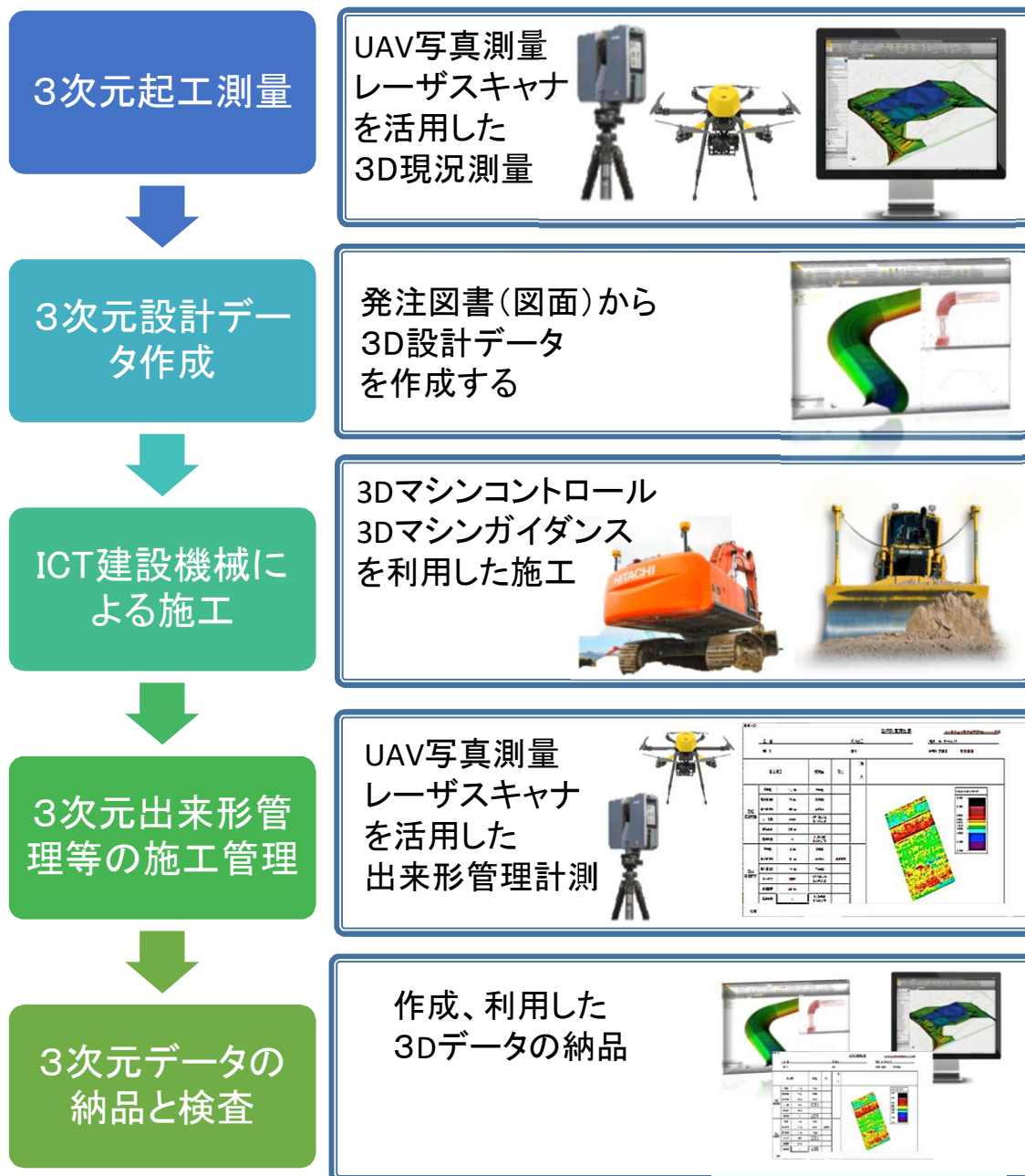


平成30年4月18日
第1回i-Construction基準改定説明会
資料⑤-1

ICTの全面的な活用(実施要領 別紙 -4, 5, 6, 7, 8)

ICT土工の流れのおさらい

1-1:ICT土工の流れ



ポイント

- ・ 要求精度の規定
- ・ 点密度の規定
- ・ 計測プロセスの規定
- ・ 精度確認手法の規定

ポイント

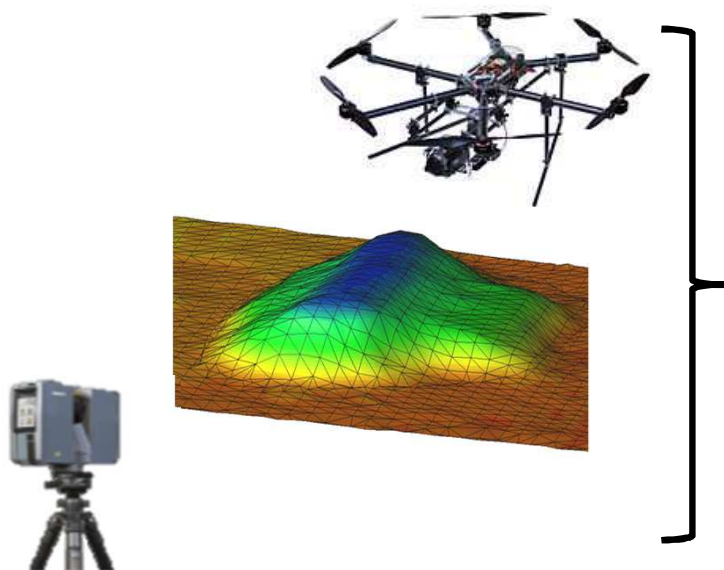
- ・ 新たな出来形管理基準
- ・ 新たな出来形管理資料

ポイント

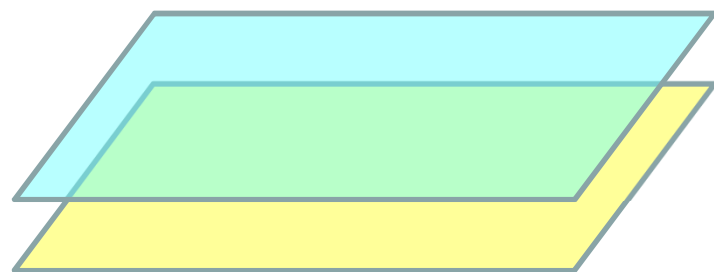
- ・ 新たな納品形式
- ・ 書面確認事項
- ・ 実地検査の手法

1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

■ICT施工における3次元測量



- ① 公共測量(地形測量など)
- ② 起工測量(工事前の地形状況把握)
- ③ 工事途中の出来高確認、数量算出
- ④ 出来形管理

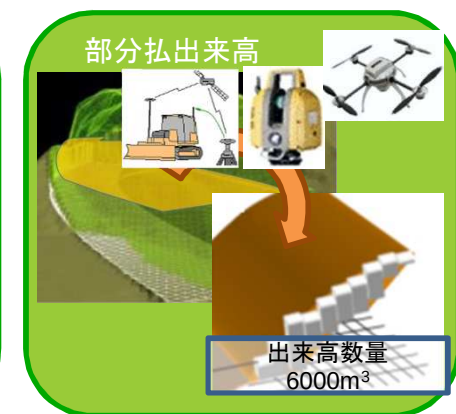
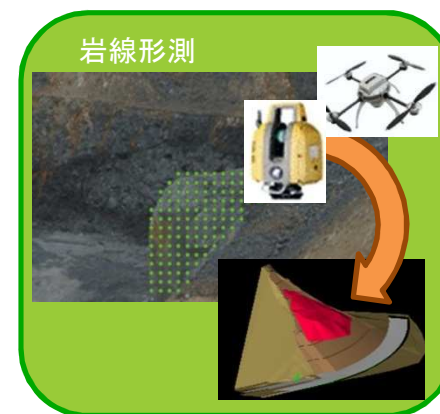
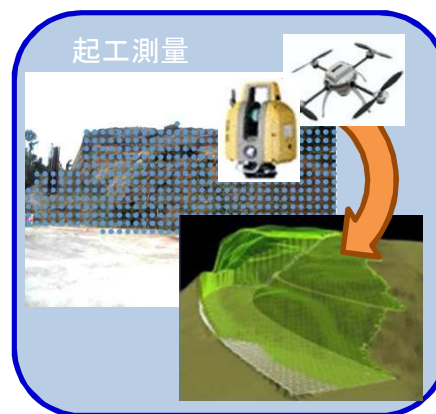
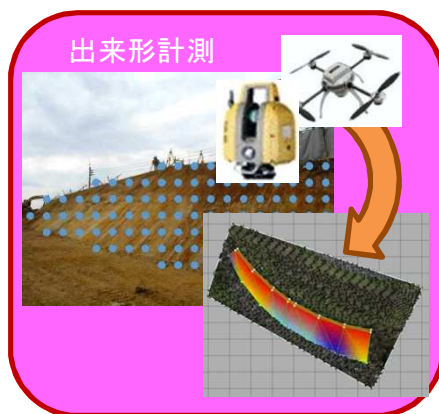


