

3D点群の概要と活用事例



1. 3D点群データについて

2. 3D点群データの活用事例

3. レーザースキャナーのご紹介

4.まとめ

1. 3D活用と点群について

2. 3D点群データの活用事例

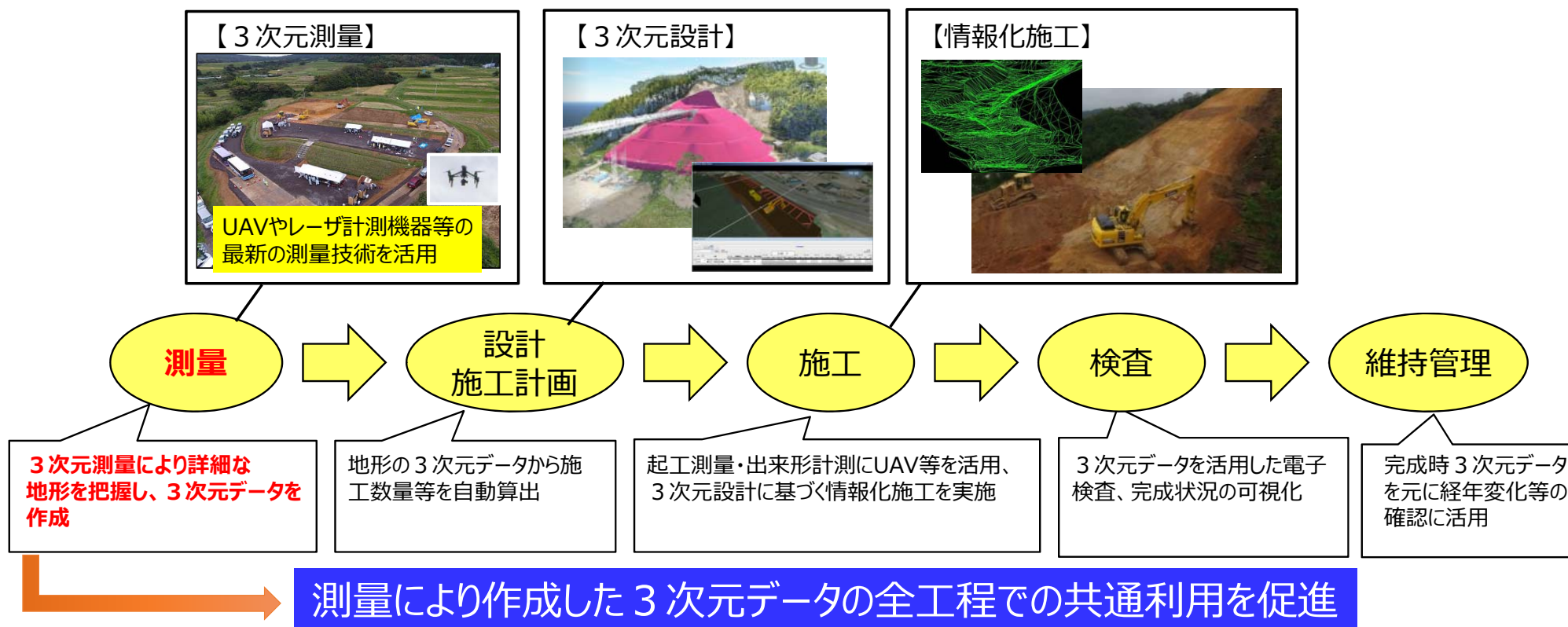
3. レーザースキャナーのご紹介

4. まとめ

1-1 3D業務の背景

・ i-Constructionの推進

<i-Constructionによる工事（ICT土工）を適用する場合の一般的な作業の流れ>



1-1 3D業務の背景

i-Constructionの推進

i-Construction推進に向けたロードマップ

○全ての建設生産プロセスでICTや3次元データ等を活用し、2025年までに建設現場の生産性2割向上を目指す。
 ○建設現場の生産性向上に資する「i-Construction」を着実に進めるため、以下の取組を推進する。

		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023~2025	
3Dデータの利活用	調査・測量・設計	○3Dデータ利活用方針の策定	○3Dデータ利活用ルールの整備	○オープンデータ化に必要な環境整備	○オープンデータ化				
		○実施要領の改訂・マニュアルの策定	○オンライン電子納品やクラウド等を活用した情報共有システムの試行、機能要件整理	○オンライン電子納品やクラウド等を活用した情報共有システムの開発	○運用開始				
	施工管理	○橋梁及び土工において3Dデータの標準的な仕様策定	○3D測量の拡大	○トンネル、ダム、河川構造物において3Dデータの標準的な仕様策定	○試行結果等を踏まえた改定	○数量の自動算出方法の整備	○地形測量の実装化	○原則すべての工事で3Dデータの適用	
		○大規模構造物の詳細設計における3D設計の原則対象	○ICT土工の全面展開(全ての土工工事をICT施工対象化)	○ICT舗装(コンクリート舗装)工の本格導入	○ICT基礎工(河川)の本格導入				
		○ICT土工の積算基準改定	○ICT舗装工の導入	○ICT基礎工(河川)の拡大検討(新たな施工管理技術の検証等)	○ICT基礎工(河川)の拡大検討(新たな施工管理技術の検証等)	○ICT基礎工(港湾・測量)の導入			
	施工	○ICT基礎工(港湾)の導入	○ICT基礎工(港湾・施工部分)の試行工事の実施(各種要領の整備)	○ICT基礎工・ICTブロック据付工(港湾)の試行工事の実施(各種要領の整備)	○試行工事の実施(各種要領の検証・改定)	○試行工事の実施(各種要領の検証・改定)	○ICT基礎工(港湾・施工部分)の本格運用	○ICT基礎工・ICTブロック据付工(港湾)の本格運用	
		○建築分野(営繕)への拡大検討(電子納品要領・運用ガイドラインの改定)	○建築分野(営繕)への拡大(BIMガイドラインの改定、直轄工事でのBIM活用)	○建築分野(営繕)への拡大	○本運用開始	○基準類の撤廃・改善	○品質管理基準等の改定		
監督検査	○合理化モデル工事の試行	○試行工事の拡大、検証・評価	○監督・検査基準の検証、改訂案作成	○品質管理基準等の改定					
維持管理		○3D・4Dデータと現地データ等の分析による品質管理技術の確立(ダム、橋梁、トンネル、土工毎の技術開発、現場実装によるデータ収集)	○ICT法面処理工の試行、出来形管理基準等の基準類の整備	○修繕工事へのICTの導入拡大					
現場施工の効率化		○3次元成果品納品マニュアルの策定	○点検記録支援ロボット用AIの開発						
現場施工の効率化	○橋梁部材のプレキャスト化ガイドライン策定	○埋設型枠・フレブ鉄筋のガイドライン策定	○土木構造物設計ガイドラインの改訂	○土木構造物設計「マニュアル」	○新技術の標準化				
	○大型・ハーフプレキャストの拡大	○工期短縮、安全性の向上等の評価手法の検討	○大型・ハーフプレキャストの拡大	○「手引き」改訂	○JIS等基準改定協議	○JIS等基準改定			
施工時期の平準化	○2か年国債及び当初予算における「ゼロ国債」の活用一合計 約2,900億円	○2か年国債及び当初予算における「ゼロ国債」の活用一合計 約3,100億円	○国債の更なる活用等により4~6月の工事稼働率を向上	○発注見通しの統合・公表の参加団体拡大(H29.3時点:約500団体参加(約40%))	○発注見通しの統合・公表の参加団体拡大(H30.5時点:約1070団体参加(約54%))				
オープンデータ化によるオープンイノベーション			○インフラ・データプラットフォームの構築	○施設管理者、研究機関、IoT、AIベンチャー等が連携するオープンイノベーションによる新技術、新材料、新工法の導入					
官民連携の体制強化	○現場ニーズと技術シーズのマッチング→5件決定	○i-Construction大賞の創設	○現場ニーズと技術シーズのマッチングの継続実施(地方整備局等でも実施)→11件決定(2018年5月)	○i-Construction大賞の拡大	○海外標準の動向把握(国際土木委員会との連携)				
		○国際土木委員会の設立							

