

法面工事における3次元モデルの活用

日特建設(株) 技術開発本部 技術企画部
ICT推進課 藤田 哲

はじめに 社会の動向

- ・UAVの普及により3次元モデル作成、3次元計測が可能に
- ・国土交通省では点群データを活用した
施工管理、出来高、出来形管理の**効率化の推進**を掲げている



斜面の安定性を確保するための、**法面構造物**も例外ではない
(2019年吹付工、2020年以降のり砕工へ拡大)



⇒法面現場において**UAV**を
進捗や完成写真 + 精度の良い3次元モデル作成へ活用する

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

ICT法面工（吹付法枠工）取組イメージ

第9回 ICT導入会議 R1. 7.11

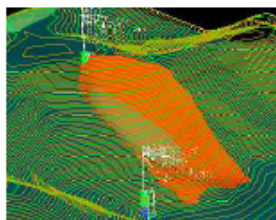
ICT活用

①UAV・TLSによる3次元測量



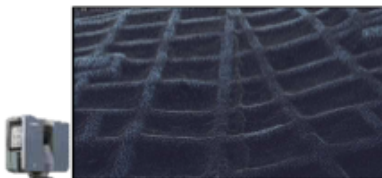
人の立入が危険な急傾斜も短時間で面的に3次元測量を実施

②3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 吹付法枠に適用範囲を拡大



(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

ICTを用いた
現況測量

現況を踏まえた設計

ICTを用いた施工管理

面データによる検査

維持管理

測量

設計・
施工計画

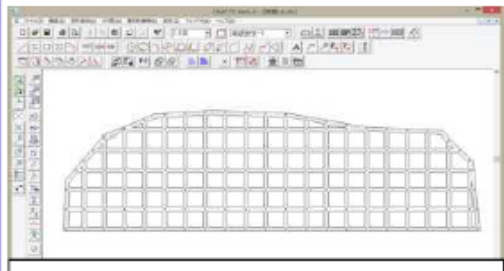
施工

検査

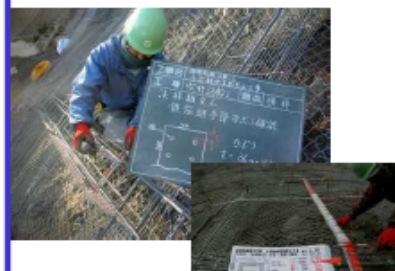
従来施工



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

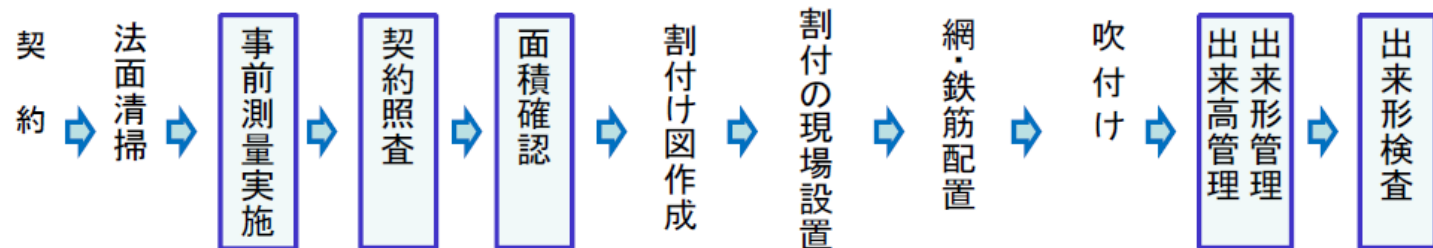
国土交通省による ICT活用のための基準類

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 (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 (浅層・中層混合処理)		
吹付モルタル・コンクリート等→			ICT法面工 (吹付工)		
			ICT付帯構造物設置工		
				ICT地盤改良工 (深層)	
	今年度から・・吹付法枠追加→			ICT法面工 (吹付法枠工)	
				ICT舗装工 (修繕工)	
				ICT基礎工・ブロック据付工 (港湾)	
第10回 ICT導入会議2020 3. 10					ICT構造物工
				民間等の要望を踏まえた 基準の策定・改定	

第10回 ICT導入会議 R2 . 3. 10

【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



※フローで囲みが無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

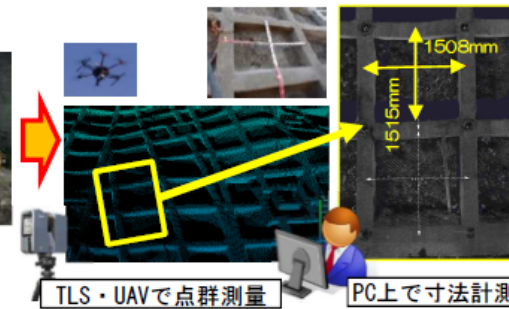


清掃後の法面をTLS・
UAVにより遠隔測量

○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)



- ・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 要領改訂について(令和2年度より)

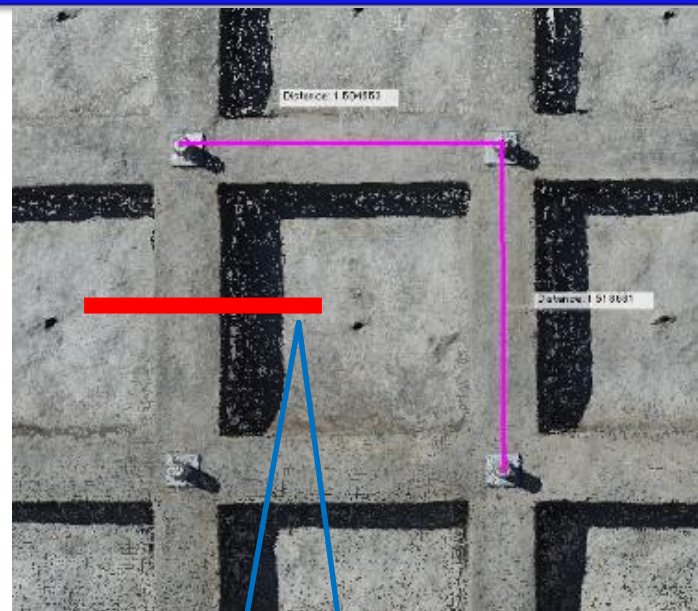
- ・3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案)に吹付法枠工が追加
- ・3次元計測の要求精度(法長、枠中心間距離、延長: 30mm以下)
- ・法枠工に適用した計測手法について追記

[i-Con]

