


2021.10.26 中国地方建設技術開発交流会(広島)



**日特建設の法面工事における
三次元測定の取り組み**

日特建設(株) 技術開発本部 技術企画部
ICT推進課 蔵谷 樹

発表内容

- ① 国土交通省の現在の規定(国交省HP参照)
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

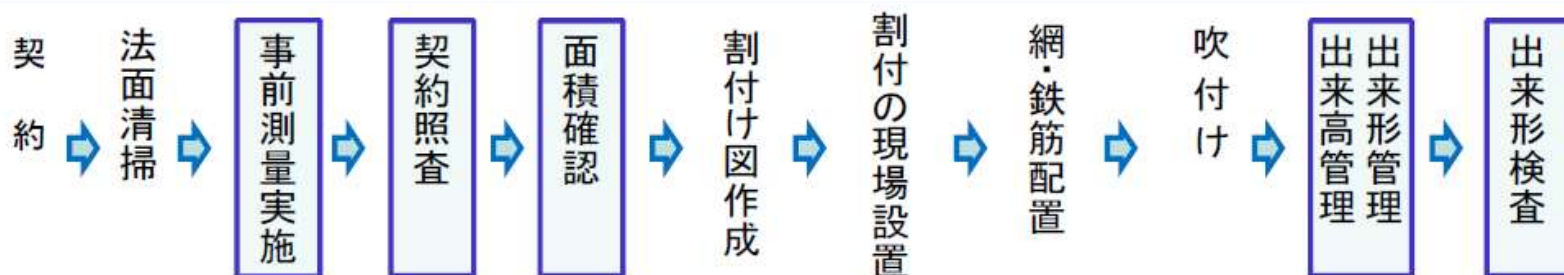
i-Constructionに関する工種拡大

○主要工種から順次、ICTの活用のための基準類を拡充。

平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度 (予定)
ICT土工						
	ICT舗装工(平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度:コンクリート舗装)					
	ICT浚渫工(港湾)					
		ICT浚渫工(河川)				
			ICT地盤改良工(令和元年度:浅層・中層混合処理、令和2年度:深層混合処理)			
	※吹付厚は従来手法のまま		ICT法面工(令和元年度:吹付工、令和2年度:吹付法砕工)			
			ICT付帯構造物設置工			
				ICT舗装工(修繕工)		
				ICT基礎工・ブロック据付工(港湾)		
				ICT構造物工(橋脚・橋台)		
				ICT路盤工		
				ICT海上地盤改良工(床掘工・置換工)		
					ICT構造物工(橋梁上部)(基礎工)	
				民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大		

【ICT法面(吹付法枠工)】

- ・現況測量・出来形管理にUAV・TLS・TS(ノンプリ)等を用いることで、斜面上での計測作業を削減
- ・斜面の複雑な凹凸を面的に計測することで、計測作業を効率化
- ・出来形・出来高を点群等電子データを利用してデスクトップ上で安全・迅速に実施



※フローで囲みがないものは従来手法を想定

ICT法面工(吹付法枠工)

- 起工計測にレーザスキャナやUAV等を活用
- 3D計測データを用いた施工数量(面積)変更
- ・斜面上の計測員不要
- ・短時間での作業
- ・自然法面の複雑な凹凸でも正確に計測できる



従来:凸凹の頂点間をテープ測量

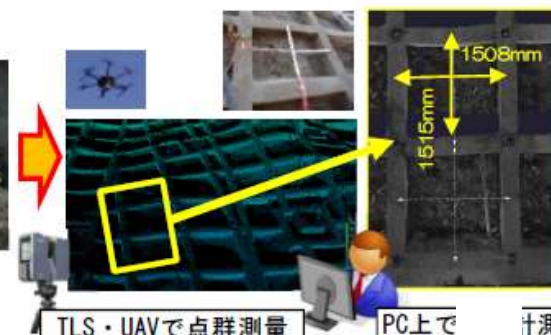


清掃後の法面をTLS・UAVにより遠隔測量

- 出来形・出来高計測はレーザスキャナやUAV、ノンプリTSの他画像記録についても活用
- 計測データを活用して、デスクトップ上で計測を実施



従来(テープ測量)



TLS・UAVで点群測量

PC上で

計測

- ・ICT施工工種拡大に伴い改定した基準
3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案) →吹付法枠工を追加

ICT法面工（吹付法砕工）取組イメージ

第9回 ICT導入会議 R1. 7.11

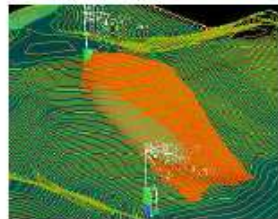
ICT活用

① UAV・TLSによる
3次元測量



人の立入が危険な急
傾斜も短時間で面的
に3次元測量を実施

② 3次元測量データに
よる設計・施工計画



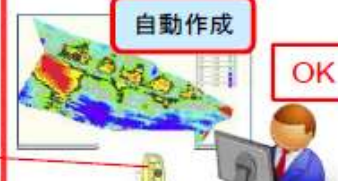
3次元測量結果から任意断面
における安定計算と設計照査
枠割付の自動化、設計変更
に基づく変更数量算出

③ 施工、出来高、出来形管理
法面工 吹付法砕に適用範囲を
拡大



(ノンプリTSも活用)

④ 検査の効率化
3次元測量を活用し出来
形検査書類を自動作成。
検査の効率化を実現。

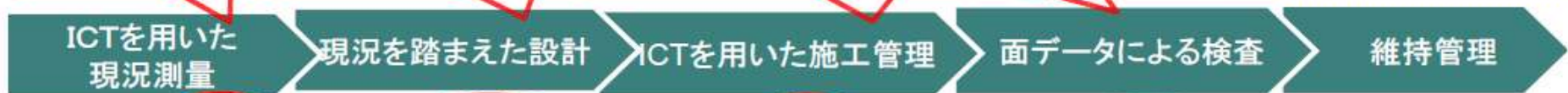


発注者
ノンプリ代表点計測

⑤ 維持管理の初期
値データとして活用



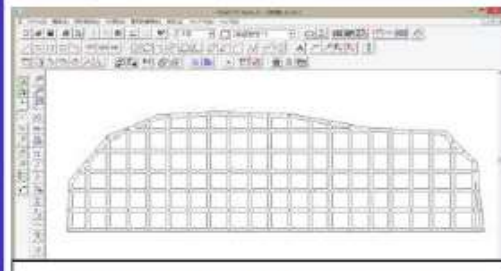
完工データを防災カルテ
点検等の初期値とし、斜
面変状の把握等、傾向
管理として活用



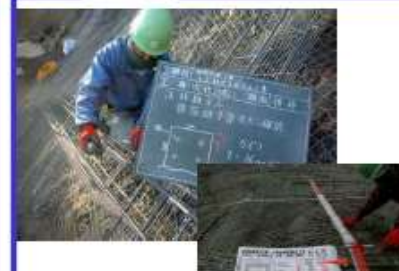
従来施工



斜面上の測量作業



起工測量(現地形)に基づいて設計
成果を修正、枠割付等、配置見直し



斜面上の出来形計測



高所斜面上の臨場検査

ICT法面工 要領改訂について(令和2年度より)

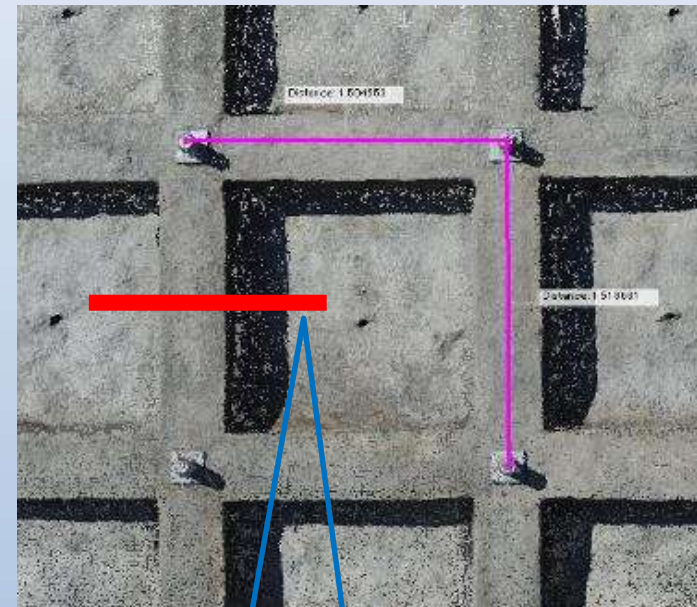
- ・ 3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案)に吹付法枠工が追加
- ・ 3次元計測の要求精度(法長、枠中心間距離、延長: 30mm以下)
- ・ 法枠工に適用した計測手法について追記

[i-Con]

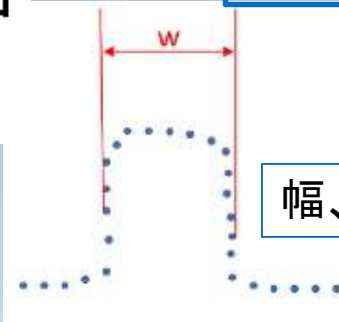
点群ピックアップの場合

測定項目		規格値	要求精度
法長 ℓ	$\ell < 10\text{m}$	-100	30mm以下
	$\ell \geq 10\text{m}$	-200	
幅	w	-30	10mm以下
高さ	h	-30	
枠中心間隔	a	± 100	30mm以下
延長	L	-200	

