

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
三次元測量の取り組み**

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

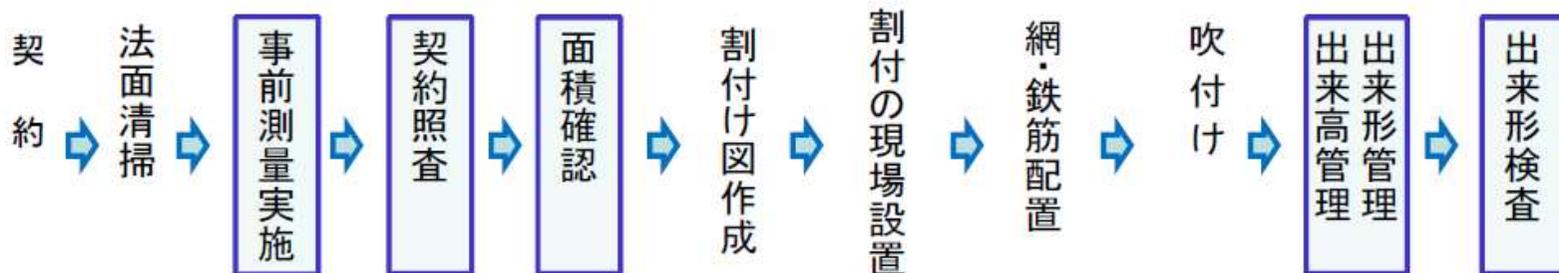
○主要工種から順次、ICTの活用のための基準類を拡充。

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)】

第10回 ICT導入会議 R2 . 3. 10

- ・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

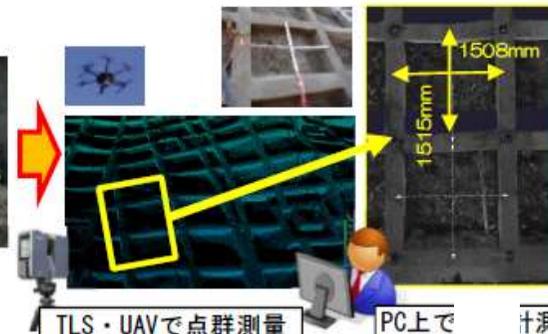


清掃後の法面をTLS・UAVにより遠隔測量

- 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

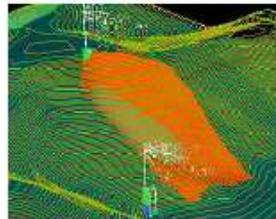
ICT活用

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



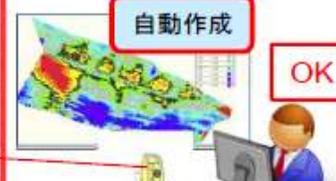
3次元測量結果から任意断面
における安定計算と設計照査
枠割付の自動化、設計変更
に基づく変更数量算出

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。

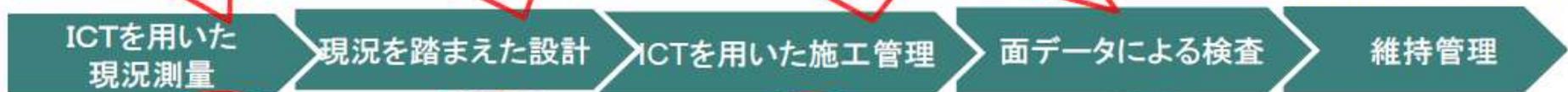


発注者
ノンプリ代表点計測

⑤ 維持管理の初期
値データとして活用



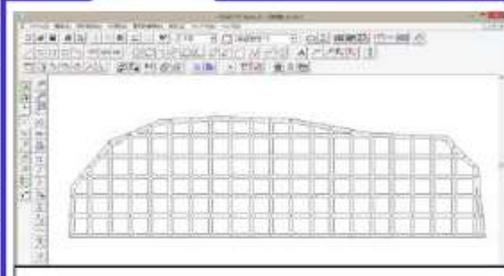
完工データを防災カルテ
点検等の初期値とし、斜
面変状の把握等、傾向
管理として活用



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]

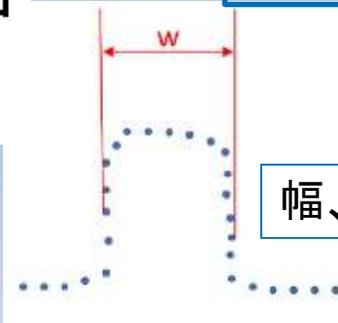
点群ピックアップの場合

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	

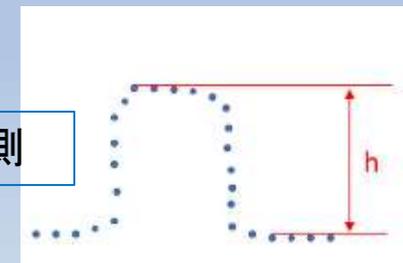
規格値は従来と同等とする
計測要求精度は規格値の1/3とする。



計測箇所の測線



幅、高さの計測



発表内容

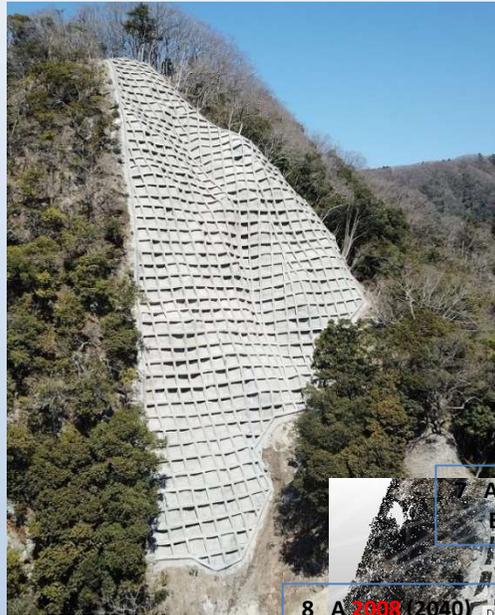
- ① 国土交通省の現在の規定（国交省HP参照）
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

ICT法面工 出来形計測の効率化と安全性向上

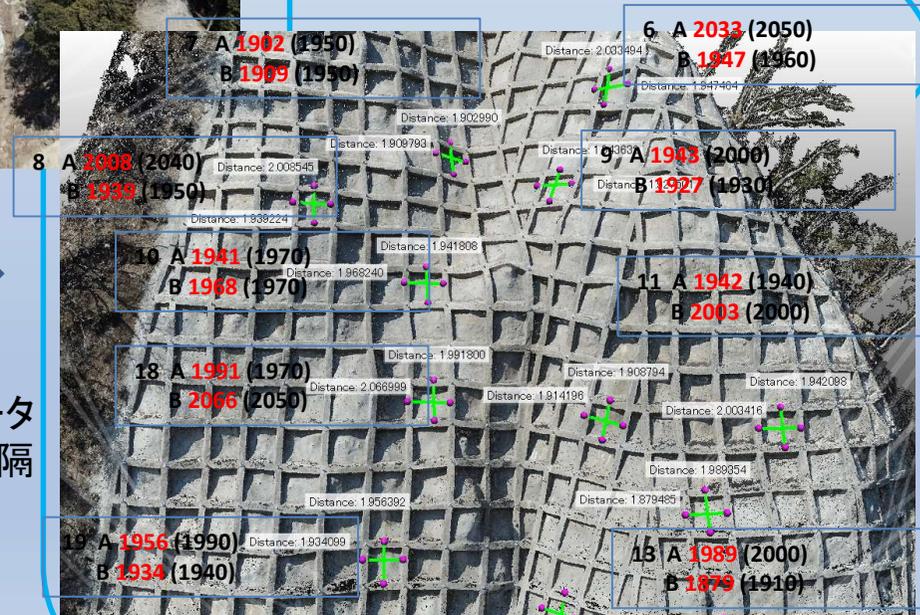
従来の出来形計測



- 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

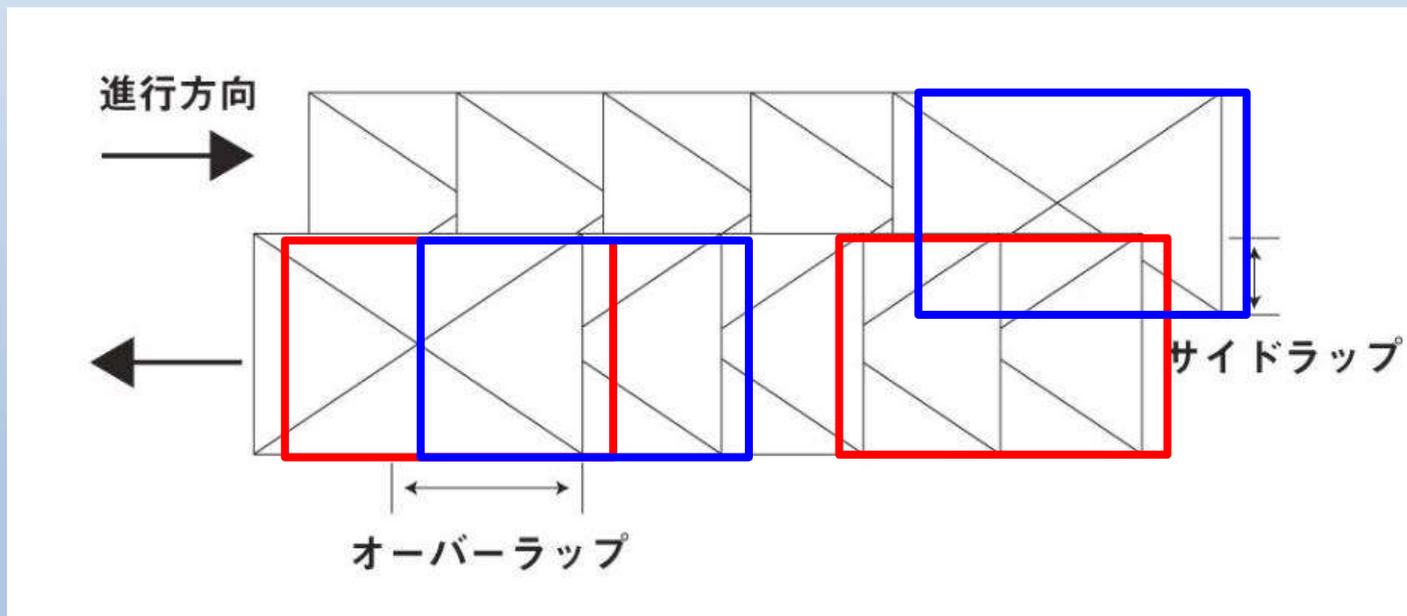
- ・電波干渉となる設備からの影響
- ・電離層による影響
- ・地磁気センサーへの影響(特に鉄筋構造物やコンクリート)

