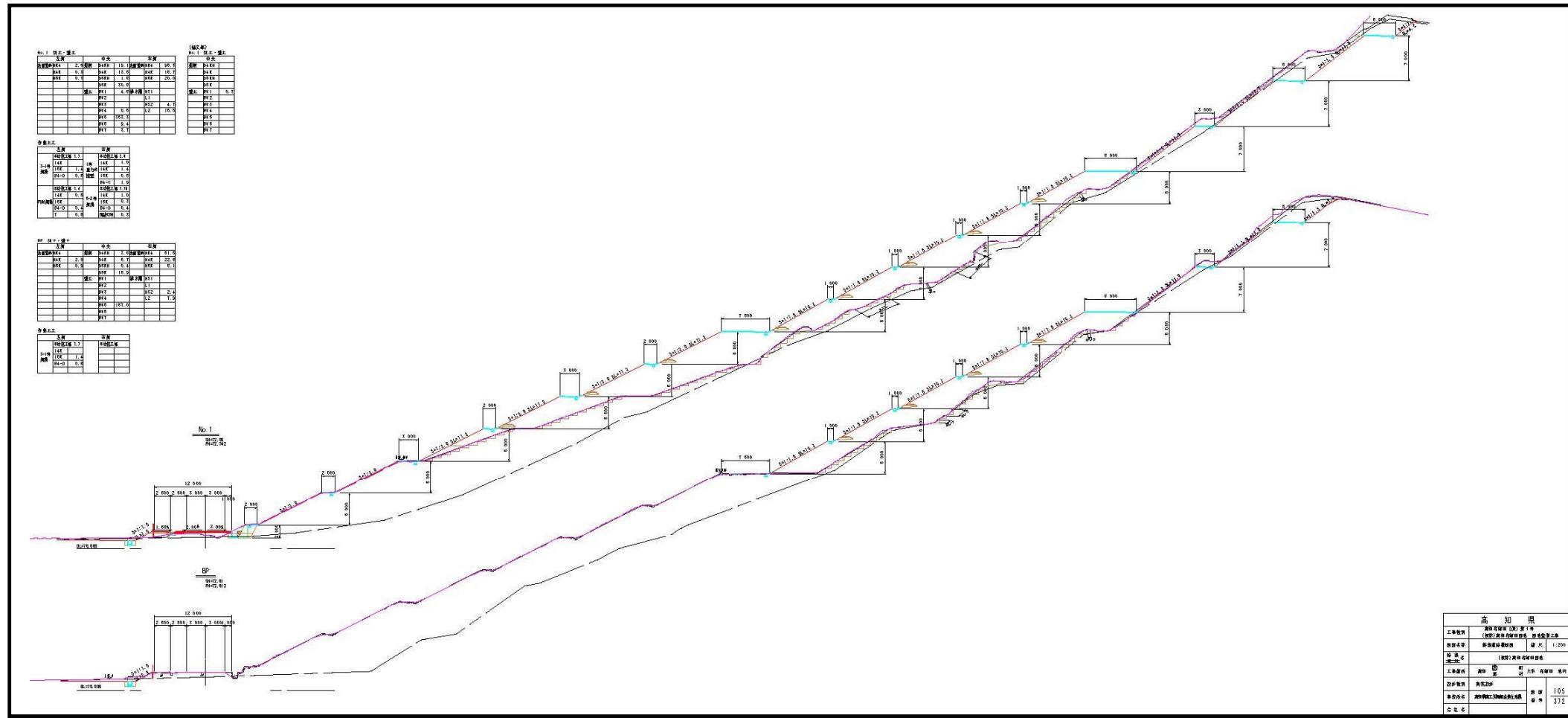
▶レポートについて
→横断抽出



当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

▶ レポートについて



当現場のUAV起工測量について

SHINSHIN

▶飛行状況



3次元設計データの作成

SHINSHIN

▶データ作成について

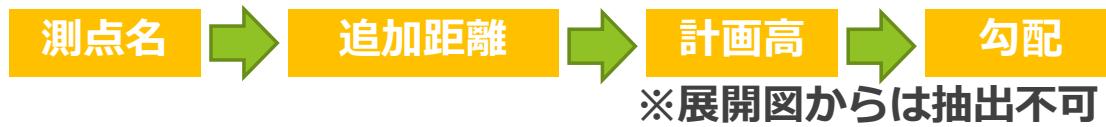
→3D施工データ作成ソフトSiTECH3Dを使用し、平面線形、縦断線形、横断の順に作成

1.平面線形

→設計座標を元に起終点等の座標を入力

2.縦断線形

→縦断図より縦断線形を半自動抽出

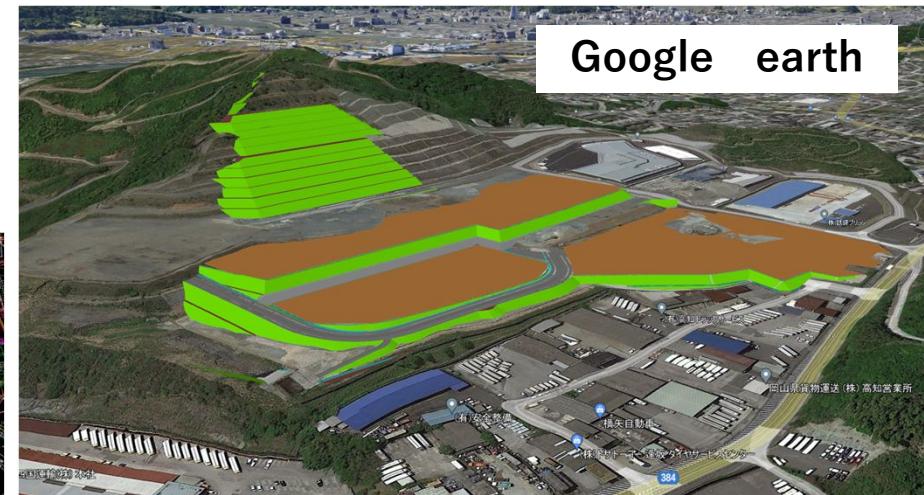
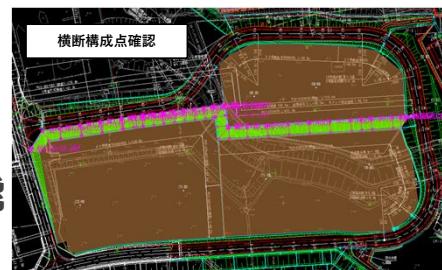