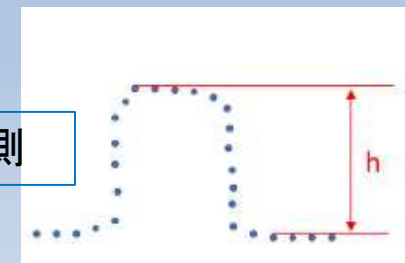
規格値は従来と同等とする
計測要求精度は規格値の1/3とする。



計測箇所の測線



幅、高さの計測



発表内容

- ① 国土交通省の現在の規定（国交省HP参照）
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

ICT法面工 出来形計測の効率化と安全性向上

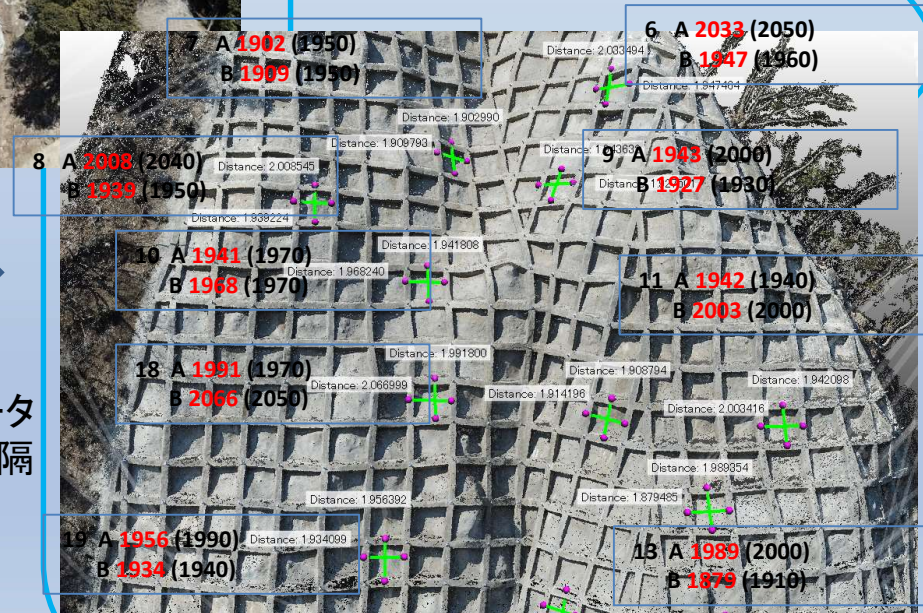
従来の出来形計測



➤ 親綱、安全帯を使用して2名 (撮影者、手元) で作業



ICT活用 UAV写真測量



➤ 3次元点群データから枠中心間隔を計測

数値赤: 画像計測値、(数値黒) 現場実測値

法面工事における3次元モデル活用の概要

UAVによる法面の撮影を行い、3次元モデルを作成⇒
着工～施工管理に活用する

着手前
設計

現況斜面把握
展開図、断面図作成
(概略数量算出)



災害対応、発注者、顧客
への設計協力、アピール
受注確保への優位性

施工中

出来形、進捗管理
人力でのテープ測量に代わり
任意の計測データを取得



施工進捗の見える化
変更協議資料への活用

完成

完成検査(出来形)対応
出来形計測値の確認



ICT活用工事への準備
(完成検査の省力化に対応)

維持管理

法面構造物の定期的な点検
ひび割れ、剥離、浮きなどの箇
所をマーキング、寸法確認して
記録として残す



補修、補強工法導入への
バックデータ作成

発表内容

- ① 国土交通省の現在の規定(国交省HP参照)
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

UAV写真測量

ドローン(UAV)測量の一般的なフロー

飛行計画の作成

事前の現地調査を行い、計画書を作成
要許可申請区域内飛行の場合は申請を行う
障害物の有無、離発着場所の確認

標定点設置

モデル補正用の対空標識を現場に設置
事前に中心座標の測量を実施

写真撮影

ラップ率を確保し、標定点が写るように撮影

モデル作成

点群生成ソフト等にてデータ処理を実施
(標定点補正含む)

3次元計測

作成した点群データを用いて
3次元点群計測ソフトによる計測を実施

飛行計画：調査の注意点

- ・ 街中でなくても・・私有地に入っていないか？（**随時許可が必要**）
- ・ 架空線・クレーン等がないか？
- ・ 飛行する法面付近に樹木はないか？

UAVは**非常に簡単に**枝葉に引っかかる



標定点(対空標識)の設置(注意点)

良い置き方

写真で中心点が綺麗に正確に見えることが大事



上空から見やすく正確に測定ができる

- ・シートが綺麗
- ・シートのしわが少ない(極論無い)
- ・安定した地べたに設置

悪い置き方



上空から見にくく、正確に測定ができない

- ・シートが汚れている(特に中心)
- ・シートのしわが多い(特に中心)
- ・不安定な地べたに設置

(土の地面に置くのが駄目ではないが、
標高が変化しないように注意)

撮影事例 法面でのUAV写真測量（注意点）



- ・法面の状況を把握する
(特に高さ、障害物の有無)
- ・法面に影が出来ない時間帯を選ぶ
(日当たりが良すぎても駄目)
- ・風速、天気予報をチェック
- ・見通しの良い発着地点を検討
- ・補助者(監視人)をつける

UAV飛行時に注意すべきこと

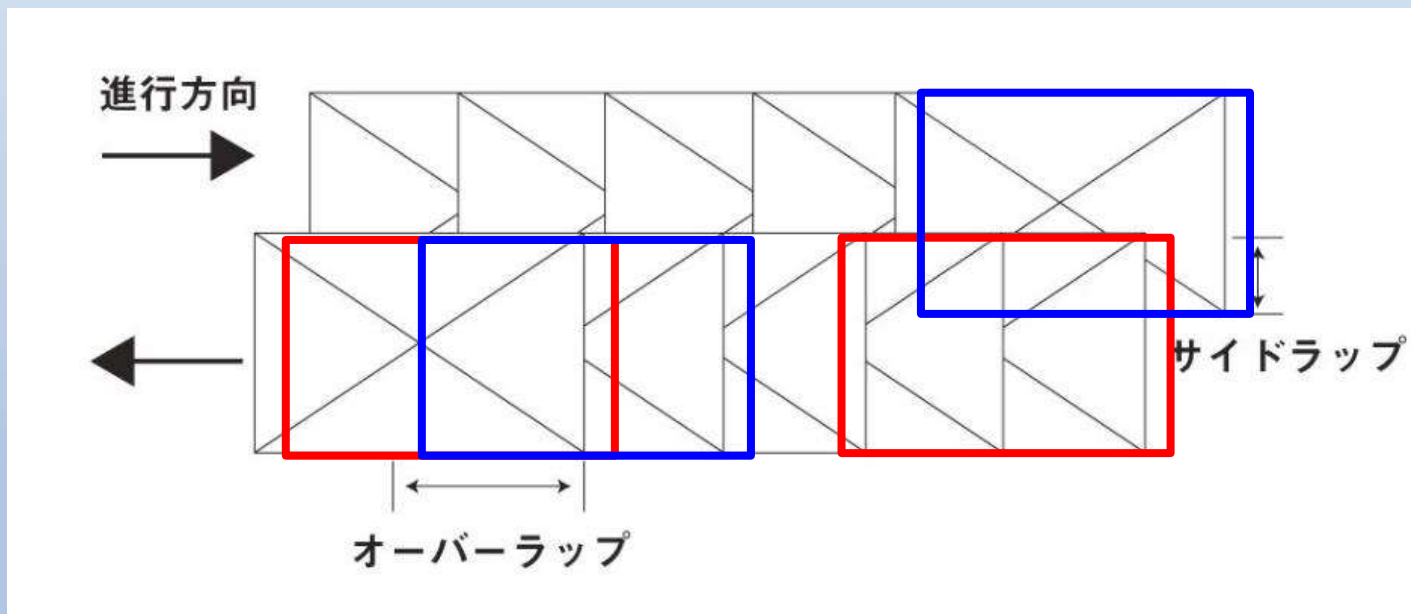
- ・電波干渉となる設備からの影響
- ・電離層による影響
- ・地磁気センサーへの影響(特に鉄筋構造物やコンクリート)