新3K(給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる)の魅力ある建設現場を実現
 Society5.0を支えるインフラマネジメントシステムの構築

1-1 3D業務の背景

3次元計測技術を用いた出来形管理活用手引き (案)
国土交通省 令和4年12月 <抜粋>

3. 3次元計測技術の概要

国土交通省 関東地方整備局

○3次元計測技術の一覧

本手引き(案)で対象とする3次元計測技術には以下のものがある。

表3-1-1 3次元計測技術一覧

①空中写真測量 (UAV) 標準歩掛有	②地上型レーザースカナー (TLS) 標準歩掛有	③地上移動体搭載型レーザースカナー (MLS)	④無人航空機搭載型レーザースカナー (UAVレーザー) 標準歩掛有
⑤TSノンプリズム方式 (NTS)	⑥TS等光波方式	⑦RTK-GNSS ※GNSSレシーバー (電量測定)	⑧施工履歴データ ※ICT建機施工
⑨地上写真測量	⑩音響測深機器	⑪モバイル端末を用いた3次元計測技術	

1-10

⑪モバイル端末を用いた計測

国土交通省 関東地方整備局

○計測手法の概要

モバイル端末に搭載されているLiDAR等のセンサーにより3次元点群データを生成する手法。計測で得られた3次元点群データを、計測対象と重ねてリアルタイムに確認が可能。

○適用工種
土工1000m³未満

○機器構成

- ・モバイル端末
- ・GNSSレシーバー
- ・メーカー専用のデータ処理ソフトウェア
- ・3次元設計データ作成ソフトウェア
- ・点群処理ソフトウェア
- ・出来高算出ソフトウェア
- ・出来形帳票作成ソフトウェア

特徴・留意事項

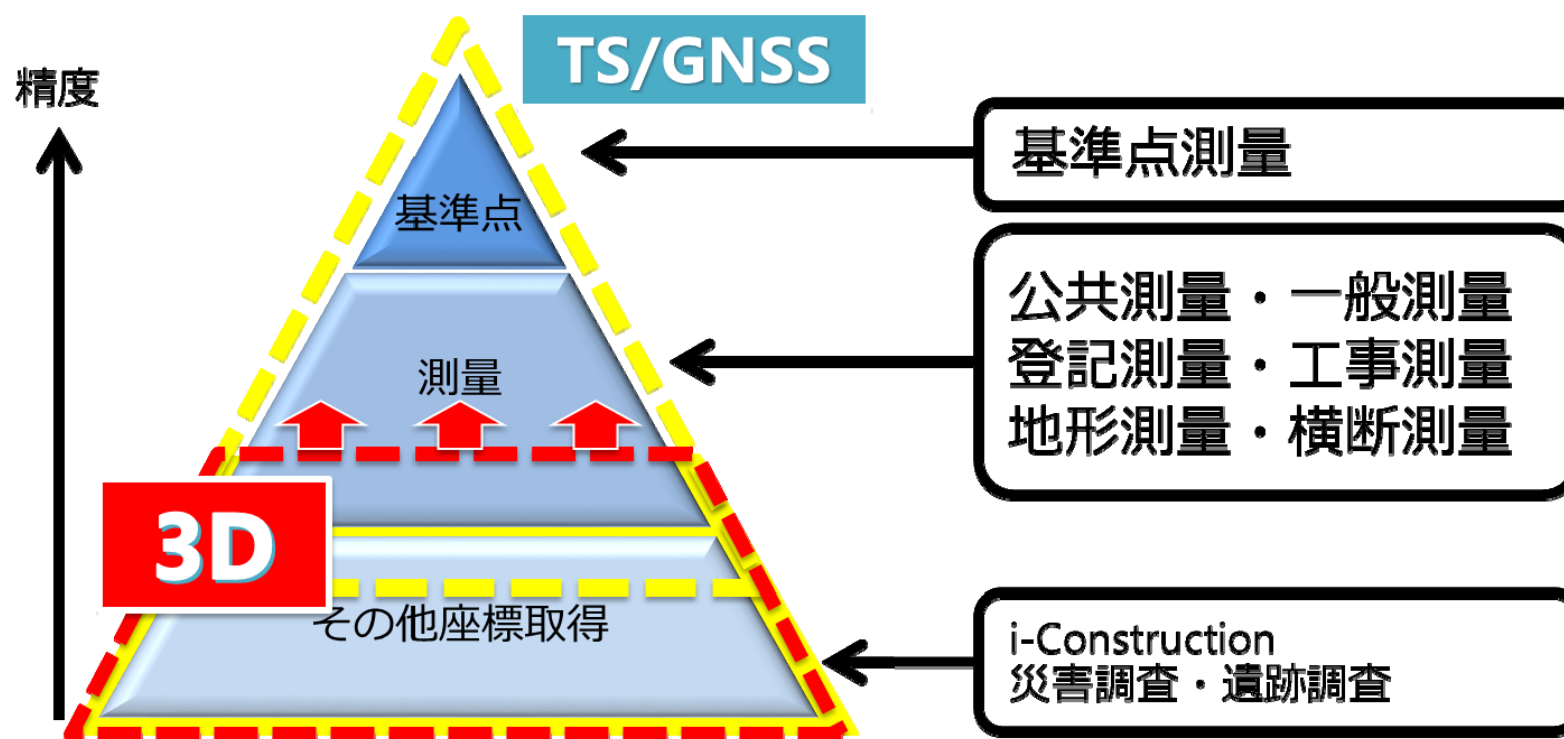
- ・低コストで、且つ短時間で点群データが取得可能
- ・狭い範囲の計測に適用可能(土工1,000m³未満の小規模現場での計測に有効)
- ・モバイル端末等により1人で計測が可能
- ・高圧線等による電波障害が予想されるなどGNSS測位ができないエリアでは測量できない
- ・地表面に植物が繁茂している場合は、計測前に伐採が必要
- ・計測範囲が限られるため広範囲の現場には適さない(5m程度)
- ・計測後のデータ処理に時間を要する
- ・計測面が濡れているとレーザーが反射されないため計測できない
- ・適用可能な工種が限定的

1-22

1-1 3D業務の背景

測量の階層的構造

測量の階層的構造



1-2 3D点群の基本

3Dレーザーキャナとは？

3Dレーザーキャナとは、ノンプリズムトータルステーションと同様に、測距、測角により三次元座標と反射強度を測定する機能を有し、測距光を高速で走査することで高密度な三次元計測データを短時間で取得する測量機です。



各メーカーの地上型レーザーキャナ



車載型レーザーキャナー (MMS)