3.横断作成

→横断図より設計形状の複写が可能

4.横断構成点確認

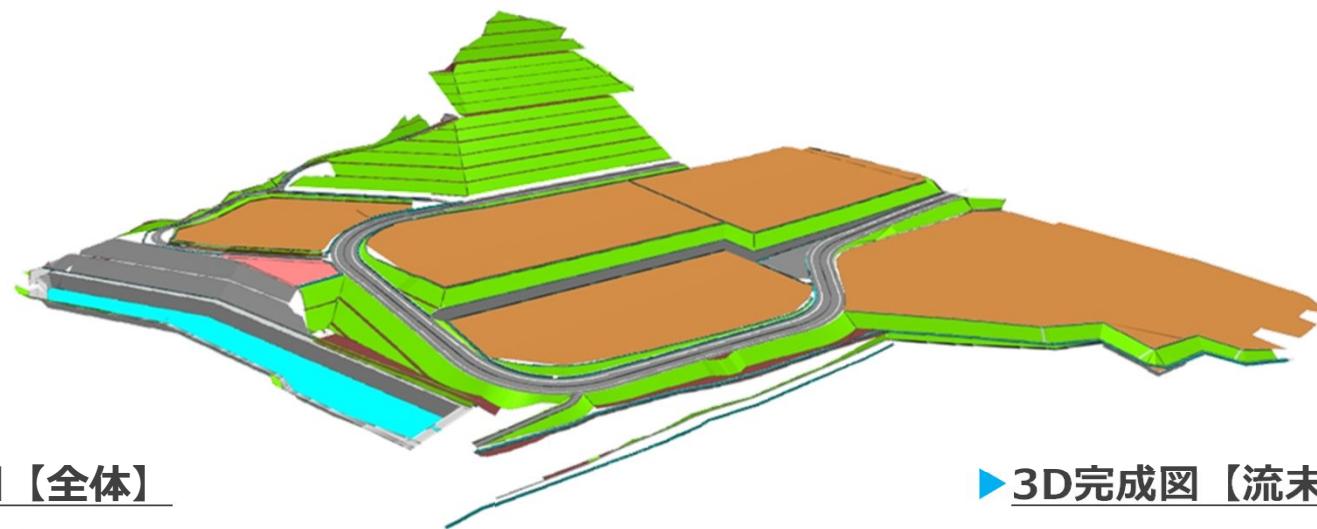
→作成データを平面図上で確認が可能



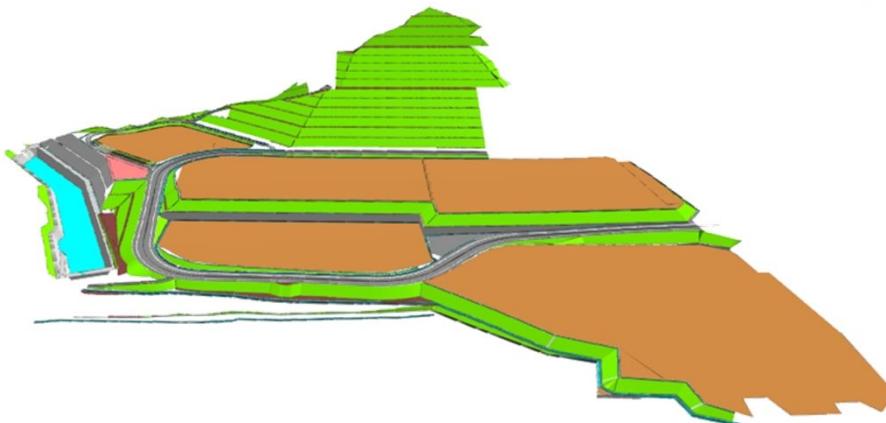
3次元設計データの作成

SHINSHIN

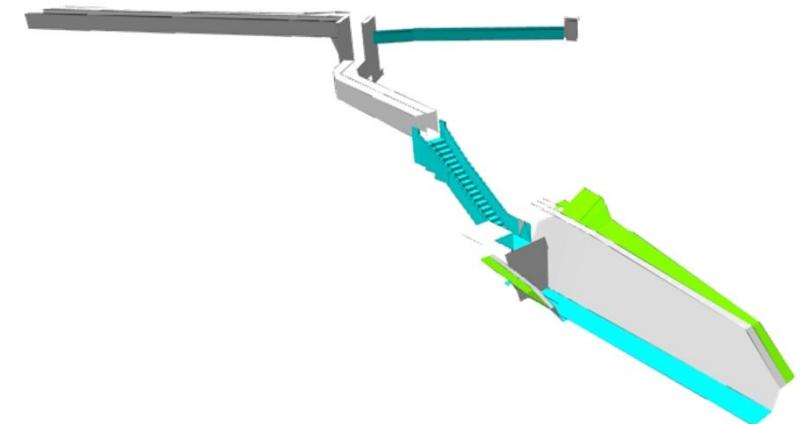
▶ 3D完成図【全体】



▶ 3D完成図【全体】



▶ 3D完成図【流末水路】

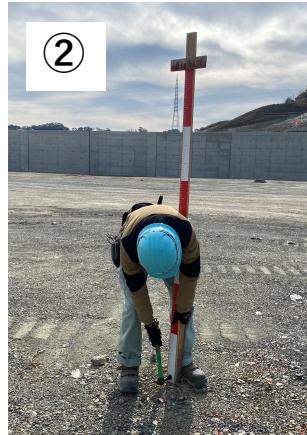
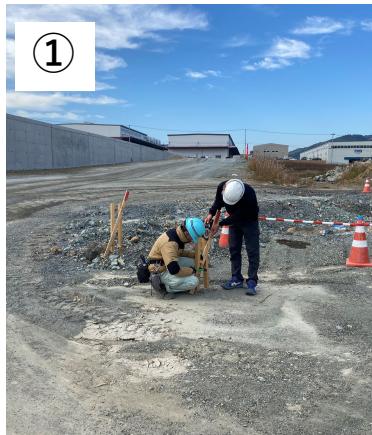


ICT建機での施工について

SHINSHIN

▶従来施工方法

- ①切土→掘削位置を確認し、現場にて丁張を設置 人員2名
- ②盛土→路体盛土30cmをシール等で明示し、盛土施工進捗に応じて再設置 人員2名
- ③法面整形→丁張の設置。法面整形進捗に応じて再設置 人員2名
- ④締固め機械、転圧回数・位置の確認不可



ICT建機での施工について

SHINSHIN

▶ICT施工方法

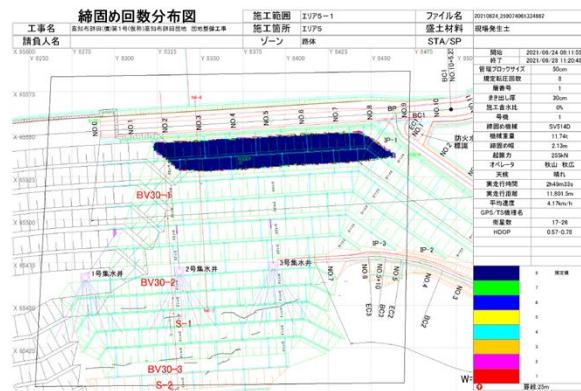
→設計データ作成後建機にデータ出力

①切土②盛土③法面整形→丁張設置不要 BH内のモニターにて確認

※重機周辺の作業員不要→接触事故防止に繋がる



④締固め ヒートマップにて確認、作業効率、精度UP



▶ UAV/レーザースキヤナーの特性

UAV空中写真測量



- ・広範囲を短時間で計測
- ・外作業は自動航空のみ
- ・導入コストが比較的低い

地上型レーザースキヤナー



- ・トータルステーションと同じような運用が可能
- ・高精度な点群取得
- ・観測結果をその場で確認



ICT工事に必要な3次元点群データの取得には、スキヤナーかUAVのどちらか、あるいは複合して使用するか選択
ICT活用技術の適用範囲、現場による対象エリア・施工条件を確認し、現場に即した適切な手法を選択する必要。