UAV写真測量の要領

連続写真の撮影

同一コースのオーバーラップ率は80%以上

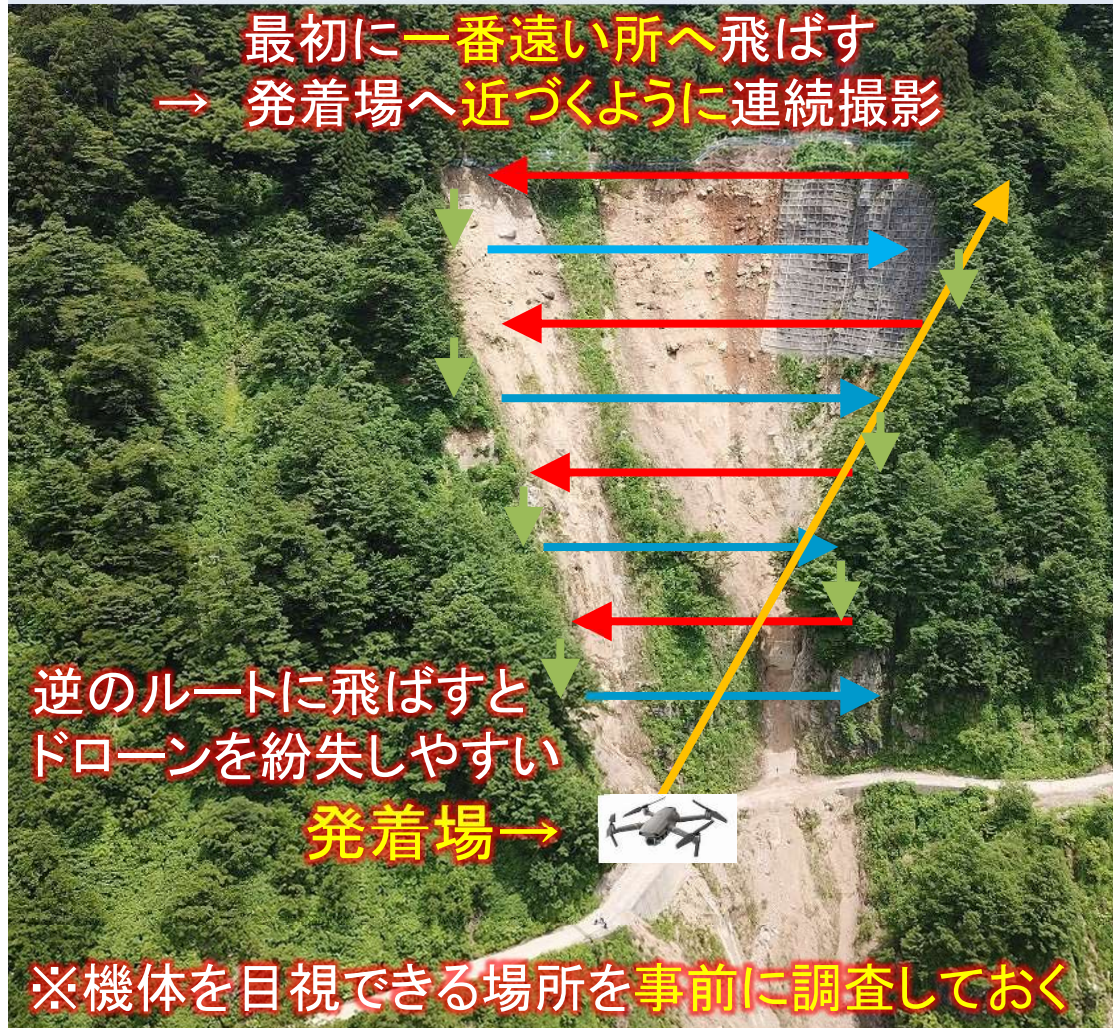
サイドラップ率は60%以上保つことが推奨されている



画像は正方形に近い3:2がいい
16:9ではサイドラップの調整が大変

連続写真の撮り方

平面

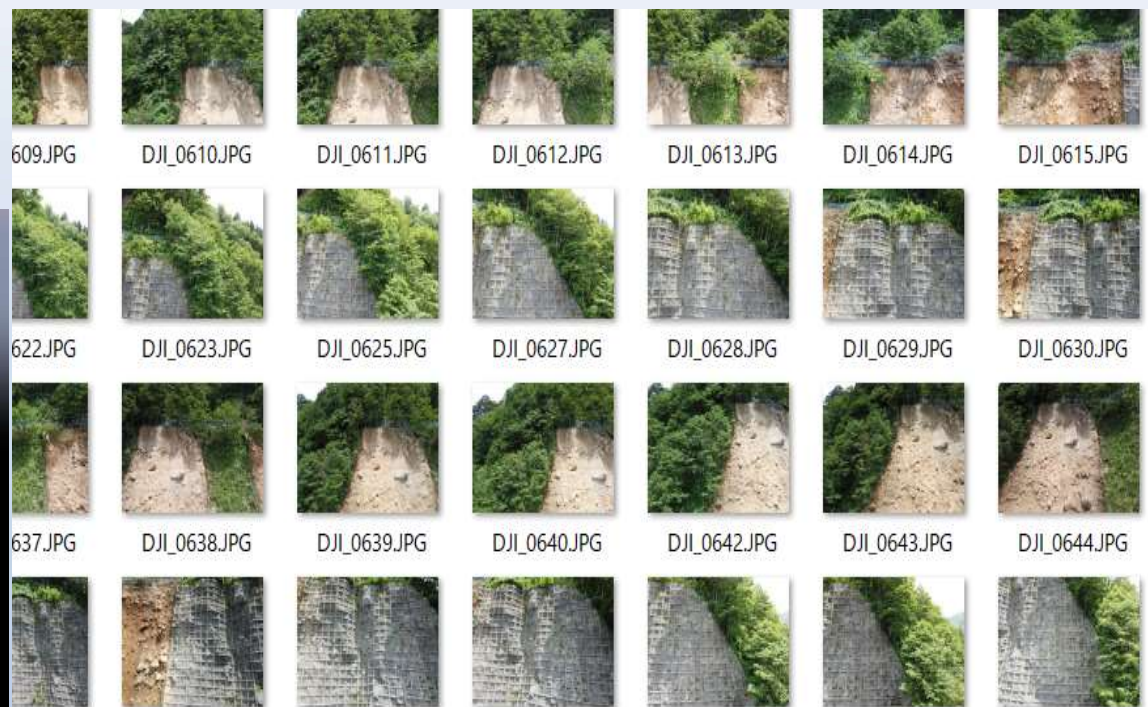


側面



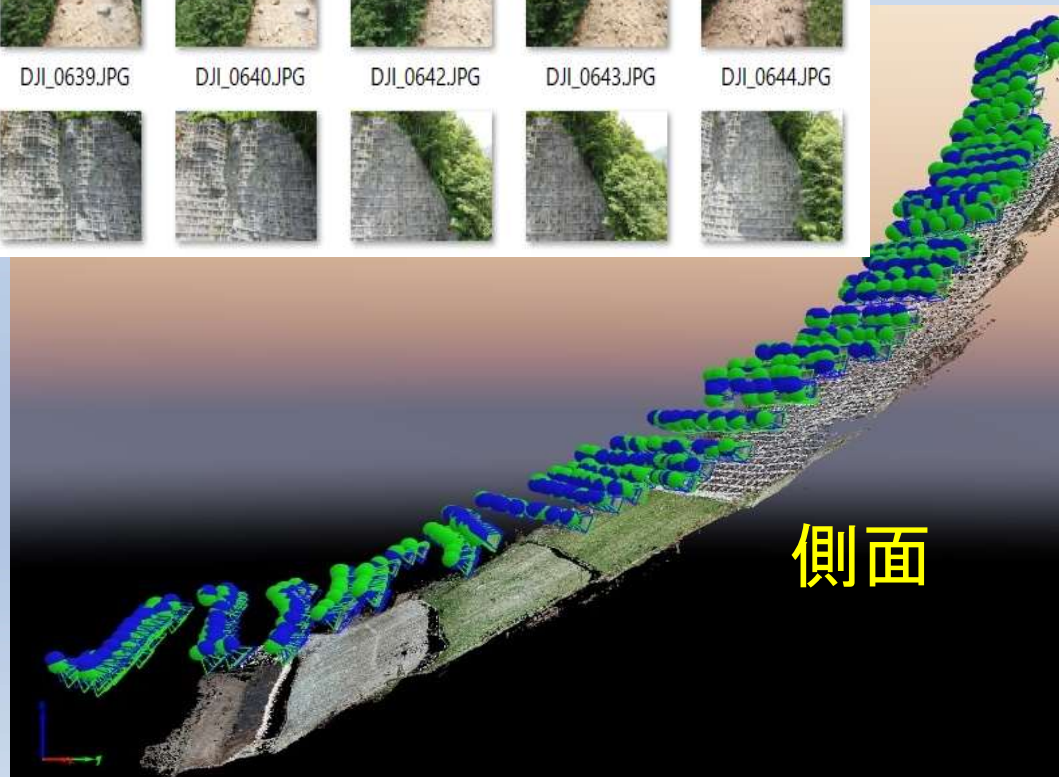
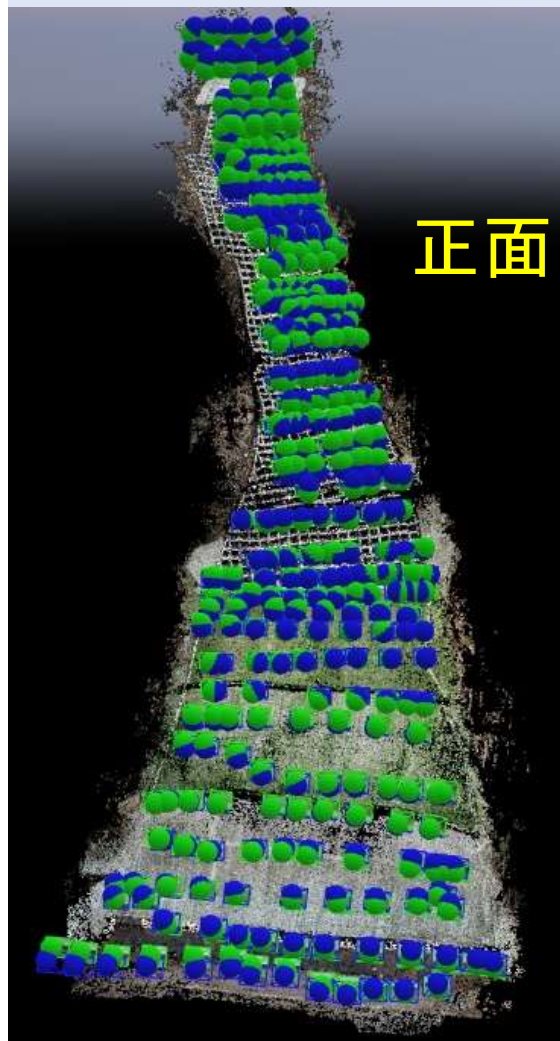
法面に向かい正面(直角)方向に撮ると
精度の高い3次元モデルが生成される