- 工事前のデータと設計データ
施工する数量を確認する
- 工事前後のデータ
施工した数量(出来高)を知る
- 工事後のデータと設計データ
施工精度(出来形)を知る

1-2:ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

要求精度

工種別	UAV		レーザースキャナー		評価に必要な点群密度 (メッシュの大きさ) ※計測時の密度設定
	要求精度 精度確認	地上画素寸法	要求精度 精度確認	計測最大距離	
出来形計測	±5cm以内	1cm/画素以内	±20mm以内	精度確認試験の 測定距離以内	1点以上/1m ² (1m×1m) ※出来形計測時は1点以上/0.01m ² (10cm×10cm) にて実施
起工測量	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内	精度確認試験は、 当該現場での計測最大距離において、10m以上離れた2つの評価点の点間距離の測定精度で評価する。	1点以上/0.25m ² (50cm×50cm) ※計測密度は上記以上を確保する設定
岩線計測	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内		1点以上/0.25m ² (50cm×50cm) ※計測密度は上記以上を確保する設定
部分払出来高	20cm以内	3cm/画素以内	20cm以内		1点以上/0.25m ² (50cm×50cm) ※計測密度は上記以上を確保する設定



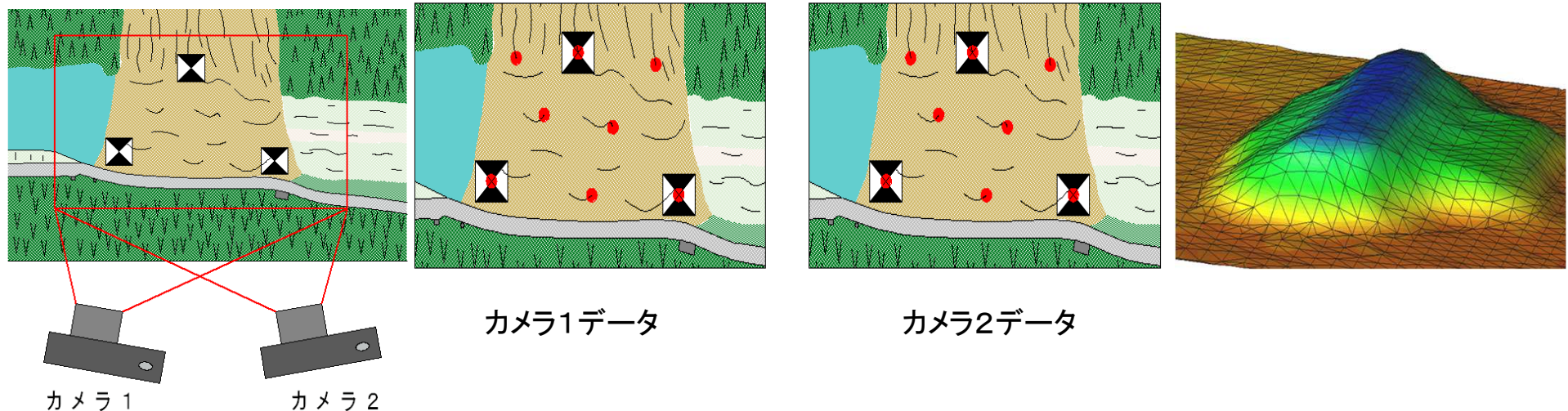
部（赤枠）の画素寸法は、「⑧UAV出来形要領」1-3-1起工測量(P26)の『地上画素寸法は、別途定める「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」を参考に要求精度が0.1mであることを踏まえて適宜設定する。』を受け、「①UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」第59条撮影計画 運用基準 第7項(P40)より引用しています。

1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

空中写真測量の手順(概要)

- デジタルカメラ画像を利用して測量する技術(デジタル写真測量)を指し、UAVに搭載したデジタルカメラで、空中から撮影する測量技術である。

- ① 標定点を設置し
解析ソフトで校正した
デジカメでステレオ撮影
- ② ステレオデータから
同一点を抽出
- ③ 標定点と抽出点の
位置関係から座標を求める
(点群データ)
- ④ 点群データから
3D現況データを作成



1-2:ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

空中写真測量の計測プロセスの規定

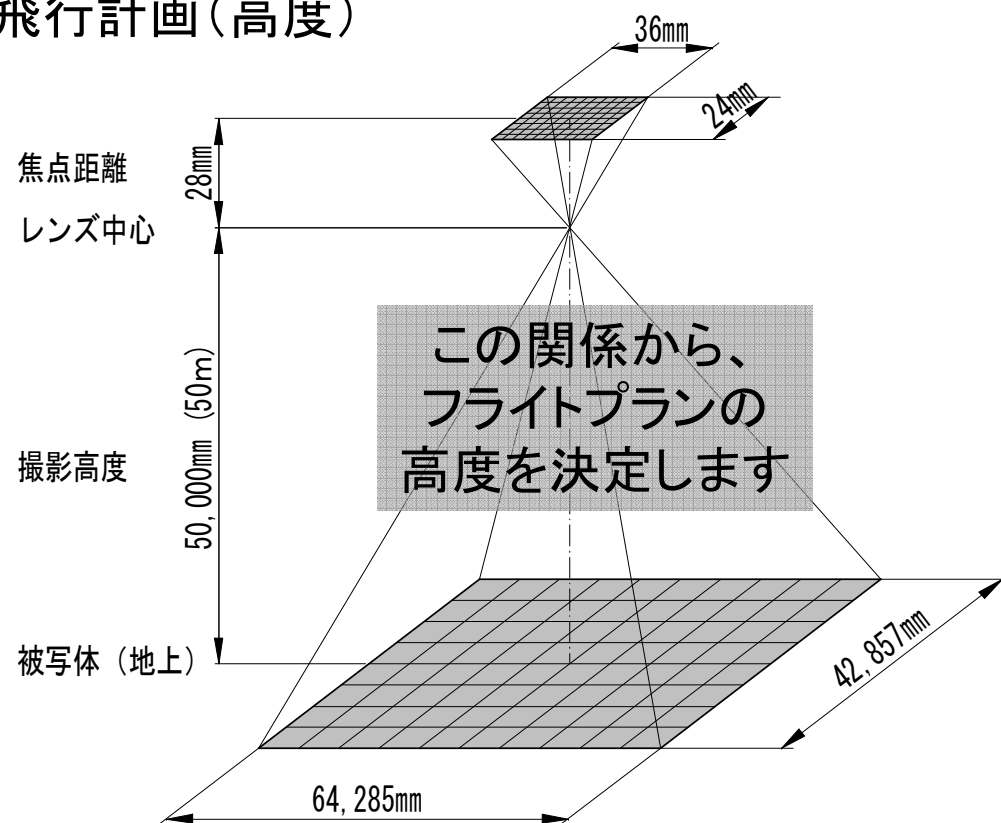
● デジカメの条件

計測性能：地上画素寸法が1cm/画素以内

測定精度：±5cm以内(精度確認試験を実施すること)

必要に応じて製造メーカー等による機能維持のための点検を実施すること。

● 飛行計画(高度)



○デジカメの仕様を

センサーサイズ35ミリ

画素数3600万

ピクセル 7360×4912

焦点距離28ミリとした場合

撮影高度：50mの場合

被写体倍率：1785.714

(焦点距離と高度の関係)