点群ピックアップの場合

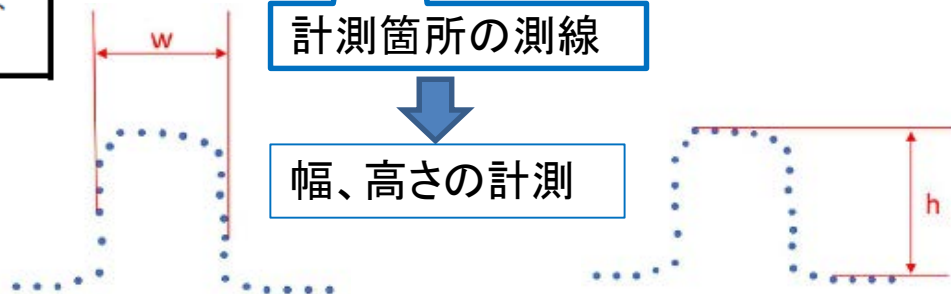
測定項目		規格値	要求精度
法長 ℓ	$\ell < 10\text{m}$	-100	30mm以下
	$\ell \geq 10\text{m}$	-200	
幅	w	-30	10mm以下
高さ	h	-30	
枠中心間隔	a	± 100	30mm以下
延長	L	-200	

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



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

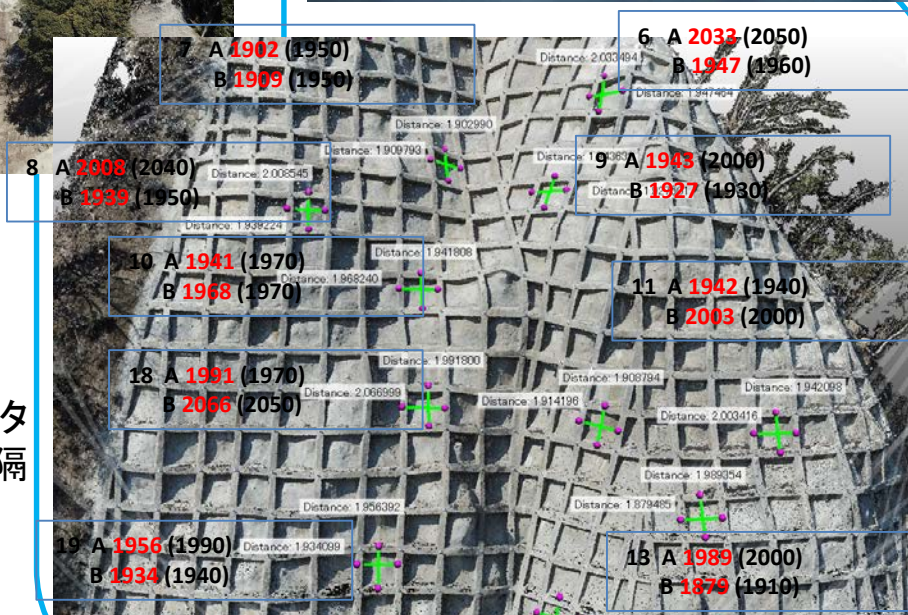


- 親綱、安全帯を使用して2名（撮影者、手元）で作業



3次元点群データ
から枠中心間隔
を計測

ICT活用 UAV写真測量



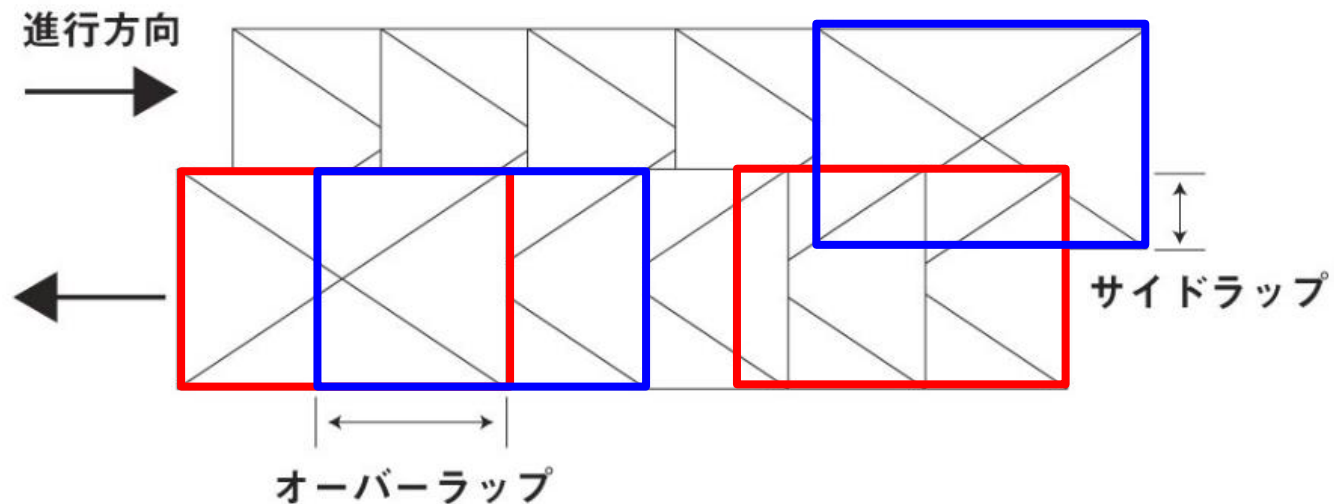
数値 赤: 画像計測値、(数値 黒) 現場実測値

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



現場で飛ばす前に注意すべきこと

- ・ 街中じゃなくても・・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



撮影事例 法面でのUAV写真測量（注意点）



空撮前の注意点について

- ・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

- ・マルチパスによる影響
- ・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)