連続写真と撮影位置の軌跡・・・法面から一定の離隔＋撮影間隔



正面

側面

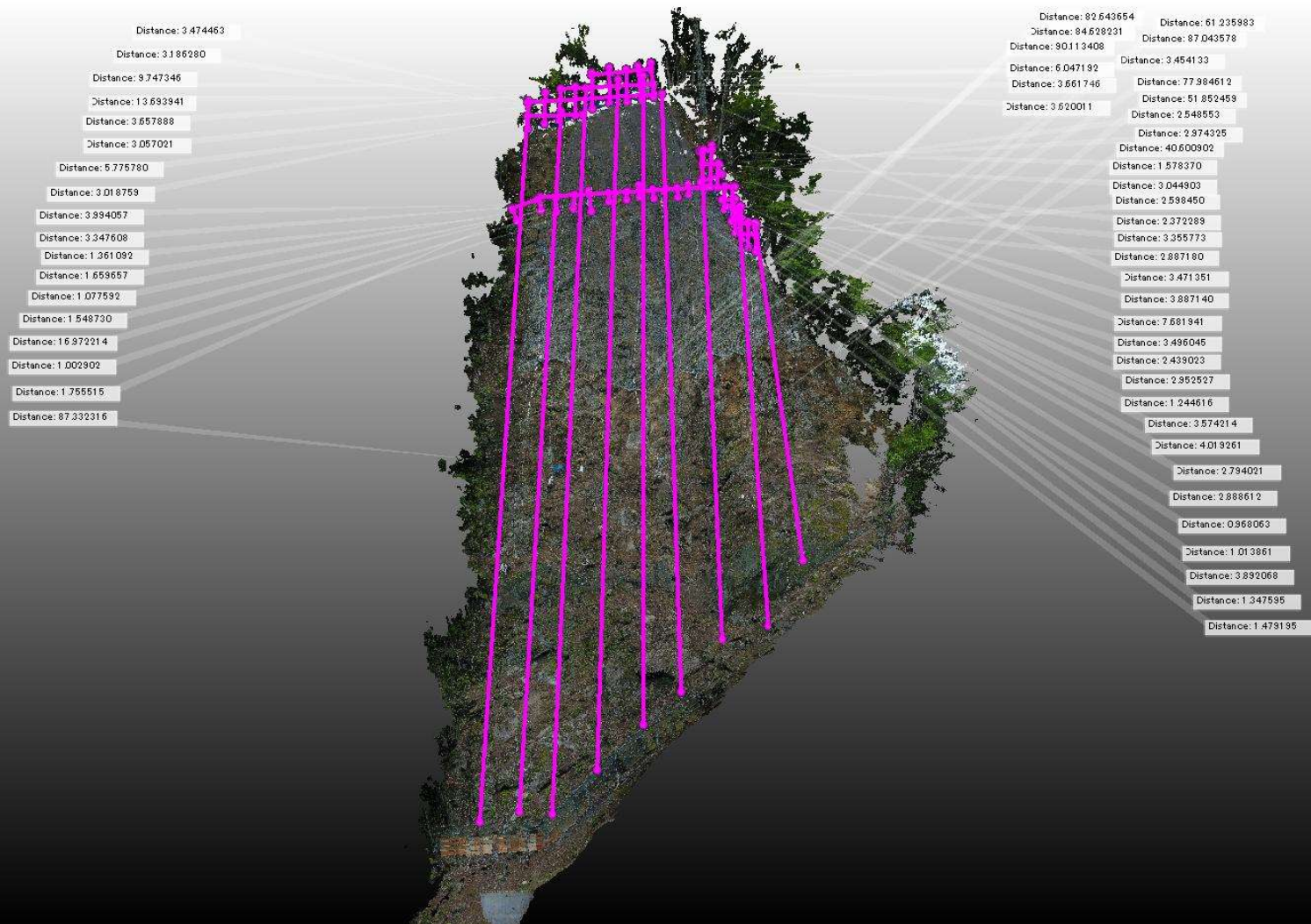


発表内容

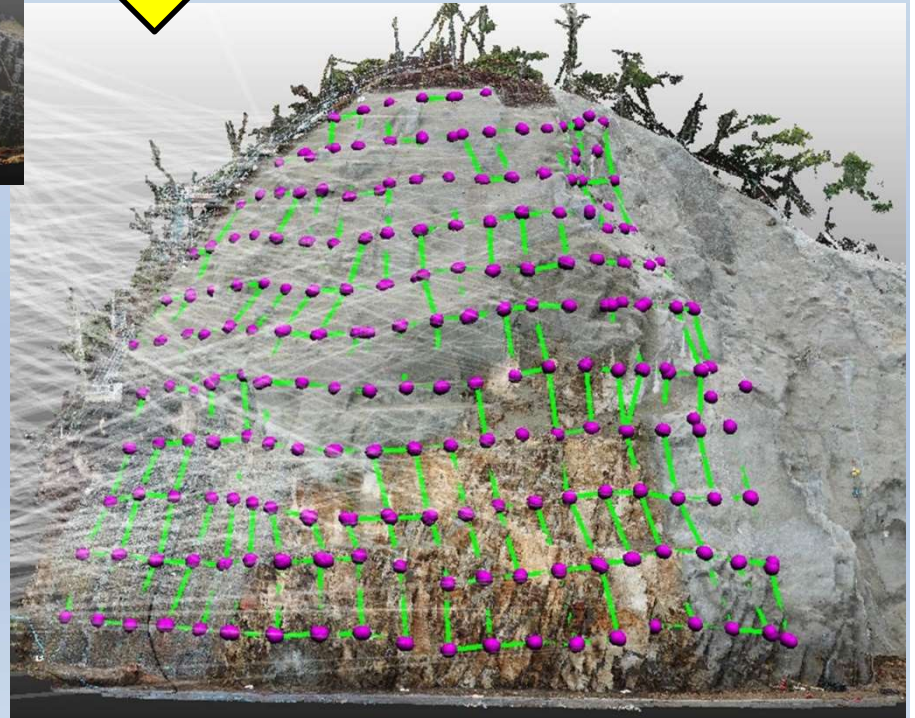
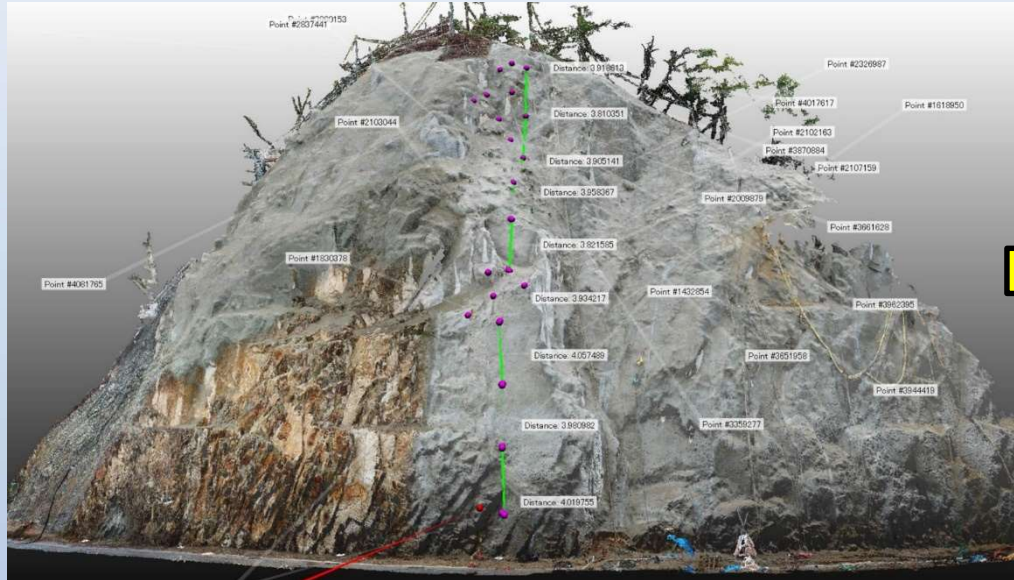
- ① 国土交通省の現在の規定（国交省HP参照）
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

仮設計画

3次元モデル上で親綱、単管柵(擦れ止め)の必要数量を計測



ロックボルトの位置出しを検討



ロックボルトの位置出しを
3次元モデルで検討

施工面積計測

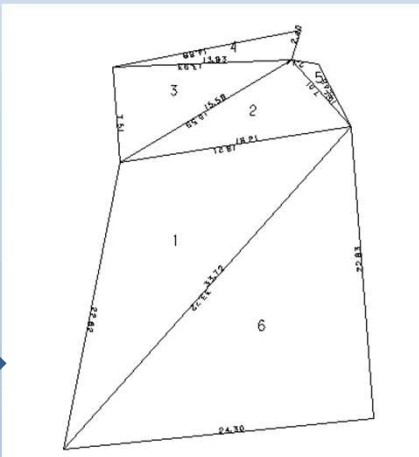
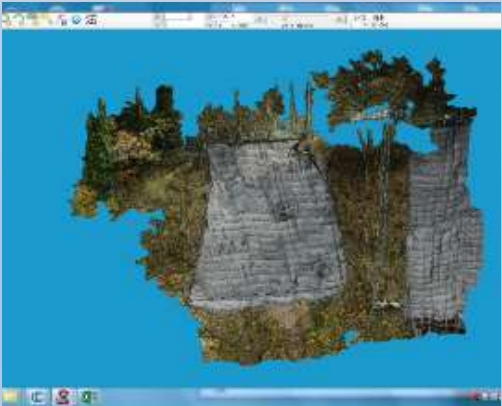
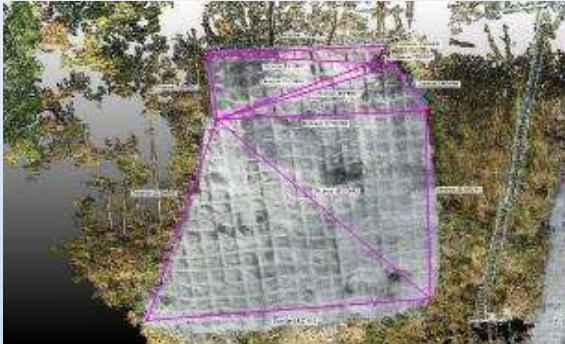
3次元モデルの活用



3次元点群データ



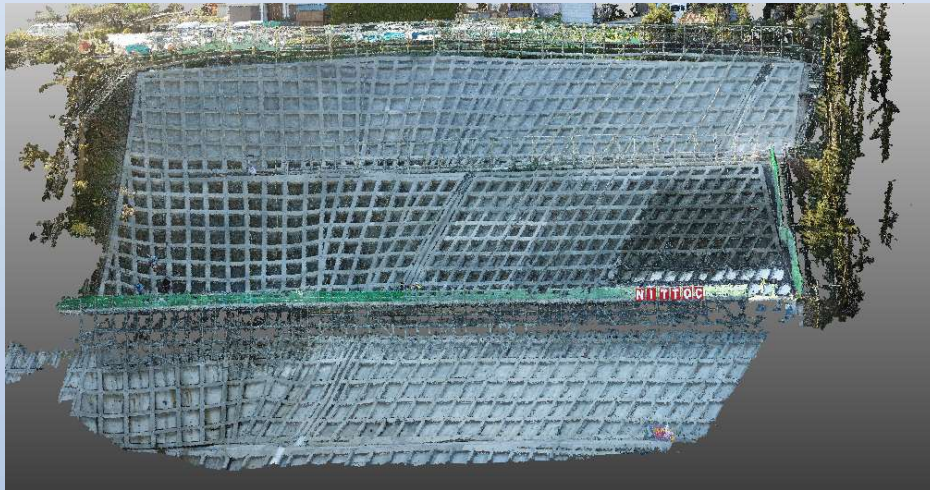
UAV写真測量



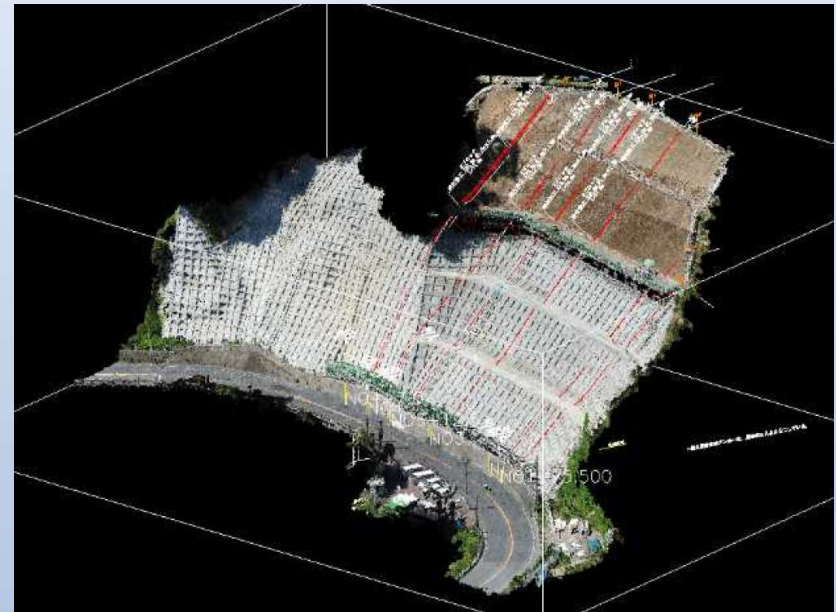
No.	a	b	c	s	面積
1	33.72	18.21	22.82	37.38	195.41
2	18.21	7.01	15.59	20.41	53.85
3	15.59	13.93	7.51	18.52	52.37
4	13.93	2.4	14.89	15.61	15.79
5	7.01	5.48	2.14	7.32	4.65
6	33.72	24.3	22.83	40.42	277.11
合計					599.18