UAV搭載型レーザーキャナー

1-2 3D点群の基本

3Dレーザースキャナとは？

- 3次元座標
- 反射光量強度
- 色情報（RGB）
- 画像

- ・ 精密かつ迅速に3次元の形状を把握
- ・ 視点を変えてのビューが可能
- ・ データの劣化がない
- ・ 設計データなど重ねてシミュレーションが可能



実際のデータへ

1-2 3D点群の基本

単点としてのポイントの観測の重要性（必要性）

・現場の3次元形状とイメージをデータとして取得可能

- ▶ 地権者へ現場状況を伝えるのが容易
- ▶ 様々に視点を変えて、現場の状況を閲覧可能

・高い観測技術/経験値が不要でもデータ取得可能

- ▶ TS等では観測できない細部も観測可能
- ▶ 現場の状況を詳細の3次元点群でスキャンするのみ

・トータルステーションと比較して観測経験値が不要

- ▶ 細部まで3次元点群でスキャン可能（ミラー設置不要）
- ▶ 広範囲の形状をスキャンするだけ
- ▶ 観測時間を削減できる（現場コストの削減）



対象現場 東側からの視点

対象現場 西側からの視点



複雑な形状の描写も
3次元点群では可能

1-2 3D点群の基本

・ 3Dレーザースキャナの留意点

・ トータルステーションのようにピンポイントは計測できない

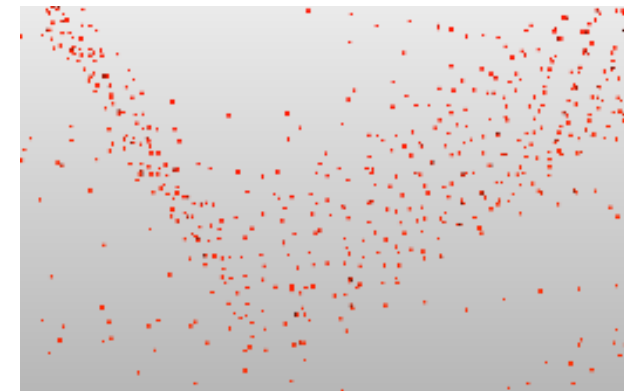
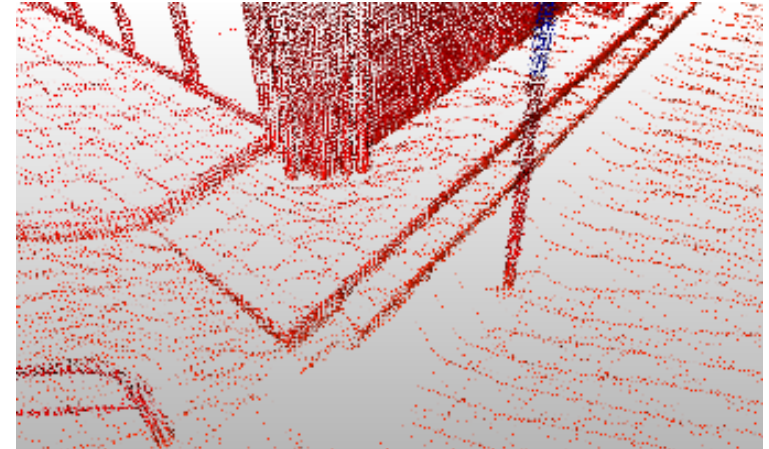
- ▶ 境界点などの限定した『単点』の計測は出来ない
- ▶ トータルステーションのプリズム観測より精度は劣る

・ 遮蔽物の後ろ側は観測不可

- ▶ ノンプリズムと同様の観測方法なので遮蔽物の後ろ側が観測できない
- ▶ 遮蔽部をスキャンするには、器械点移動が必須



塀で遮蔽された部分のデータは無い



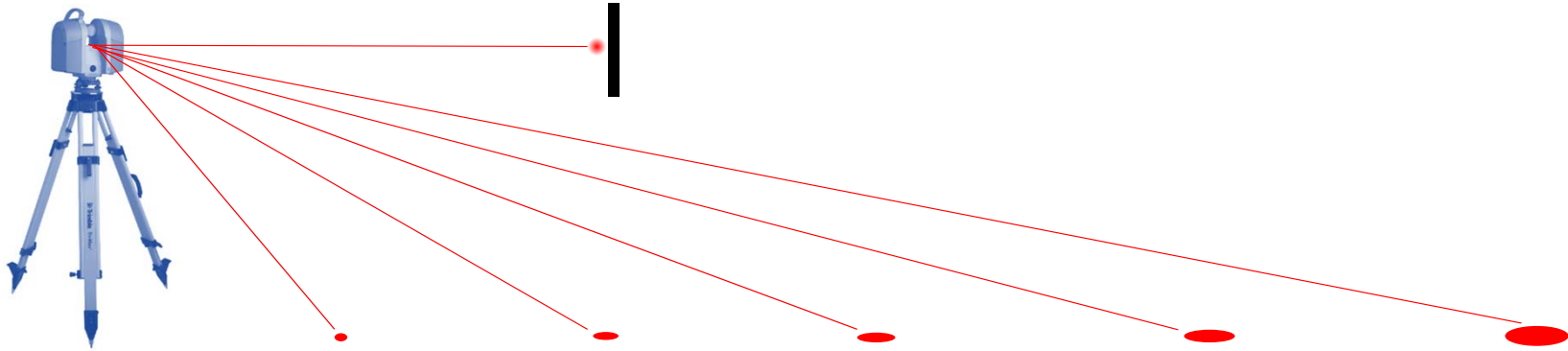
点群間隔は、5～10mm程度

1-2 3D点群の基本

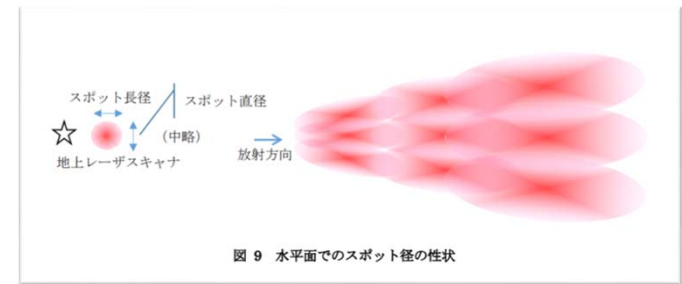
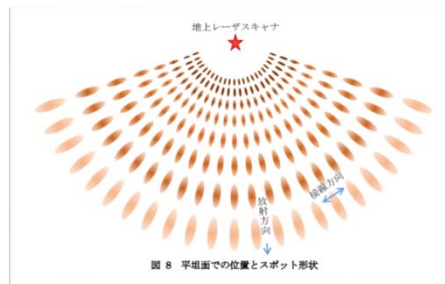
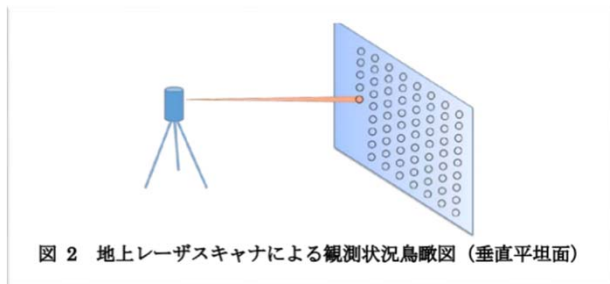
・ 3Dレーザースキャナの留意点

