

山腹工におけるICT（UAV写真測量）を活用した出来形管理

キーワード：ICT、UAV、出来形管理

発表者：坂上 ちひろ、清宮 碧海（中越森林管理署 治山グループ 主事）

- 1. 背景と目的** 当該施工地は・・・
- 急傾斜（40°内外）
 - もろく不安定な地質
 - 標高1100～1350mの寒冷地域
 - スキー場・観光地内に位置
 - 夏の突発的豪雨、冬の積雪凍結

滑落や落石等による災害発生

高齢化・高い死傷率・労働力不足

限られた工期
作業効率の低下

①危険作業地における作業員の安全確保
②作業の効率化・省力化・時短



写真1. 施工の様子

2. 施工箇所の概要

- 工事名：小沢復旧治山工事（R5ゼロ国）
- 工期：令和6年3月9日～令和6年11月29日（6月着手）
- 工事箇所：新潟県南魚沼郡湯沢町大字三国字土場山国有林36に4林小班外
- 工事内容：簡易法枠吹付工1559.3㎡ モルタル水路工85.2㎡ のり切工13㎡

・平均幅30m、斜面長250m、面積7265㎡、横断勾配40～50°の浸透水型の深層崩壊

・H23新潟・福島豪雨に伴う崩壊地の一部

3. 現地作業（3次元起工測量/出来形計測）

！人力での測量からUAVへ

- ①工事用基準点、標定点・検証点を現地の計測範囲に設定、**TS**で計測。
- ②**ドローン（自動飛行）**で上空から計測範囲全体を撮影して点群データを得る。