3D CADによる求積展開図、数量表出力

断面の出力

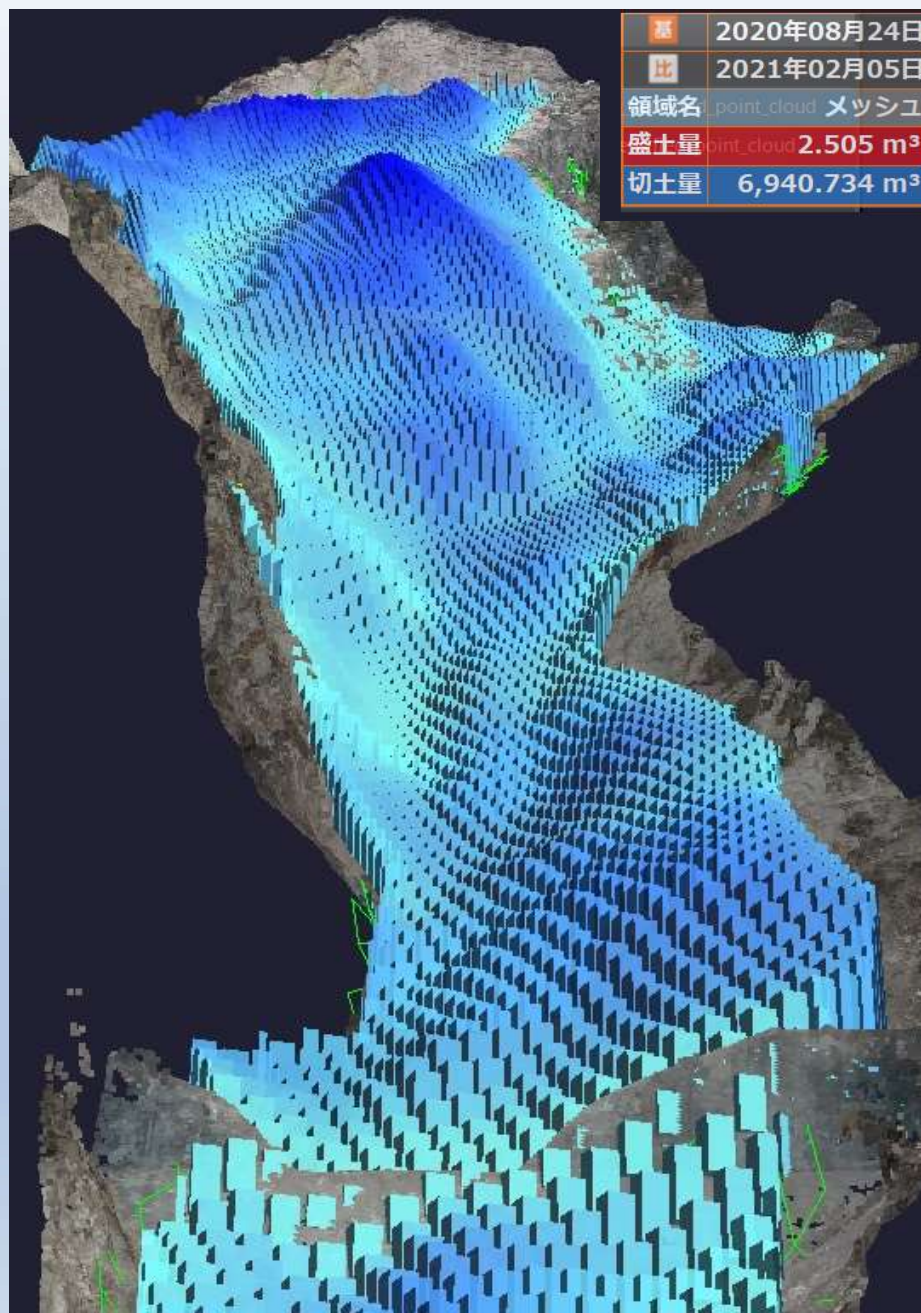
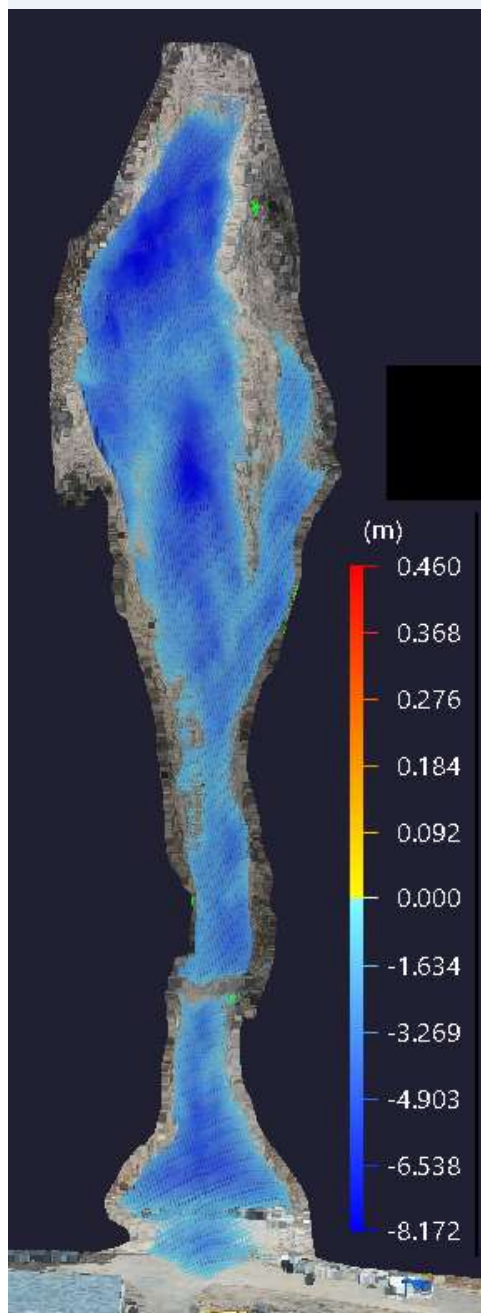