◆ **特性** : TS(プリズム観測) よりも精度的に劣る。

→地形と観測する際などはTSノンプリ測距と同様、薄い角度が苦手



地上レーザースキャナを用いた公共測量マニュアル（案）より



以上の **特性** を考慮すると・・・、
確実に押さえておきたい重要な「現況点・変化点」は、
TSを使って**補測**の観測が必要な場合がある。



1. 3D点群データについて

2. 3D点群データの活用事例

3. 3D計測機器利用現場

4.最新型レーザースキャナーのご紹介

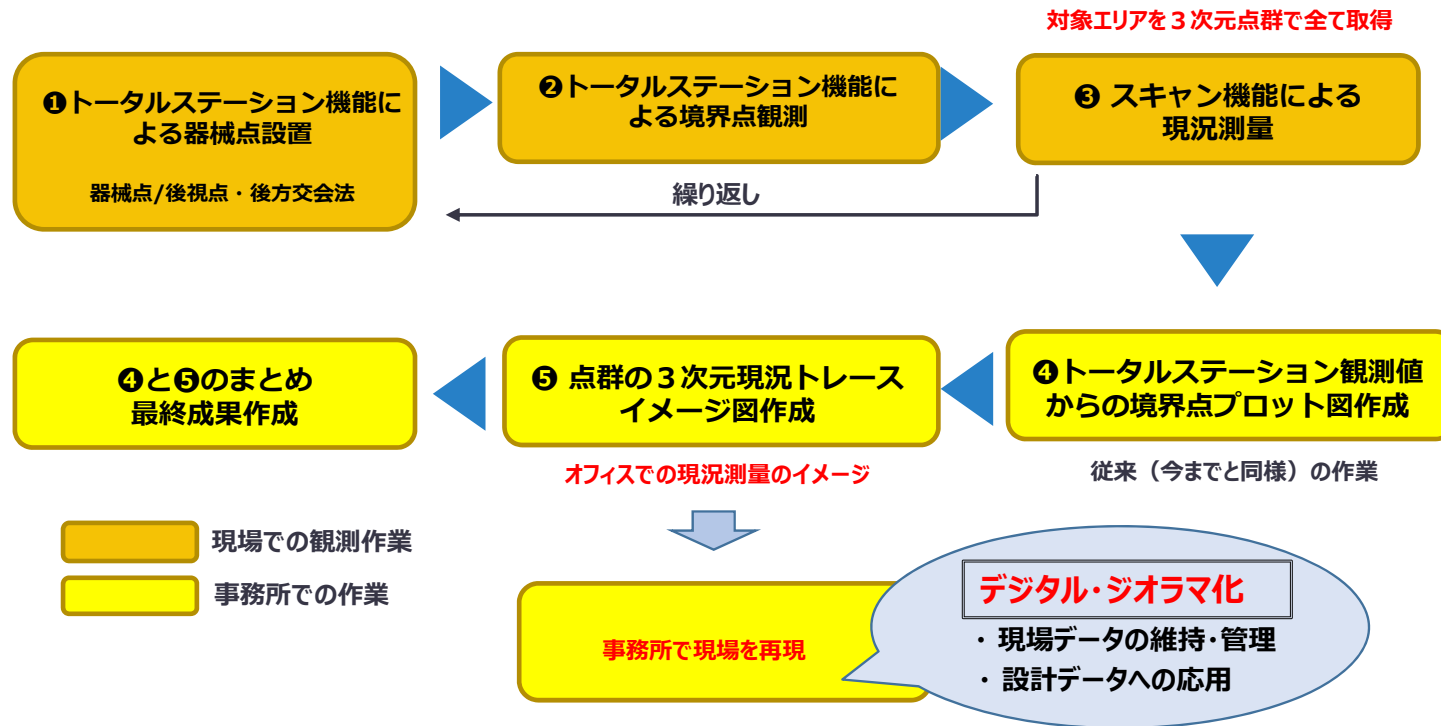
5.まとめ

2. 3D点群データの活用事例

- ・ お客様事例（背景）
- ・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例
- ・ スキャニングトータルステーションによる住宅密集地の計測例
 - 外業：ハイブリット3Dレーザースキャナー計測
 - 内業：3D点群取込⇒自動分類⇒メッシュ作成⇒土量計算⇒CADトレース
- ・ iPhoneLiDARを使用した3D補備補備データ取得参考事例

2. 3D点群データの活用事例

・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例



・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

外業：ハイブリット3Dレーザースキャナー計測

現場の状況



住宅メーカー様に依頼され、民家の三次元計測と、境界点の観測を行いました。

また、住宅メーカーの方から、この民家の敷地には急傾斜地が存在し、その部分を埋め立てた場合、有効敷地面積がどれほど増えるのか？そして、埋め立てに必要な土量はどれくらい必要になるかを算出してほしいとの要望がありました。