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

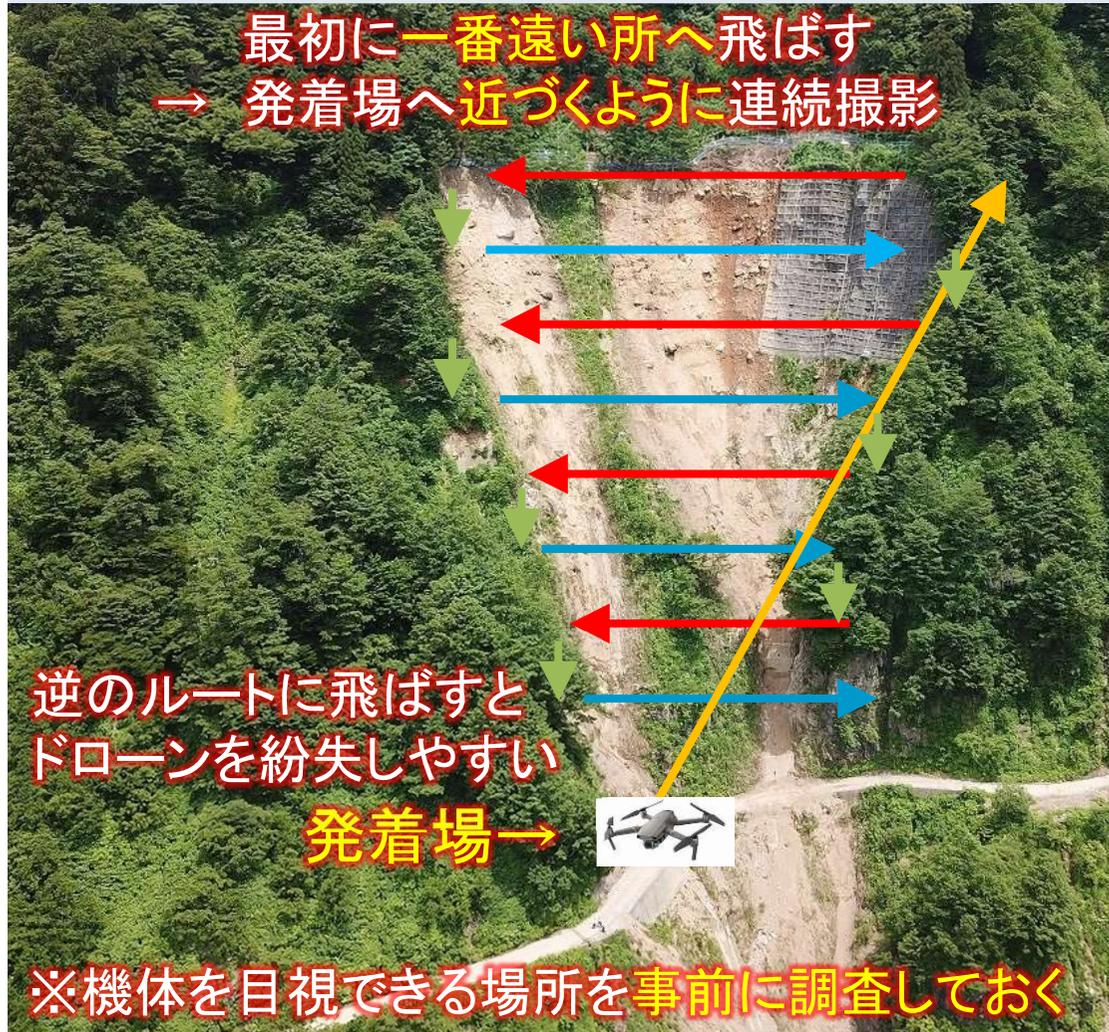
サイドラップ率は60%以上保つことが推奨されている



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



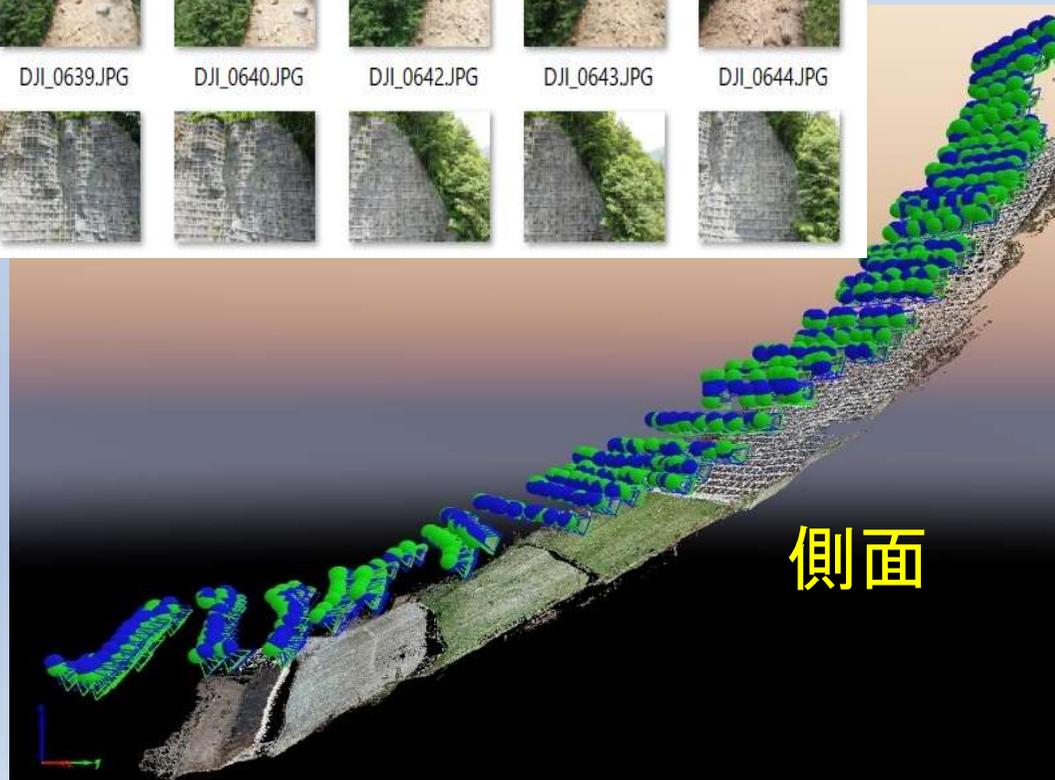
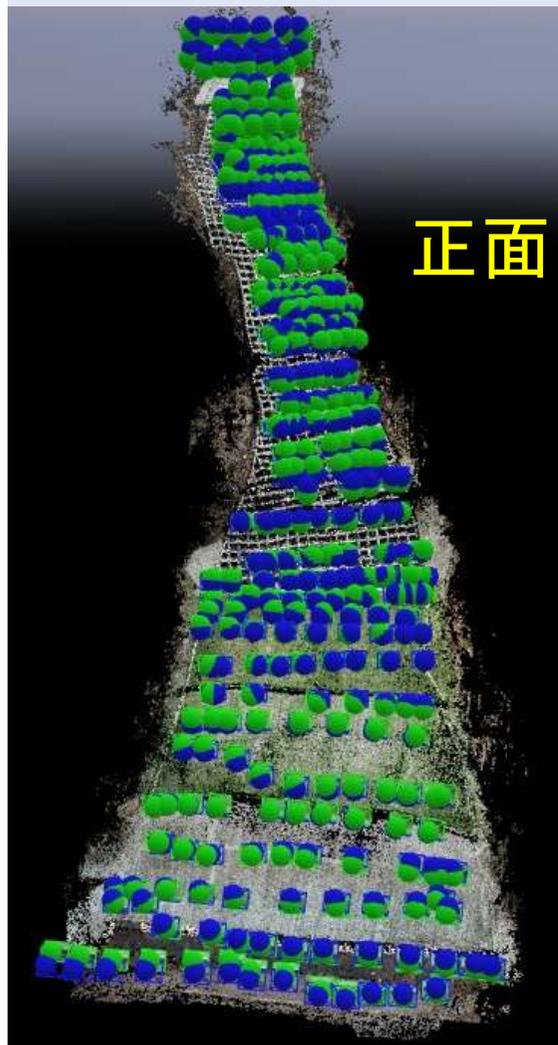
法面に向かい正面(直角)方向に撮ると
精度の高い3次元モデルが生成される