被写体横サイズ：64.285m

被写体縦サイズ：42.857m

被写体サイズをピクセルで割ると

1ピクセル横：8.734mm

1ピクセル縦：8.724mm ……1cm満足



このデジカメにおける
最大高度は50m程度

1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

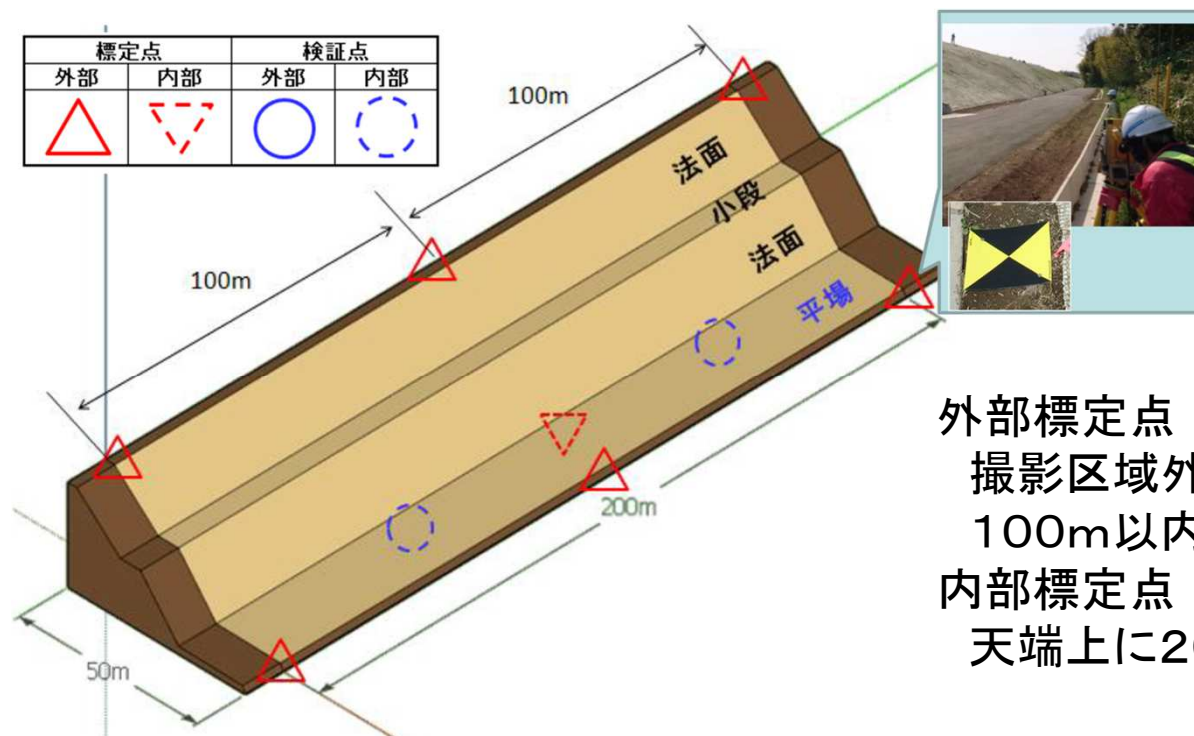
計測プロセスの規定

● 標定点の配置

- 撮影されたデジタル画像から現場座標と関連付けて点群データに測地座標を与えるために根拠となる既知点

● 検証点の配置

- 撮影されたデジタル画像から求めた点群データ座標の精度を確認するための点
- 天端上に200m間隔程度で設置



外部標定点

撮影区域外周に

100m以内の間隔で設置

内部標定点

天端上に200m間隔程度で設置

1-2:ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

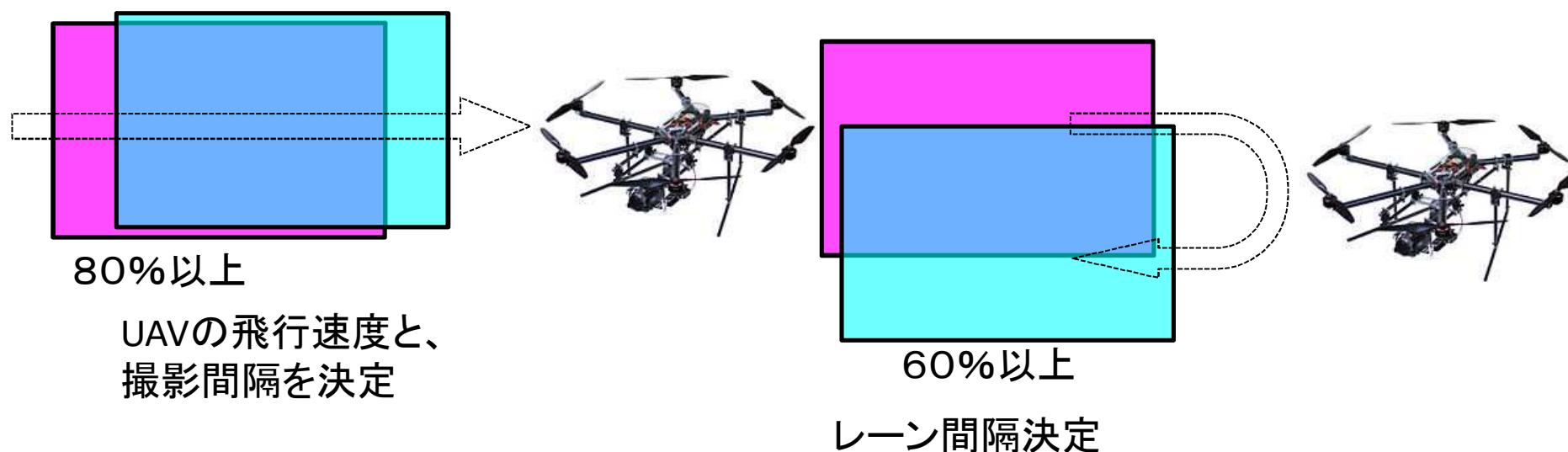
計測プロセスの規定

- ラップ率

点群データを求めるにはデジタル写真をステレオで撮影する必要がある。

ステレオ写真は

進行方向 80%以上 隣接コース 60%以上 ラップすること

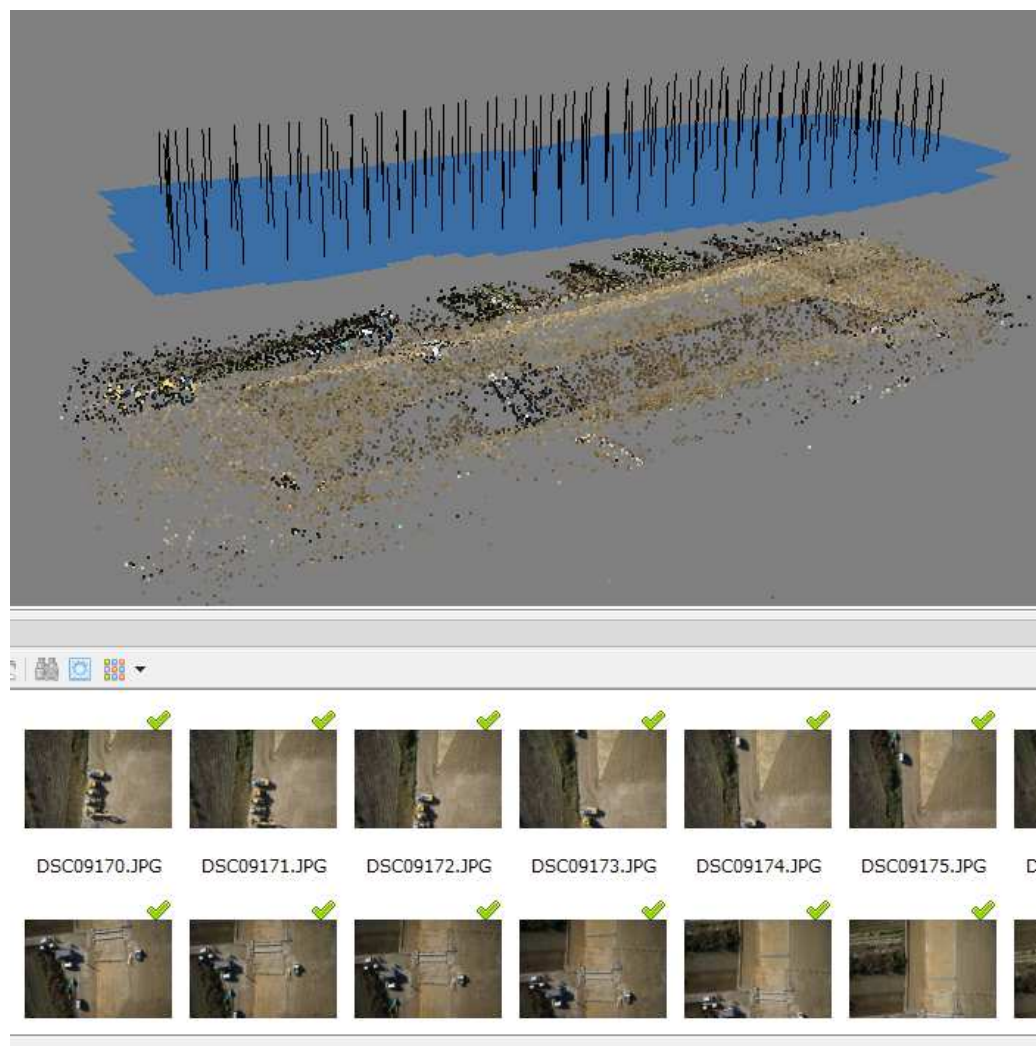


この関係から、
UAV速度、レーン間隔
シャッター間隔
を決定し、飛行計画に盛り込む

1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

連続写真をsfmソフトに読み込み写真解析

- ・写真に写しこませた実測済み標定点の座標を与えて誤差配分する。
- ・測地座標を与えた点群データは「計測点群データ」として納品の対象



Idn, xn, yn, zn, An
(Id番号, 緯度, 経度, 標高, ステータス)