敷地の一部が急傾斜となっている。
この部分を埋め立てた場合の有効式地面積と、埋め立てに必要な土量を点群データを基に算出します。

・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

外業：ハイブリット3Dレーザースキャナー計測

現場の状況

まず初めに、トータルステーション機能を使用し、突き出し点の観測を行い、民家の敷地内に器械を設置するポイントを作成し、計測を行いました。

現場：横浜の住宅密集地

器械設置点：8点

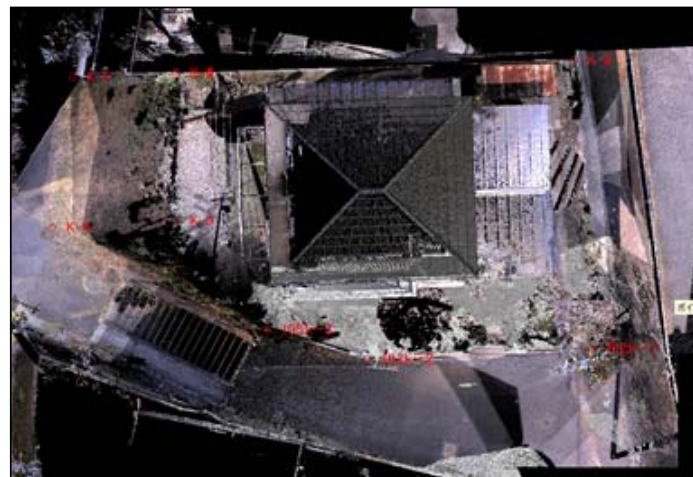
観測時間：AM10：00～PM15：00（休憩：1時間）

観測内容：民家と周りの三次元計測
境界点の観測

取得点群数：4000万点



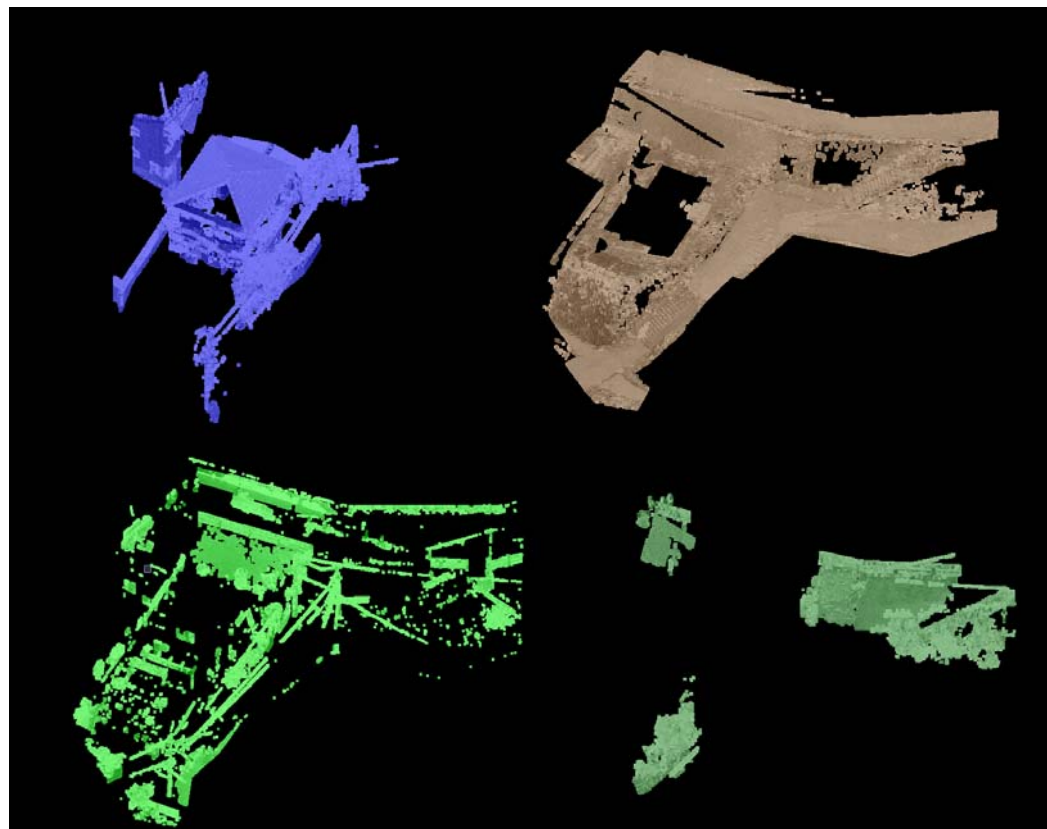
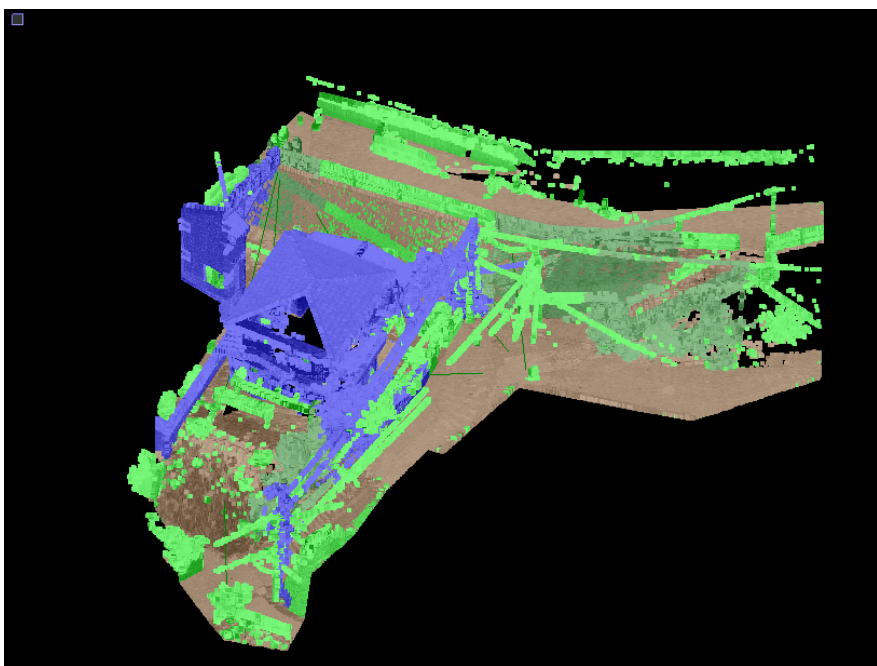
器械設置ポイント-民家と民家の間



境界点の観測結果

・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

内業：3D点群取込⇒自動分類⇒メッシュ作成⇒土量計算⇒CADトレース



・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

内業：3D点群取込⇒自動分類⇒**メッシュ作成⇒土量計算**⇒CADトレース

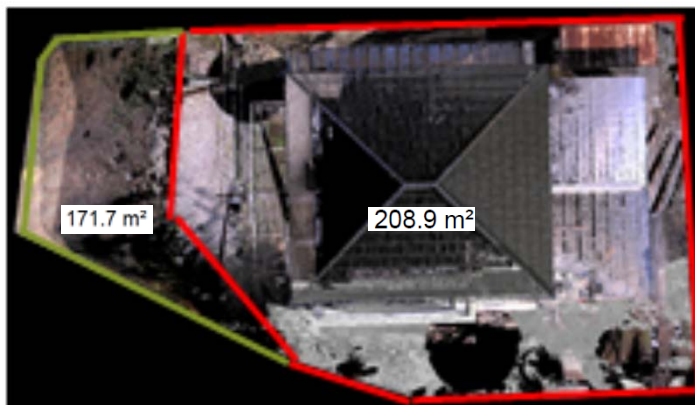
点群処理・成果作成②

有効敷地面積の算出

赤枠内をメッシュデータに変換し
現在使用している有効敷地面積を計測

そして、緑枠と赤枠に点群をメッシュデータに変換し、
埋め立て後の(有効敷地面積を算出

その結果、有効敷地面積が、37㎡増加する



埋め立てに必要な土量の算出

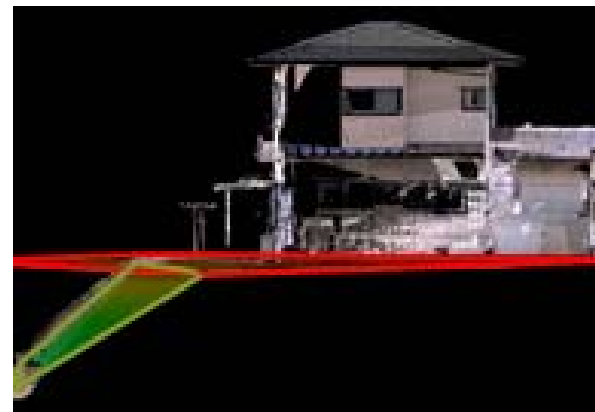
赤枠の埋め立て後のメッシュデータと、青枠の斜面のメッシュデータを比較し、埋め立てに必要な土量を算出します。

