

平成29年2月

見てわかるICT土工

【施工協議】

- 施工者希望Ⅱ型の工事で契約した場合、受注者はICT施工の意志が有る場合に、契約後から施工計画書の提出までの間にICT施工を希望する旨の協議をします。
- 施工者希望Ⅰ型の場合は、ICT活用計画書を提出しICT活用工事を実施する意思表示をします。
- 協議する場合はICT活用計画書を添付します。

様式－9

工事打合せ簿

発議者

☐発注者

☒受注者

発議年月日

平成28年4月1日

発議事項

☐指示

☒協議

☐通知

☐承諾

☐報告

☐提出

☐その他

()

工事名

〇〇改良工事

(内容)

添付のICT活用計画書のとおりICTを活用して土工の施工を実施したいので協議願います。

添付図

－

葉、その他添付図書

処理

発注者

上記について

☐指示

☐承諾

☐協議

☐提出

☒受理

します。

☐その他

[]

年月日:

ICT活用計画書(例)

別紙－1

ICT活用計画書

(工事名:〇〇〇〇工事)

会社名:〇〇〇〇建設(株)

当該工事において活用する技術について、「採用技術番号」欄に該当建設生産プロセスの作業内容ごとに採用する技術番号を記載する。また、建設生産プロセスの各段階において、現場条件によりICTによる施工が適当でない箇所を除く土工施工範囲の全てで活用する場合は、左端のチェック欄に「■」と記入する。

建設生産プロセスの段階	作業内容	採用する技術番号	技術番号・技術名
☒①3次元起工測量		1	1 空中写真測量(無人航空機)による起工測量 2 レーザースキャナーによる起工測量 3 その他の3次元計測技術による起工測量
☒②3次元設計データ作成			※3次元出来形管理に用いる3次元設計データの作成であり、ICT建設機械にのみ用いる3次元設計データは含まない。
③ICT建設機械による施工 ☒※当該工事に含まれる右記作業の全てで活用する場合に「■」と記入	☒掘削工	1	1 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術
	☐盛土工		2 3次元マシンコントロール(バックホウ)技術
	☒路体盛土工	1	3 3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)技術
	☒路床盛土工	1	4 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術
④3次元出来形管理等の施工管理 ☒※同上	☒出来形	2	1 空中写真測量(無人航空機)による出来形管理技術(土工) 2 レーザースキャナーによる出来形管理技術(土工) 3 その他の3次元計測技術による出来形管理技術(土工)
	☒品質	4	4 TS・GNSSによる締固め回数管理技術(土工)
☒⑤3次元データの納品			

注1) ICT活用工事の詳細については、特記仕様書によるものとする。

ICT活用工事の施工範囲協議

【3D施工範囲協議】

- 受注者は、発注者指定型、施工者希望型にかかわらず、ICT活用工事の**具体の工事内容と対象範囲**を協議します。
- 具体の工事内容は、建設生産プロセスの**作業内容**ごとに採用する**技術の種類、技術名、使用する技術の概要**を記載します。
- 対象範囲は、採用した技術を適用する範囲（活用予定期間、活用予定区間・区域）を記載します。

ここで協議した範囲が**ICT活用工事の積算対象範囲**となります。

(記入例)

様式 - 9						
工 事 打 合 せ 簿						
発議者	☐ 発注者 ☒ 受注者	発議年月日	平成28年4月1日			
発議事項	☐ 指示 ☒ 協議 ☐ 通知 ☐ 承諾 ☐ 報告 ☐ 提出 ☐ その他 ()					
工事名	〇〇改良工事					
(内容) 添付資料のとおり、ICTを活用して土工の施工に関する具体の工事内容と対象範囲を協議します。						
添付図 ー 葉、その他添付図書						
処理・回答	発注者	上記について ☐ 指示 ☐ 承諾 ☐ 協議 ☐ 提出 ☒ 受理 します。 ☐ その他 [] 年月日:				
	受注者	上記について ☐ 承諾 ☐ 協議 ☐ 提出 ☐ 報告 ☐ 受理 します。 ☐ その他 [] 年月日:				
		総括監督員	主任監督員	監督員	現場代理人	主任(監理)技術者

ICT活用工事(作業手順)

■作業手順と使用ソフトウェア

UAV公共
測量マ
ニュアル

①

作業計画

②

対空標識の設置

③

空中写真撮影

作業A

④

三次元形状復元

⑤

数値編集
(トリミング)

⑥

三次元点群デー
タファイルの作成
(フィルタリング)

⑦

サーフェスモデル
(TIN)の作成

⑧

成果等の整理

Sfmソフトに
よる点群デー
タの作成

欠測部の補測
や草木の除去

点密度の調整や
補間作業により
納品データ作成

出来形管理要領

写真測量
ソフトウェア

点群処理ソフトウェア

⑨

三次元設計
データ作成

⑩

三次元施工
データ作成

⑪

ICT建機へ3D施
工データ入力

⑫

ICT施工

⑬

出来高計測
(部分払い)

⑭

空中写真撮影
(出来形管理)

④
~
⑦

作業A

⑮

出来形管理資料

⑯

数量算出

2D図面から3Dデータ
作成(発注者からの貸
与があれば作成不要)

出来形管理項目の計
算結果と良否の評価
結果、出来形分布図

3次元CADに
よる数量算出

3次元設計データ
作成ソフトウェア

出来形帳票作
成ソフトウェア

出来高算出
ソフトウェア

①②ドローンの飛行経路

ドローンの飛行経路をプログラムして自動で飛行し、撮影を行う。

- ①撮影の際に対空標識を設置する。
- ②写真のラップ率は進行方向90%以上、隣接コース60%以上。
- ③撮影画素は地上画素1cm/画素以下（計測精度±5cm以内）。