正面方向から撮影した点群データ



起工測量点群と設計断面との対比

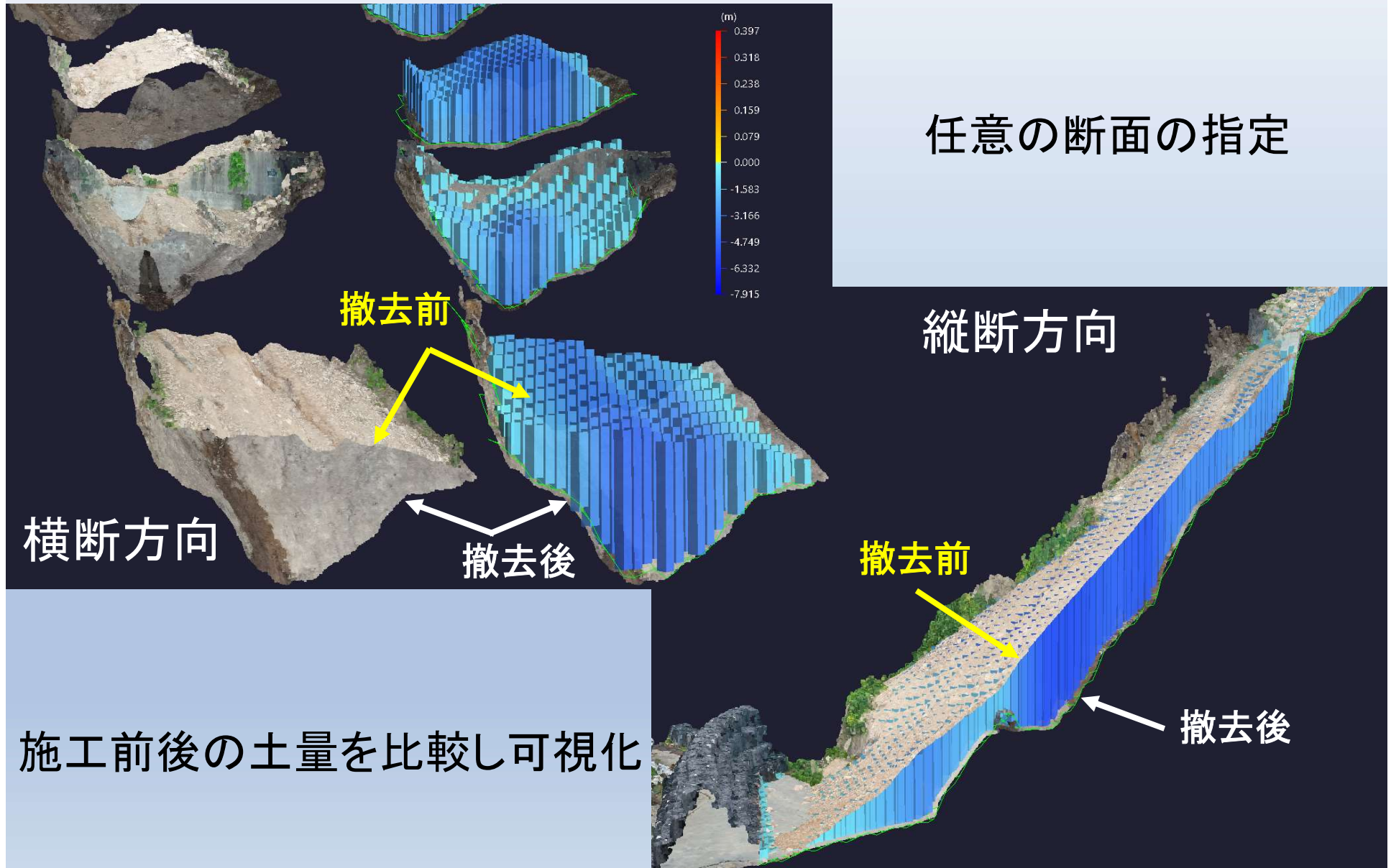
土量計算



施工前後の差分から
撤去土砂の量を
可視化＋自動計算

任意の断面での土量状況

任意の断面の指定



横断方向

撤去前

撤去後

縦断方向

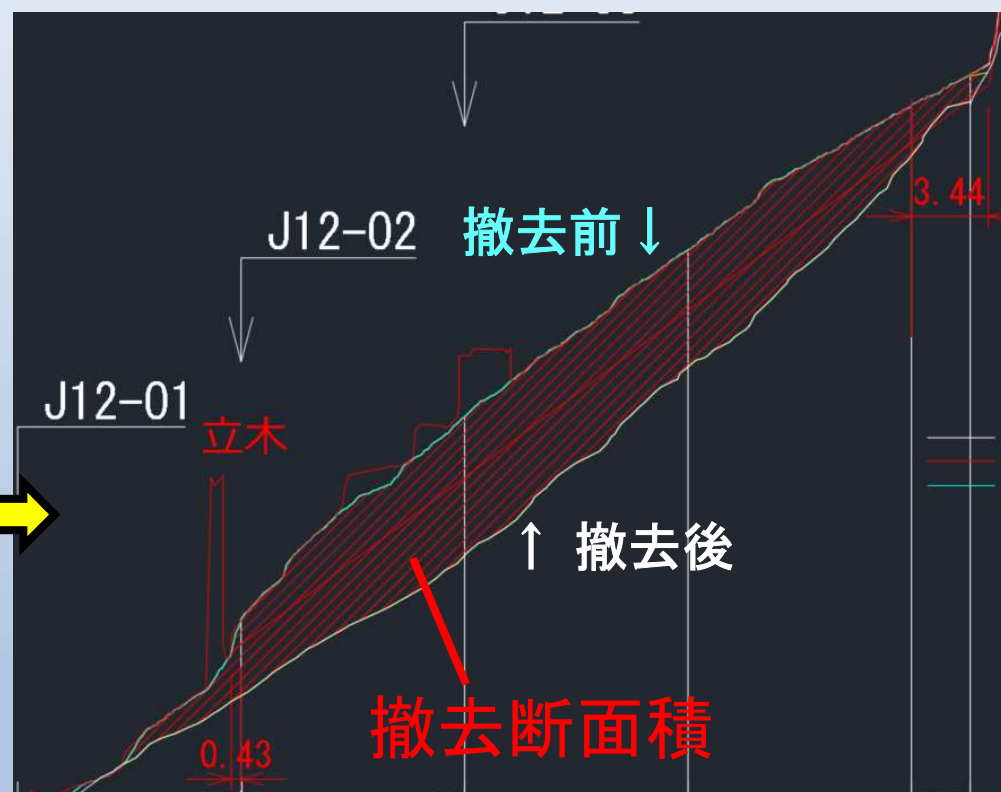
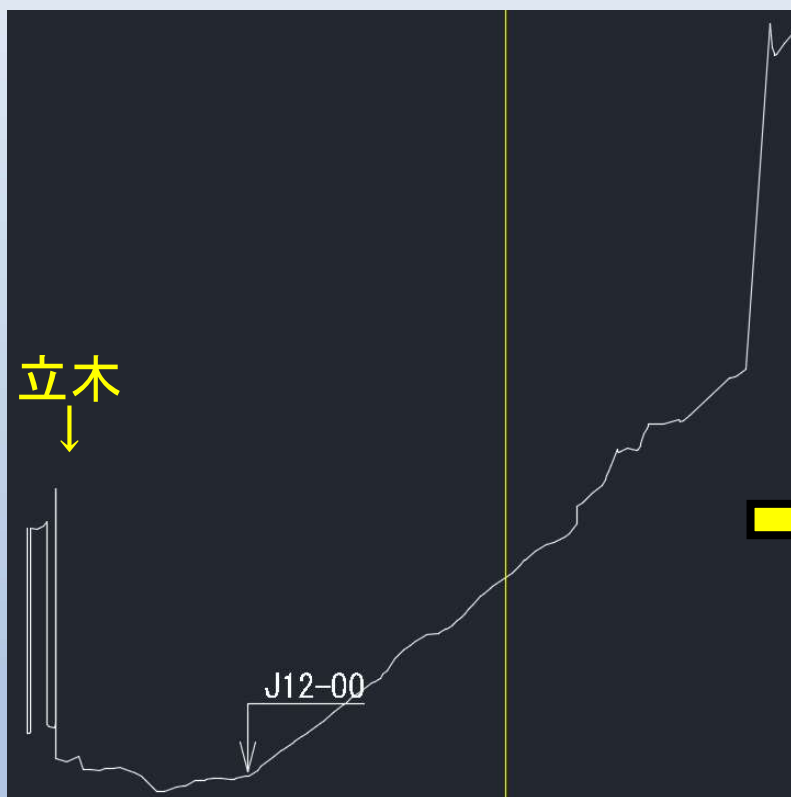
撤去前

撤去後

施工前後の土量を比較し可視化

3次元モデルから断面図を作成

CADへ出力 → 土砂撤去前後の断面对比 → 土量断面を確定・面積算出



※倒木・植生等の凹凸は控除



断面積 × 測点間距離 = 撤去体積

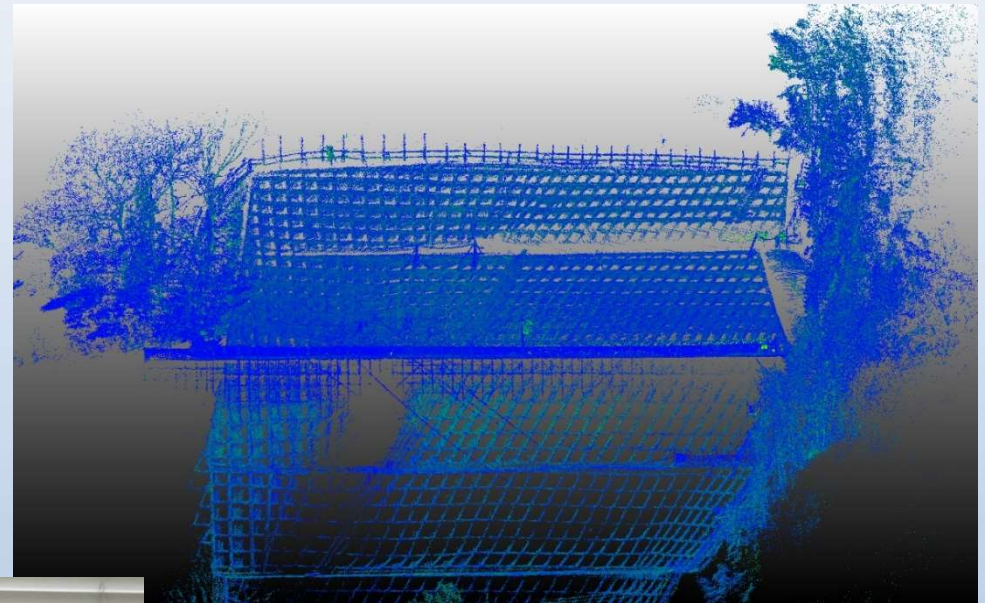
内容

- ① 国土交通省の現在の規定(国交省HP参照)
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

出来形計測(ハンディスキャナ)



計測状況



リアルタイムに生成された点群データ

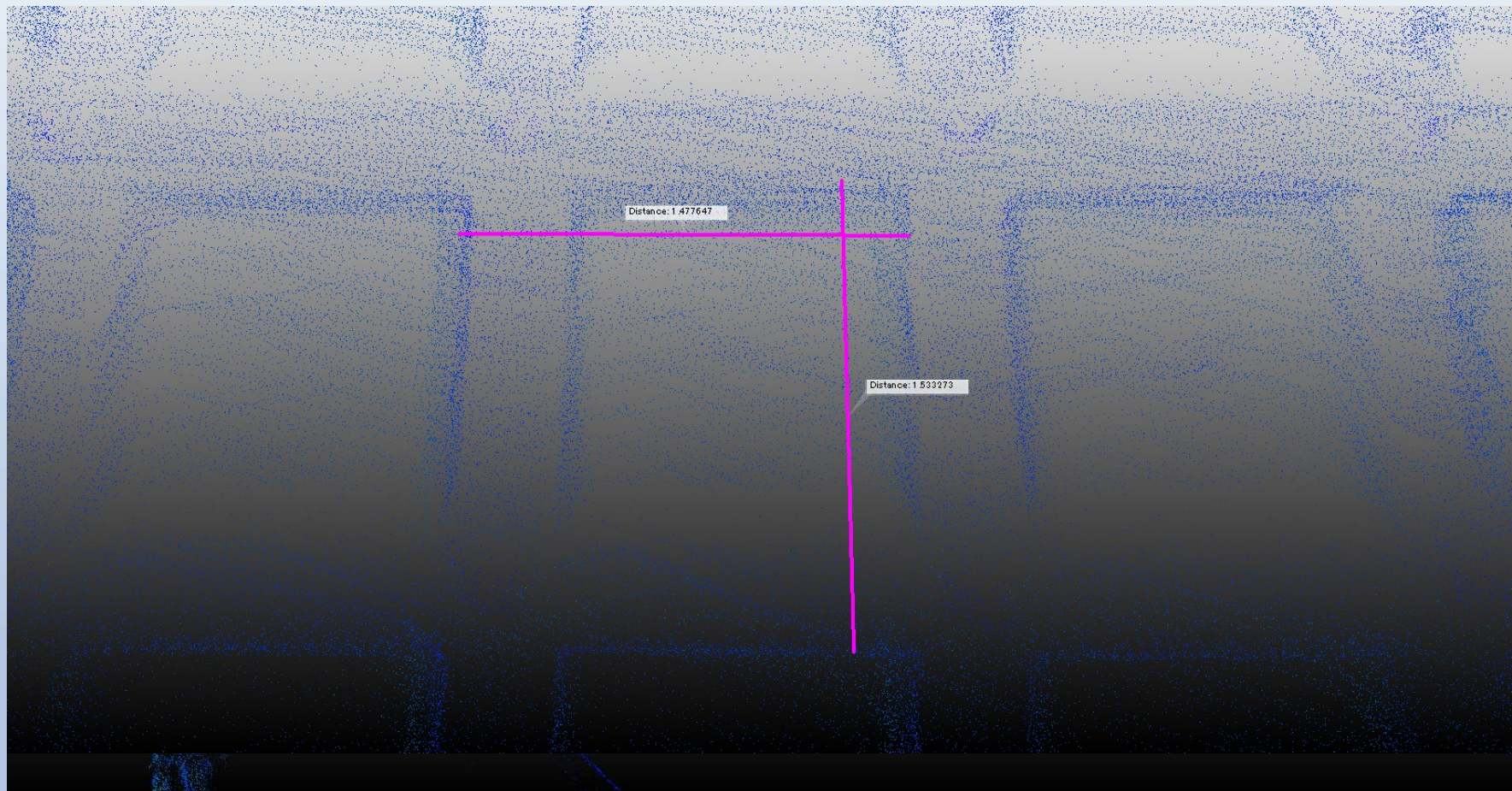
レーザーユニット:Velodyne
VLP-16
測定距離:1~100m
測定点数:約30万点/秒