既知点座標入力

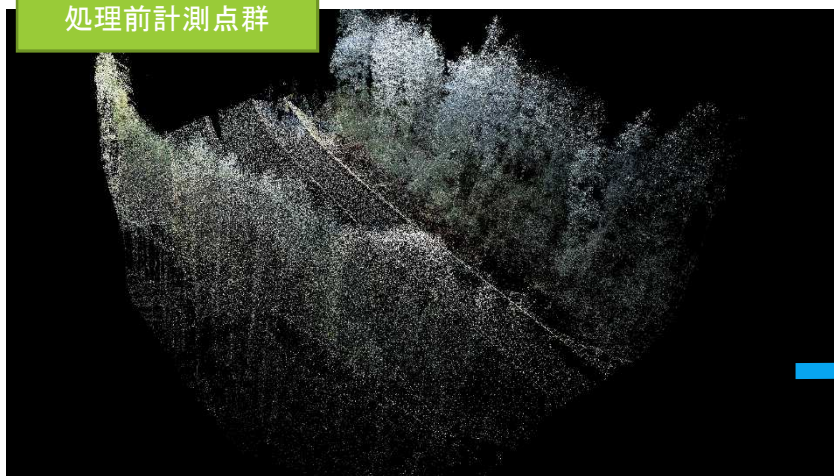
標定点(モデル化
に使用した座標)



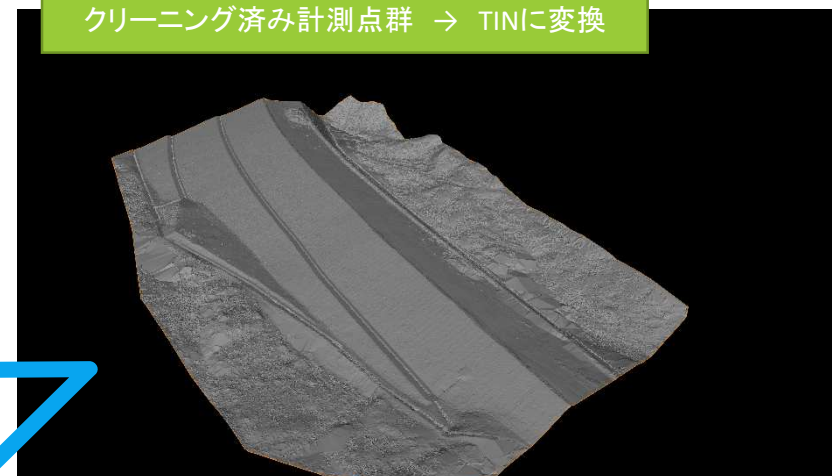
1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

点群データ取得からデータ処理の流れ(概要)

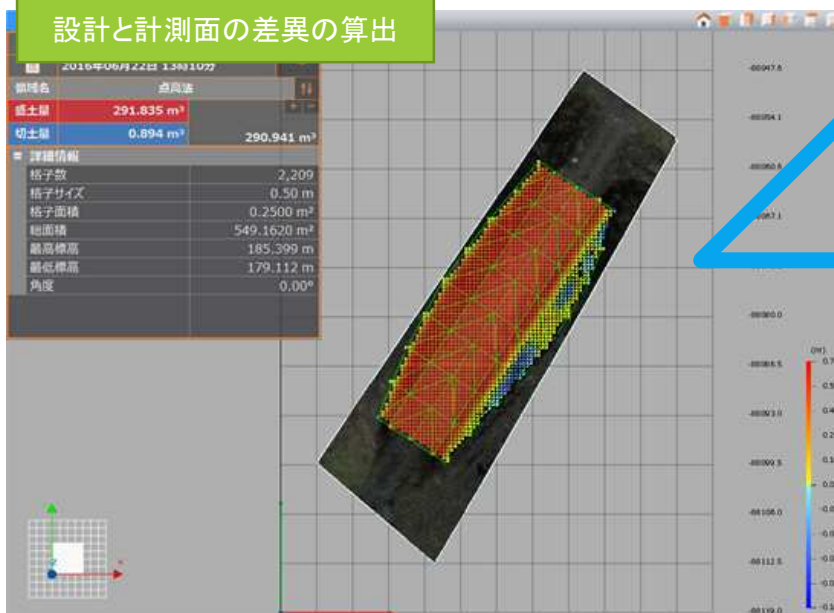
処理前計測点群



クリーニング済み計測点群 → TINに変換



設計と計測面の差異の算出



帳票化

帳票化

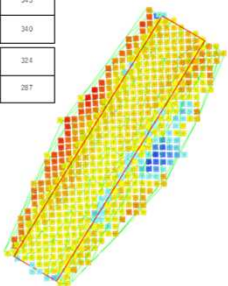
出来形合否判定総括表

工 種 道路土工

測点

種 別 路体盛土工

合否判定結果 合格

測定項目		規格値	判定	測点										
天端 標高較差	平均値	25.2mm	±50mm	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">天端のばらつき</td><td>規格値の±50%以内のデータ数</td><td>343</td></tr> <tr> <td>規格値の±50%以内のデータ数</td><td>343</td></tr> <tr> <td rowspan="6">法面のばらつき</td><td>規格値の±50%以内のデータ数</td><td>324</td></tr> <tr> <td>規格値の±50%以内のデータ数</td><td>325</td></tr> </table>	天端のばらつき	規格値の±50%以内のデータ数	343	規格値の±50%以内のデータ数	343	法面のばらつき	規格値の±50%以内のデータ数	324	規格値の±50%以内のデータ数	325
天端のばらつき	規格値の±50%以内のデータ数	343												
	規格値の±50%以内のデータ数	343												
法面のばらつき	規格値の±50%以内のデータ数	324												
	規格値の±50%以内のデータ数	325												
	最大値(mm)	93mm	150mm											
	最小値(mm)	-70mm	-150mm											
	データ数	343	1点/m ² 以上 (343点以上)											
	評価面積	343												
法面 標高較差	平均値	40.2mm	±50mm											
	最大値(mm)	153mm	150mm											
	最小値(mm)	-70mm	-150mm											
	データ数	325	1点/m ² 以上 (325点以上)											
	評価面積	325												
棄却点数		0	0.2%未満 (1点以下)											

天端

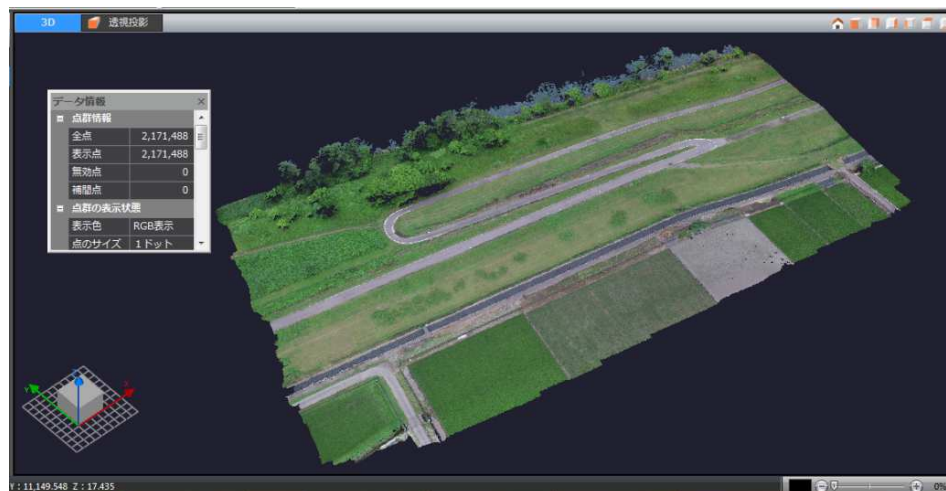
1-2: ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