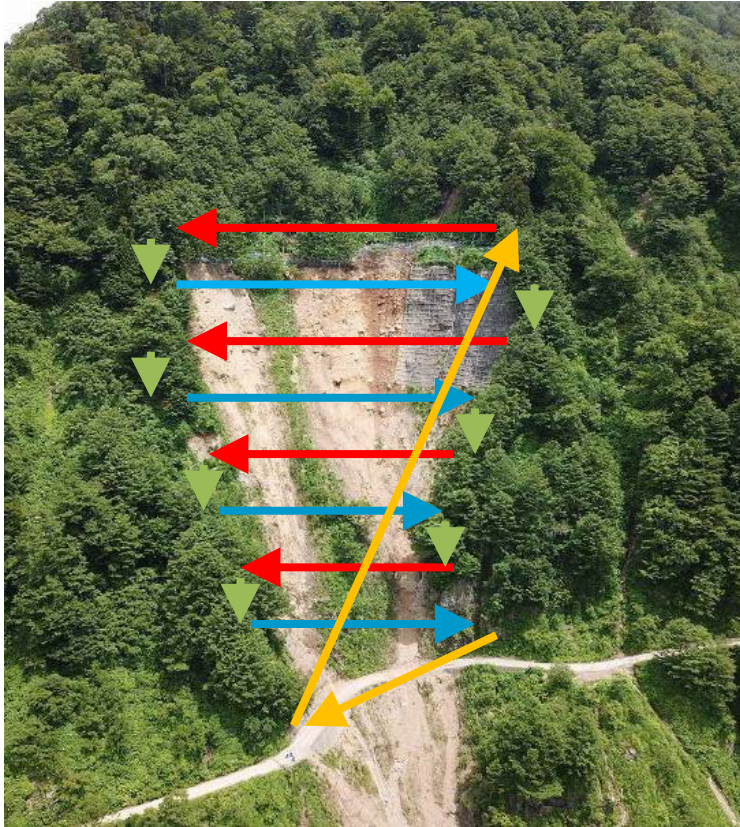
現場で飛ばす前に注意すべきこと

- ・ 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



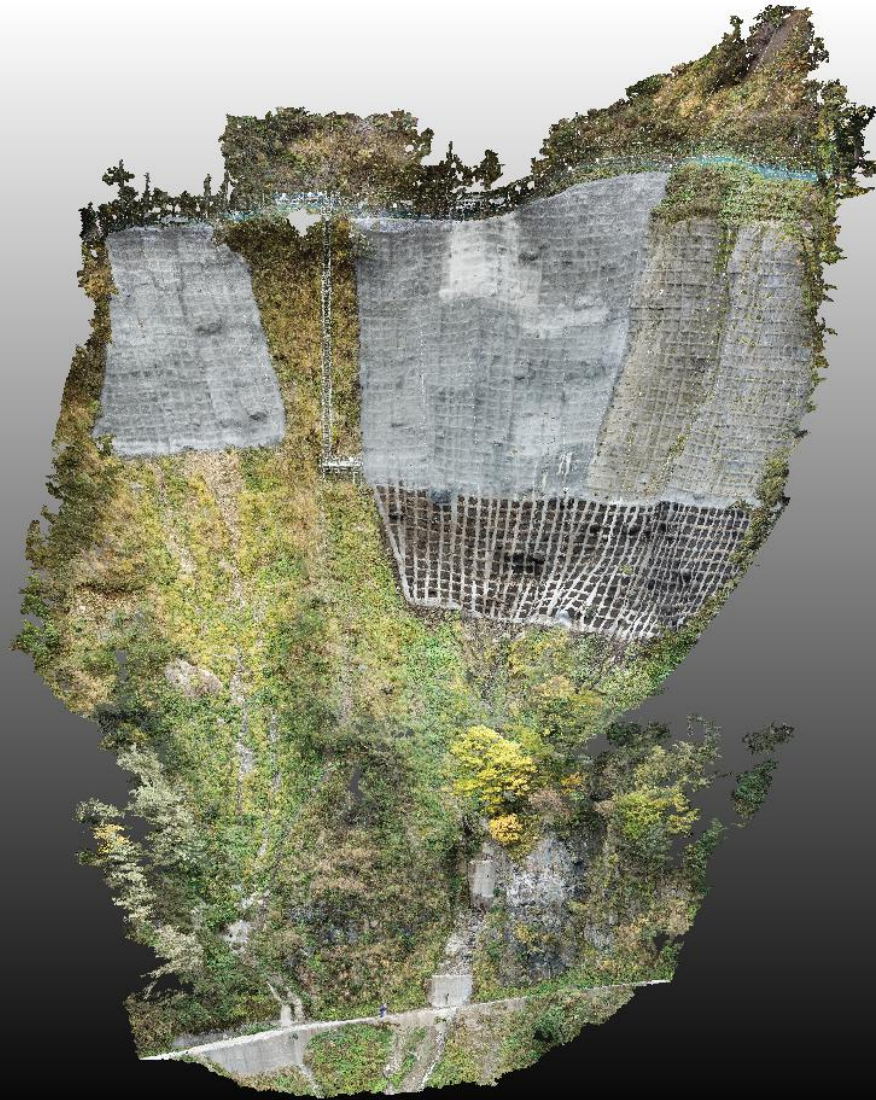
UAV写真測量 連続写真の撮影方法



※機体を目視できる場所を事前に調査しておく

法面に正対(直角)方向に撮ると
計測精度の高い3次元モデルが生成される

3次元点群データ作成



施工面積計測

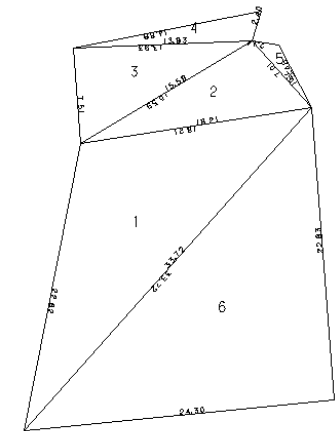
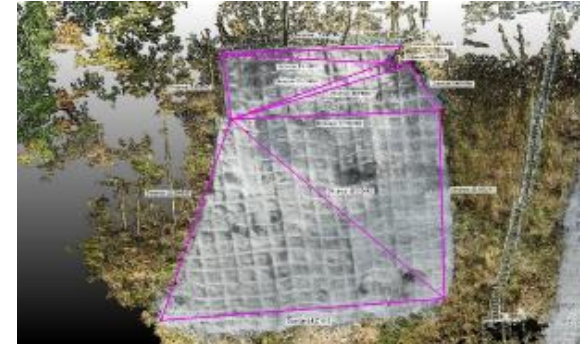
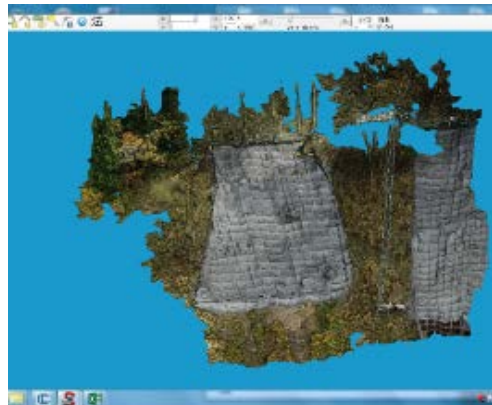
3次元モデルの活用