対空標識



対空標識の設置箇所

橙点は区域の折れ点、
黄線はUAVの飛行経路、
緑点は飛行経路の折り返し点を表している

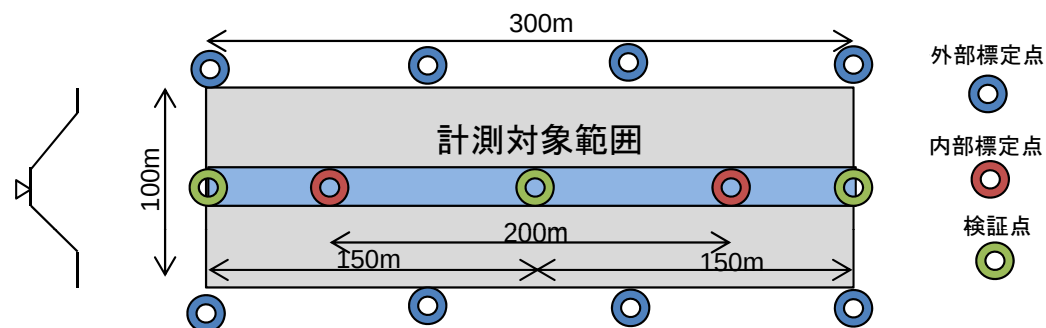


①②ドローンの飛行経路(空中写真測量による出来形管理の場合)

標定点及び検証点の設置・計測の留意点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(国土地理院)(以下UAVマニュアルとする)における要求精度 $\pm 50\text{mm}$ の規定を参考とし、以下を標準とします。

- ▶ 標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外部標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内部標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置します。
- ▶ 標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとります。
- ▶ 検証点は、UAVマニュアルにおける外部標定点及び内部検証点として天端上に200m以内の間隔となるように設置します。標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましく、計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置します。精度確認用の検証点は、標定点として利用できません。



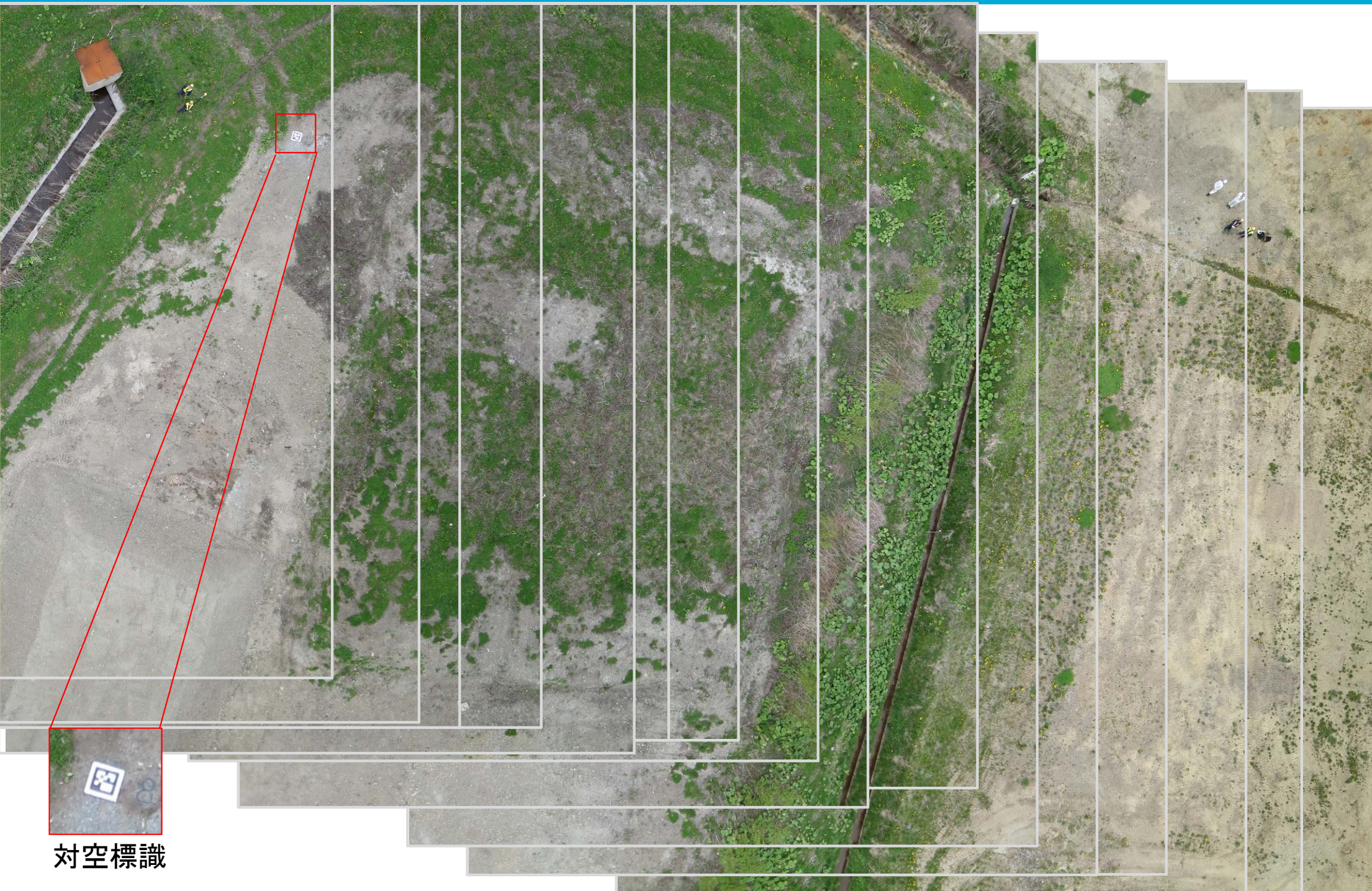
ワンポイント

- ・標定点および検証点は工事基準点、あるいは水準点からTSを用いて計測を行います。
- ・標定点および検証点は空中写真測量(UAV)による出来形計測中に動かないように固定します。

③ドローンによる航空写真撮影(起工測量)



③ドローンで撮影した航空写真(垂直写真)



対空標識

④～⑦【解説】3次元測量データ(地形データ)