空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

SHINSHIN

PHANTOM 4 RTK



工種拡大するi-Construction
活躍の場が広がる3D計測

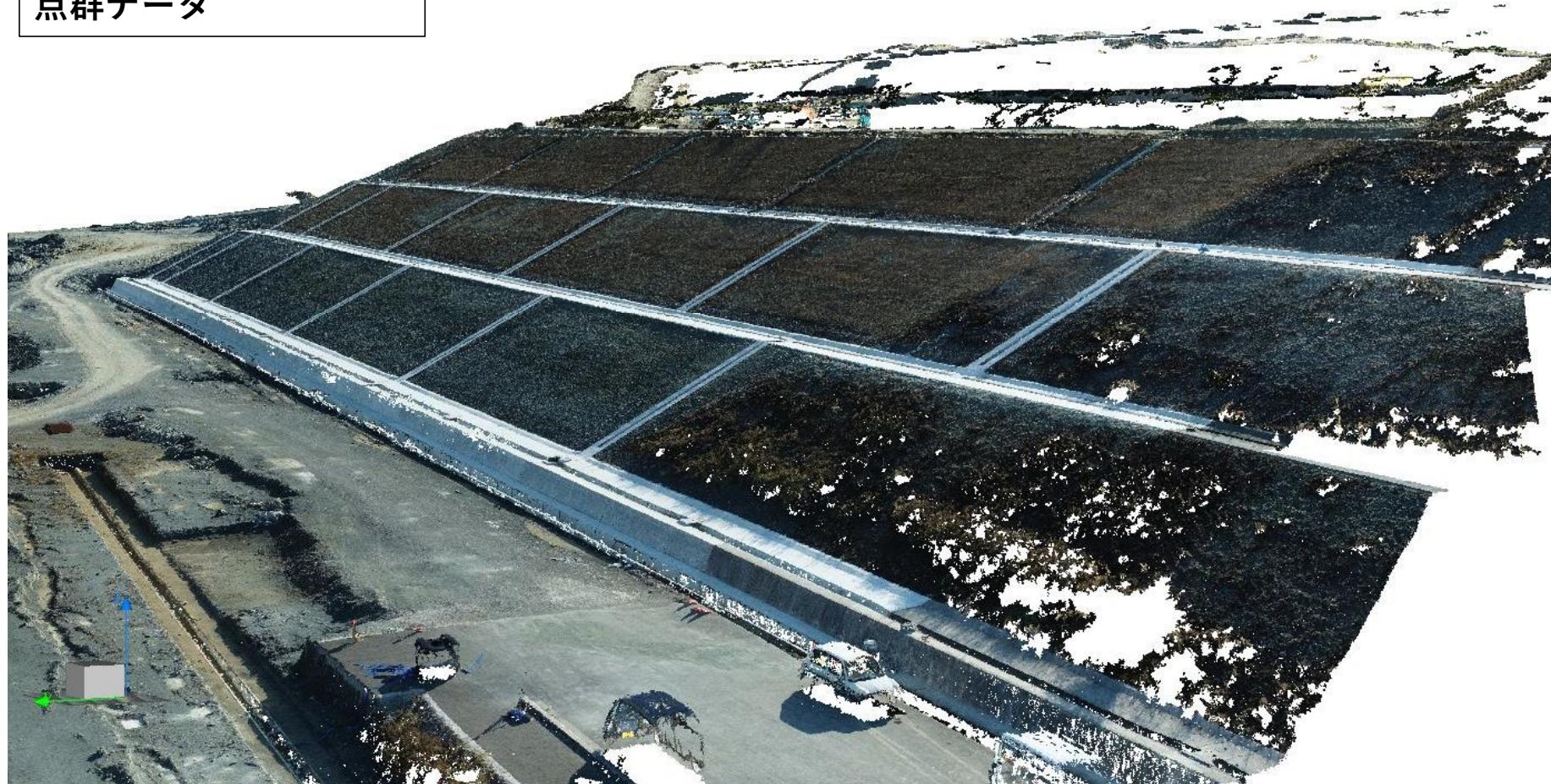
正確な3D点群データで高精度面管理を実現！

- ▶ CMレベルでの正確性を誇る測位システム
- ▶ 測量士向けの設計
- ▶ カメラ位置を直接計測できるシステム【RTK】を搭載
- ▶ 専用の飛行計画アプリ

空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

SHINSHIN

1段目・2段目施工完了
点群データ



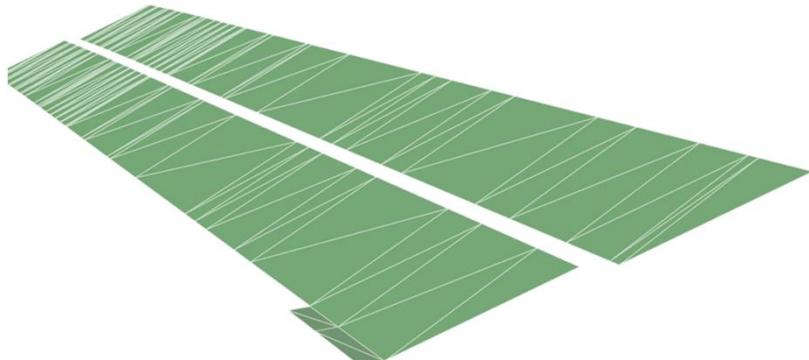
空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

SHINSHIN

3D点群データ

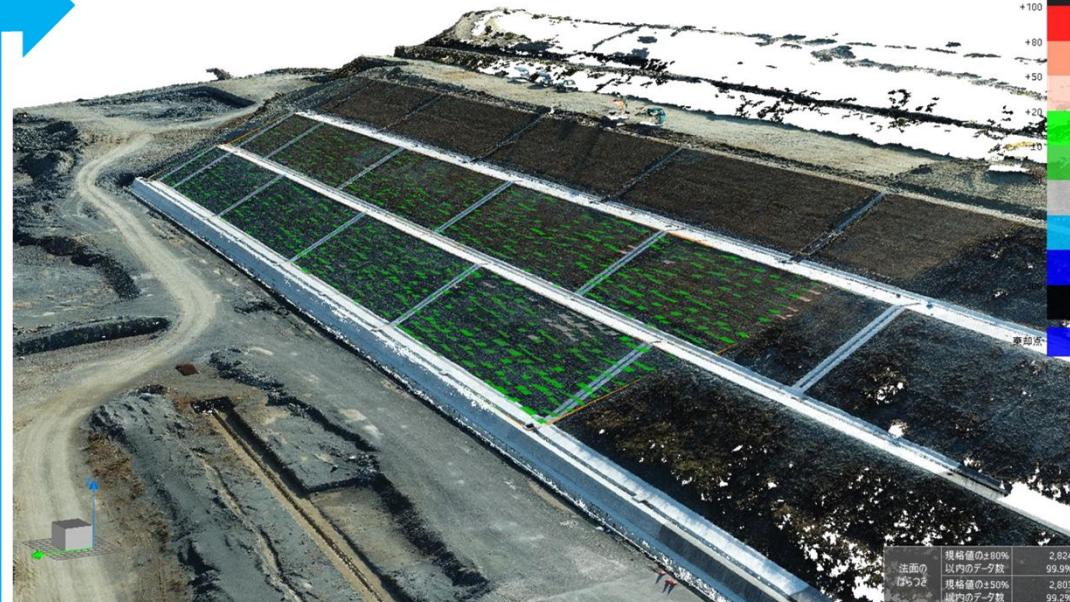
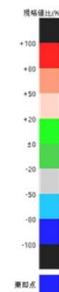
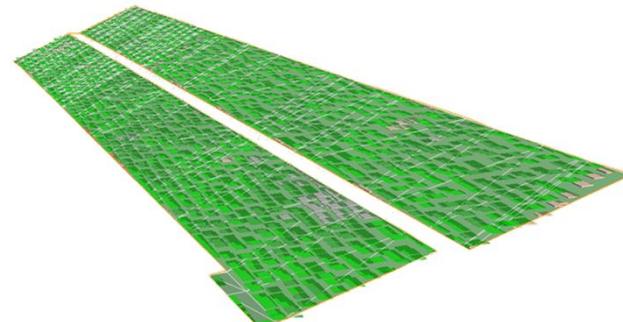