3次元点群データ



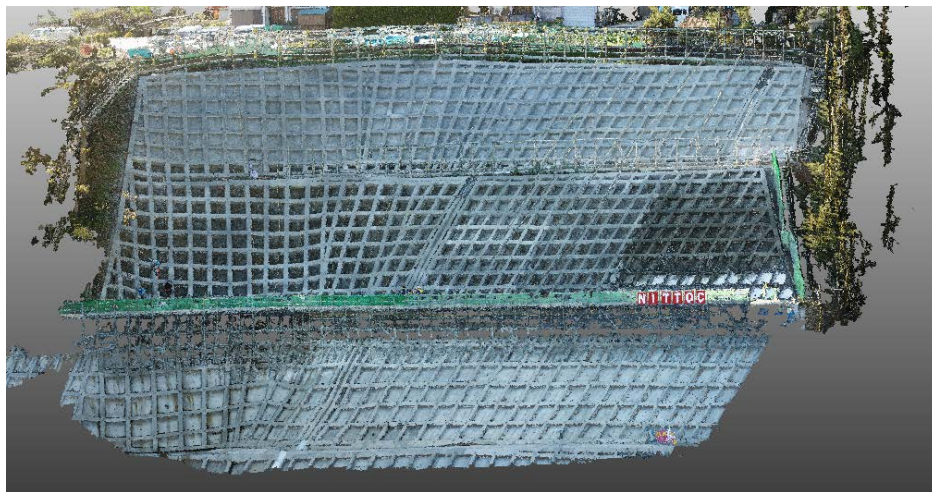
UAV写真測量



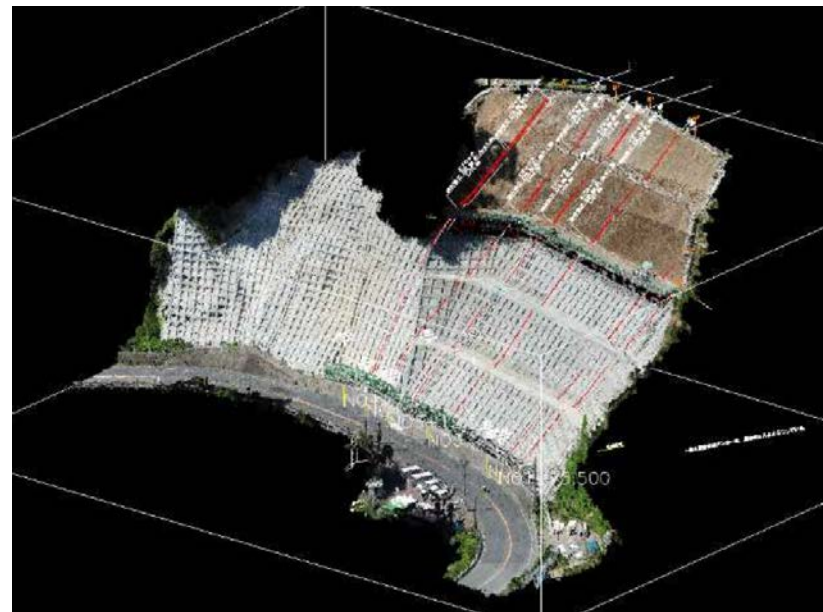
No.	a	b	c	s	面積
1	33.72	18.21	22.82	37.38	195.41
2	18.21	7.01	15.59	20.41	53.85
3	15.59	13.93	7.51	18.52	52.37
4	13.93	2.4	14.89	15.61	15.79
5	7.01	5.48	2.14	7.32	4.65
6	33.72	24.3	22.83	40.42	277.11
合計					599.18

3D CADによる求積展開図、数量表出力

UAV写真測量による3次元点群データ作成



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

出来形計測(ハンディスキャナ)

Stencil

あなたの周りの世界を ワンボタンでデジタル化

Stencilは小型軽量の3Dスキャナ
ユニットを使用したマッピングシス
テムです。

Stencilは小型軽量のため、
ハンドヘルド、バックパック、車載、
ドローン搭載等、多様な計測方法
が可能です。



Stencilの特徴

- ◎リアルタイムに詳細なデジタル3Dモデルのスキニングとポイントクラウド生成
- ◎軌跡データと詳細モデリングデータが同時取得可能
- ◎GNSSを使用しないため、木陰や屋内での計測が可能

■ エンジン仕様

- ・リアルタイムでポイントクラウドの生成
- ・リアルタイムで軌跡データ作成
- ・三種のマルチセンサー入力
- ・測定しながら連続的に自動補正
- ・リアルタイムでポイントクラウド確認

■ プロセッサ仕様

- ・HDMIビデオ出力
- ・4つのUSB3.0ポート
- ・ミニディスプレイポート出力
- ・イーサネットポート(RJ-45)
- ・250GB SSD
- ・Ubuntu Linux OS