その結果、埋め立てに必要な土量は、

切土：0.0

盛土：79.5

ということがわかりました。



・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

内業：3D点群取込⇒自動分類⇒メッシュ作成⇒**土量計算**⇒CADトレース

土量計算

土量計算書

作成日: 2019/05/13 13:35:18

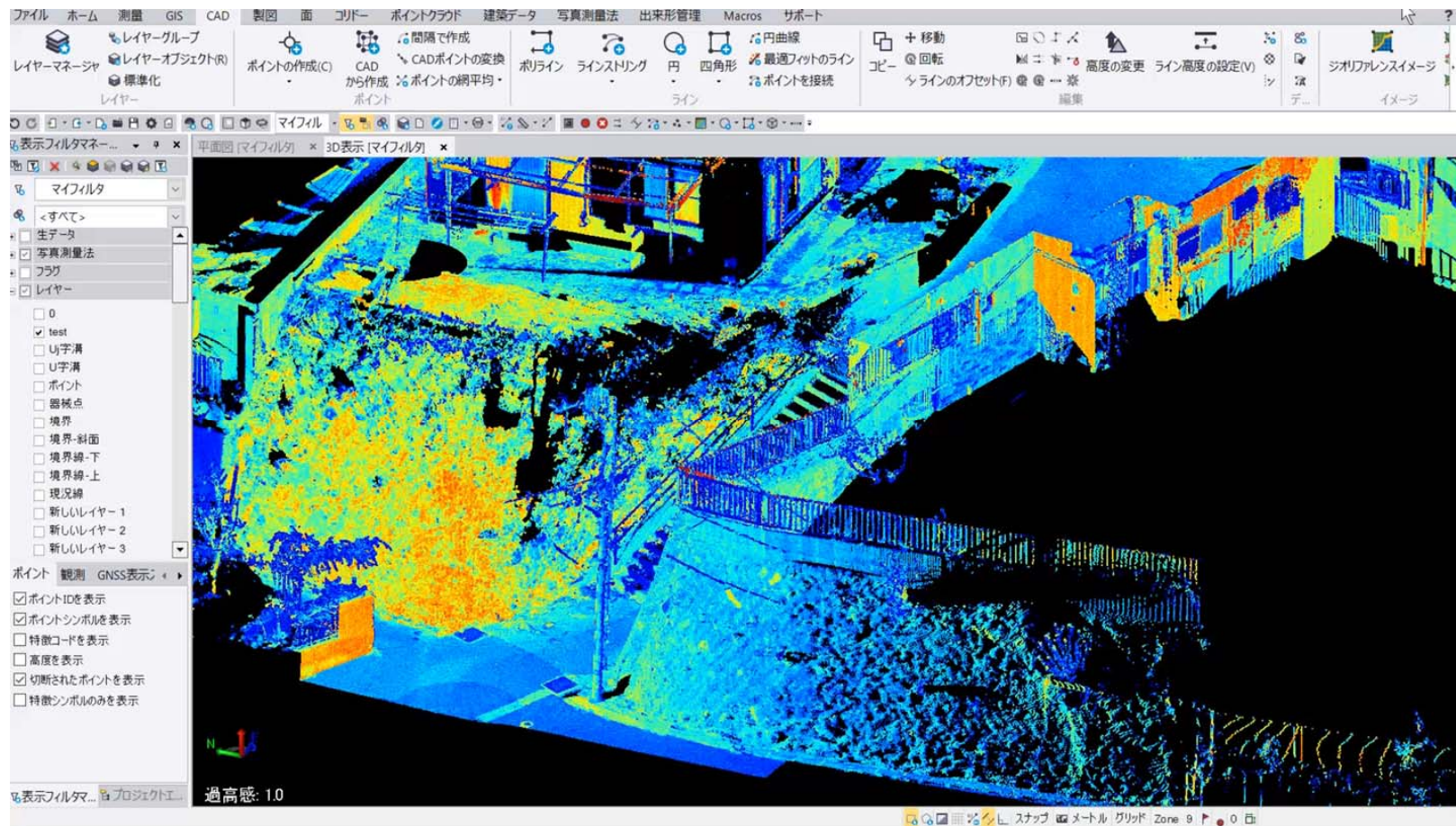
初期面:	土地全体 (埋め立て前)
最終面:	土地全体 (埋め立て後)
評価面積:	208.9
計算方法:	TIN 分割法
切り土:	0.0
盛り土:	86.9
切り盛りの差分:	86.9
最大標高差:	
最低標高差:	
平均標高差:	0.416

土量計算書(埋め立て前と埋め立て後)



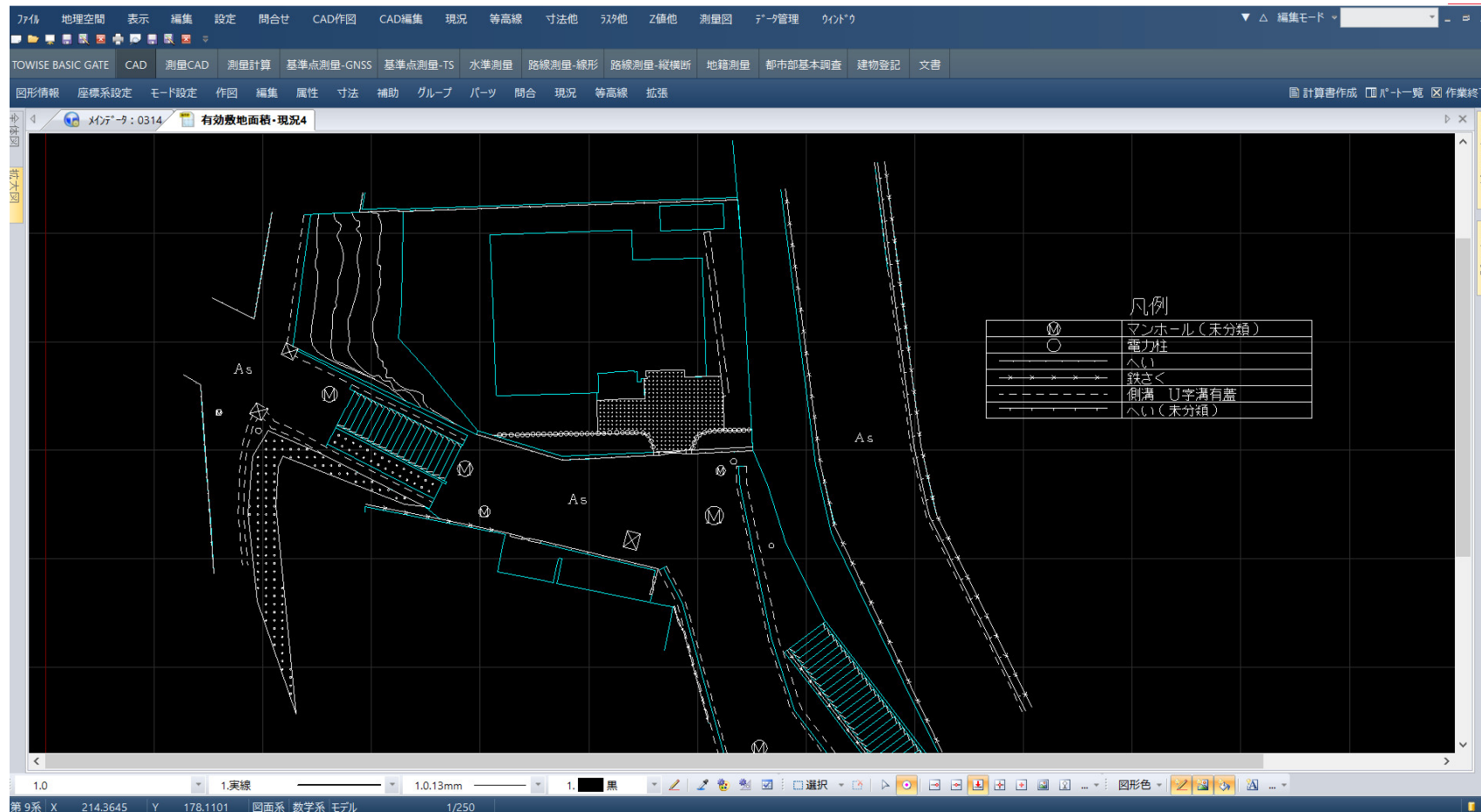
・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