点密度の規定

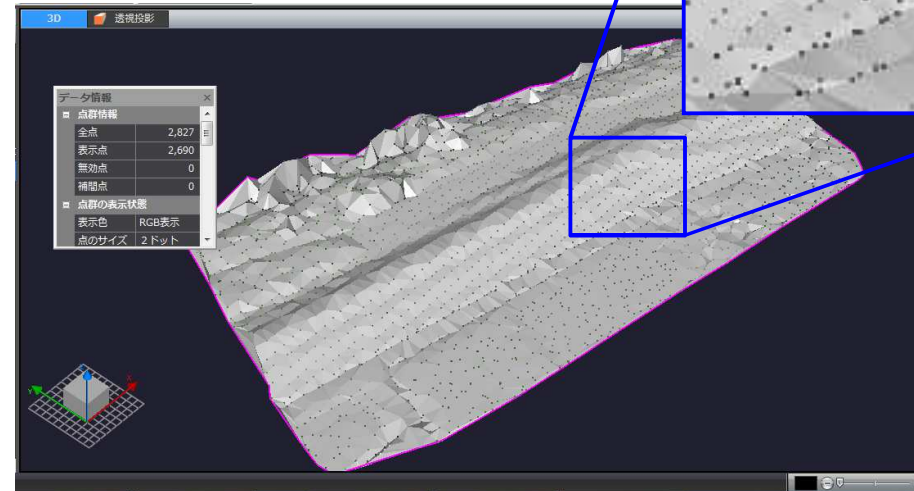
● 点群データの取得密度

- 出来形計測データ : 0.01m²当り 1 点以上 (10cm × 10cm(に 1 点))
- 数量算出岩線データ : 0.25m²当り 1 点以上 (50cm × 50cm(に 1 点))
- 起工測量計測データ : 0.25m²当り 1 点以上 (50cm × 50cm(に 1 点))
- 出来形評価用データ : 1 m²当り 1 点以上

・ 画像データ



・ 点群処理データ

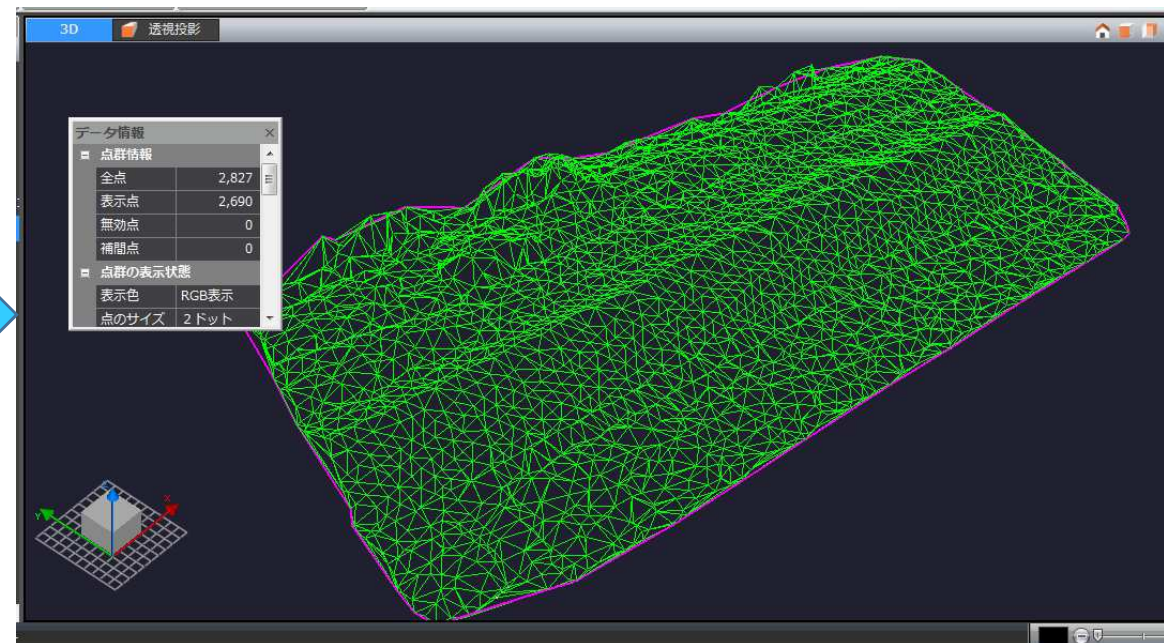
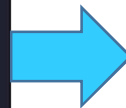
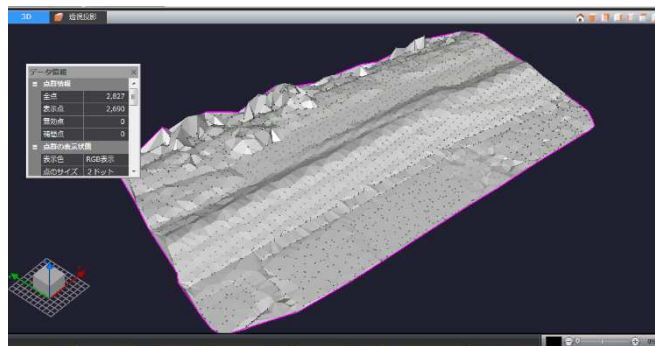


1-2:ICT土工の流れ(起工測量・出来形測量)