点群データ

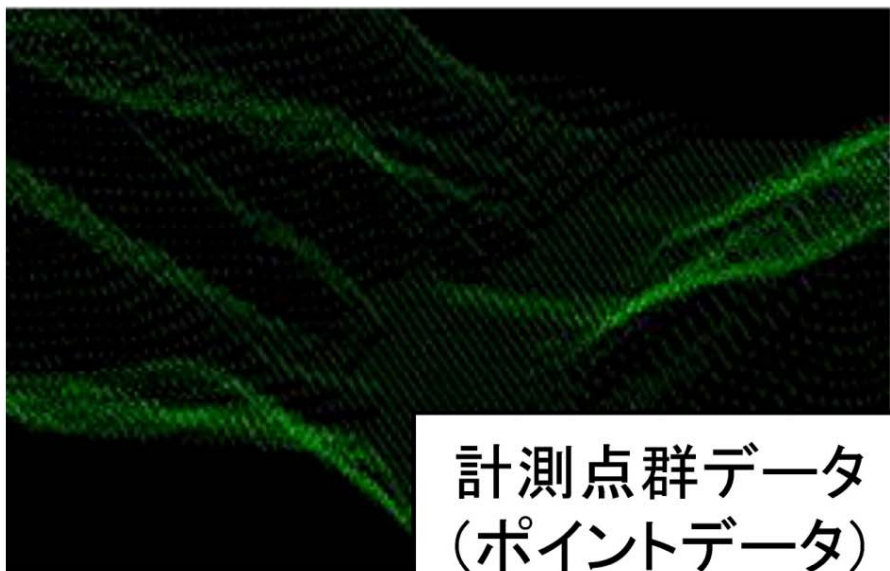
レーザ計測機器やステレオ写真画像より生成した計測点データ

サーフェスモデル

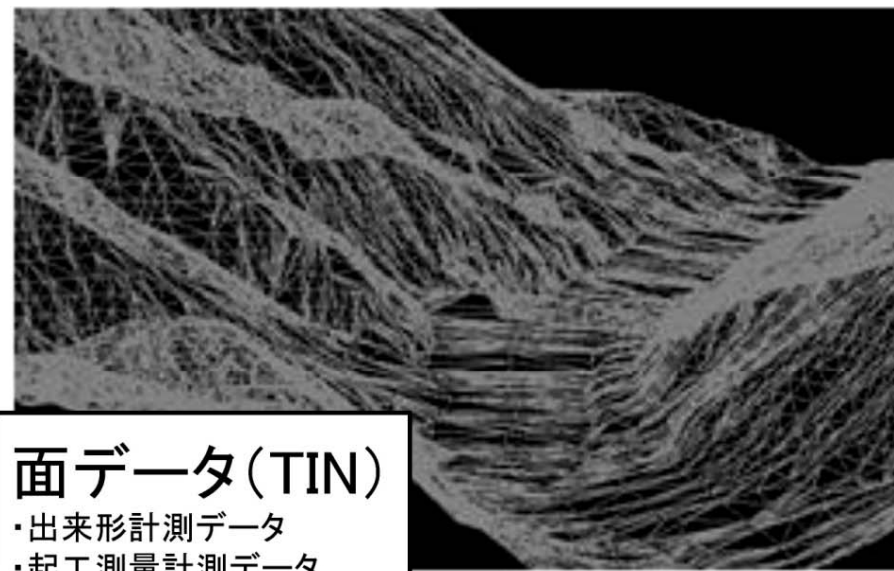
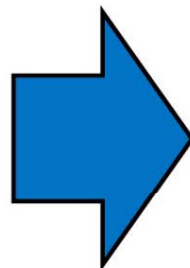
点群データをT I Nなどでモデル化したもの

T I N

点を直線で繋いで三角形を構築（不等辺三角網）して、面の集合体で地形や設計の表面形状をモデル化したもの



計測点群データ
(ポイントデータ)



面データ(TIN)

- ・出来形計測データ
- ・起工測量計測データ
- ・岩線計測データ

ドローンで撮影した写真から点群処理ソフトウェアにより草本などの不要な点を削除し、地盤上データのみとする。このときデータの間引きを行い、**出来形計測では10cm×10cmに1点（起工測量では50cm×50cmに1点）以上**の点密度が確保できる程度まで点を減らして良い。