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

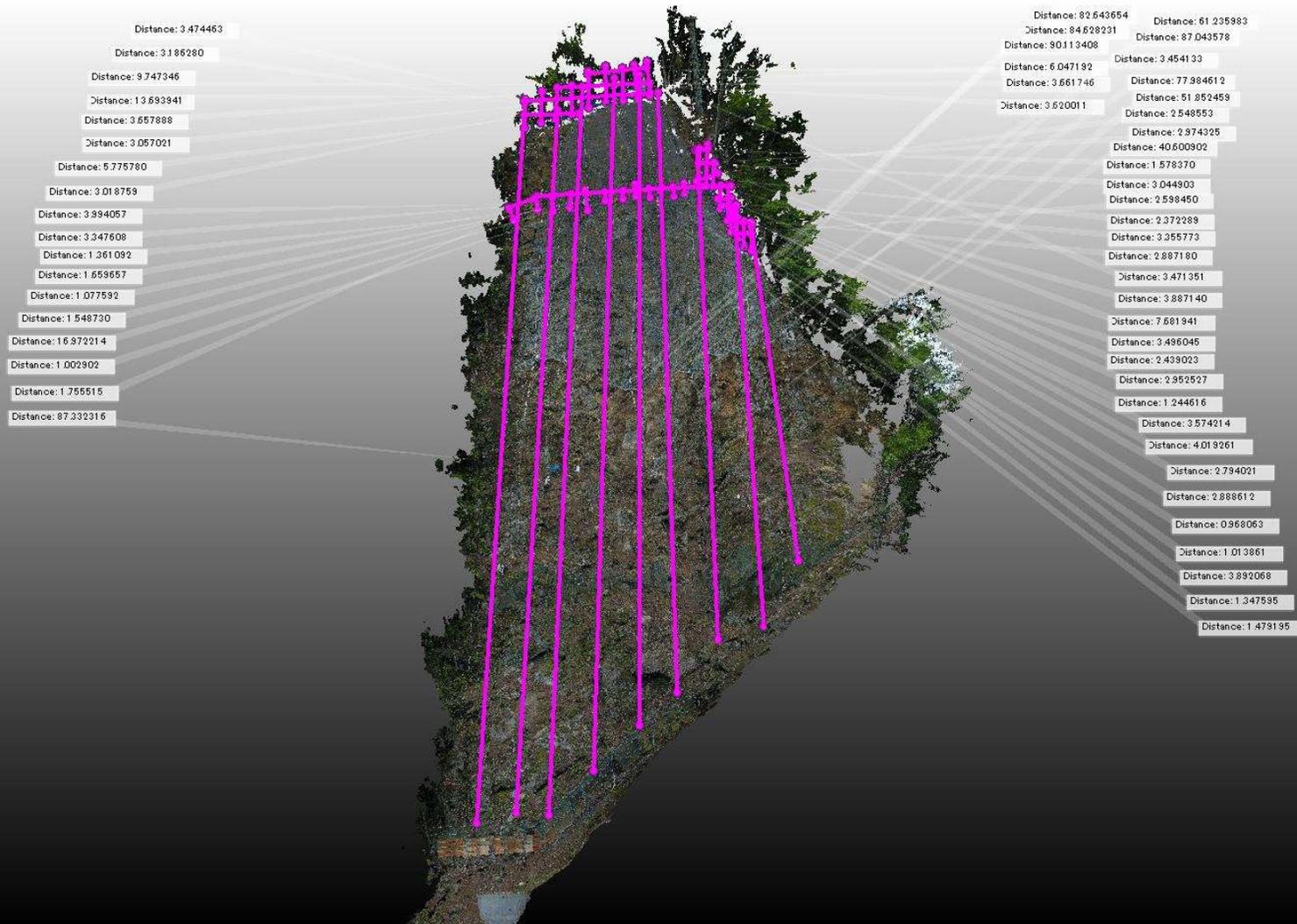


発表内容

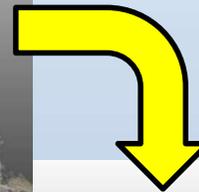
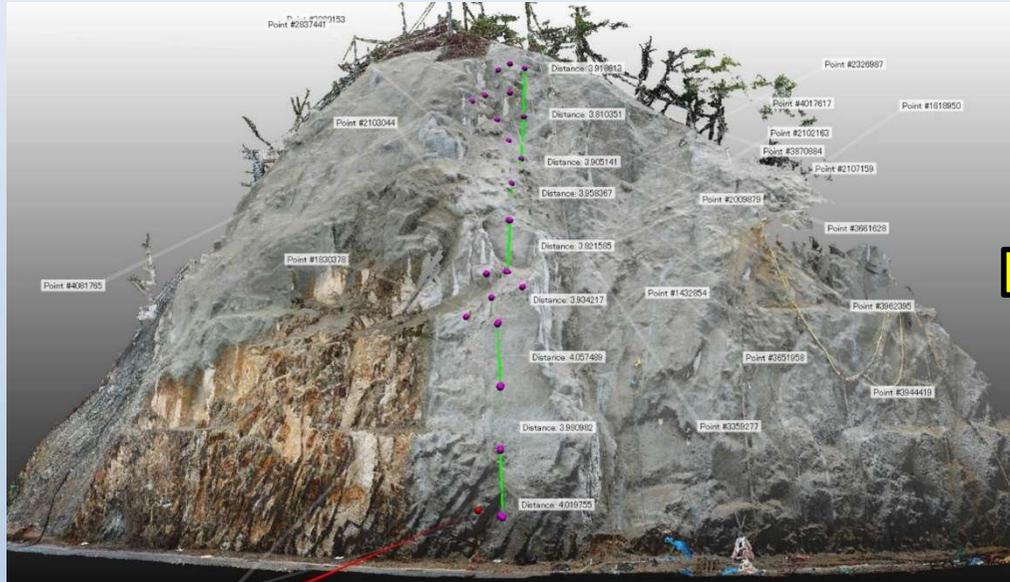
- ① 国土交通省の現在の規定（国交省HP参照）
- ② 法面現場にドローンを活用
- ③ 写真測量の手順
- ④ 3次元モデルの活用事例
- ⑤ レーザスキャナを用いた点群データの取得
- ⑥ まとめ

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

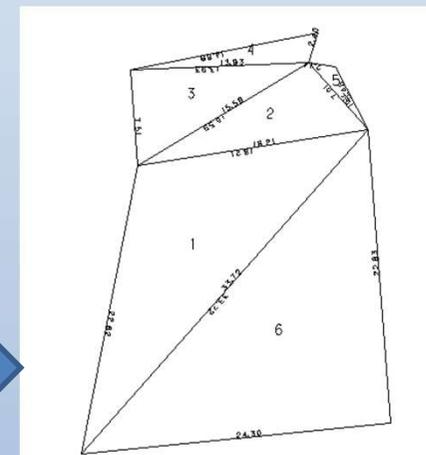
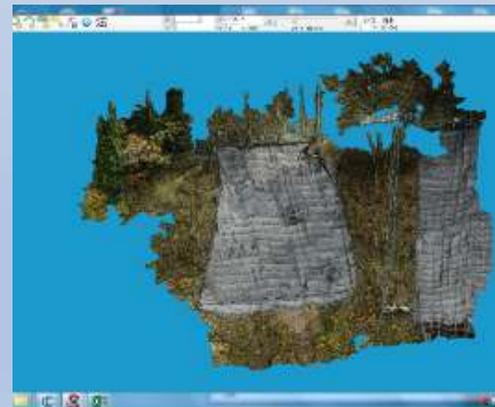
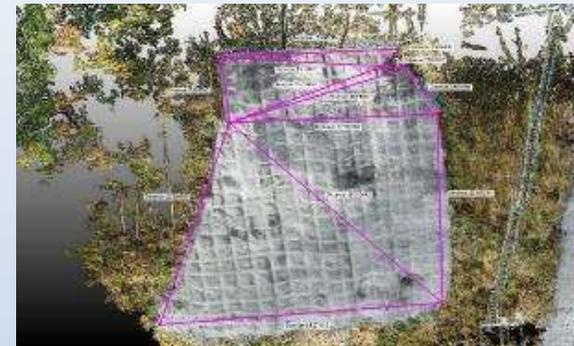
3次元モデルの活用