設計データ



1

TREND-POINT



空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

SHINSHIN

出来形帳票

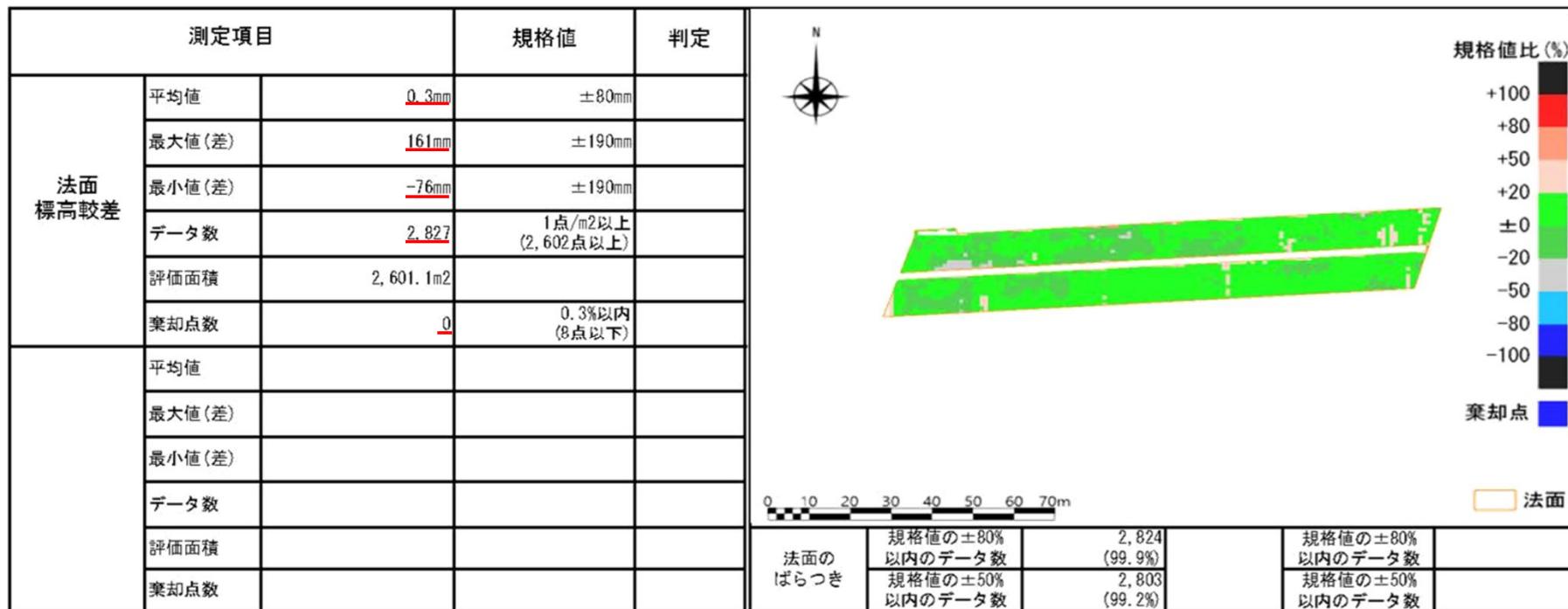
出来形合否判定総括表

工種 道路土工

種別 路体盛土工

測点

合否判定結果 **合格**



空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理

SHINSHIN

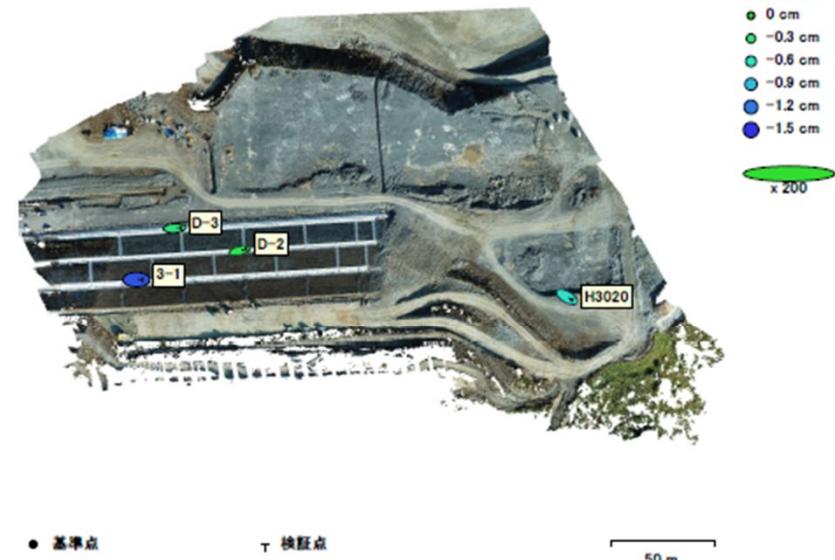
▶レポートについて

出来形計測 点群データ



出来形計測の場合
XYZ誤差は±5cm以内

地上基準点



項目.3. GCP位置と誤差の推定値.
Z エラーは楕円の色、X Y エラーは楕円の形状によって表現されます。
GCPの推定位置はドット或いは十文字でマークされます。

個数	X 誤差 (cm)	Y 誤差 (cm)	Z 誤差 (cm)	XY 誤差 (cm)	合計 (cm)
4	3.00721	0.854316	0.775988	3.12621	3.22107

テーブル 3. 検証点のRMSE.

GLS-2200シリーズ



工種拡大するi-Construction
活躍の場が広がる3D計測

正確な3D点群データで高精度面管理を実現！

- ▶ 器械点・後視点法/後方交会法での計測が可能
- ▶ 360°プリズム対応、長距離ターゲットスキャン
- ▶ 面精度が1mmに向上
- ▶ HDR撮影でくっきり3D点群データ生成
- ▶ 敏速サポート可能な純国産レーザースキャナー