内業：3D点群取込⇒自動分類⇒メッシュ作成⇒土量計算⇒CADトレース



・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

内業：3D点群取込⇒自動分類⇒メッシュ作成⇒土量計算⇒**CADトレース**

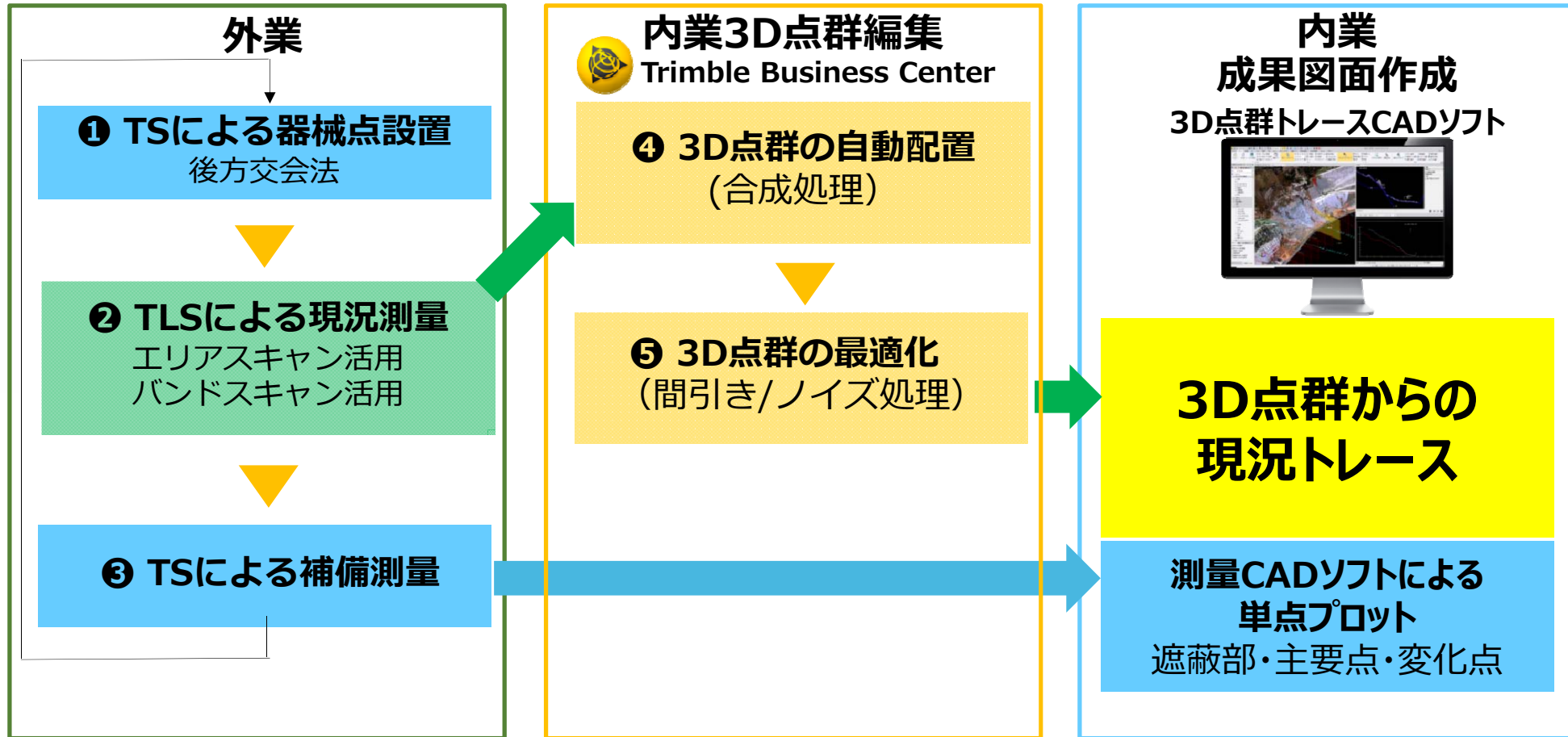


・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

ハイブリット型3Dレーザースキャナーを活用したワークフロー

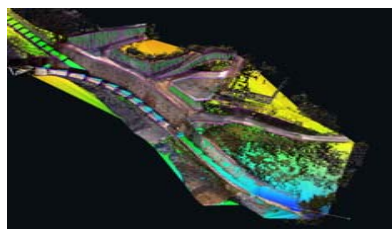
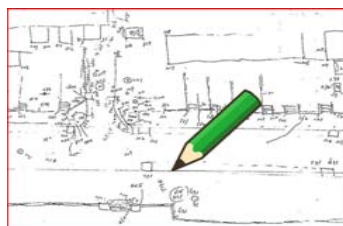


TS/TLS
ハイブリット



・ スキャニングトータルステーションを用いたワークフロー例

3D レーザースキャナーの有効性



- 1) PC上に保存された現場情報を、**いつでも必要な時に活用**できる。
 - ➡ 現地に行かなくても、PC上でトレース作業が可能。
 - ➡ 天候にも左右されることなく、昼夜を問わず作業が可能。
 - ➡ オフィスでも在宅でも作業できる。
- 2) 密度が高い色付き3D点群は、**リアルに現場状況が網羅**されている。
 - ➡ スケッチに頼ることなく、PC上でも十分に現況を把握できる。
 - ➡ TS観測でありがちな「測り忘れ～再測」が生じにくい。
- 3) 『読む図面』から『3D点群で見る・見せる』への **成果変革**
 - ➡ 作業工程における関係者間での認識共有が容易。
 - ➡ お客様に、ビジュアルで分かりやすい資料を提供できる。

- iPhoneLiDARを使用した3D補備測量データ取得参考事例
iPhoneLiDARスキャニング画像



- iPhoneLiDARを使用した3D補備測量データ取得参考事例

iPhoneLiDARで計測した点群



- iPhoneLiDARを使用した3D補備測量データ取得参考事例

地上型レーザースキャナーとiPhoneLiDAR点群合成結果



1. 3D点群データについて

2. 3D点群データの活用事例

3. レーザースキャナーのご紹介

4. まとめ

3. レーザースキャナーのご紹介

各レーザースキャナーの活用分野

TLS (地上型レーザースキャナ)

ハイブリット型TS/レーザースキャナー

- ・ TS観測にて、高精度な測角/測距により、同時に境界点観測
- ・ 遠隔操作にて、ワンマン測量

フルドーム型レーザースキャナー

- ・ 正準不要な任意場所への設置にて、簡易な計測を可能に
- ・ 計測点群データのリアルタイム自動合成



UAV LiDAR (ドローンレーザー)

- ・ 大規模測量
- ・ 災害現場測量



スマホアプリ LiDAR

- ・ 現況観測補備計測、i-Con建設現場にて、出来形・出来高管理計測

・4. 最新型レーザースキャナーのご紹介

3次元測量の迅速に行うTrimble X7



・自動化を極めた、地上型レーザースキャナ

- ▶ 自動整準（最大±10度）/自動キャリブレーション（精度担保）
- ▶ 自動合成機能搭載

・3Dスキャニング機能

- ▶ 1秒間に、50万点/秒の高速スキャンが可能
- ▶ 360度フルドームスキャン（水平）
- ▶ 高感度モード搭載（スキャンしにくい対象物も確実にスキャン）