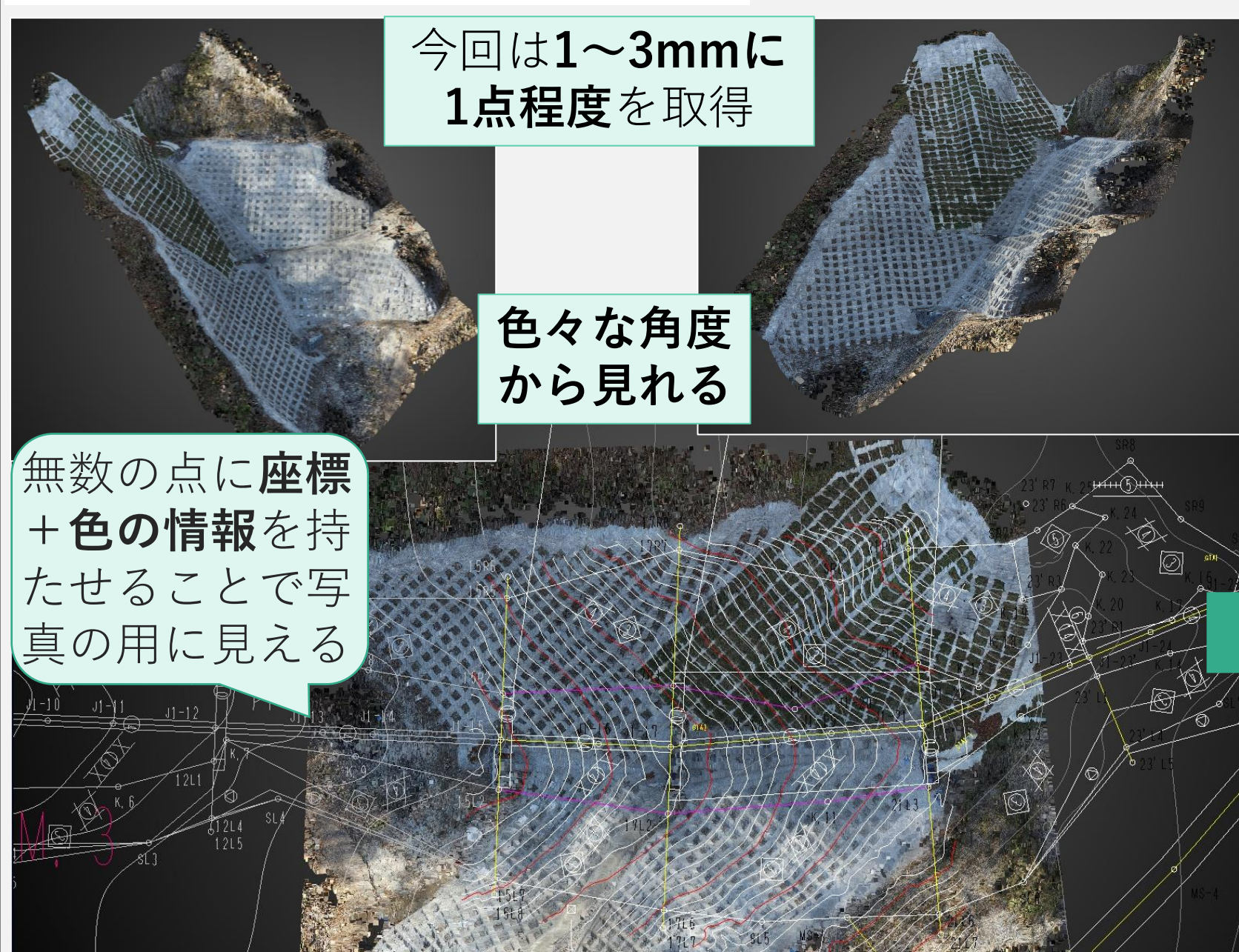
精度の確認

空中写真を**ソフト**に読み込み、**データ上で工事基準点等から割り出した検証点の座標値と、TSで現地計測した検証点の座標値を比較して、 $\Delta X, Y, Z$ が既定の精度（※1）以内であるか検証することで行う。**