処理した点群データを三角形につないで面のデータにする。起工測量データと出来形測量データの（高低）差から土工数量を算出する。

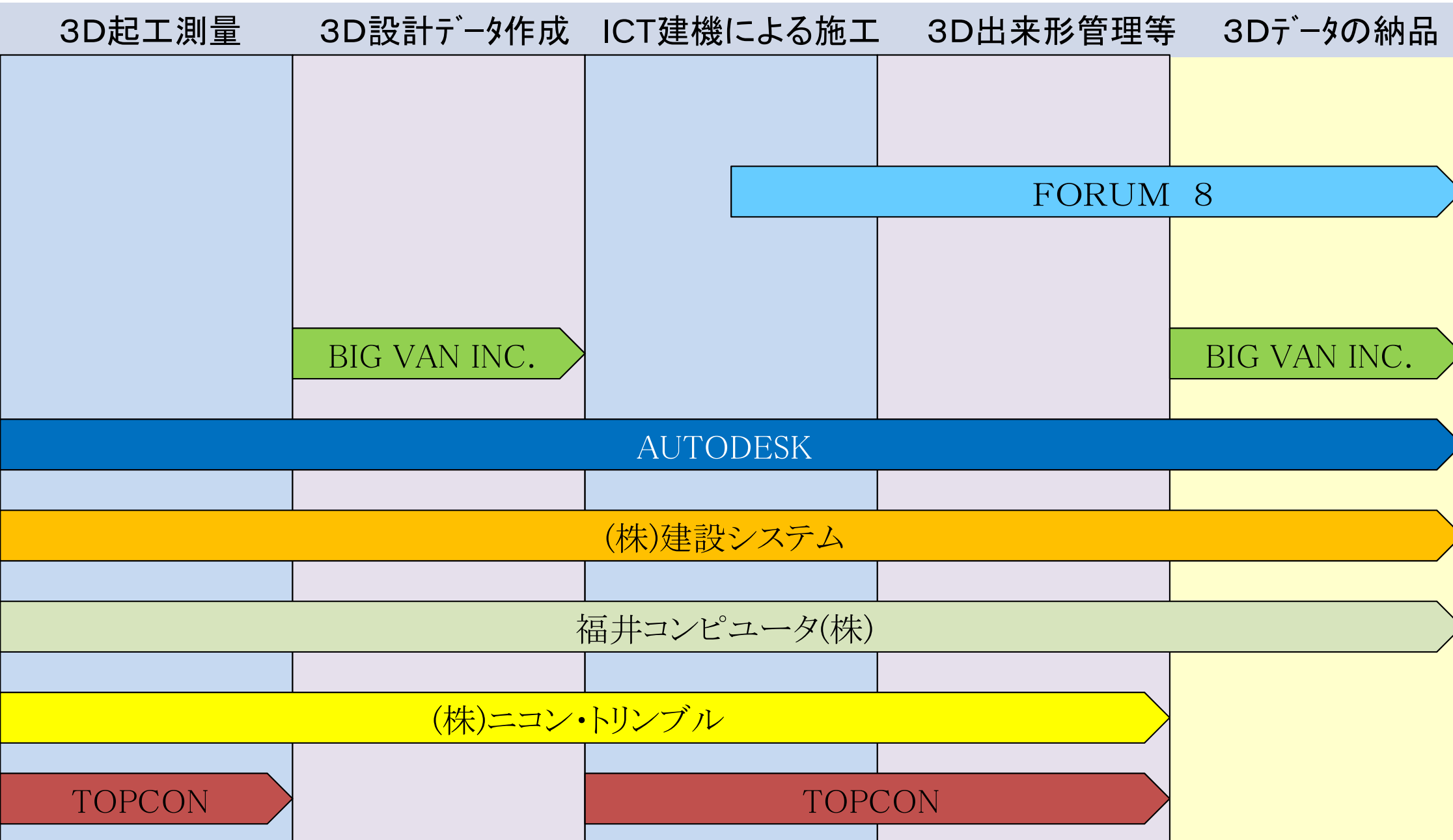
(参考)機器・ソフトウェア等の選定・調達

■測量・設計段階に対応したソフトウェア

測量	概略設計	予備設計	詳細設計
	(株)エムティシー		
	FORUM 8		
	川田テクノシステム		
	BIG VAN INC.	BIG VAN INC.	BIG VAN INC.
	AUTODESK		
	福井コンピュータ(株)		
			(株)ニコン・トリンブル
TOPCON			

(参考)機器・ソフトウェア等の選定・調達

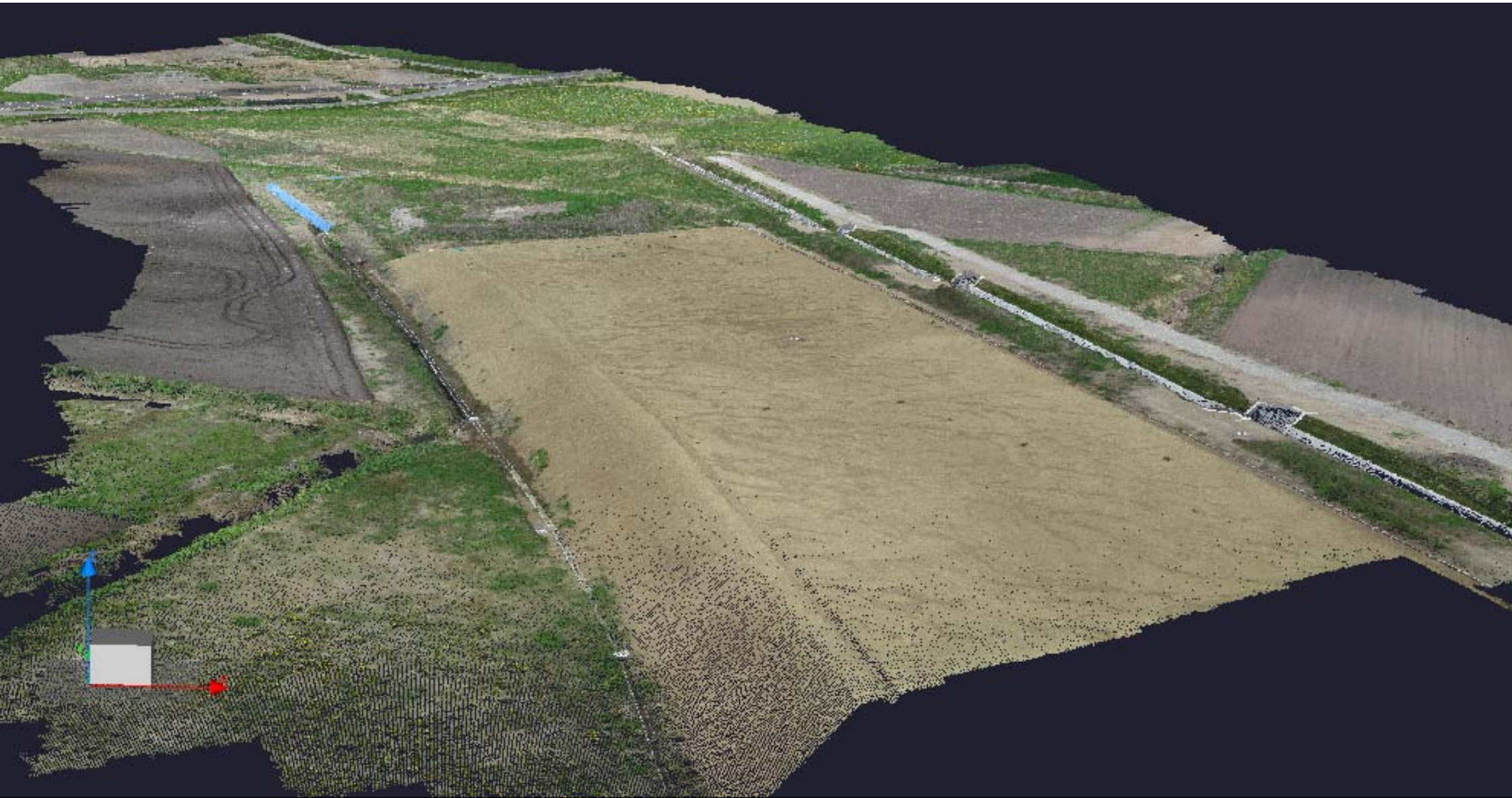
■施工段階に対応したソフトウェア



④点群データ(現況データ)