数量算出・納品に供するデータ形式

- 面データ作成
 - ・ 点群データを利用してTINを配して面データを作成する
TINの結線については、
実際の地形に見合うように修正する必要がある

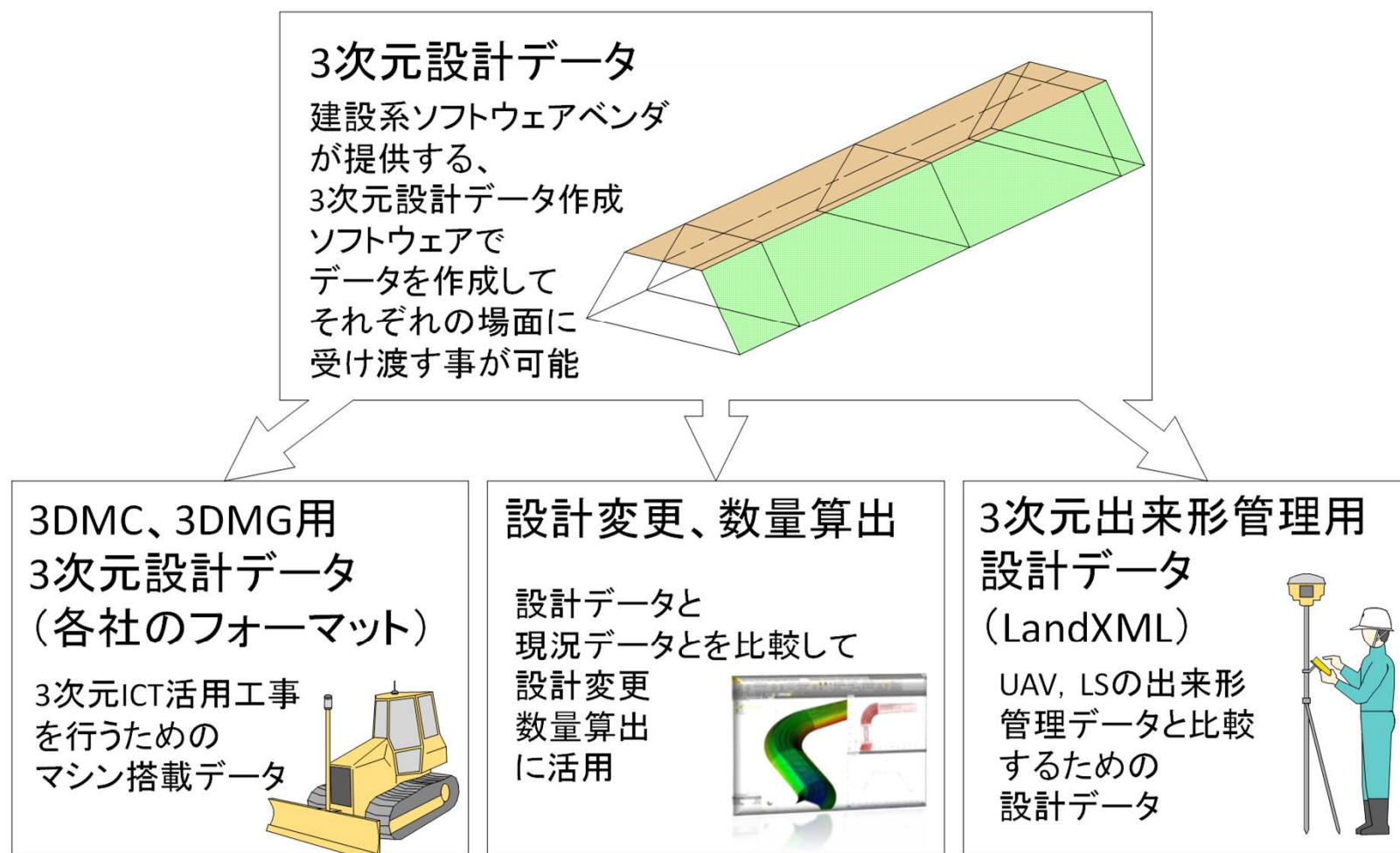
・ 点群を結線したTINデータ



※資料提供: 福井コンピュータ(株)

1-3: ICT土工の流れ(3次元設計データ作成)

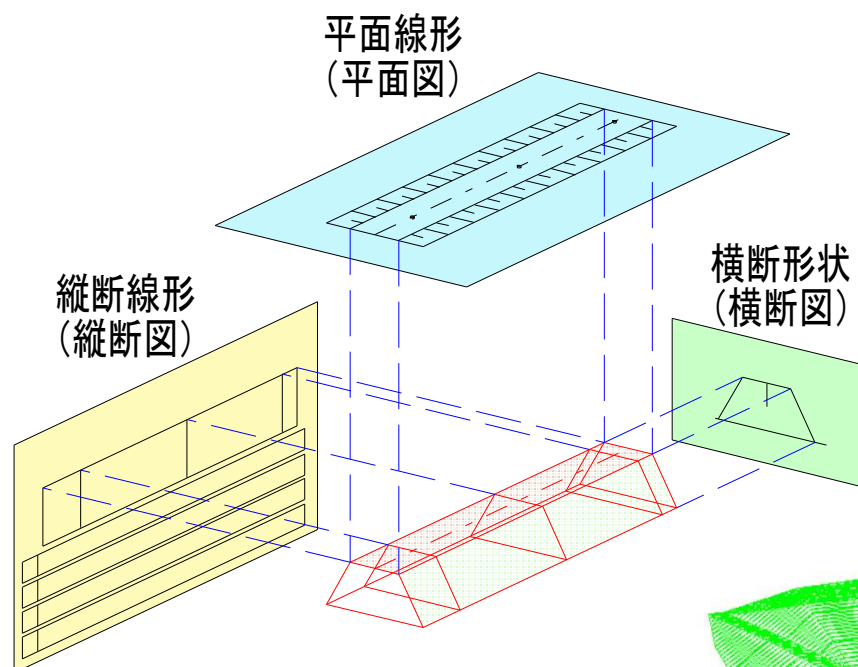
3次元データの利用用途



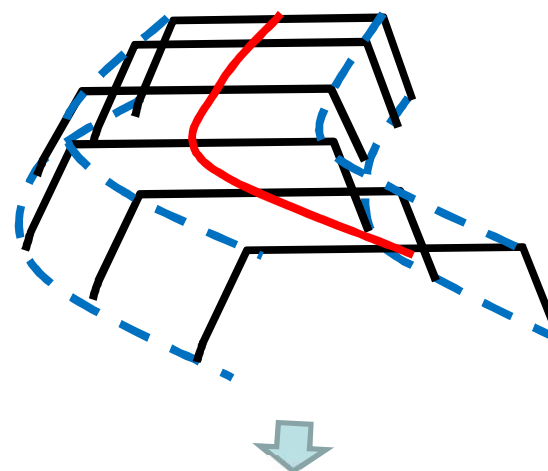
1-3: ICT土工の流れ(3次元設計データ作成)

3次元設計データの作成概要

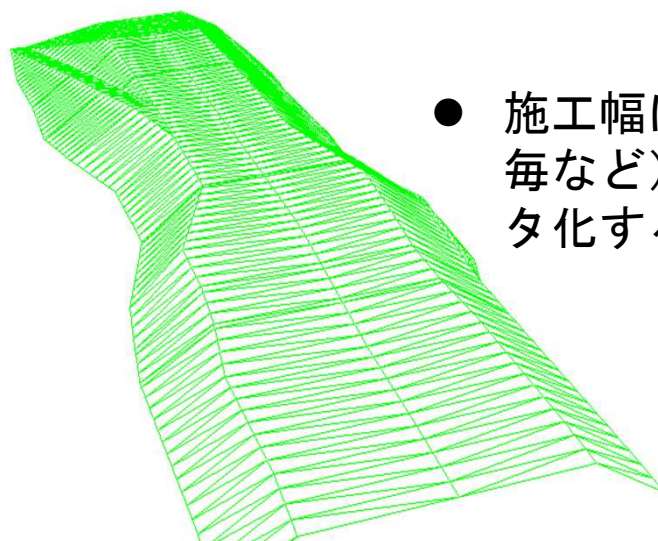
- 発注図を元に3次元設計データを作成



- 中心線形・横断形状からなるスケルトンデータ



- 施工幅に併せて横断（2～5m 毎など）を補完してTINデータ化する



1-3:ICT土工の流れ(3次元設計データ作成)

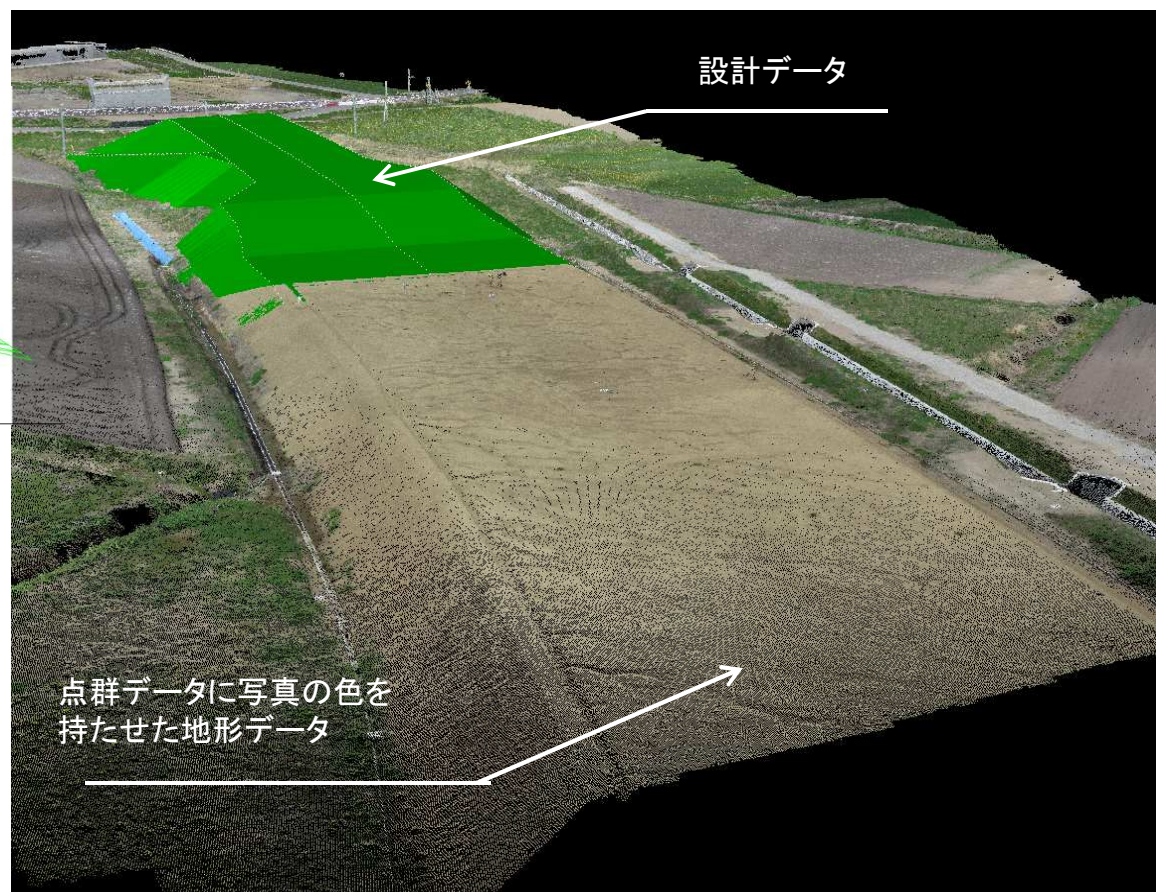
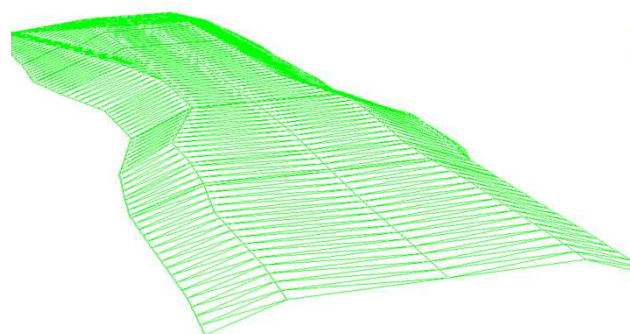
設計照査・現況地形との摺り合わせ