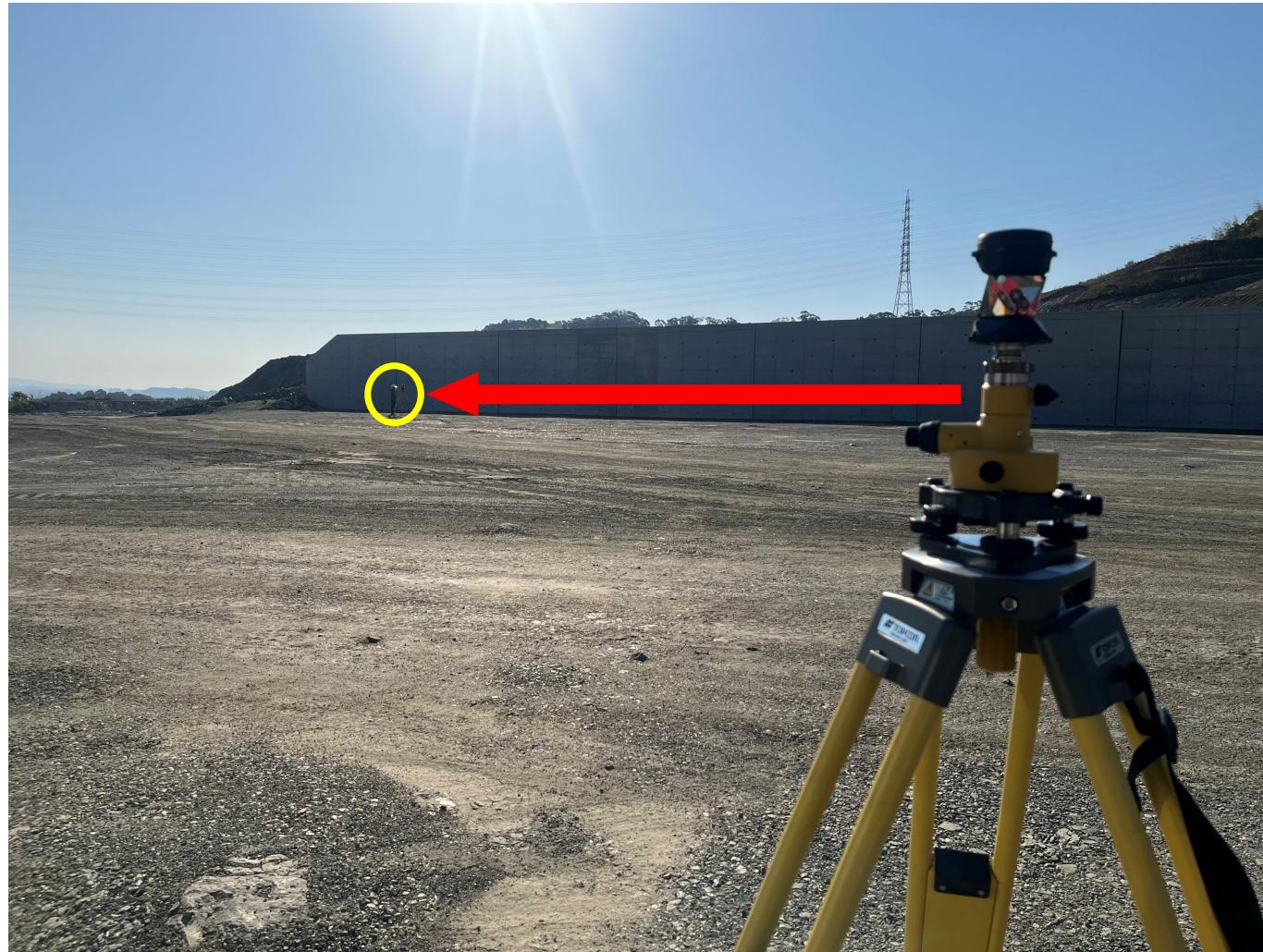
*MAGNET Collageで解析した場合

NETIS

3Dテクノロジーを用いた計測
及び誘導システム
登録番号:KT-170034-A

長距離ターゲットスキャン

SHINSHIN



200m先でも
後視点スキャナや
後方交会
が可能

広域現場でも、ターゲット移動の
回数が格段に減り、
作業量が大幅減少！

360°プリズム対応

SHINSHIN



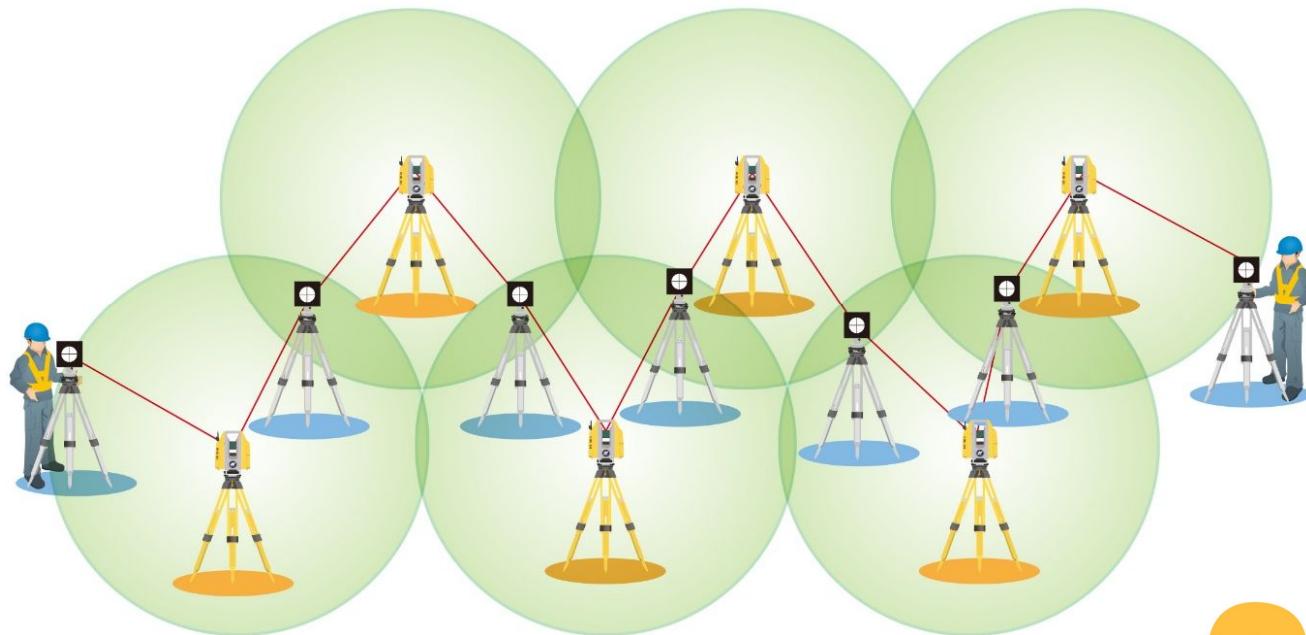
360°
プリズム対応
どこからでも
ターゲットスキャン

器械点移動の際にプリズム
の向きを変更することなく
すぐに測定開始ができます！

360°プリズム対応長距離ターゲットスキャン

SHINSHIN

▶従来のターゲットスキャンによる後方交会



(ユーザーの声) 器械移動ごとに、ターゲットを何度も移動させ、しかも、ターゲット板を器械方向に都度正対する必要があり非常に手間でした。

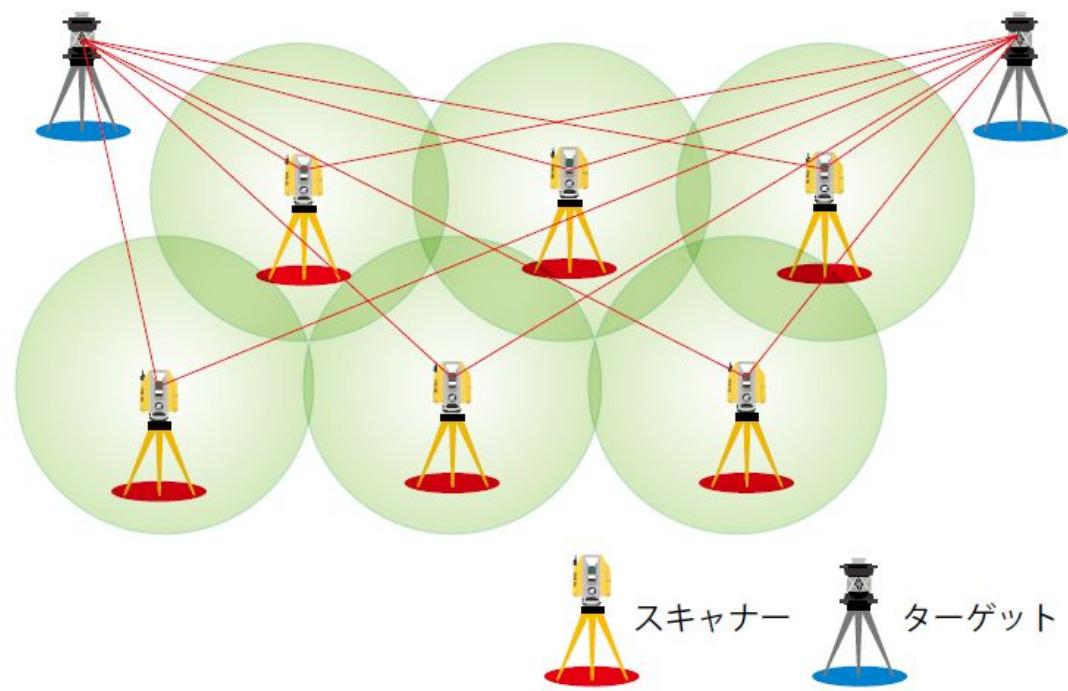


機械移動の際に
ターゲット版の方向を
変えないといけない。
作業手間。

360°プリズム対応長距離ターゲットスキャン

SHINSHIN

▶長距離ターゲットスキャンによる後方交会



最長200m先の360°プリズムのターゲットスキャンにより
ターゲット移動回数が格段に減り、プリズムの向きを変更
することなく器械を移動してすぐに計測ができます。