3次元点群データ



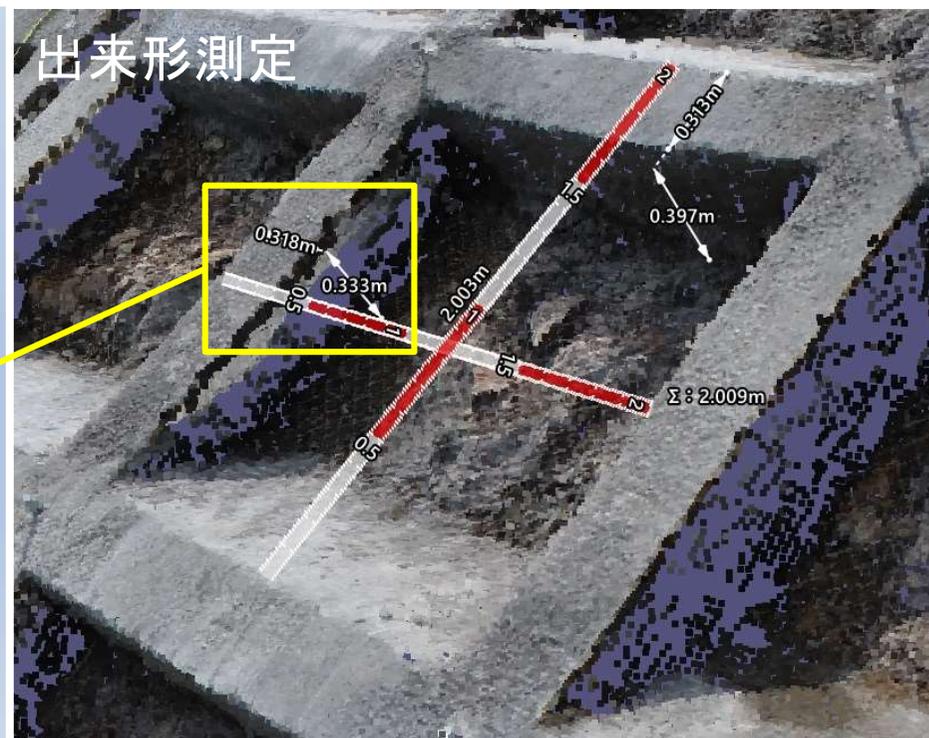
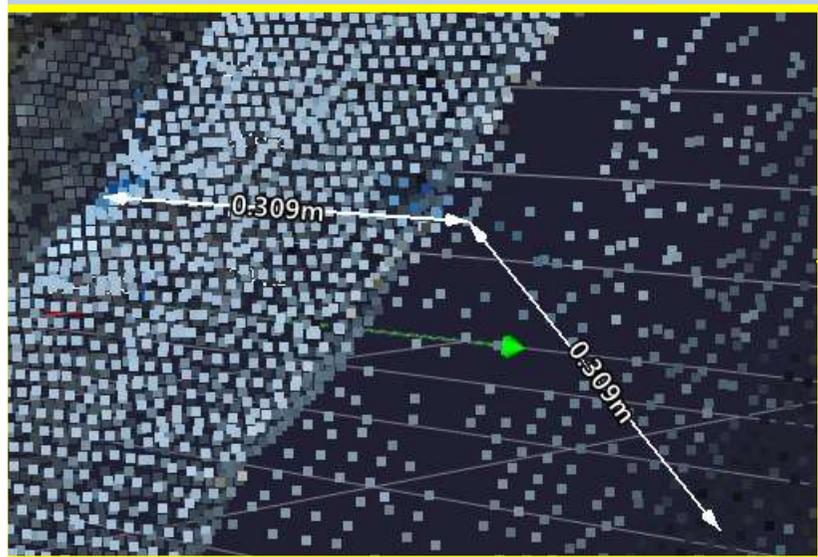
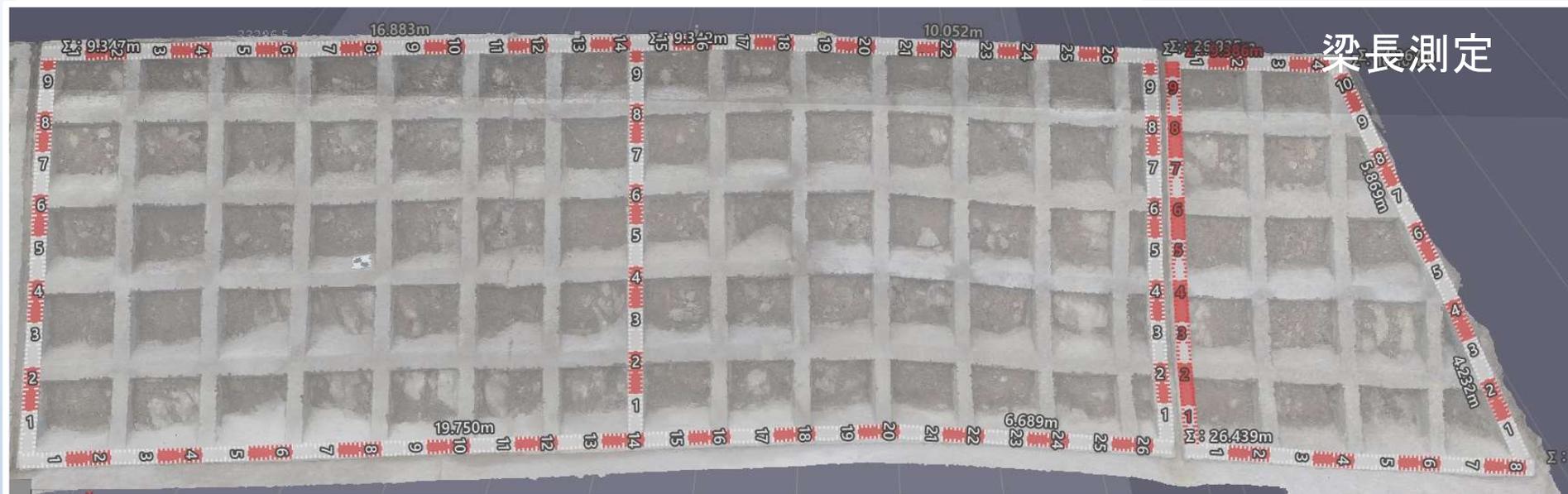
UAV写真測量



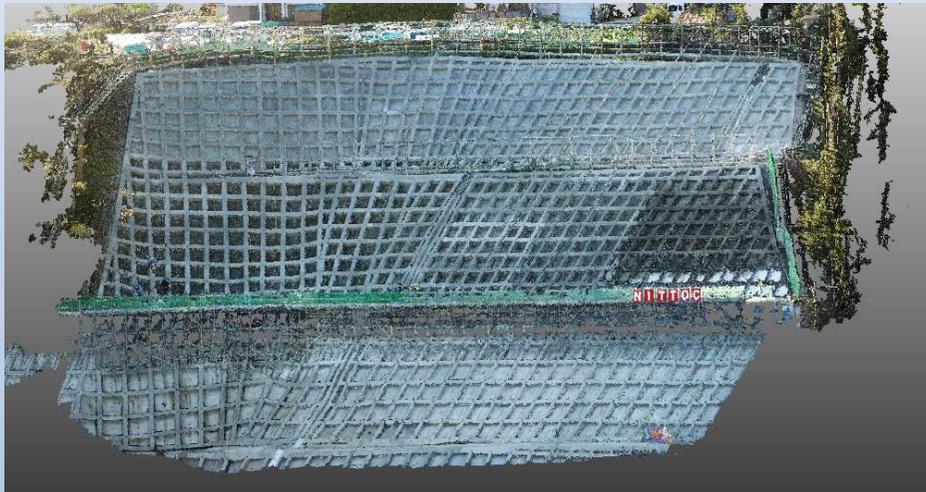
No.	a	b	c	s	面積
1	33.72	18.21	22.82	37.38	195.41
2	18.21	7.01	15.59	20.41	53.85
3	15.59	13.93	7.51	18.52	52.37
4	13.93	2.4	14.89	15.61	15.79
5	7.01	5.48	2.14	7.32	4.65
6	33.72	24.3	22.83	40.42	277.11
合計					599.18