□設計・地形データ結合

3次元設計データ作成ソフトウェアで、3D形状データ(設計データ)とUAV測量データ(地形データ)を重ね合わせ、3Dモデルとして完成させる。

□設計照査

現地盤との摺り合わせ位置等を確認し、用地越境のチェック他設計照査作業として活用する。

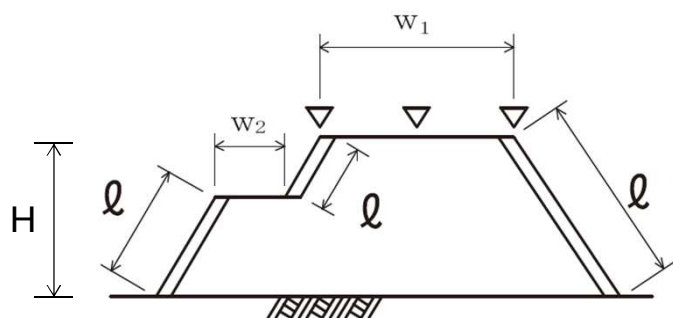


1-4: 出来形管理

3次元計測により計測された点群(多数の点)の標高データを使って、効率的な面的施工管理を実施 ⇒ 従来施工と同等以上の出来形品質を確保できる面的な管理基準・規格値の設定。

従来

既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



<例：道路土工（盛土工）>

測定基準：測定・評価は施工延長40m毎

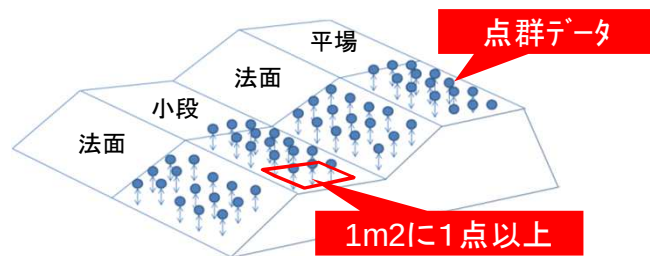
規格値：基準高(H)：±5cm

法長(ℓ)：-10cm

幅(w)：-10cm

ICT活用工事

UAVの写真測量等で得られる3次元点群データからなる面的な竣工形状で評価



<例：道路土工（盛土工）>

測定基準：測定密度は1点/m²以上、評価は平均値と全測点

規格値：設計面との標高較差（設計面との離れ）

平場 平均値：±5cm 全測点：±15cm

法面 平均値：±8cm 全測点：±19cm

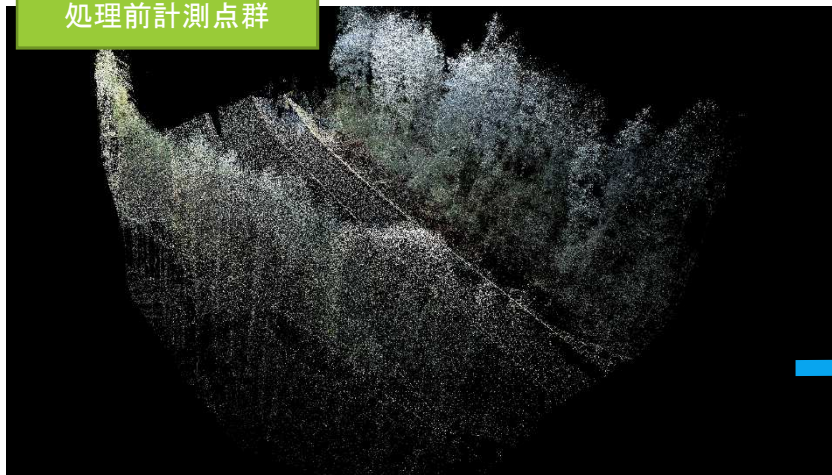
※法面には小段含む

従来と同等の出来形品質を確保できる面的な測定基準・規格値を設定

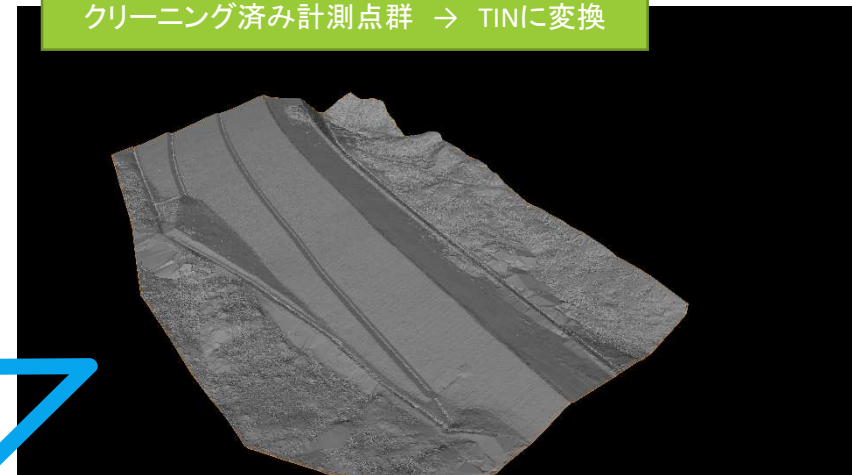
1-4: 出来形管理

点群データ取得からデータ処理の流れ(再掲)