※1. 3次元計測技術を用いた出来形管理要領（国交省）

→これにより地物を構成する点群すべてに座標が付与される。

4. 3次元データ解析

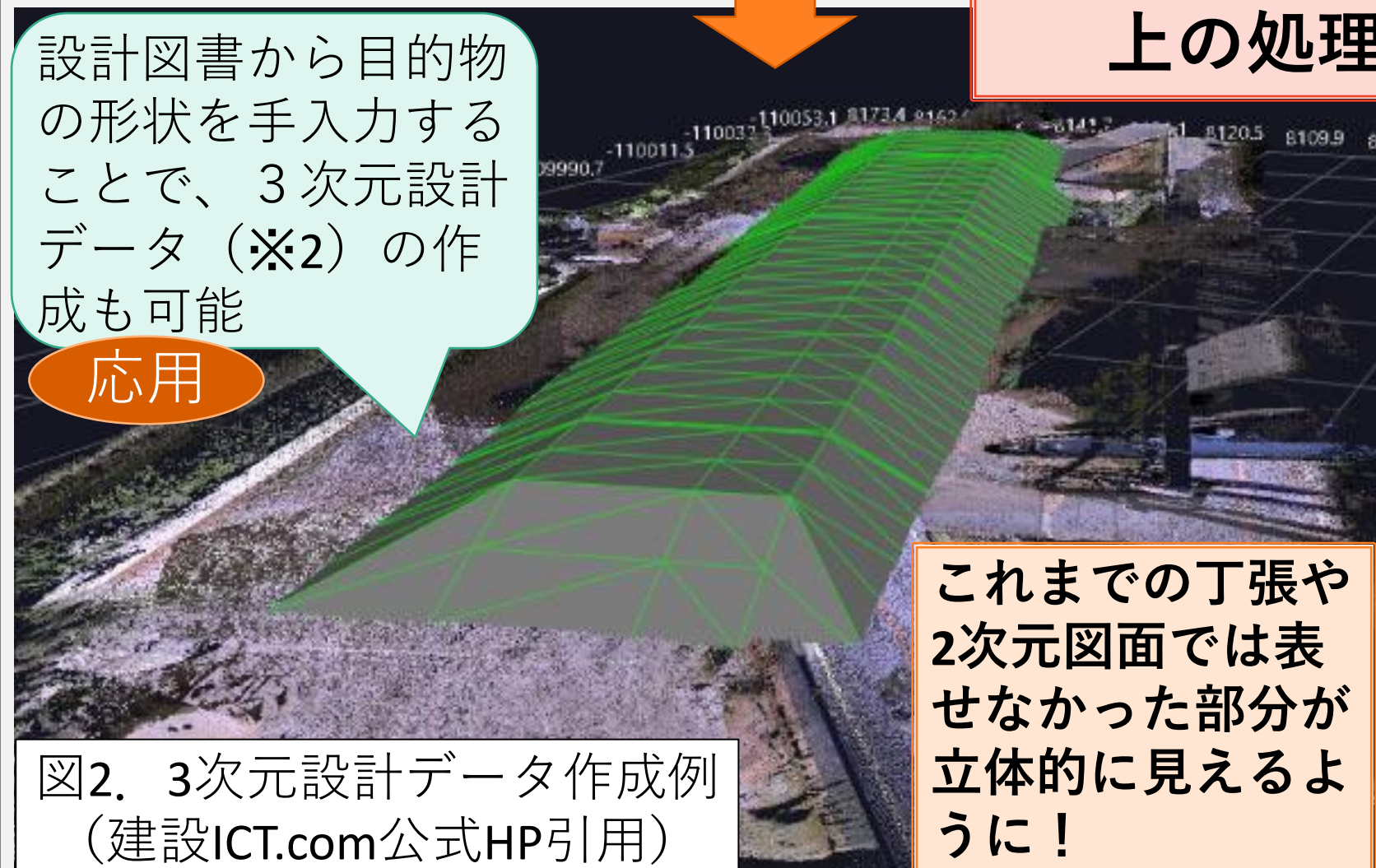


今回は1～3mmに1点程度を取得

色々な角度から見れる

無数の点に座標+色の情報を持たせることで写真の用に見える

図1. 3次元点群データ

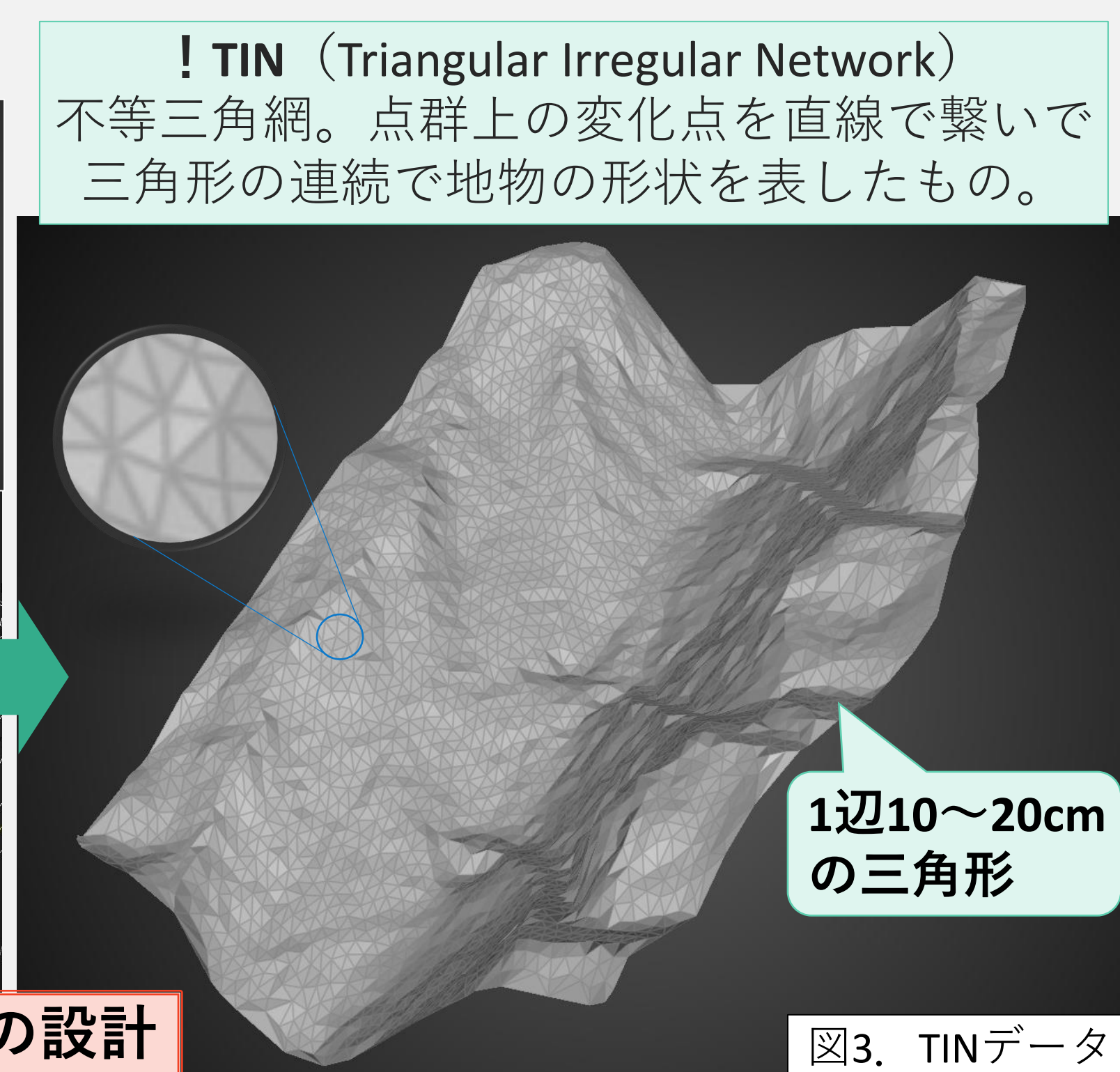


設計図書から目的物の形状を手入力することで、3次元設計データ（※2）の作成も可能

！手作業での設計図起しからデータ上の処理へ

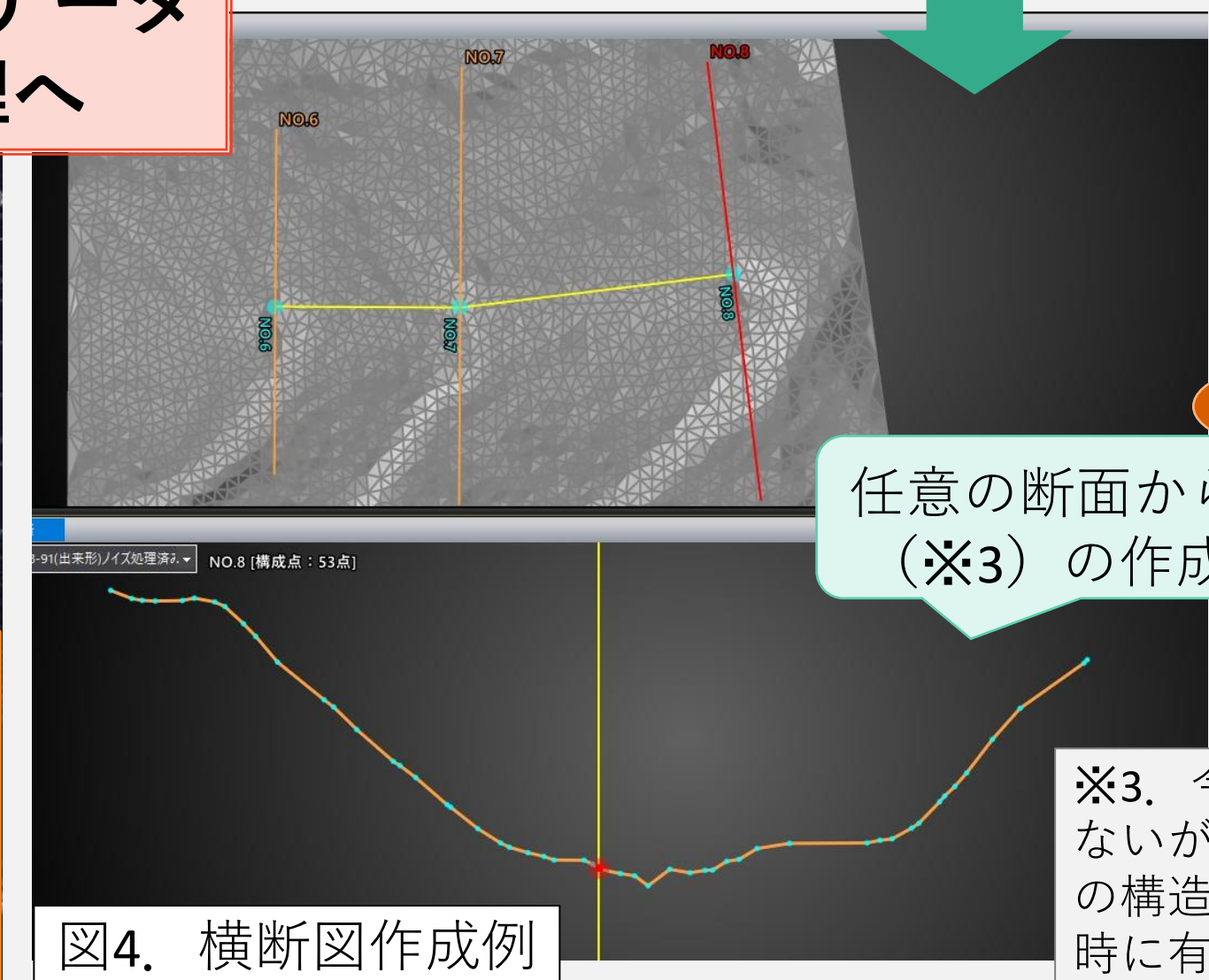
これまでの丁張や2次元図面では表せなかった部分が立体的に見えるように！