ハンディスキャナ 重量:3kg

- ・小規模な法面
- ・UAVの航行が困難な場所での活用
- ・災害現場の踏査

ハンディスキャナ計測



総点群 4,452,611点 梁断面方向15点群

出来形計測 地上型レーザースキャナ



地上型レーザースキャナ
FARO S350使用

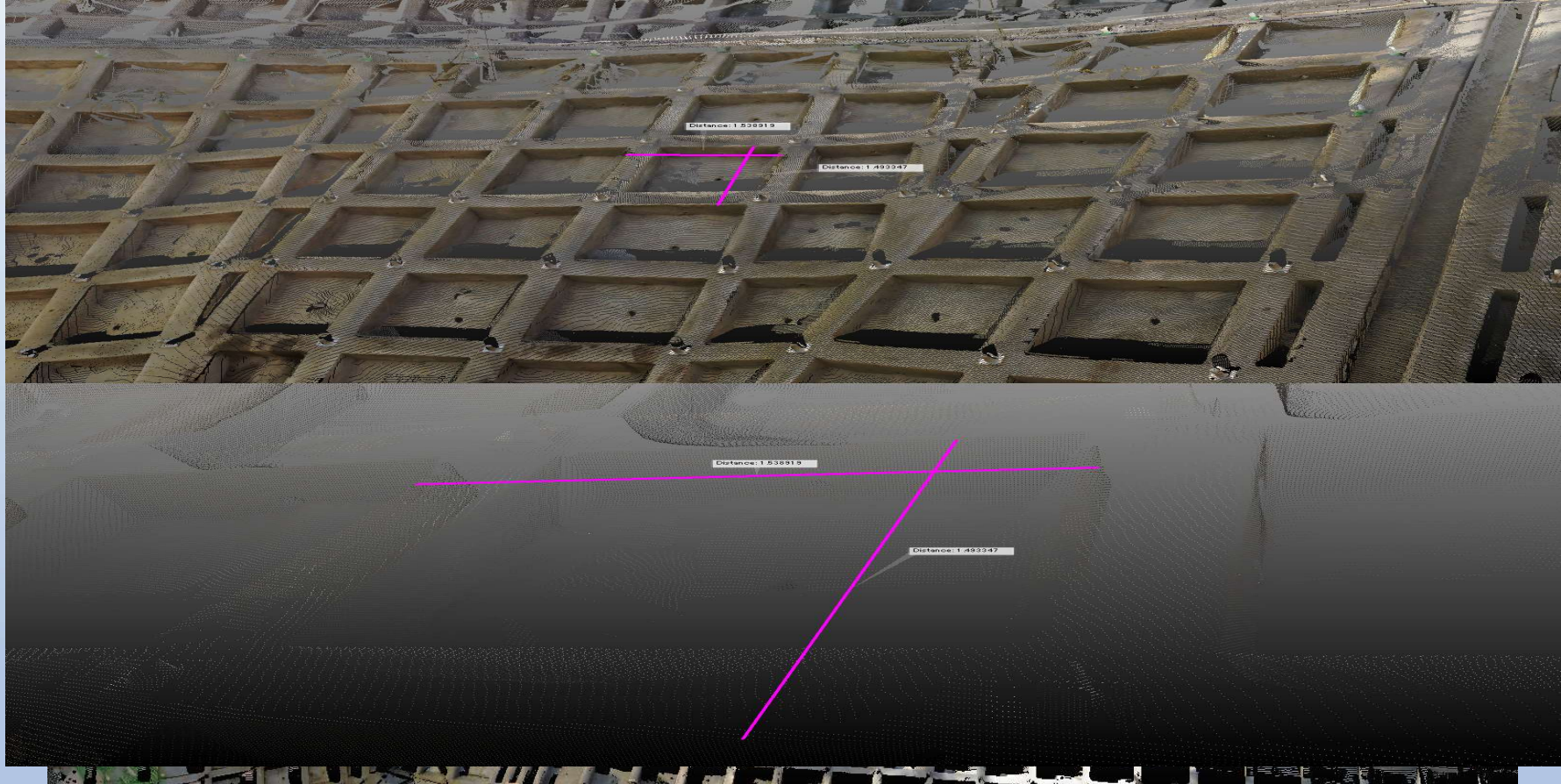
4300万点/秒



色付き点群データ

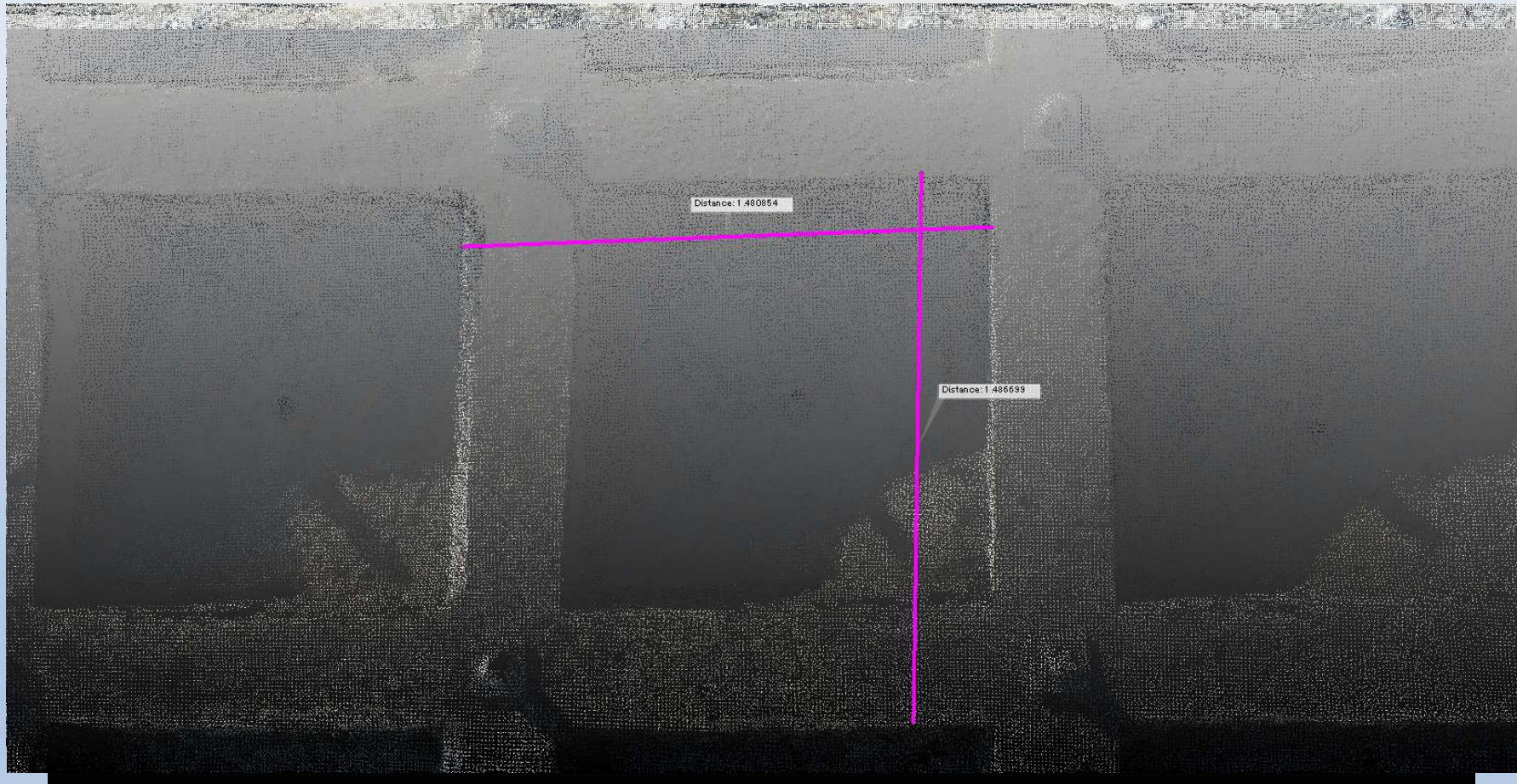
平均点誤差3.4 mm

地上型レーザースキャナ計測



総点群 43,747,501点 梁断面方向55点群

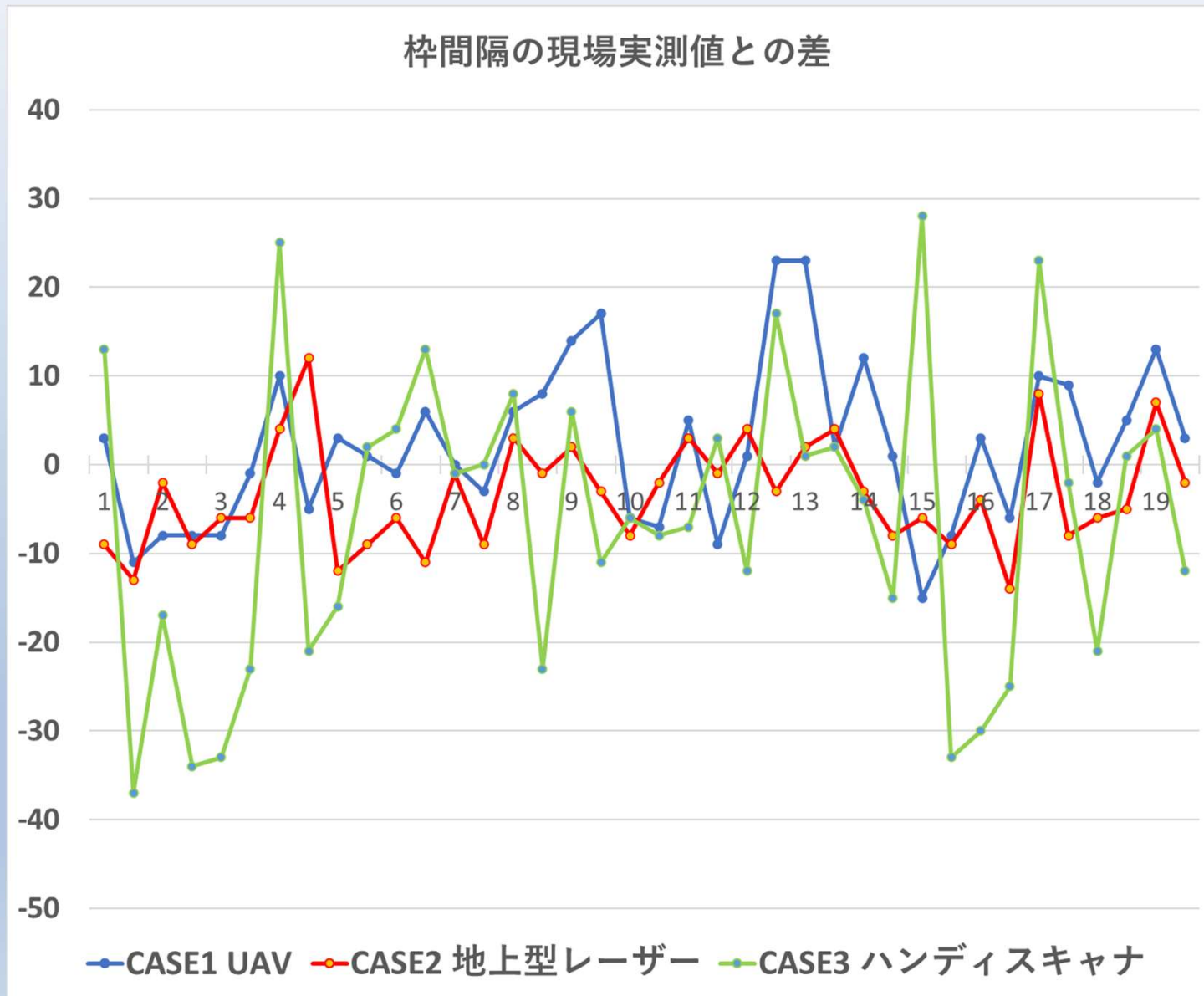
レーザーキャナ搭載UAV計測値



総点群 24,425,586点 梁断面方向33点群

計測方法の違いによる枠間隔の現場実測値との差

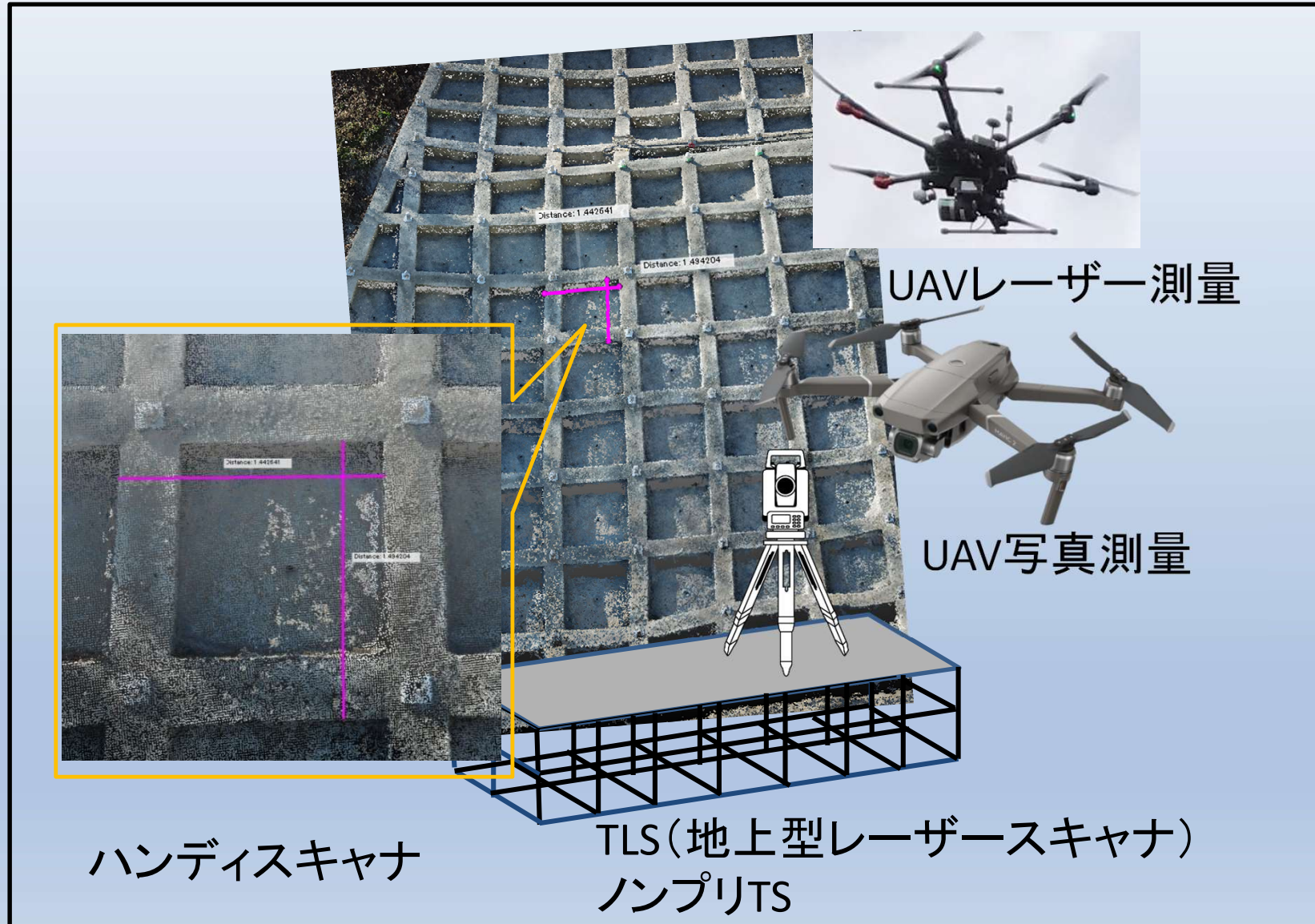