■ レーザーユニット仕様

- 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
- 水平視野: 360°
- 垂直視野: 30°

■ 姿勢認識カメラ仕様

- 解像度: 640 × 360
- フレーム率: 50Hz
- 画像: 白黒

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

水平視野: 360°

垂直視野: 30°

姿勢認識カメラ

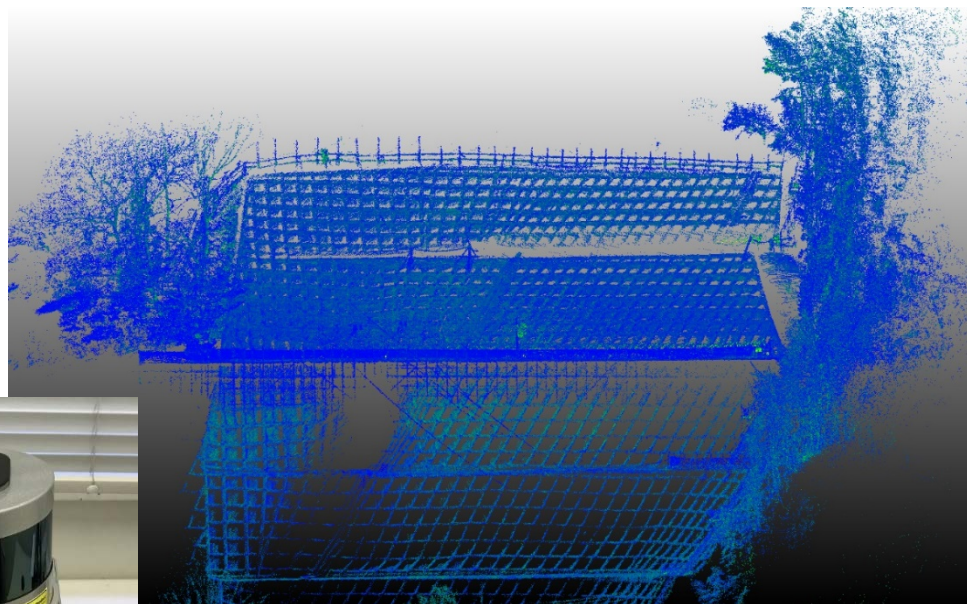
解像度: 640 × 360 白黒

- ・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

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



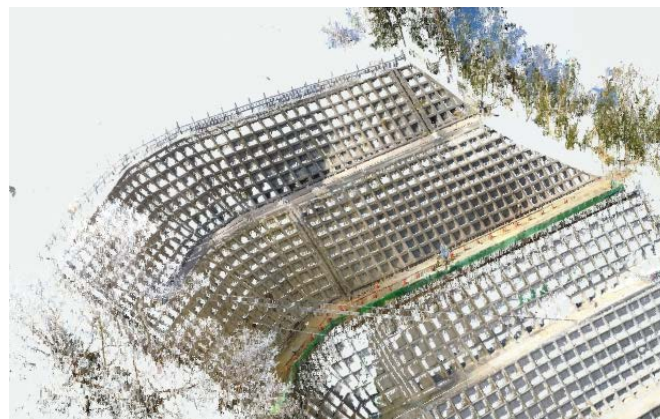
ハンディスキャナ 重量:3kg

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

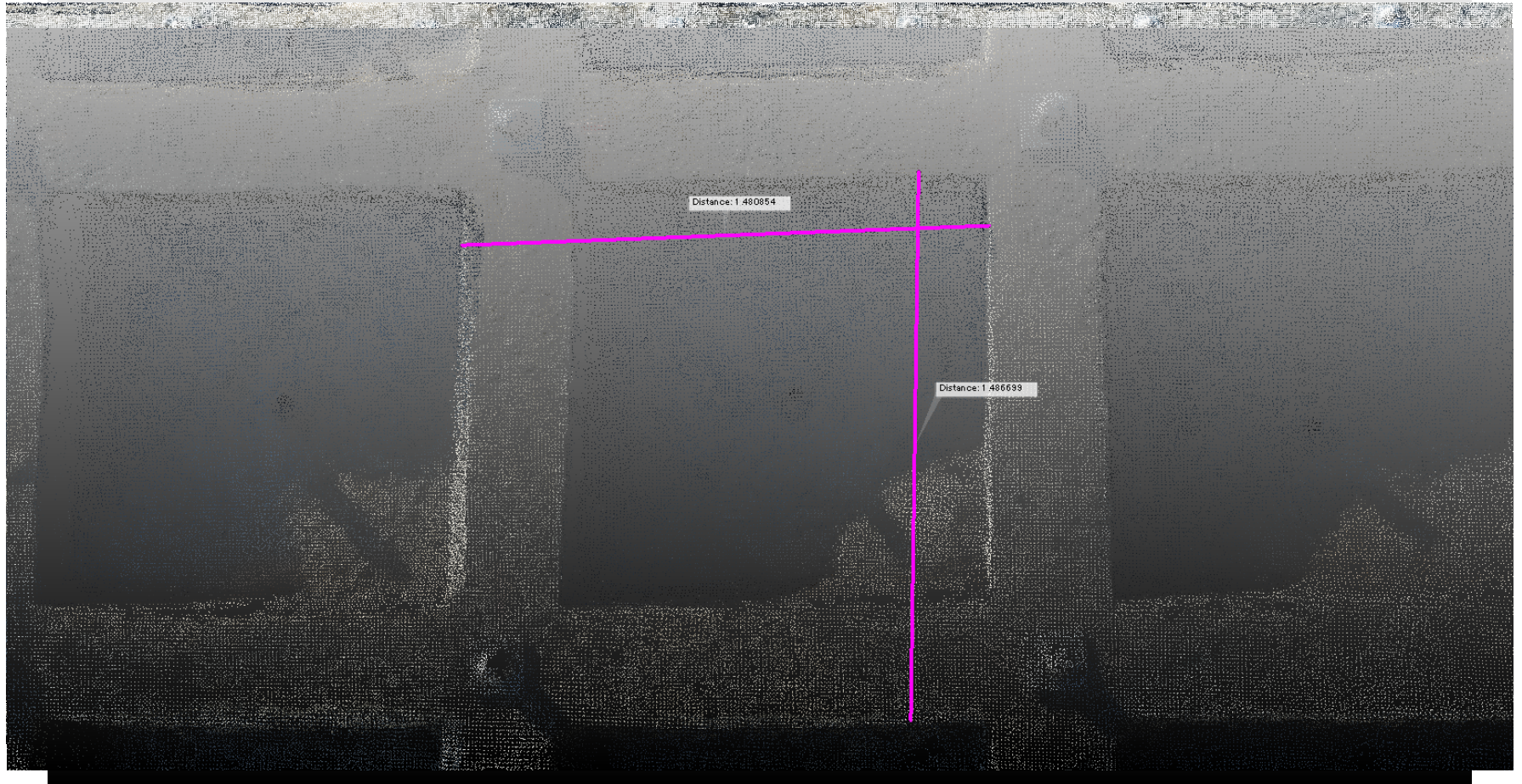
4300万点/秒



色付き点群データ

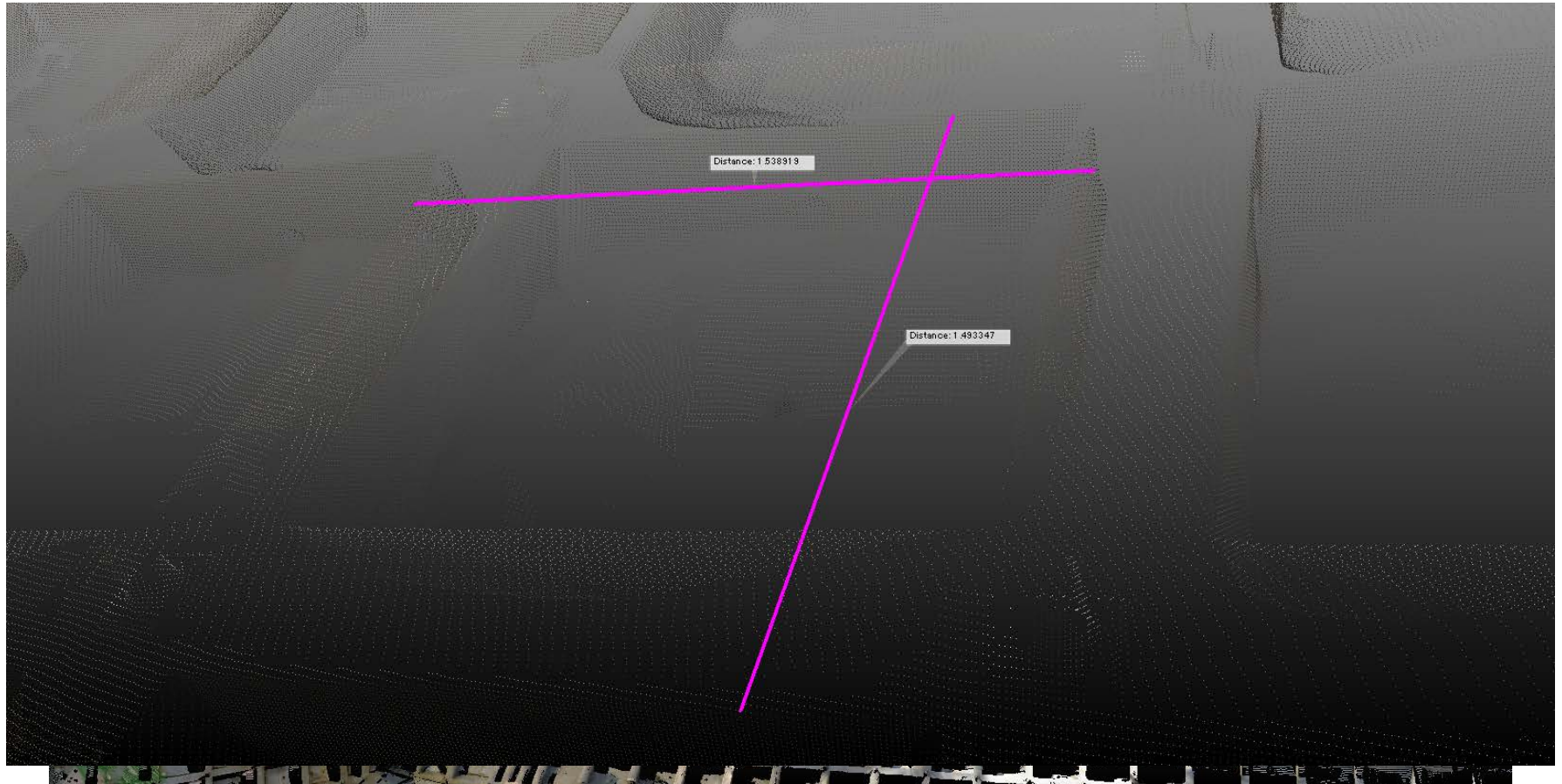
平均点誤差3.4 mm

計測値比較(UAV 枠間隔 45° 10m) (CASE1)