3D CADによる求積展開図、数量表出力

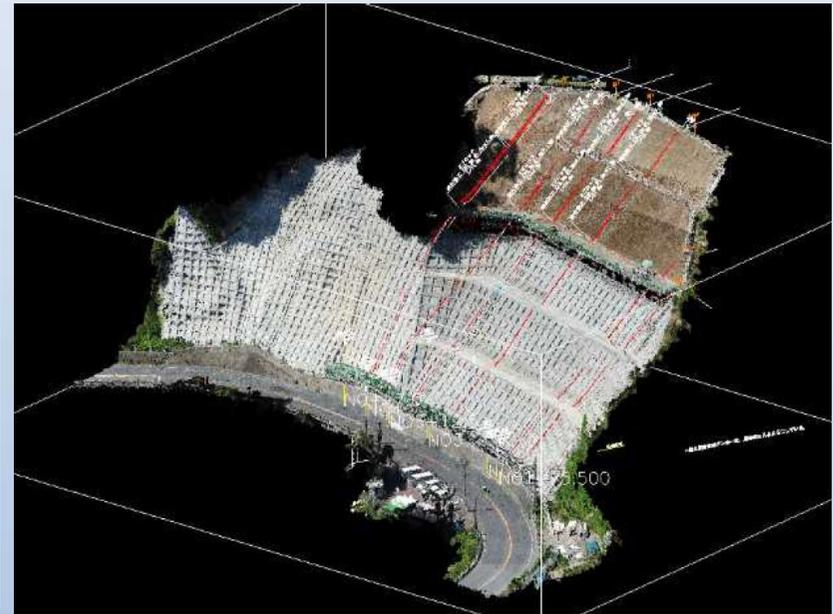
出来形測定確認への活用



断面の出力

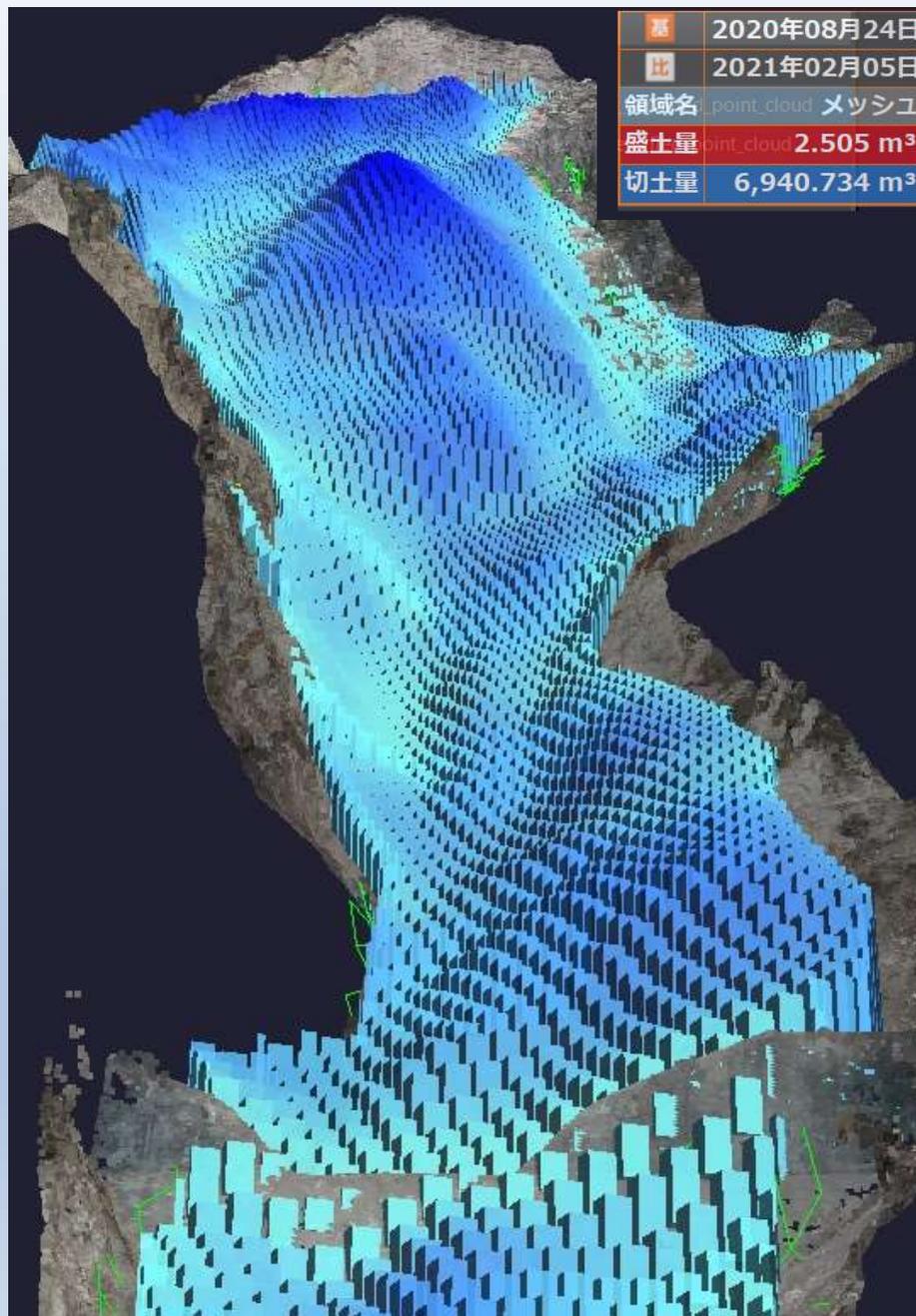
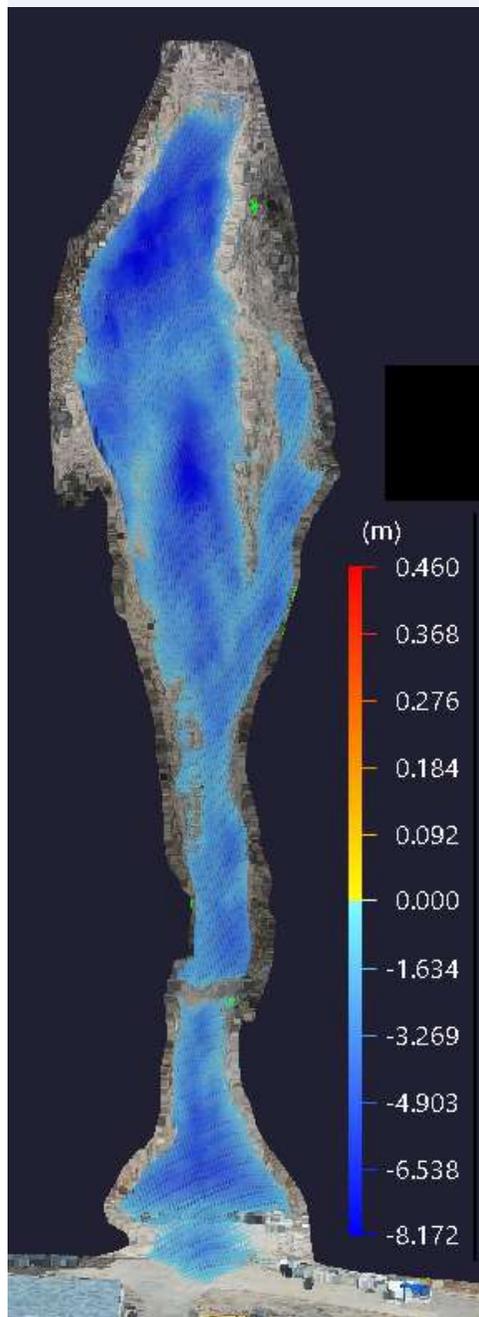