(mm)



発表内容

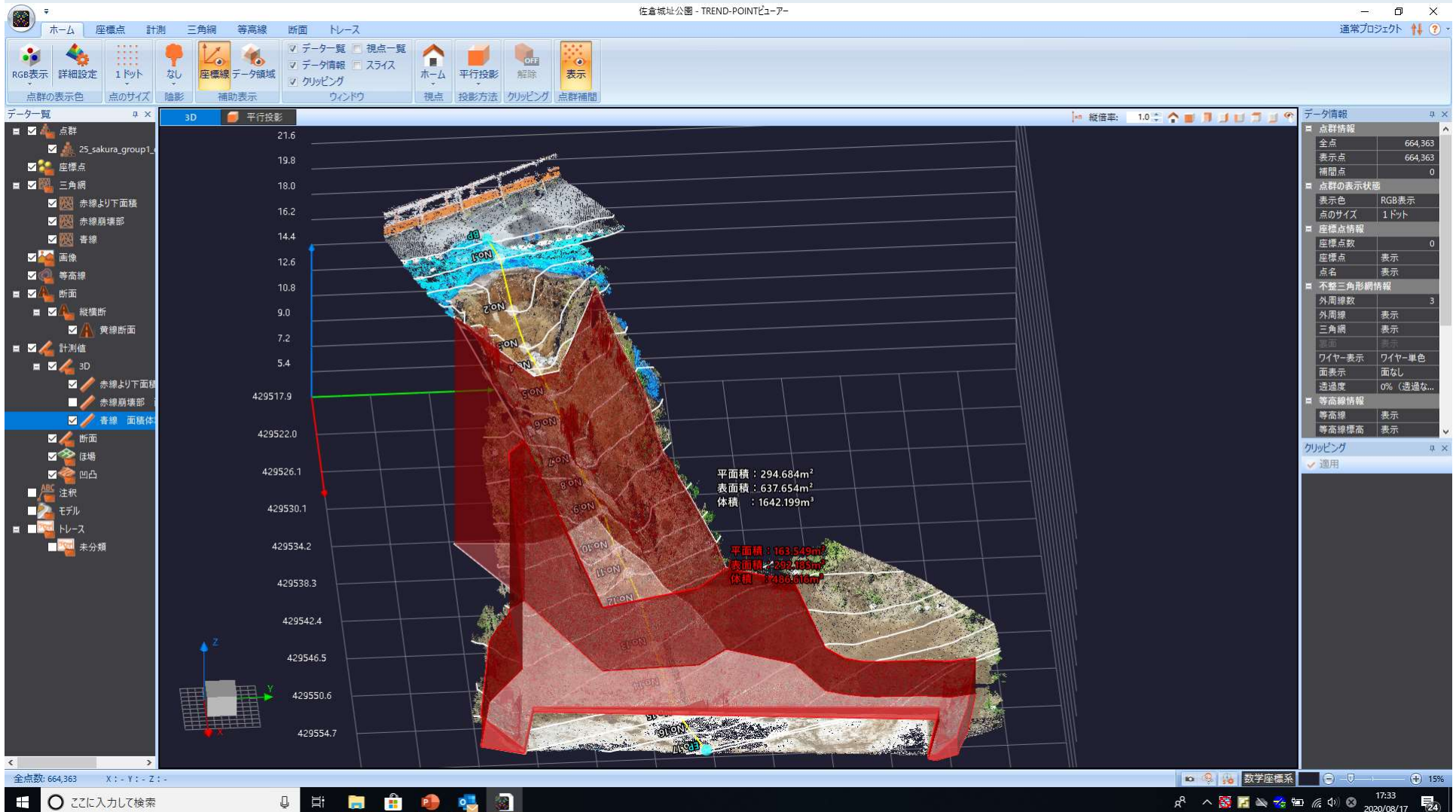
- ① 国土交通省の現在の規定(国交省HP参照)
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

ICT法面工 3次元計測技術ラインナップ



3次元モデルをビューアーで表示


3次元モデルの計測データの閲覧、任意の計測が可能⇒発注者、顧客



まとめ

- ICT法面工の活用 による施工管理

UAVを用いて法面や法面構造物を撮影
→写真測量の技術を用いて3次元モデルを取得
→工事へ活用する手法の検討

に加えて 

- 地上型レーザースキャナ、レーザースキャナ搭載UAVの適用へ
地上型レーザースキャナは地上または小段のある法面や仮設ステージ上から計測
長大法面の場合、機動性の高いUAVにレーザースキャナを搭載し
広範囲を計測



法面現場の条件に合わせた最適な計測手法の計画、提案を行う