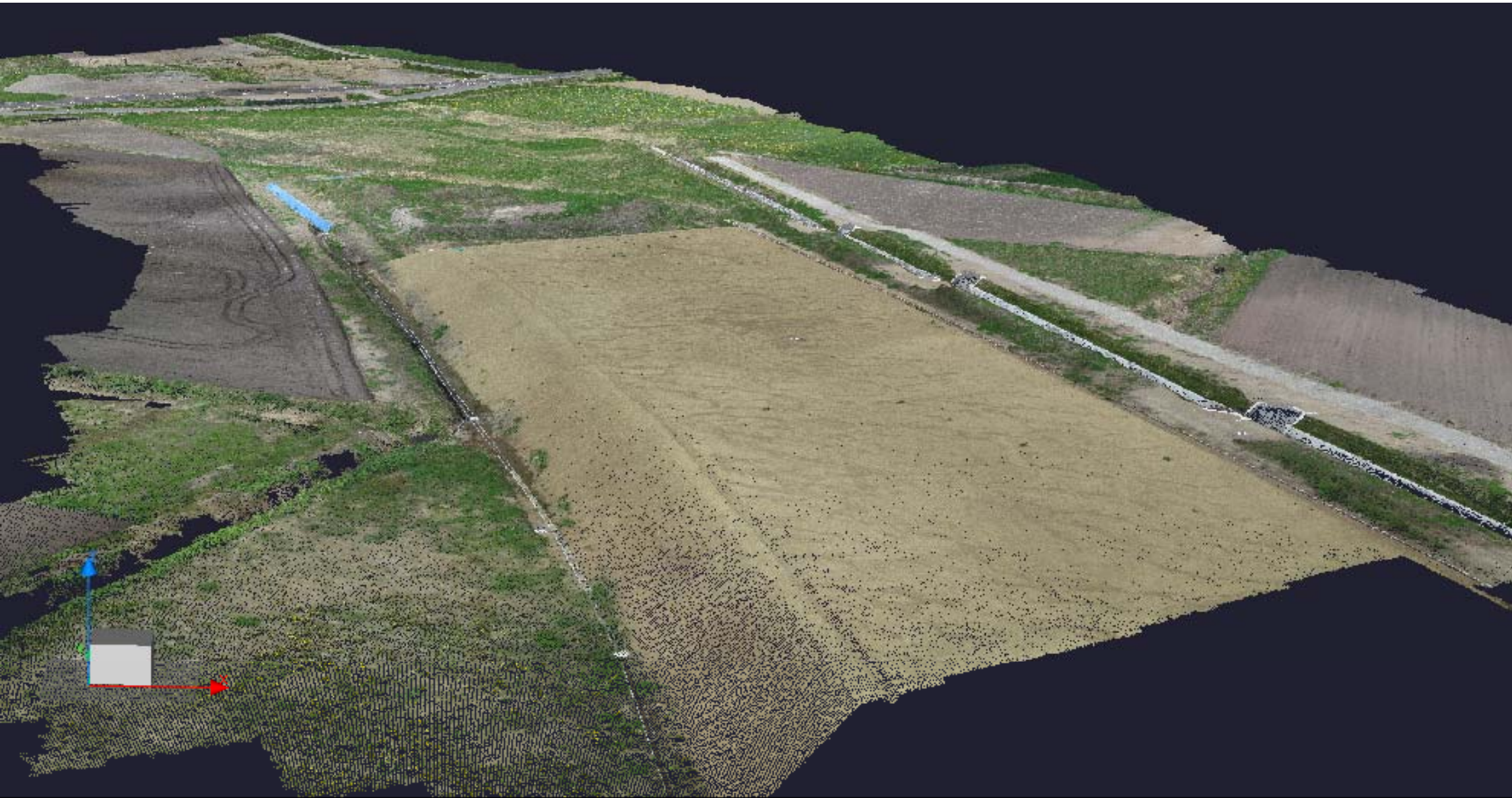


※ドローンにより撮影した写真を点群化したもの。

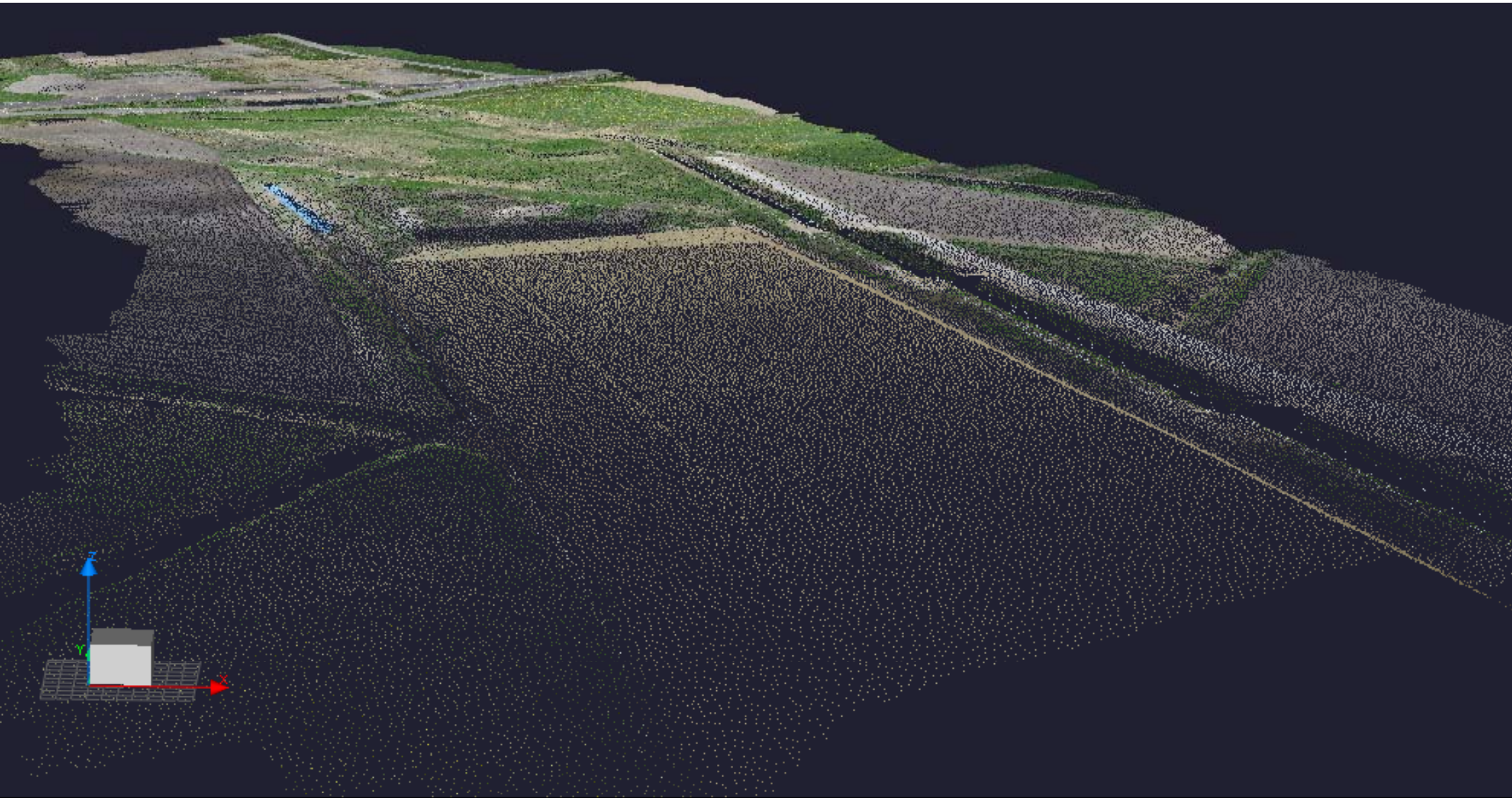