正面方向から撮影した点群データ



起工測量点群と設計断面との対比

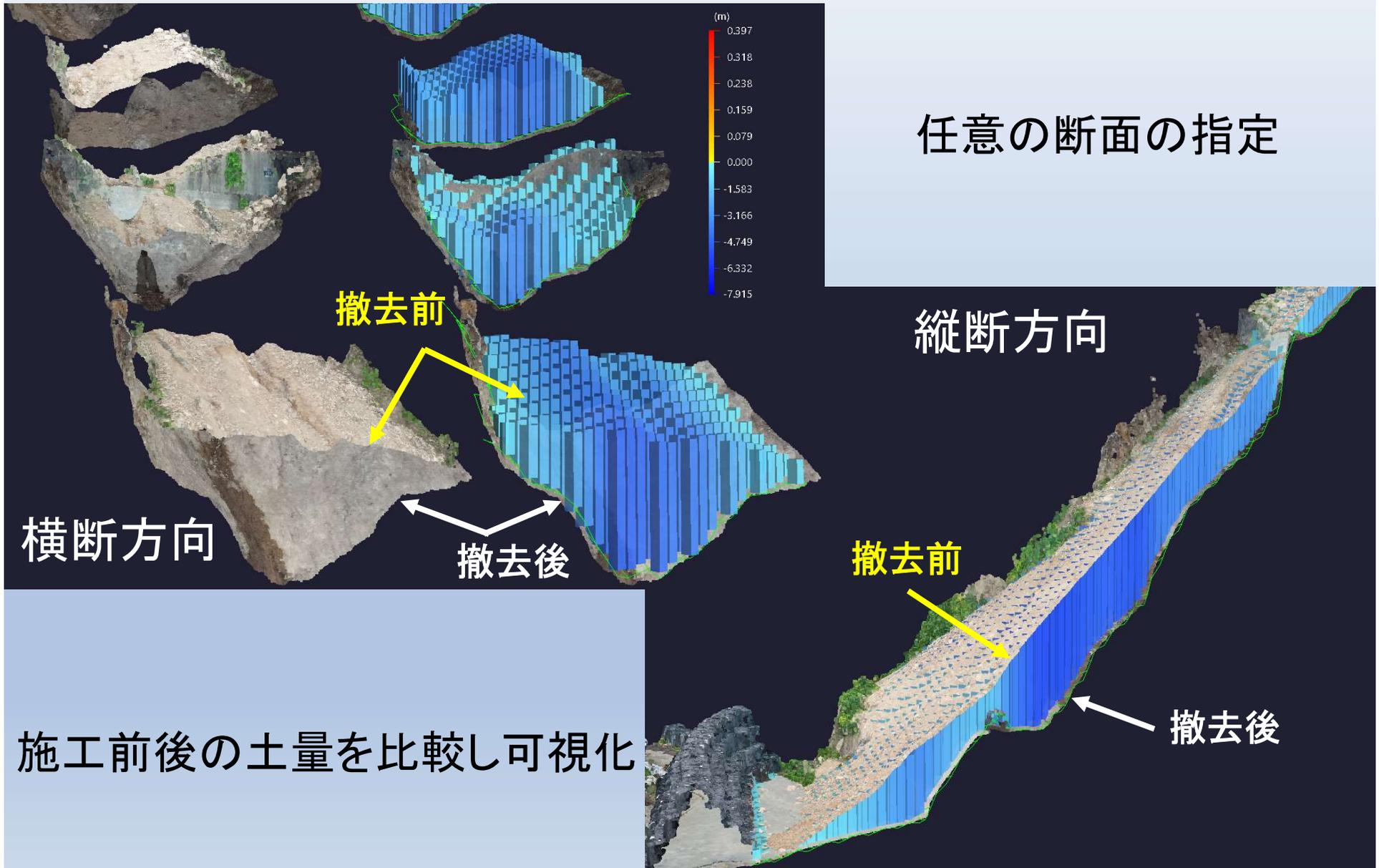
土量計算



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

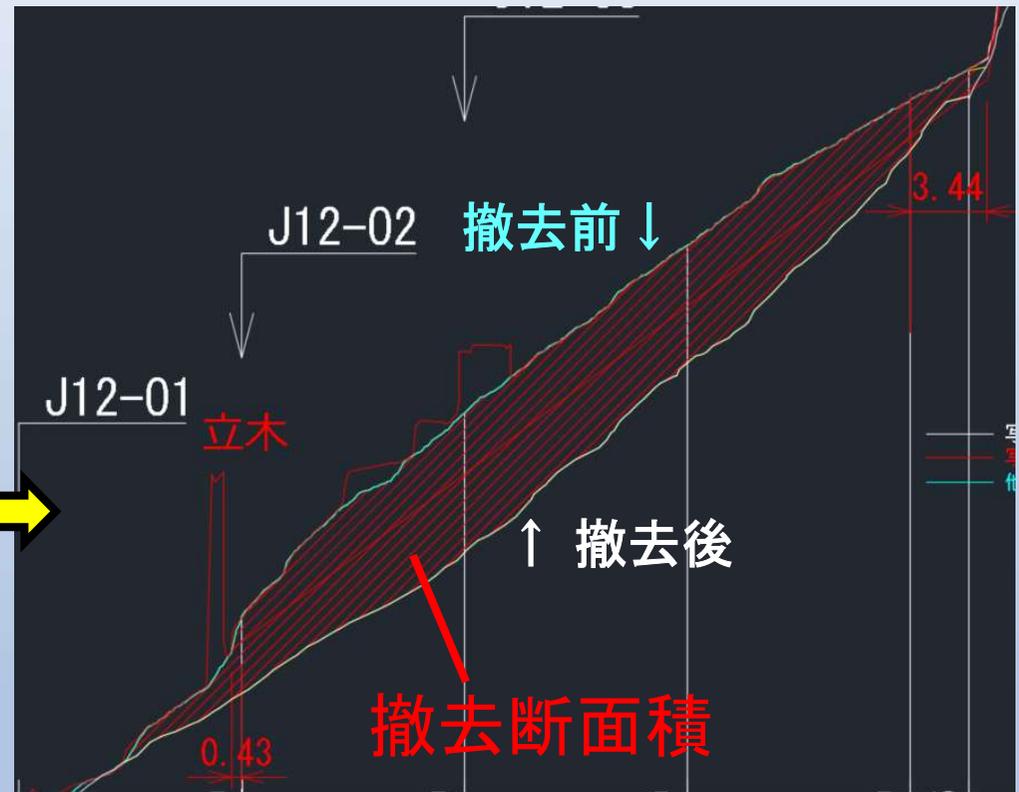
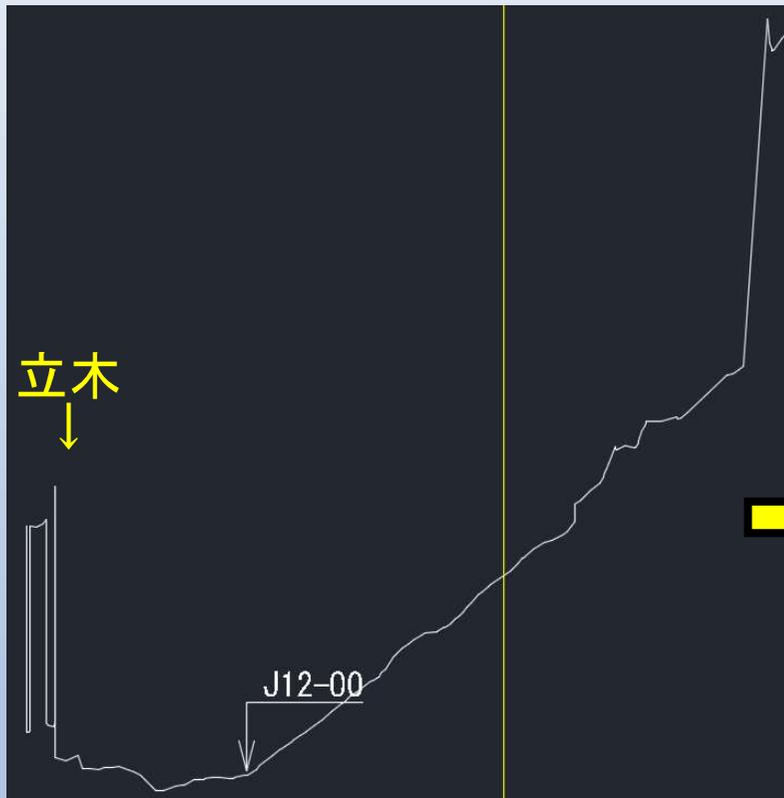
撤去前

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

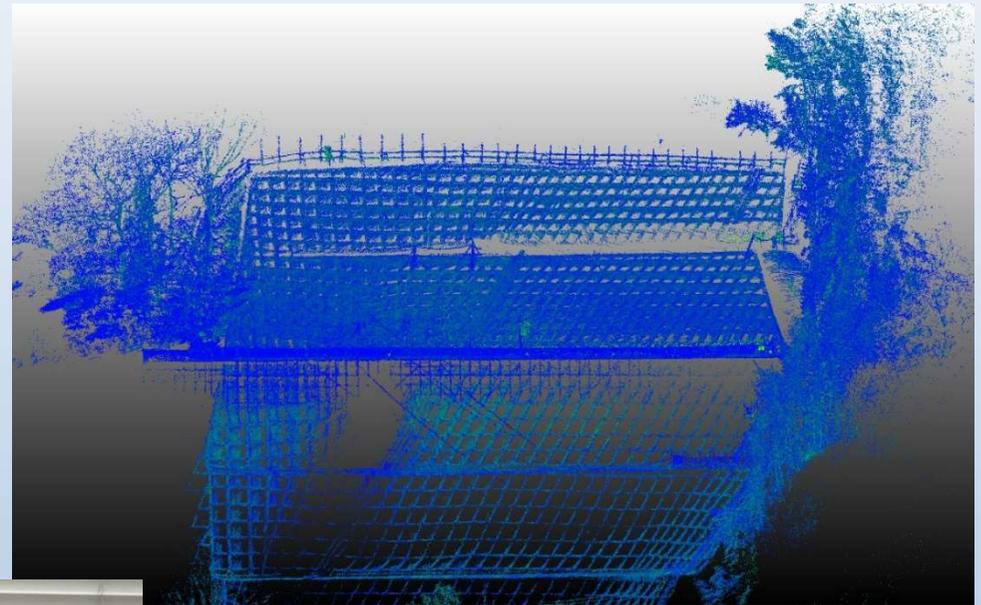
内容

- 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

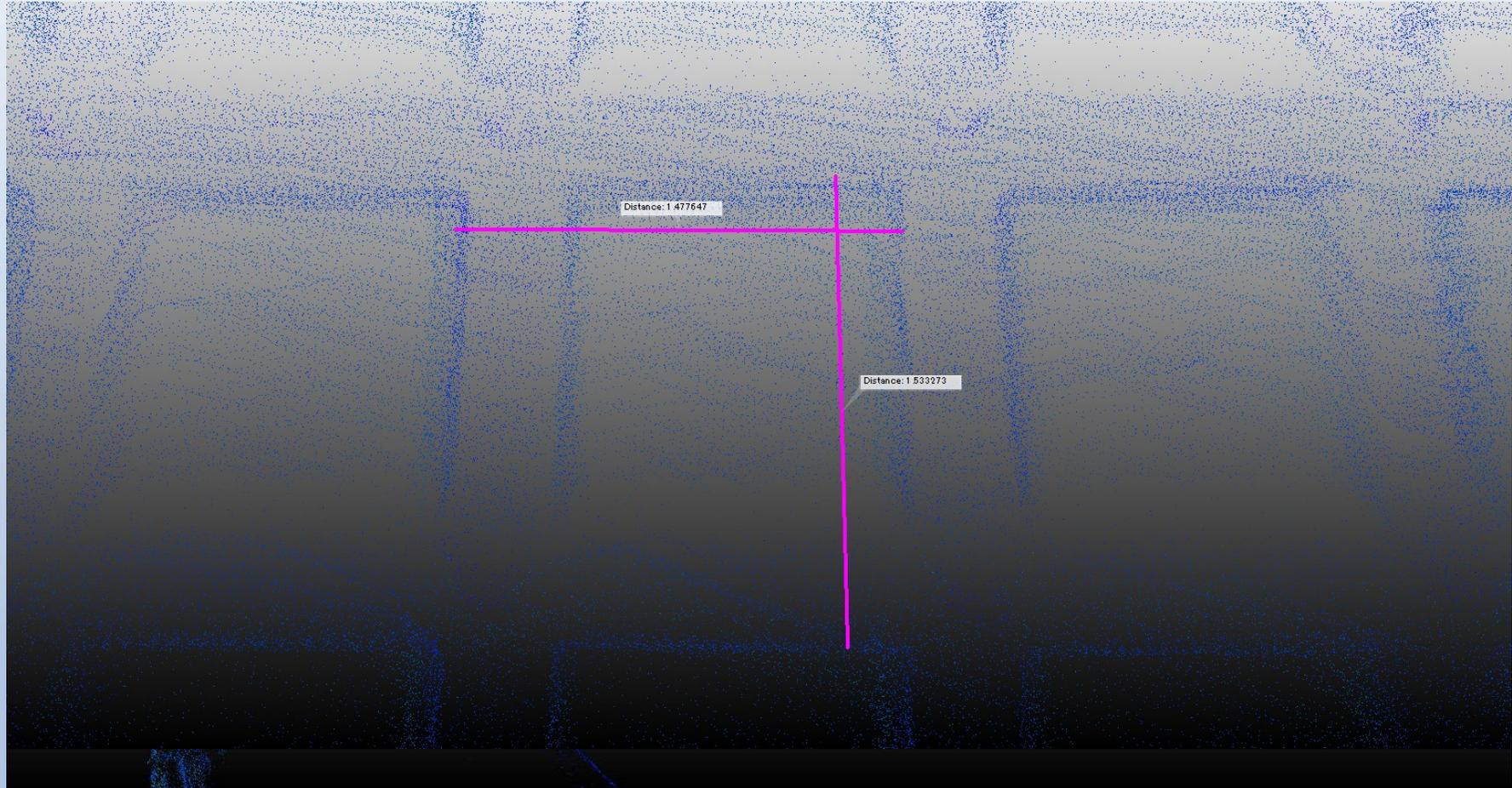
レーザーユニット:Velodyne
VLP-16
測定距離:1~100m
測定点数:約30万点/秒