※2. 今回は現地状況に合わせて施工する法枠工のため3次元設計データを作成していない。



！TIN（Triangular Irregular Network）不等三角網。点群上の変化点を直線で繋いで三角形の連続で地物の形状を表したもの。

図3. TINデータ

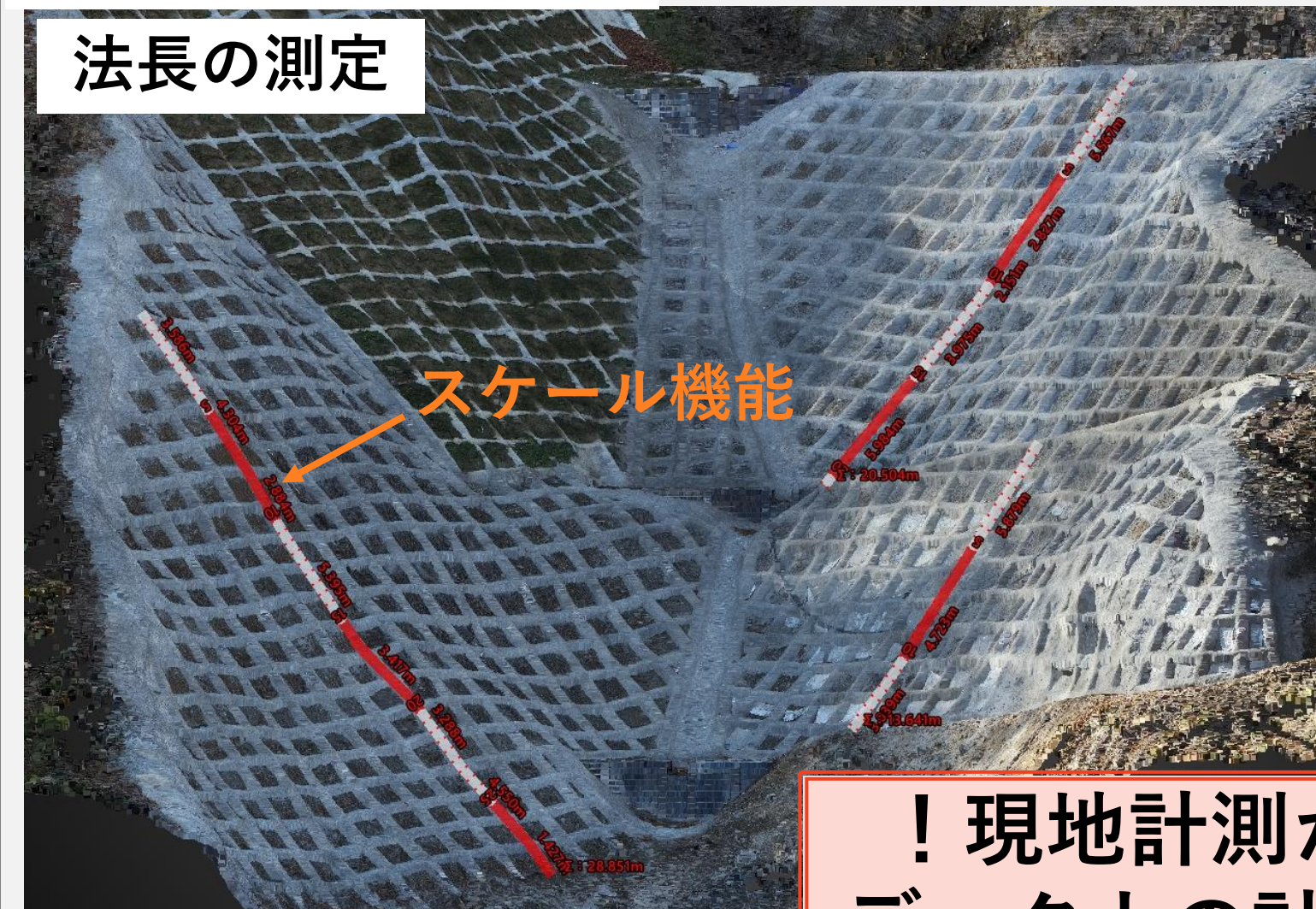


任意の断面から横断面図（※3）の作成も可能

※3. 今回は必要ないが、堰堤等の構造物の設計時に有効

これらを元に施工→「3. 出来形計測」

5. 出来形評価

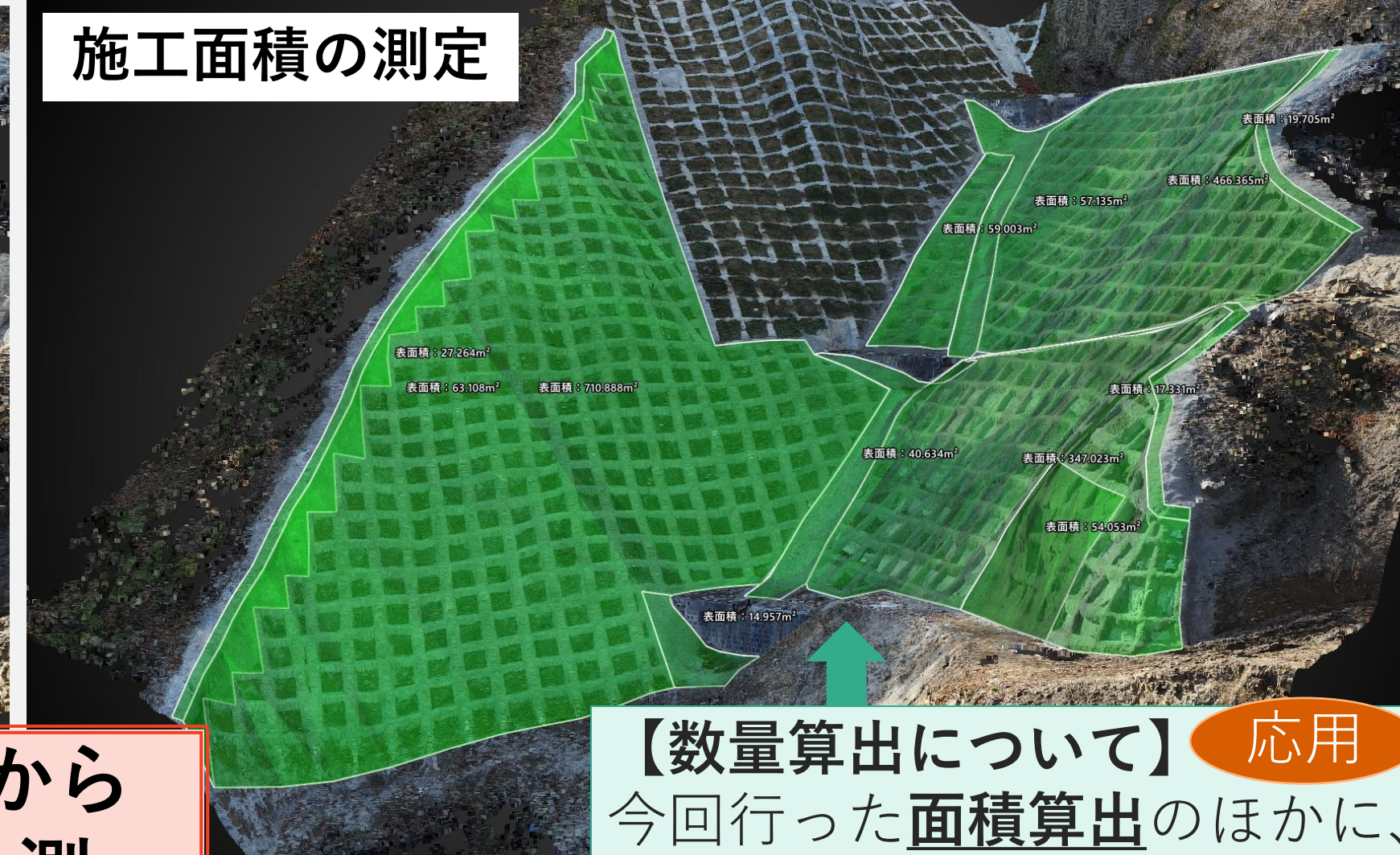


スケール機能

！現地計測からデータ上の計測へ



図5. 点群データ上での計測の様子



施工面積の測定

【数量算出について】