360°
プリズム対応
どこからでも
ターゲットスキャン

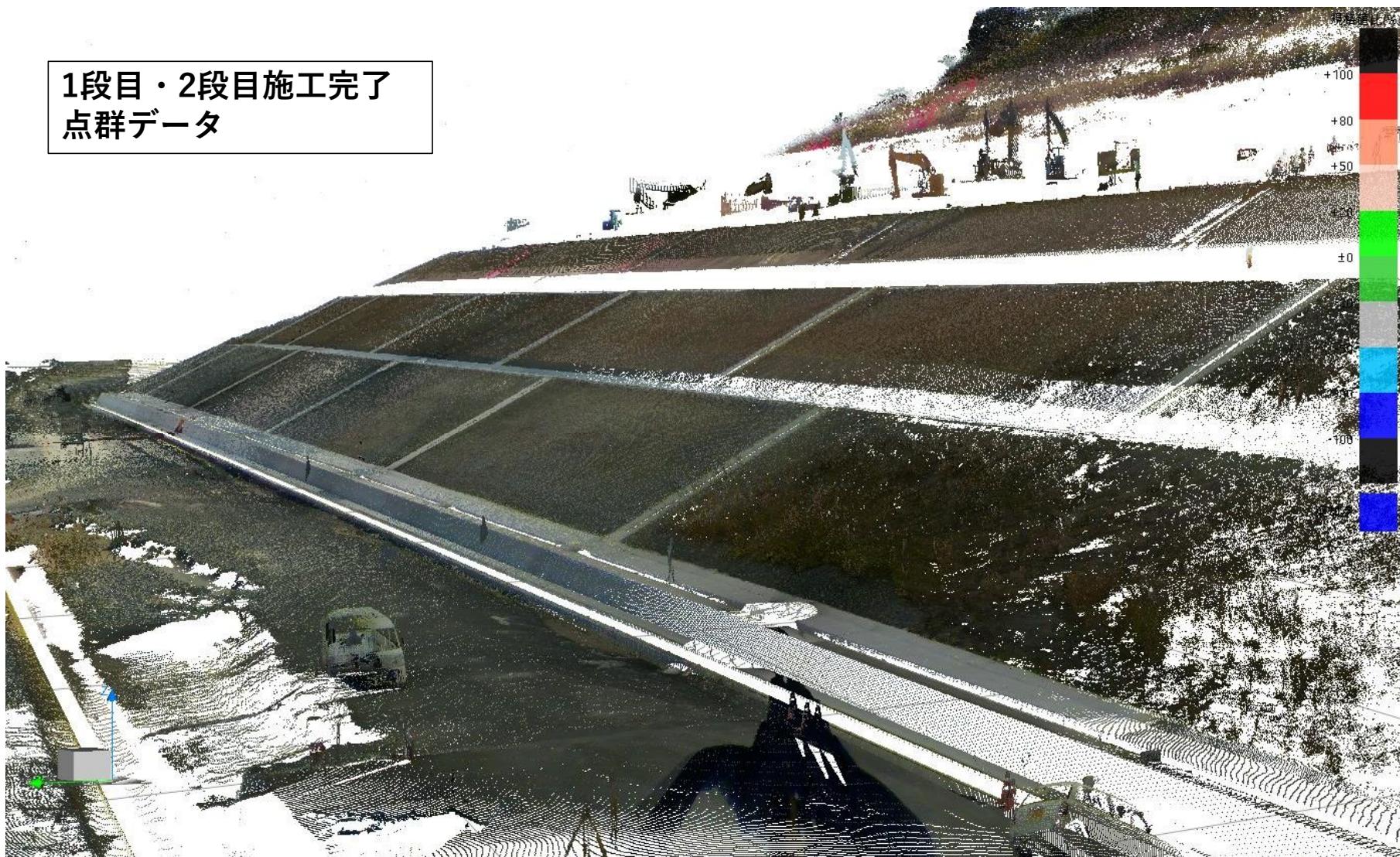


器械点移動の際にプリズム
の向きを変更することなく
すぐに測定開始ができます！

地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

SHINSHIN

1段目・2段目施工完了
点群データ



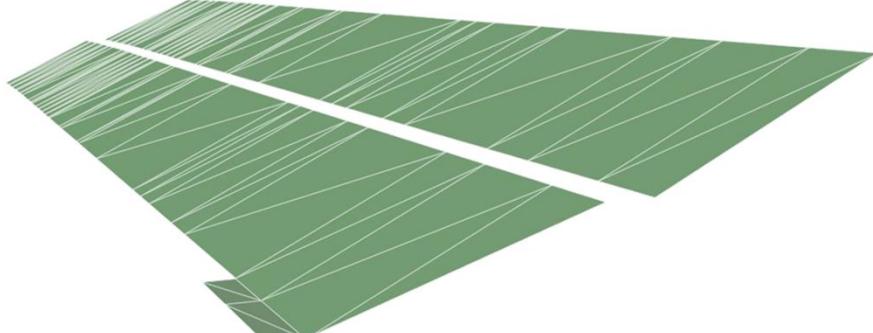
地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