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

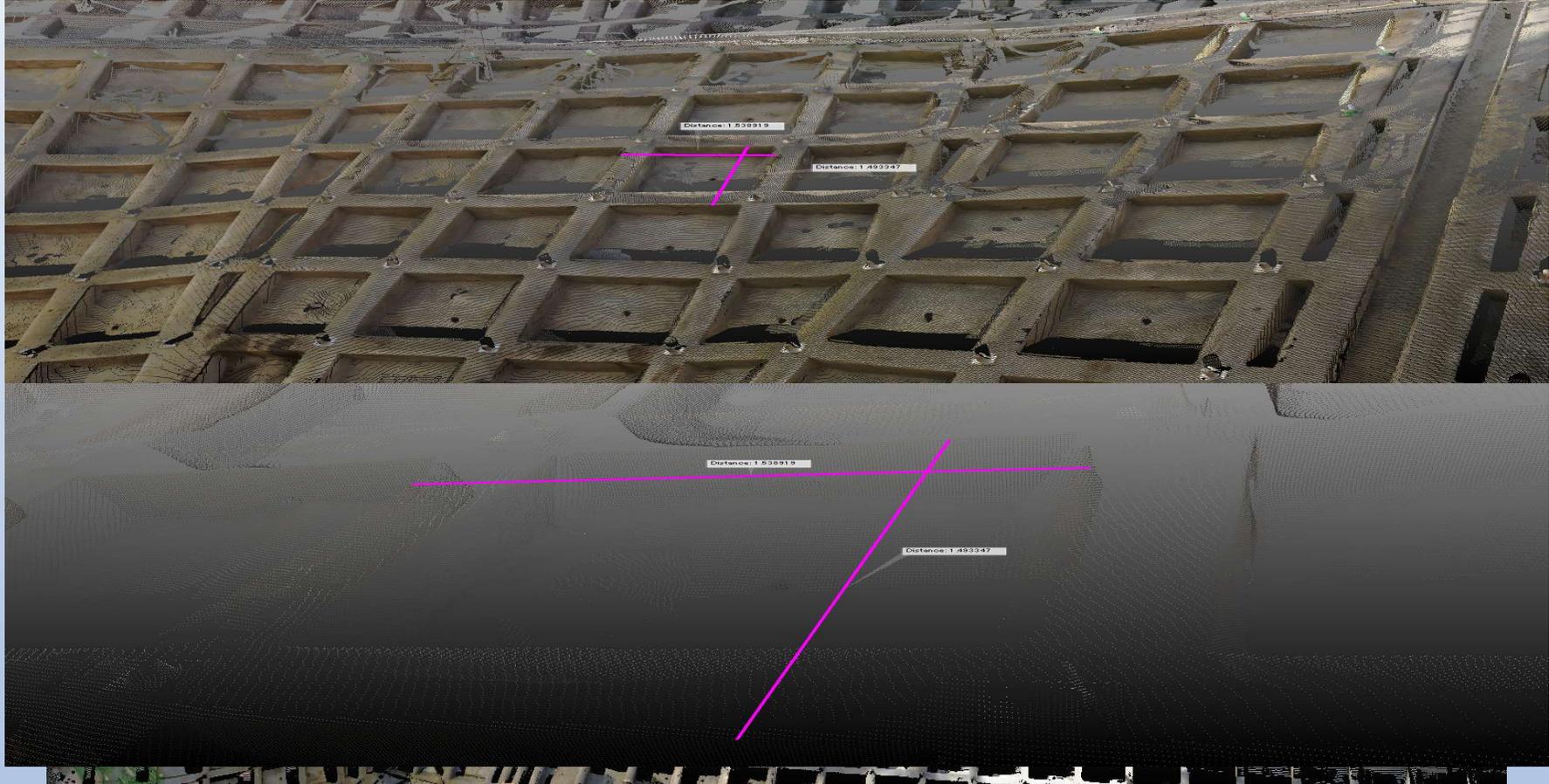
4300万点/秒



色付き点群データ

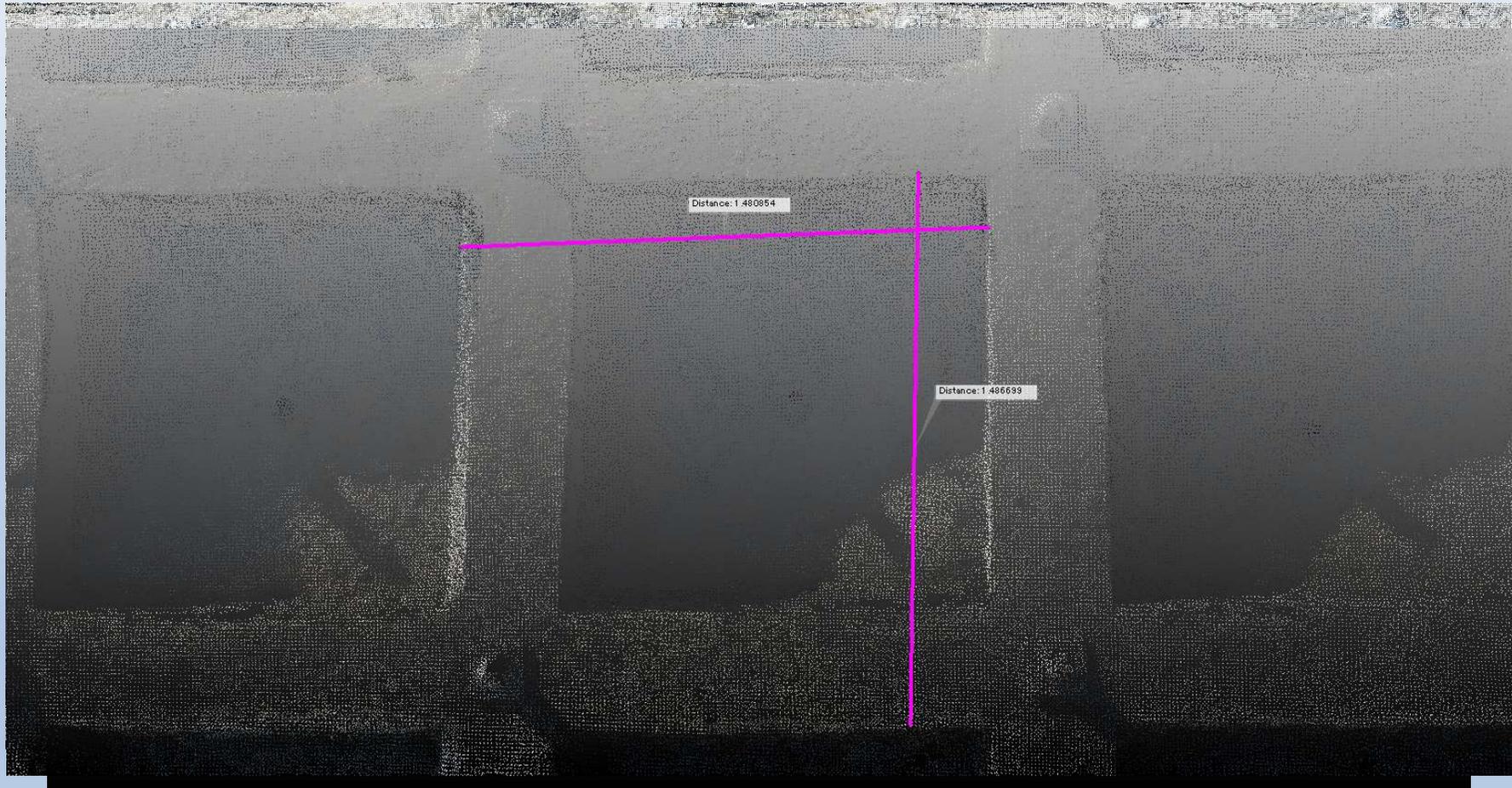
平均点誤差3.4 mm

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

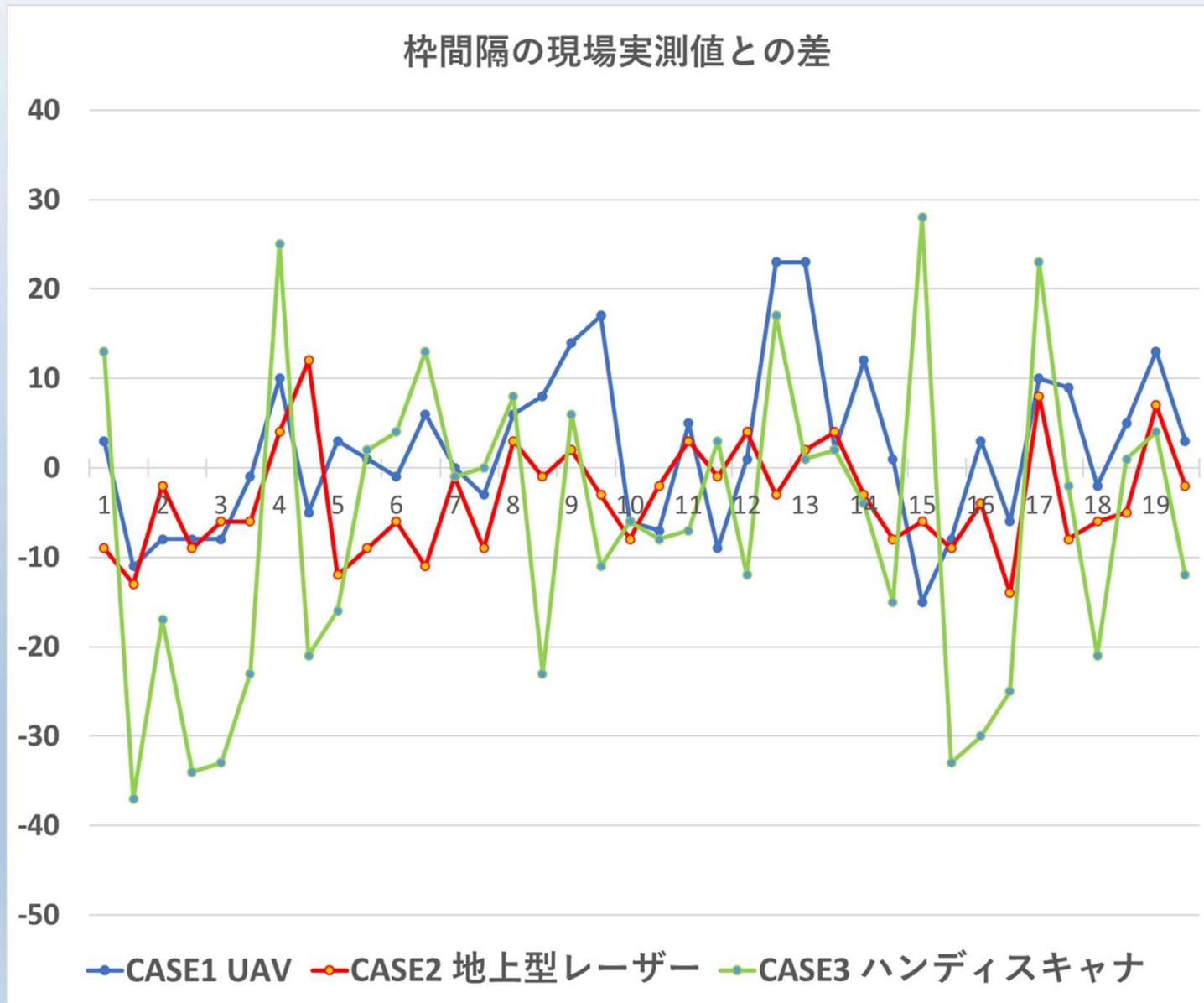
レーザーキャナ搭載UAV計測値



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

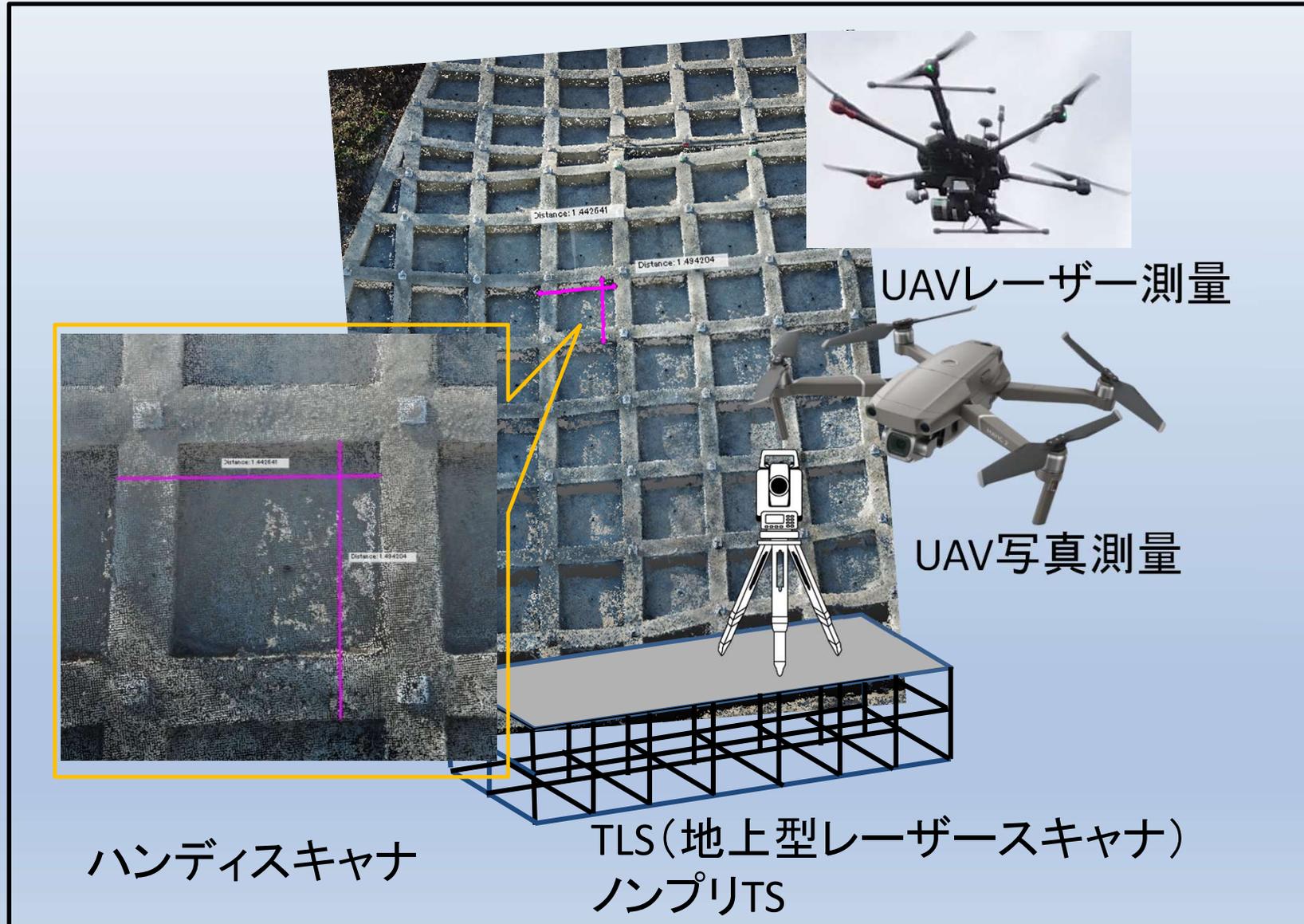
(mm)



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

The screenshot displays a 3D point cloud viewer application window titled "佐倉城址公園 - TREND-POINTビューアー". The interface includes a top menu bar with options like "ホーム", "座標点", "計測", "三角網", "等高線", "断面", and "トレース". A toolbar below the menu contains icons for "RGB表示", "詳細設定", "1ドット", "なし", "座標線", "データ領域", "データ一覧", "視点一覧", "データ情報", "スライス", "ホーム", "平行投影", "OFF", "表示", "クリッピング", and "ウィンドウ".

On the left, a "データ一覧" (Data List) panel shows a tree view of data layers, including "点群" (Point Cloud), "座標点" (Coordinates), "三角網" (Triangulation), "赤線より下面積" (Area below red line), "赤線扇塚部" (Red line fan塚 part), "音線" (Sound line), "画像" (Image), "等高線" (Contour lines), "断面" (Cross-section), "縦横断面" (Vertical/Horizontal cross-section), "計測値" (Measurement values), "3D", "赤線より下面積", "赤線扇塚部", "音線", "断面", "ほ場" (Field), "凹凸" (Irregularities), "注釈" (Annotations), "モデル" (Model), "トレース" (Traces), and "未分類" (Unclassified).