・イメージャー機能/座標変換

- ▶ アノテーション機能（写真と情報を3次元位置と結び付け）
- ▶ ジオリファレンス機能搭載

・3. 最新型レーザースキャナーのご紹介

Trimble X7を使った現況測量

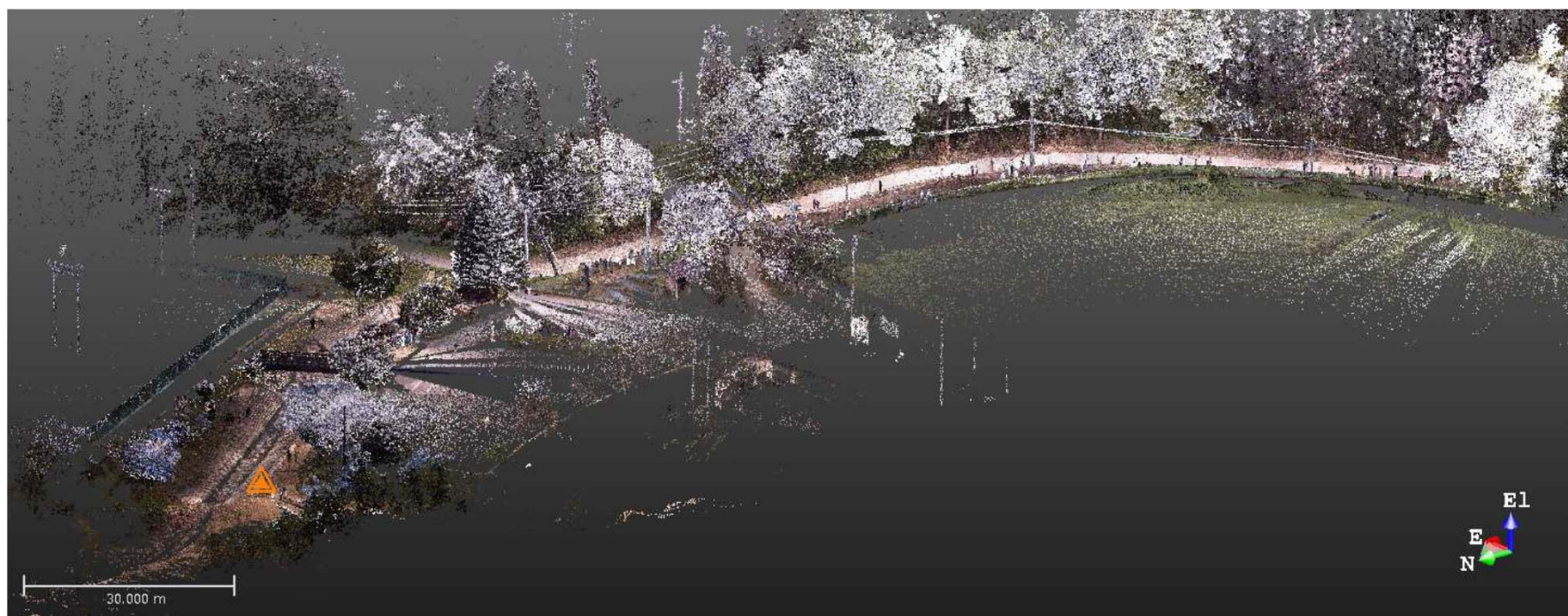
3次元レーザスキャナ機能を用いて、**自動合成**機能を使いながら現場スキャン

・現況測量

- ▶ 現場対象エリアを網羅するように機械設置（任意）
- ▶ 3次元トレースを想定し、十分な点群密度を確保しながらスキャン観測
- ▶ 密度/自動合成/遮蔽などを考慮し、ステーション間は5～10m程度が望ましい
- ▶ タブレットで自動合成された点群を確認しながら、観測を進める（**現場で確認**）
 - 点群密度がトレースに十分か？
 - トレースを行うために、点群の抜けは無いか？（再測防止）
 - 特に座標変換を行う参照点付近の点群密度に注意

・3. 最新型レーザースキャナーのご紹介

Trimble X7 計測データ



1. 3D点群データについて

2. 3D点群データの活用事例

3. レーザースキャナーのご紹介

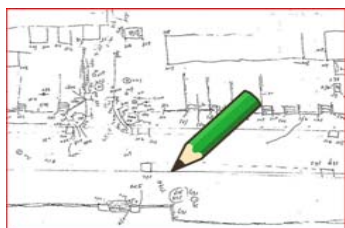
4. まとめ

・4. まとめ：3Dレーザースキャナによるメリット



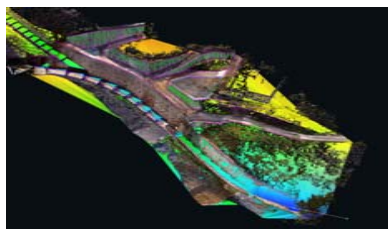
1) PC上に保存された現場情報を、**いつでも必要な時に活用**できる。

- ➡ 現地に行かなくても、PC上でトレース作業が可能。
- ➡ 天候にも左右されることなく、昼夜を問わず作業が可能。
- ➡ オフィスでも在宅でも作業できる。



2) 密度が高い色付き3D点群は、**リアルに現場状況が網羅**されている。

- ➡ スケッチに頼ることなく、PC上でも十分に現況を把握できる。
- ➡ TS観測でありがちな「測り忘れ～再測」が生じにくい。



3) 『読む図面』から『3D点群で見る・見せる』への **成果変革**

- ➡ 作業工程における関係者間での認識共有が容易。
- ➡ お客様に、ビジュアルで分かりやすい資料を提供できる。

・最後に

- ・ 従来の2次元の測量から3次元の測量へ、また扱うデータも2次元から3次元（3D点群）データへ、その点群データの有効な活用例も多岐にわたり、確実に変わりつつあります。ごく身近なスマホを使用した例も出てきて、今後ますますその傾向は加速されるものと思われれます。3Dレーザースキャナ（測量）を習得されるうえで、その一助になれば幸いです。

・4. まとめ：3Dレーザースキャナによるメリット

■ 時間短縮

- ・ 広範囲の測量を短時間で計測

■ 人員削減

- ・ 測量日数、人員が減らせる為人件費の削減

■ 現場の様子が視覚的で分かりやすい

- ・ スキャンと合わせて写真の色情報より、視覚的にわかりやすいデータが取得できる

■ 点群データを多用途に活用できる

- ・ 点群データより、土量の算出、断面図の作成

■ 安全な測量

- ・ 災害現場等、近づけない現場の測量

- ・ 従来の2次元の測量から3次元の測量へ、また扱うデータも2次元から3次元（3D点群）データへ、その点群データの有効な活用例も多岐にわたり、確実にかわりつつあります。ごく身近なスマホを使用した例も出てきて、今後ますますその傾向は加速されるものと思われます。3Dレーザースキャナ（測量）を習得されるうえで、その一助になれば幸いです。

用語解説

■ TLS (Terrestrial Laser Scanner)

地上型レーザーキャナーのことで、3Dレーザーキャナーを三脚で特定の位置に据えて行う3次元レーザー測量である。レーザーを照射することによって、対象物の空間位置情報を取得するものである。

レーザーキャナーは、建築・測量現場や工場、博物館、映画製作など、様々な分野で利用されています。建築現場では、建物の内部や外観を測定して設計図面を作成したり、工場では製品の形状を測定して品質管理に利用したり、博物館では収蔵品を保存するために3次元データを作成することがあります。映画製作では、特殊効果の制作に使用されることがあります。

■ UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

人間が乗らず、コンピュータによる自動操縦、もしくは遠隔操作で飛行する航空機。「ドローン」とも呼ばれる。

測量や災害調査など様々な分野で使用される。

■ i-Construction(アイコンストラクション)

国土交通省では、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組であるi-Constructionを進めています。

■ LiDAR (Light Detection and Ranging)

レーザーを使って物体を検出し、位置や距離を計測するセンサーです。

レーザーを発射し、反射した光を受信して物体の位置や距離を測定します。レーザー光は、短いパルスで発射され、物体に当たった時に反射されます。反射した光がLiDARに戻ってくるまでの時間を計測することで、物体までの距離を算出します。

自動運転車、ドローン、ロボット、測量などの分野で幅広く利用されています。

■ SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術です。つまり、未知の環境で自己位置を推定しながら、周囲の環境をマップ化することができます。

移動ロボットやドローンなどの自律移動するシステムに応用されています。これらのシステムは、自己位置の情報を持たない状態から、環境を探索しながら自己位置推定と環境地図作成を同時に行うことが必要です。