SHINSHIN

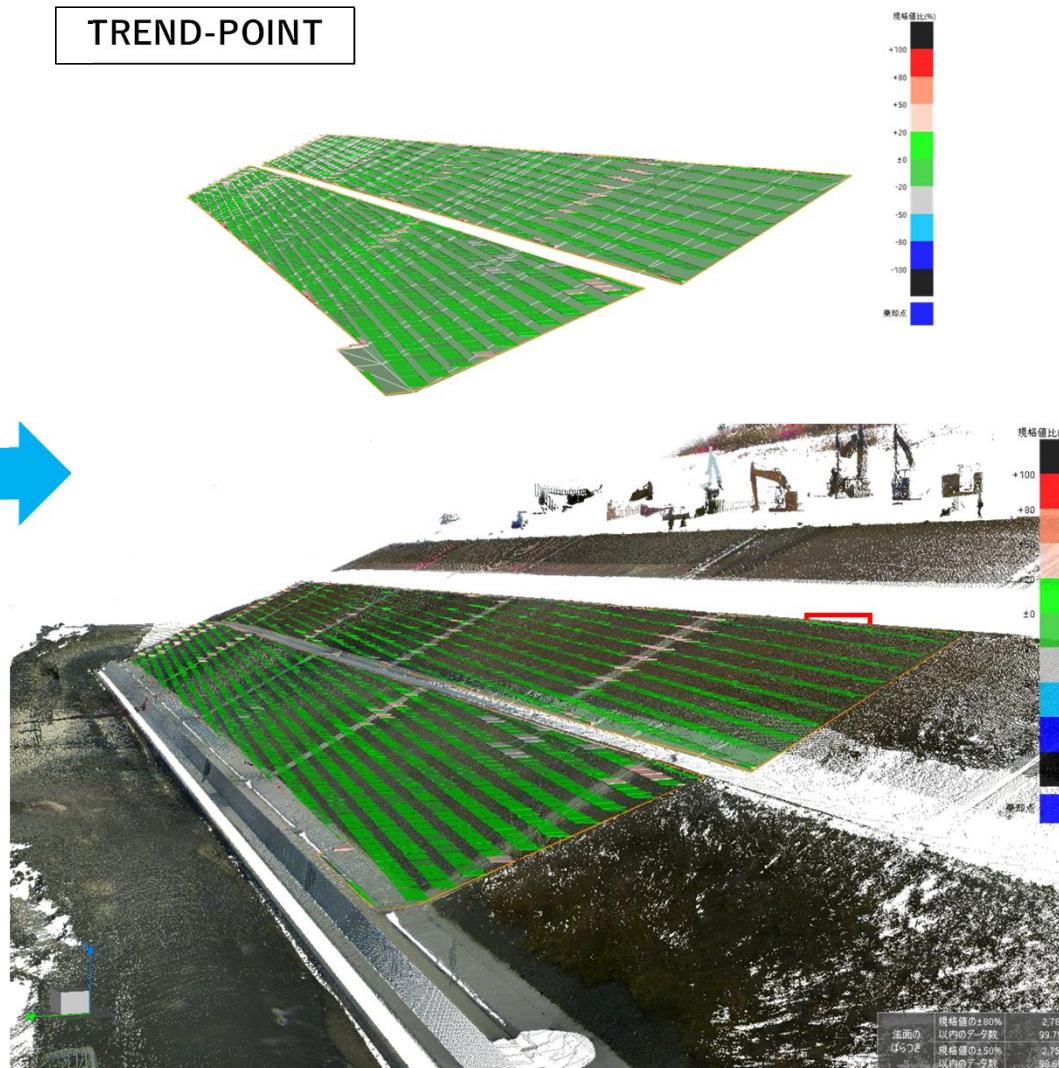
3D点群データ



設計データ



TREND-POINT



地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

SHINSHIN

出来形合否判定総括表

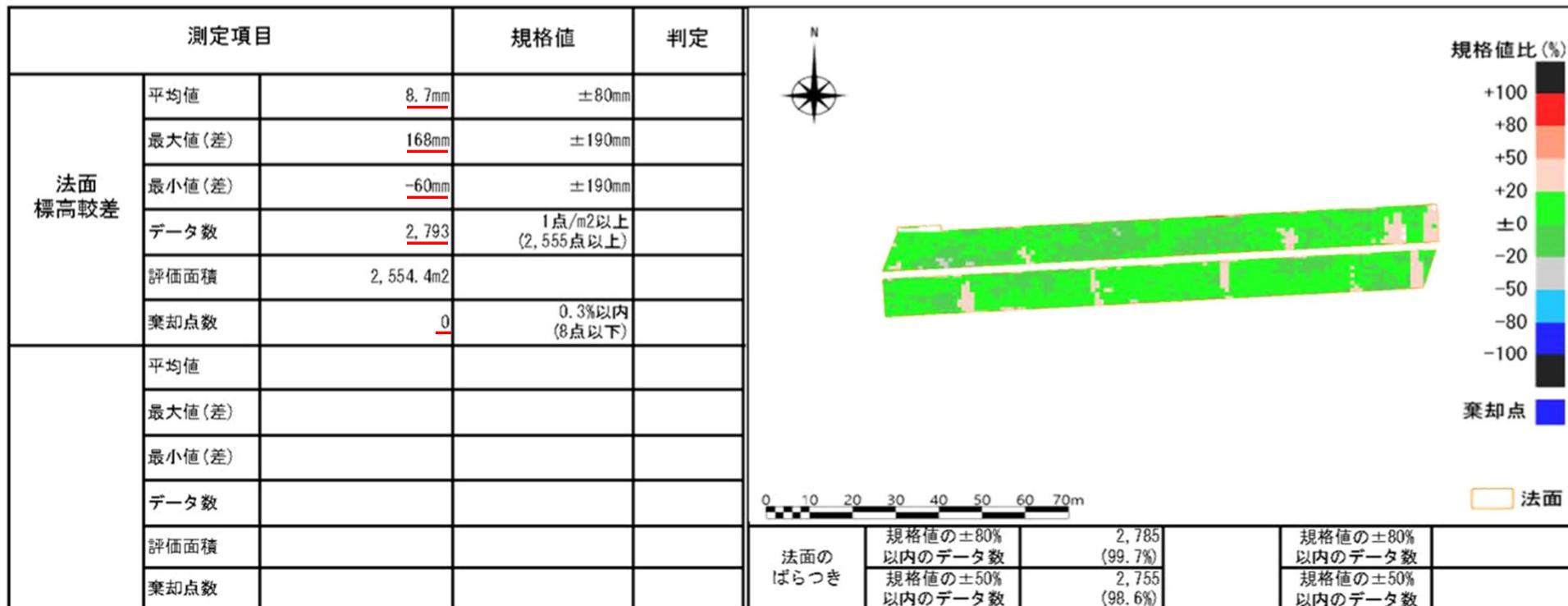
工種 道路土工

種別 路体盛土工

測点

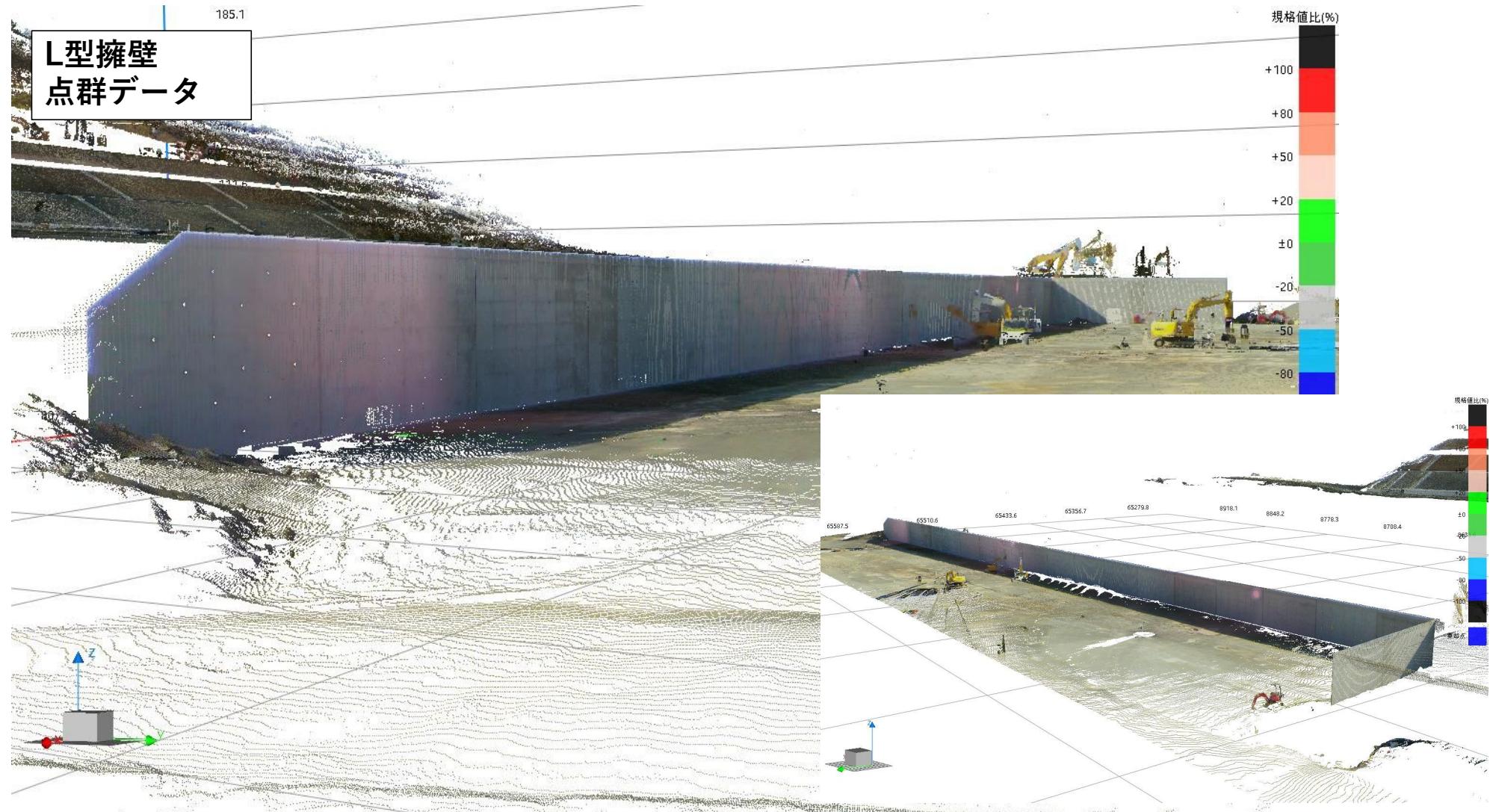
合否判定結果

合格



地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

SHINSHIN



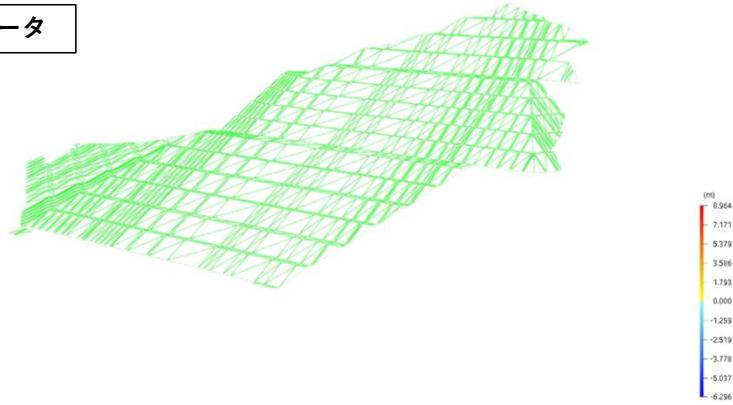
▶ 土量計算

→ 点群データと設計データを使用し、土量計算も可能

起工測量点群データ

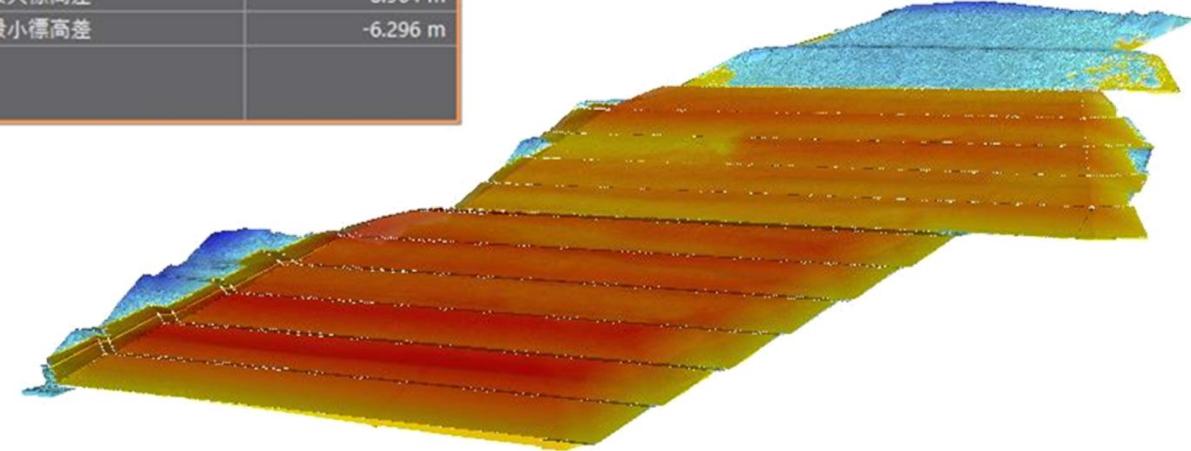


設計データ