The main 3D view shows a terrain model with a red wireframe overlay. A vertical Z-axis scale on the left ranges from 429517.9 to 21.6. Two measurement data boxes are overlaid on the model:

- Upper box: 平面積: 294.684m², 表面積: 637.654m², 体積: 1642.199m³
- Lower box: 平面積: 163.949m², 表面積: 292.185m², 体積: 748.616m³

On the right, a "データ情報" (Data Information) panel provides summary statistics:

- 点群情報 (Point Cloud Info): 全点 (Total points): 664,363; 表示点 (Displayed points): 664,363; 補間点 (Interpolated points): 0.
- 点群の表示状態 (Point Cloud Display Status): 表示色 (Display color): RGB表示; 点のサイズ (Point size): 1ドット.
- 座標点情報 (Coordinate Point Info): 座標点数 (Coordinate point count): 0; 座標点 (Coordinate point): 表示; 点名 (Point name): 表示.
- 不整三角網情報 (Irregular Triangulation Info): 外周線数 (Outer boundary line count): 3; 外周線 (Outer boundary line): 表示; 三角網 (Triangulation): 表示; 断面 (Cross-section): 表示; ワイヤ表示 (Wire display): ワイヤ単色; 面表示 (Face display): 面なし; 透過度 (Transparency): 0% (透過な...).
- 等高線情報 (Contour Line Info): 等高線 (Contour line): 表示; 等高線標高 (Contour line elevation): 表示.

At the bottom, a Windows taskbar shows the system tray with the date and time: 17:33, 2020/08/17. The taskbar also includes icons for search, task view, file explorer, and other applications.

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