※草木や電柱、既設橋台等を除去し、現況地形データとした。

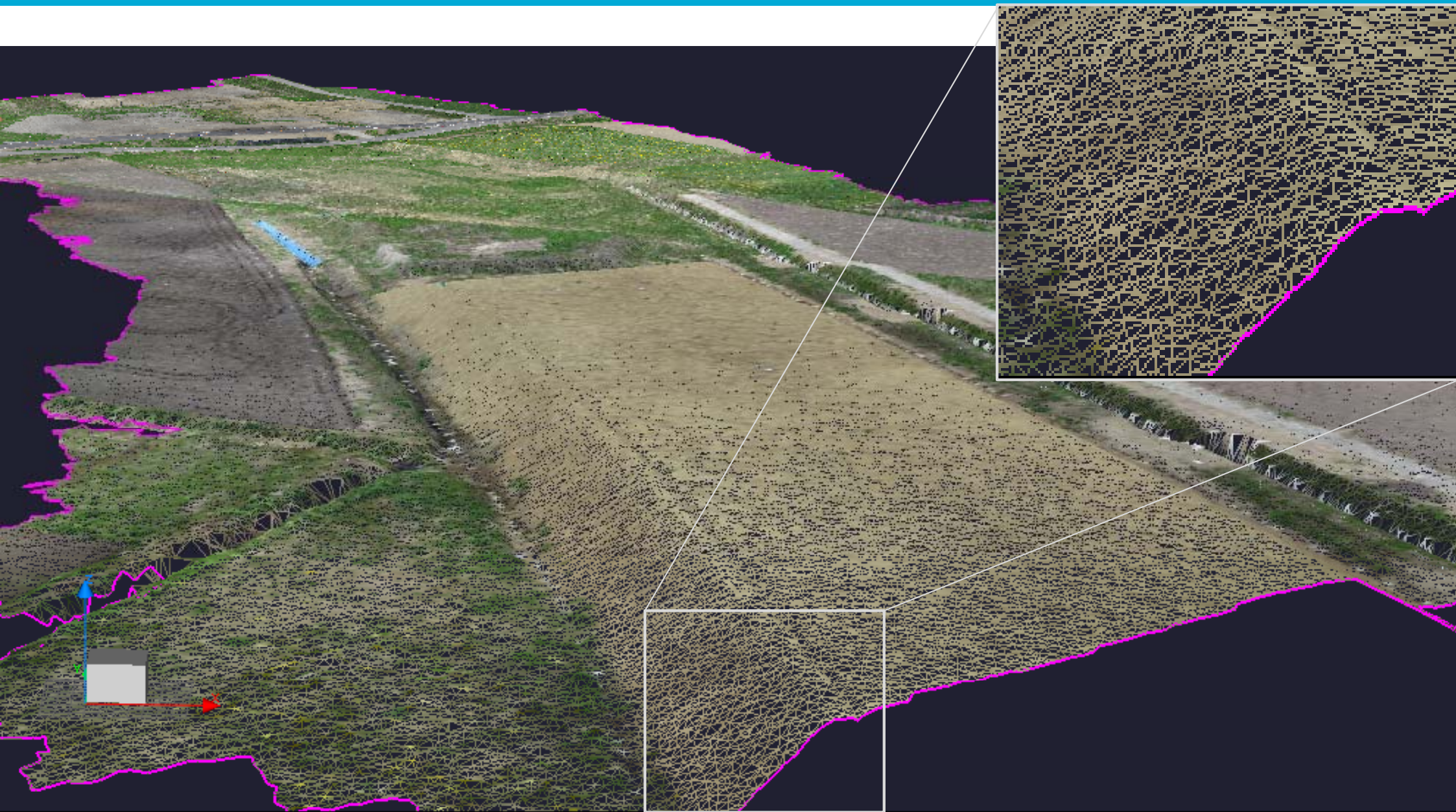
⑥間引き(フィルタリング)①



※現況地形データを10cmに1点(以上)となるよう間引きしたもの(出来形管理用データ)