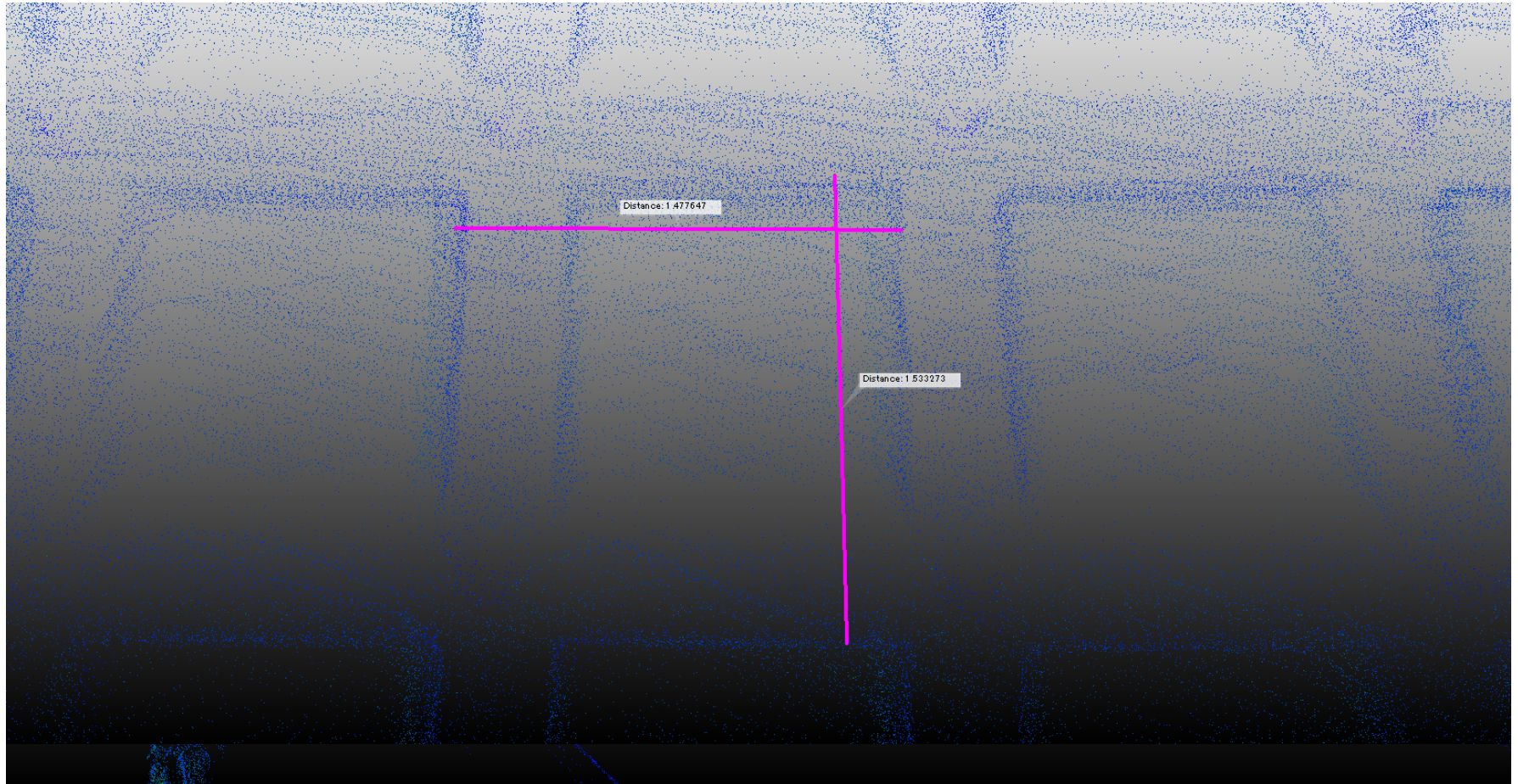
総点群 24,425,586点 梁断面方向33点群

固定式レーザースキャナ計測(CASE2)