A screenshot of a software interface for calculating excavation volumes. The interface includes a date range selector (2021年10月22日 11時35分 to 2021年11月16日 13時11分), a domain name (三角網領域1), and a summary table with the following data:

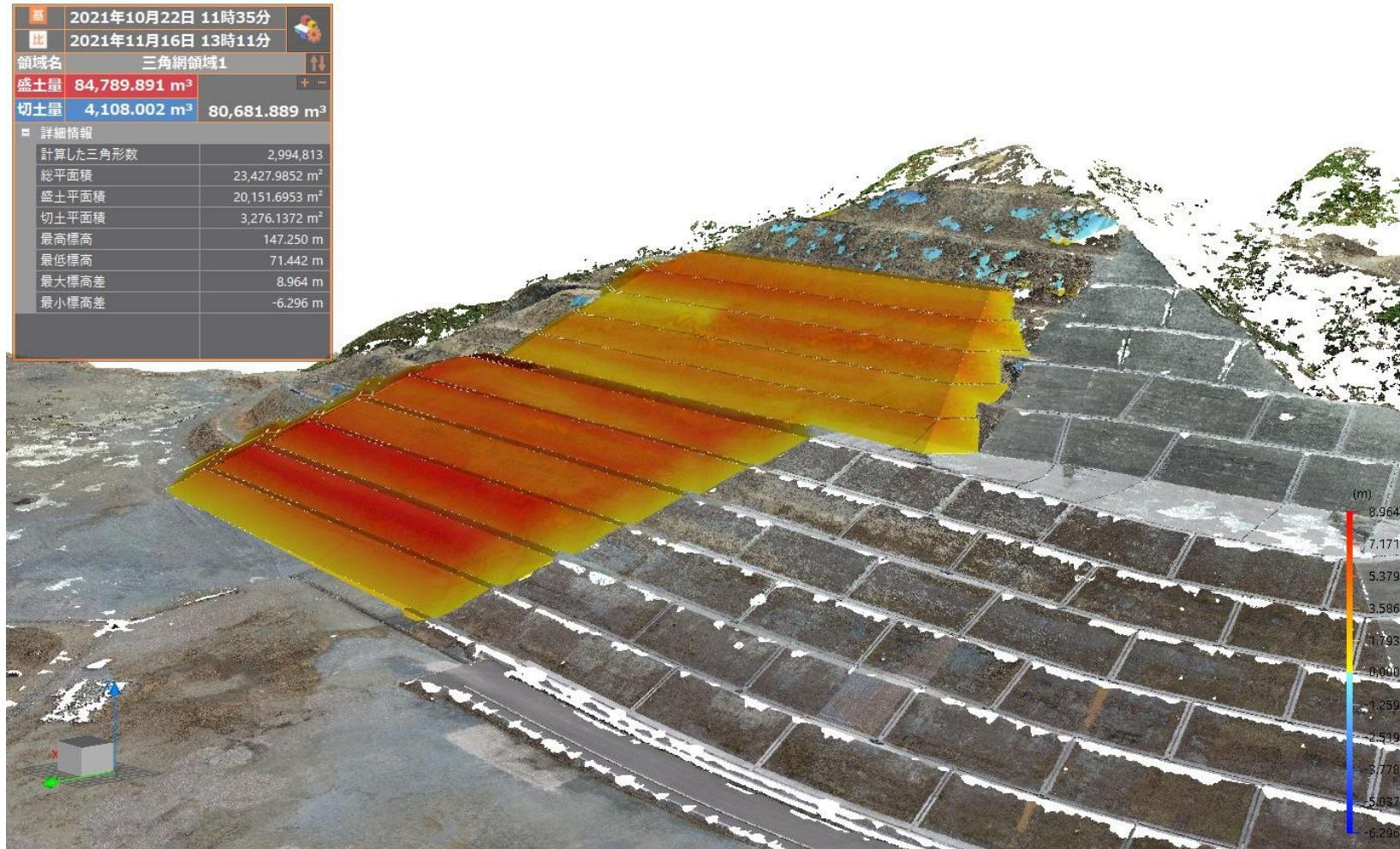
盛土量	84,789.891 m ³
切土量	4,108.002 m ³
■ 詳細情報	
計算した三角形数	2,994,813
総平面積	23,427.9852 m ²
盛土平面積	20,151.6953 m ²
切土平面積	3,276.1372 m ²
最高標高	147.250 m
最低標高	71.442 m
最大標高差	8.964 m
最小標高差	-6.296 m



空中写真測量・地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理

SHINSHIN

▶ 土量計算



最後に

SHINSHIN