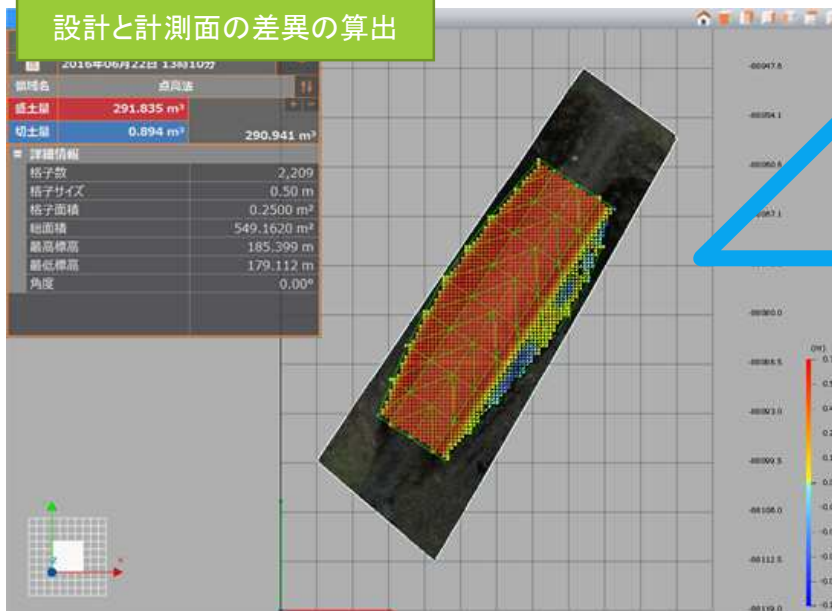
処理前計測点群



クリーニング済み計測点群 → TINに変換



設計と計測面の差異の算出



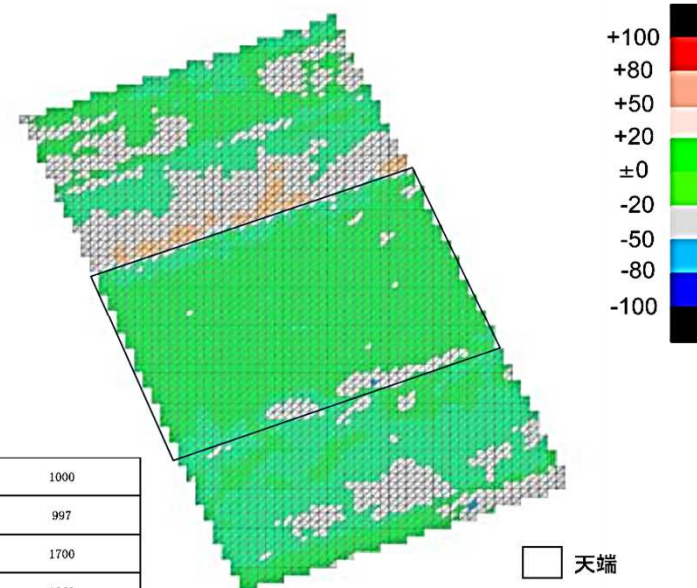
帳票化

出来形合否判定総括表					
工 種	道路土工				測点
種 別	路体盛土工				合否判定結果 合格
測定項目	規格値	判定	測点		
天端 標高較差	平均値	25.2mm	±50mm		
	最大値(mm)	93mm	150mm		
	最小値(mm)	-70mm	-150mm		
	データ数	343	1点/m ² 以上 (343点以上)		
	評価面積	343			
法面 標高較差	平均値	40.2mm	±50mm		
	最大値(mm)	153mm	150mm		
	最小値(mm)	-70mm	-150mm		
	データ数	325	1点/m ² 以上 (325点以上)		
	評価面積	325			
棄却点数		0	0.2%未満 (1点以下)		
天端のばらつき				標準偏差の±50%以内のデータ数 343	
法面のばらつき				標準偏差の±50%以内のデータ数 325	

1-4: 出来形管理

出来形管理資料(出来形合否判定総括表)の自動生成

- 出来形評価用データと3次元設計データとを比較し、規格値以内かどうか自動判定
 - ・ 標高差を着色したヒートマップとして表現。
 - ・ 全点数の内0.3%は棄却可
 - ・ 規格値 $\pm 80\%$ 、 $\pm 50\%$ を表現し、バラツキの評価に利用

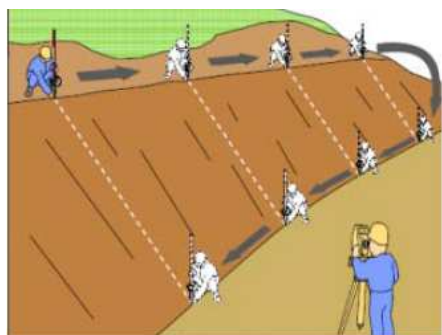
出来形合否判定総括表					ソフトウェア要求仕様書Ver. 対応	
工 種		道路土工			測点 No. 1~No. 3	
種 別		盛土			合否判定結果 異常値有	
測定項目		規格値	判定	測点		
天端 標高較差	平均値	-11mm	$\pm 50\text{mm}$	異常値有		
	最大値(差)	42mm	$\pm 100\text{mm}$			
	最小値(差)	-62mm	$\pm 100\text{mm}$	異常値有		
	データ数	1000	1点/m ² 以上 (1000点以上)			
	評価面積	1000m ²				
	棄却点数	0	0.3%未満 (3点以下)	異常値有		
法面 標高較差	平均値	7mm	$\pm 80\text{mm}$			
	最大値(差)	92mm	$\pm 140\text{mm}$			
	最小値(差)	-60mm	$\pm 140\text{mm}$			
	データ数	1700	1点/m ³ 以上 (1700点以上)			
	評価面積	1700m ²				
	棄却点数	0	0.3%未満 (5点以下)			
天端の ばらつき		規格値の $\pm 80\%$ 以内のデータ数	1000		天端	
法面の ばらつき		規格値の $\pm 50\%$ 以内のデータ数	997			
		規格値の $\pm 80\%$ 以内のデータ数	1700			
		規格値の $\pm 50\%$ 以内のデータ数	1360			

1-5:ICT検査

ICT機器を活用し、3次元モデルを用いた検査に対応するように要領・基準を改定。
⇒受発注者双方にとって、検査の大幅な省力化を図る。

検査日数が大幅に短縮

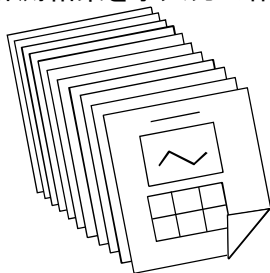
人力で計測



10断面 / 2 km

検査書類が大幅に削減

工事書類
(計測結果を手入力で作成)



受注者
(設計と完成形の比較図表)

50枚 / 2 km

G N S SローバーまたはT Sで計測

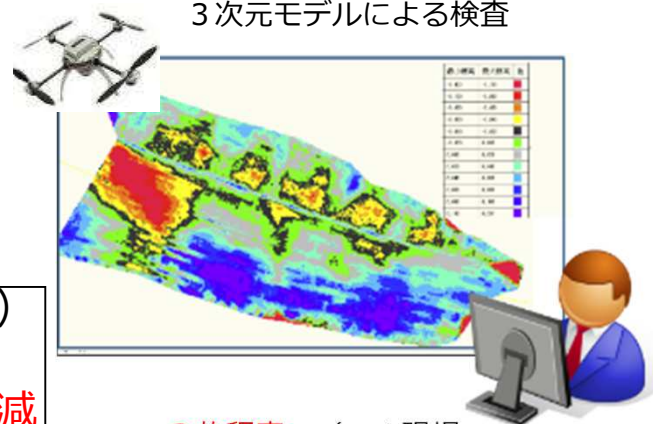


ヒートマップを見て、
標高の高い部分、低い
部分を計測

任意の数箇所のみ / 1現場

監督・検査要領（土工編）
（案）等の導入により、
検査にかかる日数が
約 1 / 5 に短縮
(2kmの工事の場合 10日→2日へ)

3次元モデルによる検査



2枚程度 / 1現場

監督・検査要領（土工編）
（案）等の導入により、
検査書類が 2 / 50 に削減

1-5:ICT検査

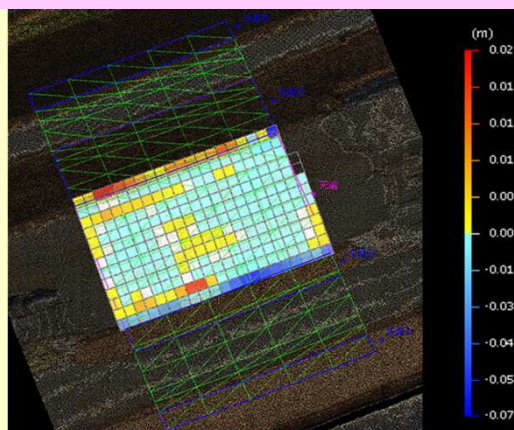
表 出来形計測に係わる実地検査の検査頻度

計測箇所	確認内容	検査頻度
検査職員が指定する平場にある いは天端上の任意の箇所	3次元設計データの設計面と実測 値との標高較差または水平較差	1工事につき任意 の数箇所

GNSSローバーでの実地検査イメージ



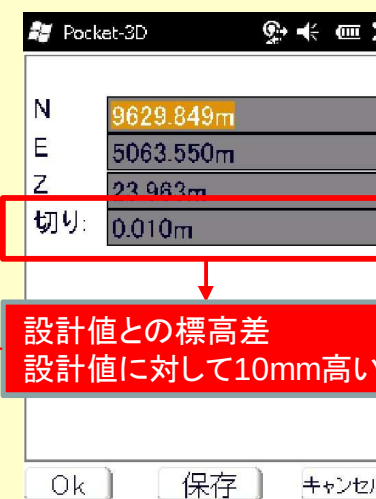
施工者より提出された出来形帳票の確認



検査官が任意の検査箇所を決め、GNSSを
設置し、座標を取得する



設計データ(面データ)との高さの比較



設計値との標高差
設計値に対して10mm高い