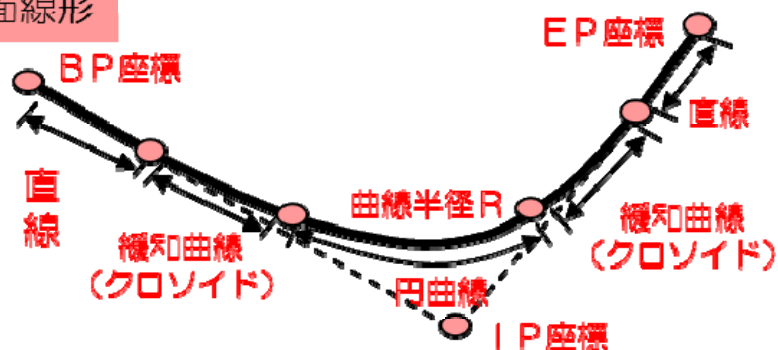
※現況地形データを50cmに1点(以上)となるよう間引きしたもの(起工測量用データ)



※現況地形データの各点を三角形に繋いでTINデータとしたもの。

⑨【解説】3次元設計データの概要

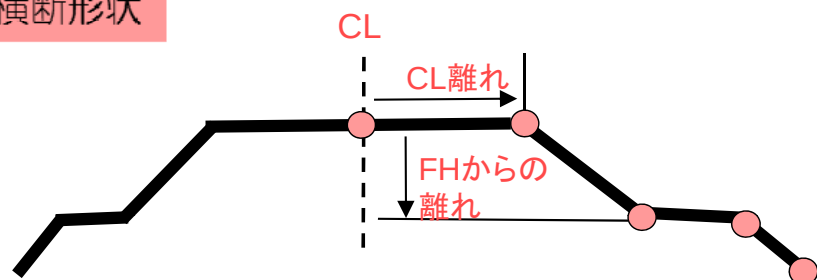
平面線形



縦断線形



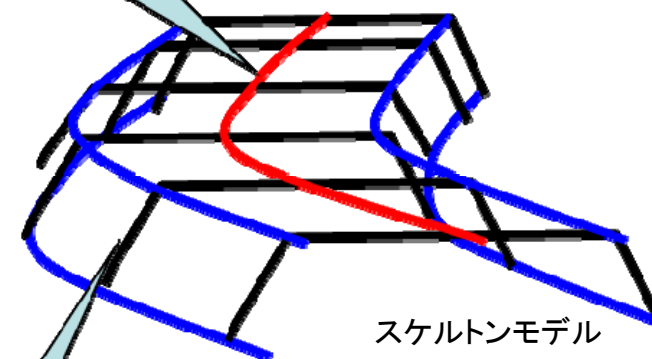
横断形状



設計パラメータをモデル化して3次元形状をデータ交換

道路中心線形

図1 スケルトンモデル



スケルトンモデル

情報化施工で利用

横断形状

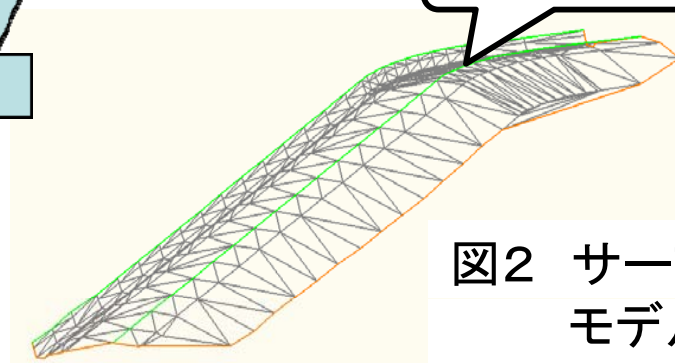


図2 サーフェスモデル(TIN)

- 3次元設計データは、中心線形データ（平面・縦断線形）、横断形状データから構成
- 国際的な標準であるLandXMLによるデータ交換形式（システムに依存しないデータ形式）を採用