総点群 43,747,501点 梁断面方向55点群

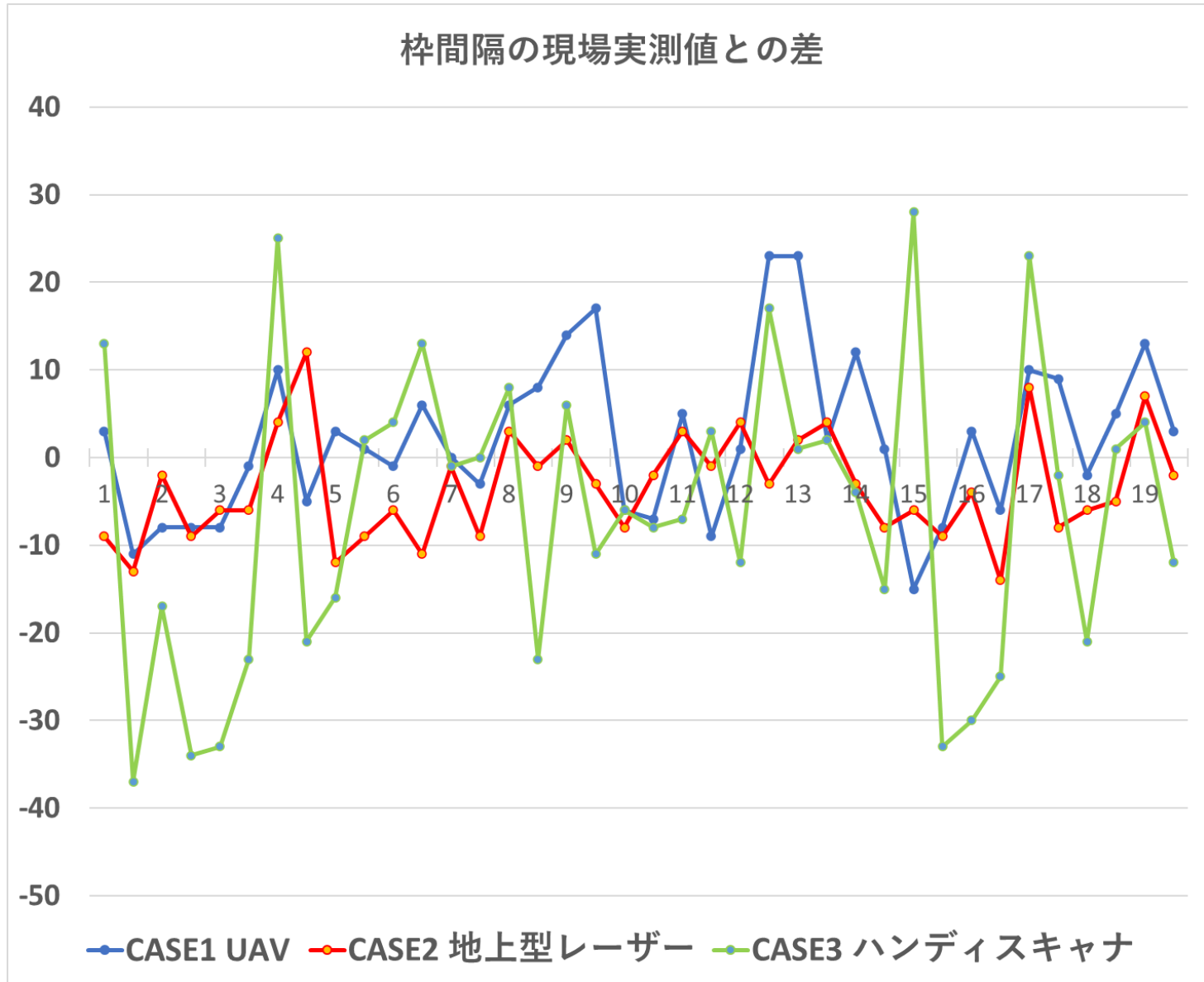
ハンディスキャナ計測（CASE3）



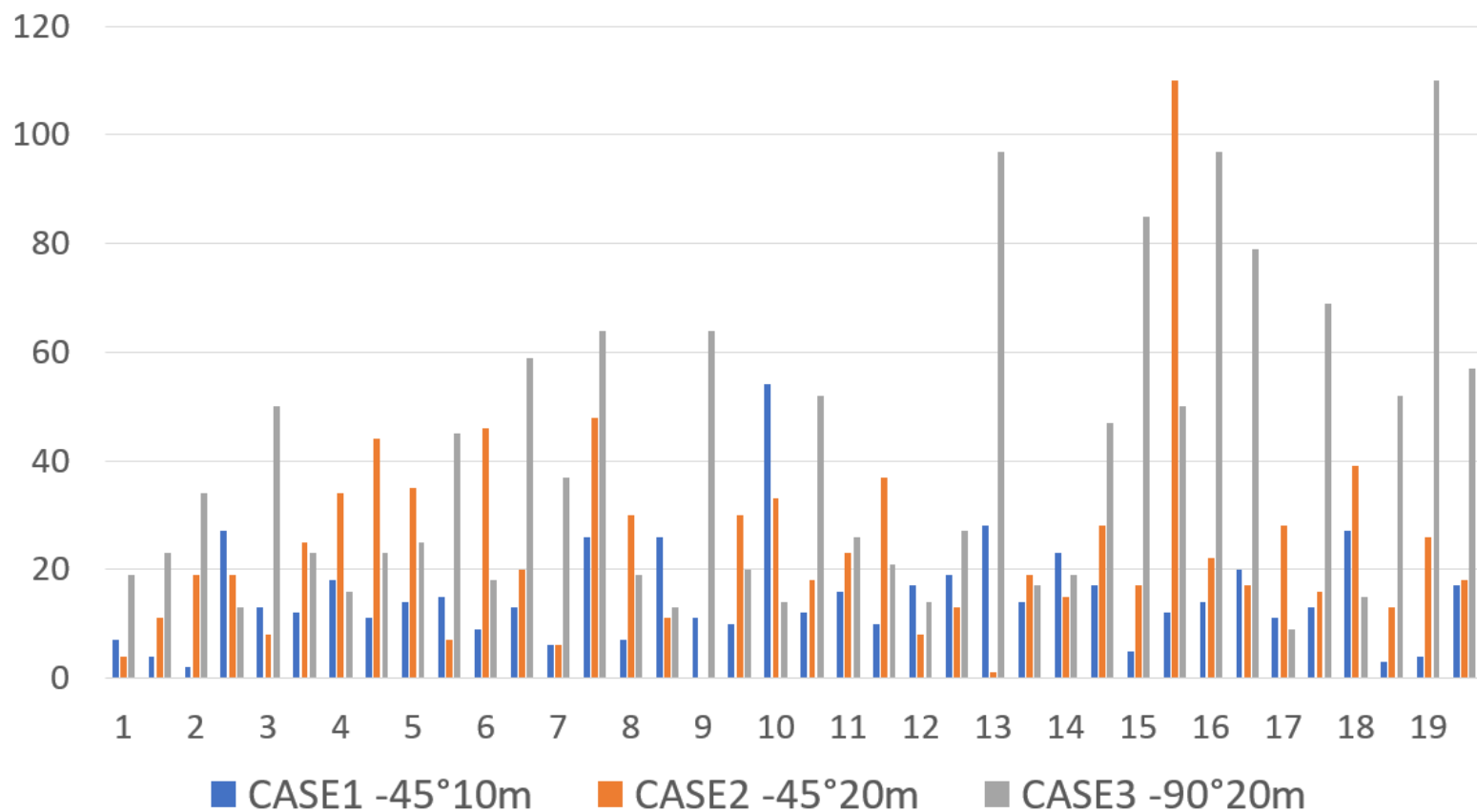
総点群 4,452,611点 梁断面方向15点群

計測方法の違いによる柵間隔の現場実測値との差

(mm)