今回行った**面積算出**のほかに、法面整形後の計測結果と3次元設計データの比較による**土量の予測**や、切取作業後の計測結果との比較による**発生土量の算出**も可能（※4）

※4. 今回は土量計算の必要なし

【分布図/ヒートマップ】
設計データを作成した場合は、出来形の各点の値が設計値に対してどの程度差があるかを%で色分けして、平面図上にプロットすることでばらつきも評価できる（※5）

※5. 今回は3次元設計データがないのでヒートマップの評価はしていない

図6. ヒートマップ作成例（建設システム公式HP引用）

6. 結果と考察

(1) 作業効率

- ・危険箇所に立ち入らないため特殊装備等に時間がかからない
- ・データ上で帳票作成できるため現地で結果を書き留める作業がいらない
- ・限られた点のみ人が測量、あとはドローンに任せられる

表1. 作業所要人工の比較

	現地計測			UAV計測		
	内容	所要時間	所要人数	内容	所要時間	所要人数
準備	ロープ段取り（準備工）	4 h	3 人	基準点座標、図面準備	2 h	1 人
	測量の為の位置出し（起工）	4 h	2 人	飛行経路作成（起工）	2 h	1 人
	測量の為の位置出し（吹付完了後）	1 h	2 人	飛行経路作成（出来形）	2 h	1 人
小計	9時間／7人			6時間／3人		
外業	起工測量	1 日(8h)	4 人	基準点測量	1 日(8h)	3 人
	本測量（吹付完了後）	1 日(8h)	4 人	UAV測量（起工）	1 日(8h)	2 人
	出来形計測（中心間隔、幅、高さ）	4 h	1 人	※標定点・検証点設置含む		
	出来形計測（法長、延長）	2 h	5 人	UAV測量（出来形）	1 日(8h)	2 人
内業	出来形管理図表作成	3 h	1 人	※標定点・検証点設置含む		
	出来形管理図表作成	3 h	1 人	出来形管理帳票作成	8 h	1 人
	出来形管理図表作成	3 h	1 人	基準点測量成果簿作成	4 h	1 人
	出来形管理図表作成	3 h	1 人	出来形管理図表作成	8 h	1 人
小計	22時間／14人			24時間／7人		
内業	起工測量図作成	1 日(8h)	1 人	UAV計測データまとめ(起工)	4 h	1 人
	完成図面作成	3 日(24h)	1 人	UAV点群処理(起工)	4 h	1 人
	管理位置図作成	4 h	2 人	UAV計測データまとめ(出来形)	4 h	1 人
	出来形管理図表作成	3 h	1 人	UAV点群処理(出来形)	4 h	1 人
小計	39時間／5人			28時間／6人		
計	70時間／26人			58時間／16人		
コスト	約55万円			約50万円		