3人の計測者による各計測値の最大誤差

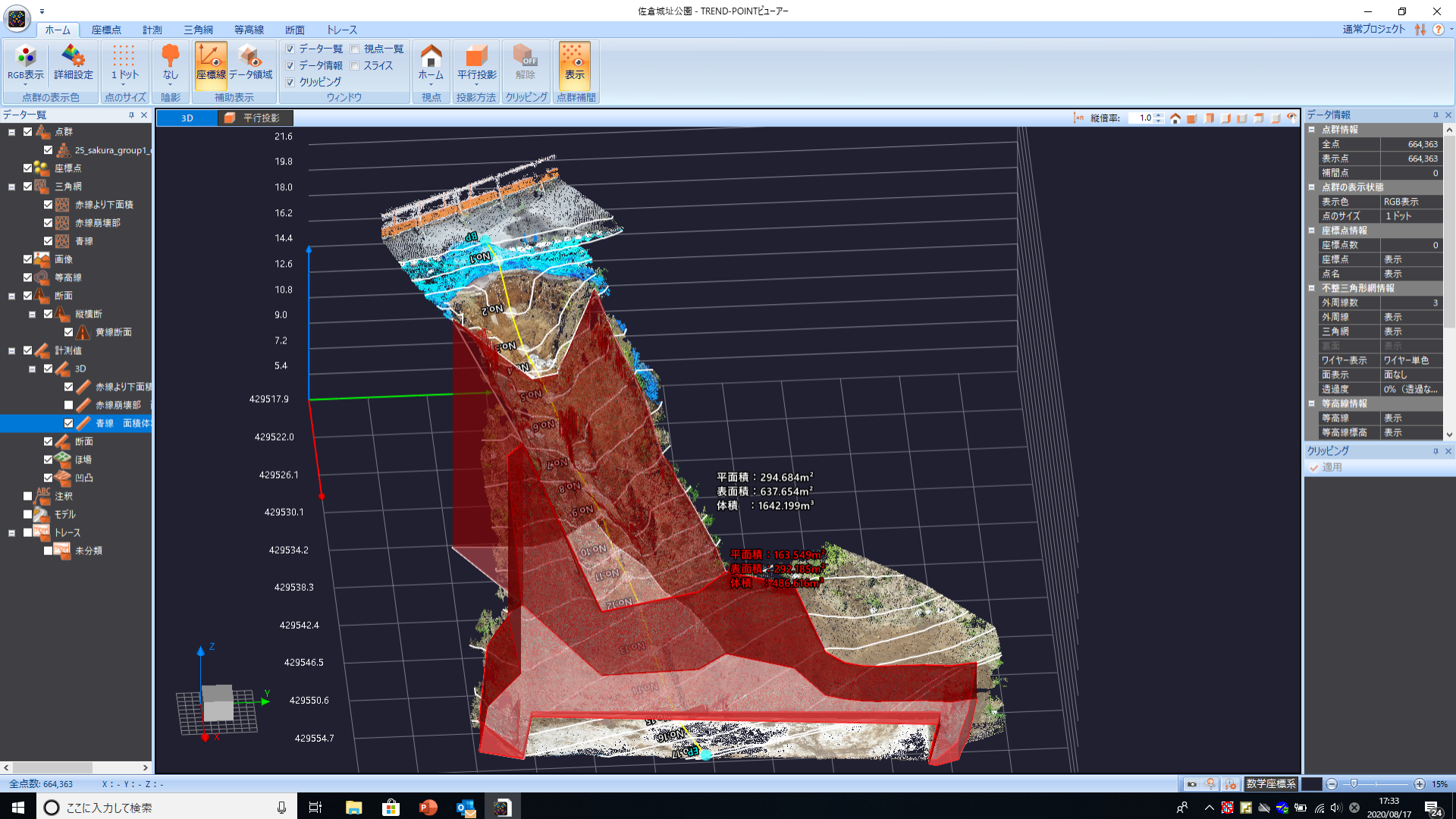


三者の各測定値の最大差の絶対値平均

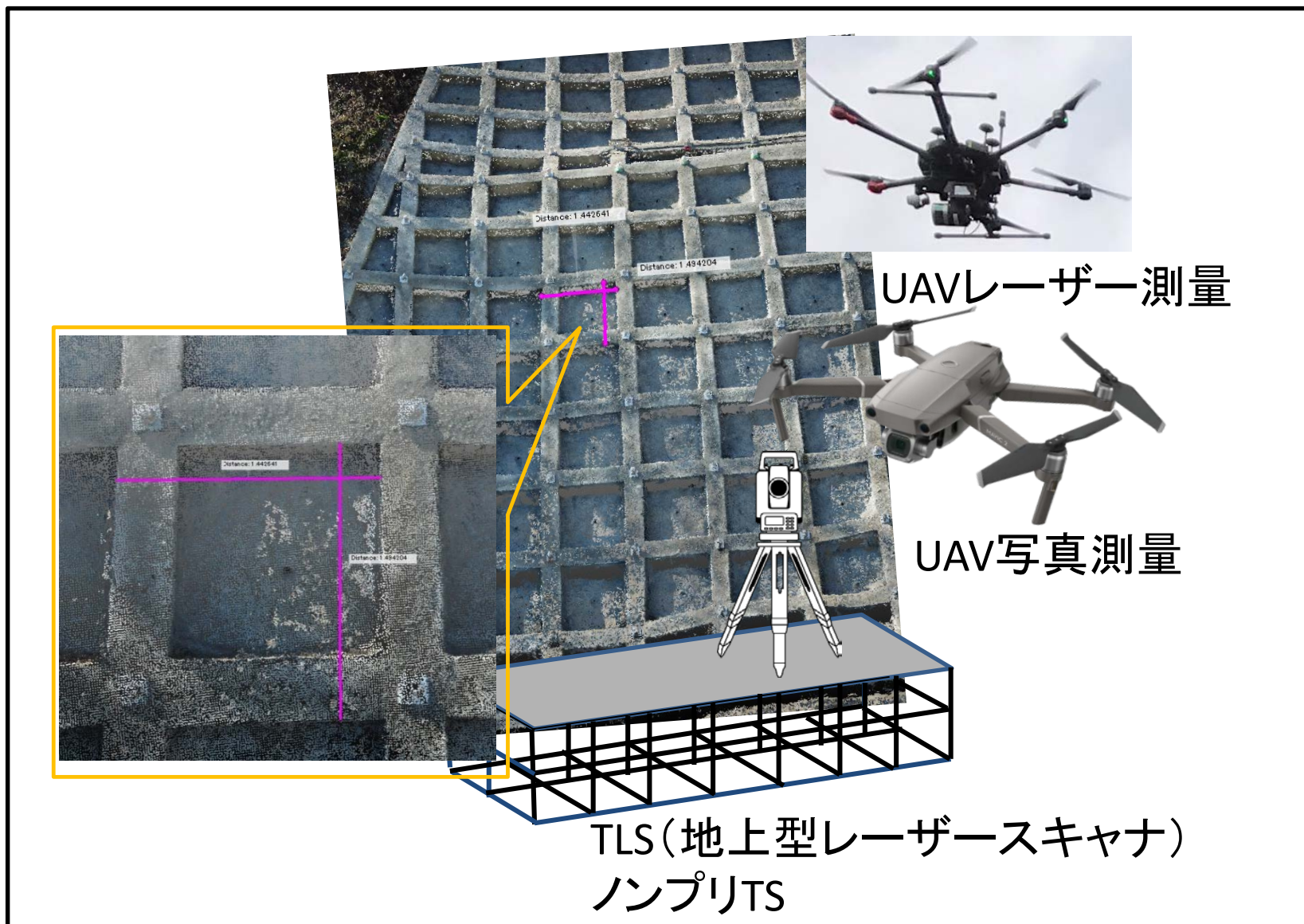
CASE1 1.0% CASE2 1.58% CASE3 2.68%

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



I C T 法面工 3次元計測技術ラインナップ



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