作業時間・人数とも大幅に削減→効率UP！

数量算出要領に
ならない小数第1
位止め四捨五入
で三斜での計測

(2) 精度

どちらも規格値内で評価されている。

法面でもデータ上で現地計測と同等以上の精度で計測可能！

表2. 任意の点における出来形測定結果と法枠全体施工面積の比較

	(mm)	幅	高さ	法枠横寸法	法枠縦寸法	施工面積（㎡）
10mm単位 現地計測	規格値	-30	-30	±100	±100	1559.29
	平均値	+33	+16	-9	-3	
	最小値	0	0	-60	-20	
	最大値	+90	+50	+50	+10	
1mm単位 UAV計測	標準偏差	±40.3	±18.4	±43.0	±11.1	1700.44
	平均値	+10	-1	-16	+11	
	最小値	-1	-14	-55	-27	
	最大値	+40	+31	+62	+52	
	標準偏差	±9.5	±12.3	±39.0	±29.5	

3項目ではUAVの方がばらつきが少ない

・UAV計測では現地の形状に沿って点が落とされるので、現地の起伏やメジャーの張り方等による差が生じない。

(3) 現場の声

～メリット～

- 法面にぶら下がる**危険作業からの解放**。
- 従来は手作業での設計図起しや測量が必要だった。
→現地作業が**楽**になった。書類作りも減り**時短**になった。
- 従来は任意の箇所しか出来形計測が行えなかった。
→計測面の上空を包括して飛ぶので**計測面全体のデータ**が得られた。
- UAVさえ飛ばせばあとは内業で処理できるので雪の心配がない。
- リモート（※7）の併用で今後の監督・検査の**負担軽減**に期待がもてる。
- 点群データに多様な使い道がある。

安全性の向上
省力化/負担軽減
データの幅の拡充

ex.任意断面での横断作成、3D設計データの作成、土量の予測・計算、ヒートマップによる精度の可視化、補修が必要となった際の履歴としての活用など・・・

～デメリット～

- 専門的な機器を使うためその分のコストがかかる。
- 標定点等の設置、TSでの座標の割出しに多少時間がかかる。
- ドローンを飛ばせる飛行条件に制限がある。
- 立木や葉があるとドローンの精度が落ちるので、見通しの効く状態にする手間がある。

金銭面やUAVの特性による心配

7. まとめと展望

- 標定点等の設置、UAVの飛行について
→他のICT機器と組合せれば更なる省力化を図れる。
- 3次元設計データの作成について
→詳細な設計基礎のある林道や橋梁工事等ではとくに有効。
法枠工でも**実施設計の段階からUAV計測**を見込めば活用の幅が広がる。
- 土量計算について
→正確な数量算出が必要な土工事ではより実態にあった**工事費積算**が可能。
- 今回のような次年度以降も継続し、複数回の現地計測が必要な工事では、一括で広範囲のデータが得られるのは**メリット**。次年度以降もUAV計測を継続的に行えば、今回データを履歴として現地状況の変化に応じた**適切な工法の検討**や速やかな**修正**が可能。最終的に施工箇所全面のデータが取得できれば、**全体的な評価**も可能。

今回は標定点・検証点を10点程度設置



写真3. 標定点設置・計測の様子