⑨3次元設計データのチェック

3次元設計データを3次元ビューアで表示し、パソコン画面上で、外観を目視で確認する。

- ・ 中心線形と横断形状の関係について、ねじれや離れ
 - ・ 横断面の前後の繋がりがなめらかか
- などについてチェックする。

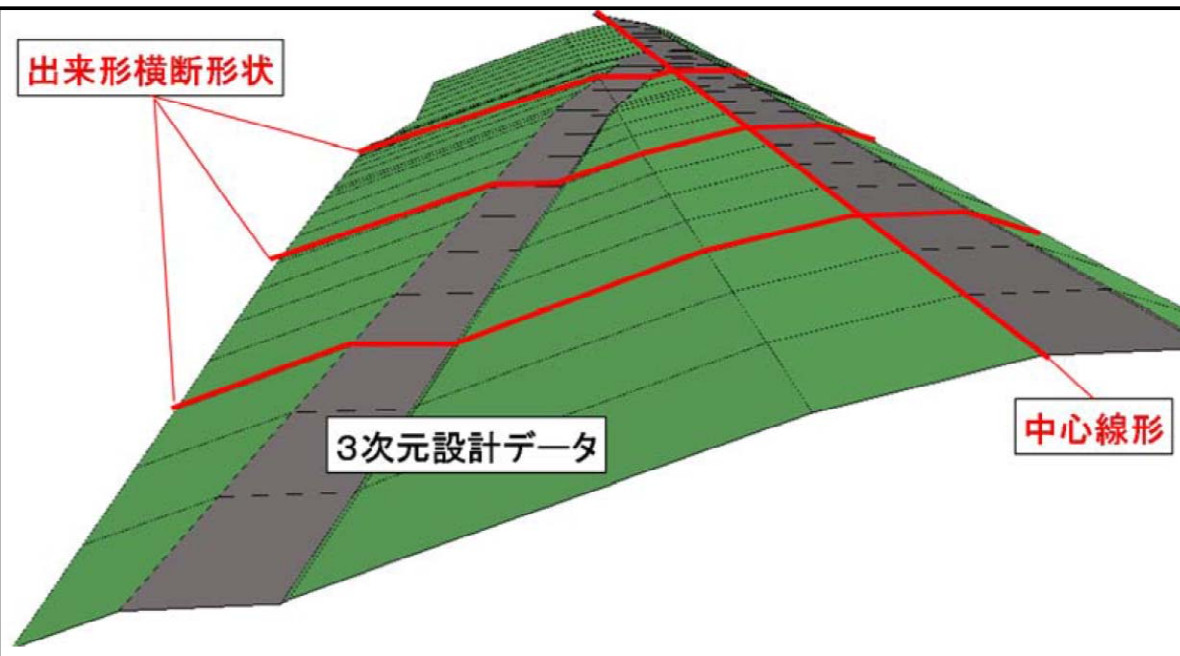


図 3次元ビューア

(様式－1)

平成 年 月 日

業 務 名：

受注会社名：

作 成 者：

3次元設計データチェックシート

項目	対象	内容	チェック 結果
1) 平面線形	全延長	・ 起終点の座標は正しいか？	
		・ 変化点（線形主要点）の座標は正しいか？	
		・ 曲線要素の種別・数値は正しいか？	
2) 縦断線形	全延長	・ 線形起終点の測点、標高は正しいか？	
		・ 縦断変化点の測点、標高は正しいか？	
		・ 曲線要素は正しいか？	
3) 横断面形状	全延長	・ 作成した横断面形状の測点、数は適切か？	
		・ 基準高、幅、小段の高さは正しいか？	
4) 3次元設計データ	3次元	・ 入力した1)～3)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか？	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※2 様式－1を確認した際に用いたチェック入りの下記資料も合わせて提出すること。

- ・ 線形計算書（チェック入り）
- ・ 平面図（チェック入り）
- ・ 縦断図（チェック入り）
- ・ 横断図（チェック入り）

※上記以外に分かりやすい資料がある場合は、これに替えることができる。

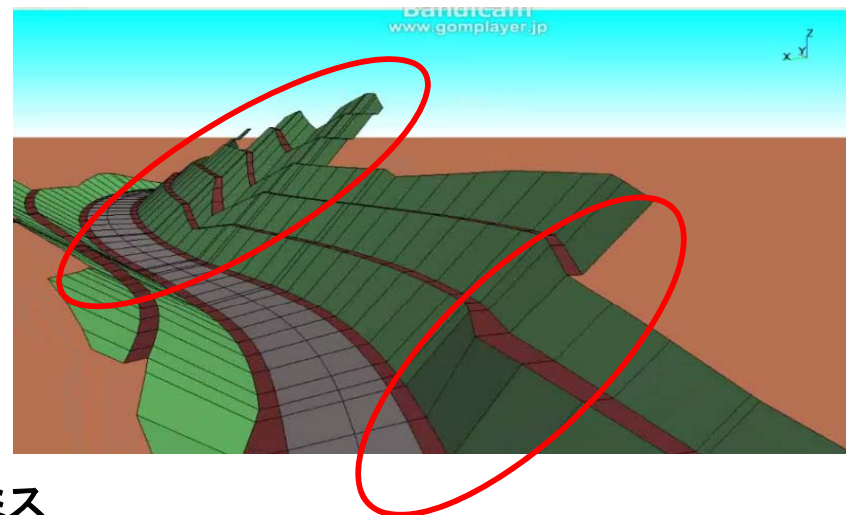
⑨3次元設計データのチェック

3次元ビューでの確認例

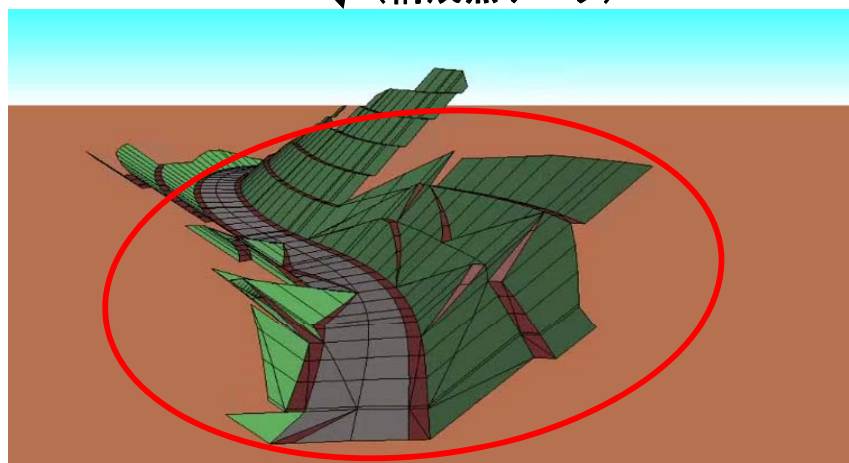
- ▶ 3次元設計データ作成ソフトには、入力結果を立体視することが可能(ビューワ機能)となっています。このため、本機能を活用することにより3次元設計データが正しく入力されているか確認が可能です。
- ▶ なお、3次元設計データ作成ソフトメーカーからは、無償ビューワー付ファイルを作成するソフトが販売されています。



入力ミス
(横断データ)



入力ミス
(構成点データ)

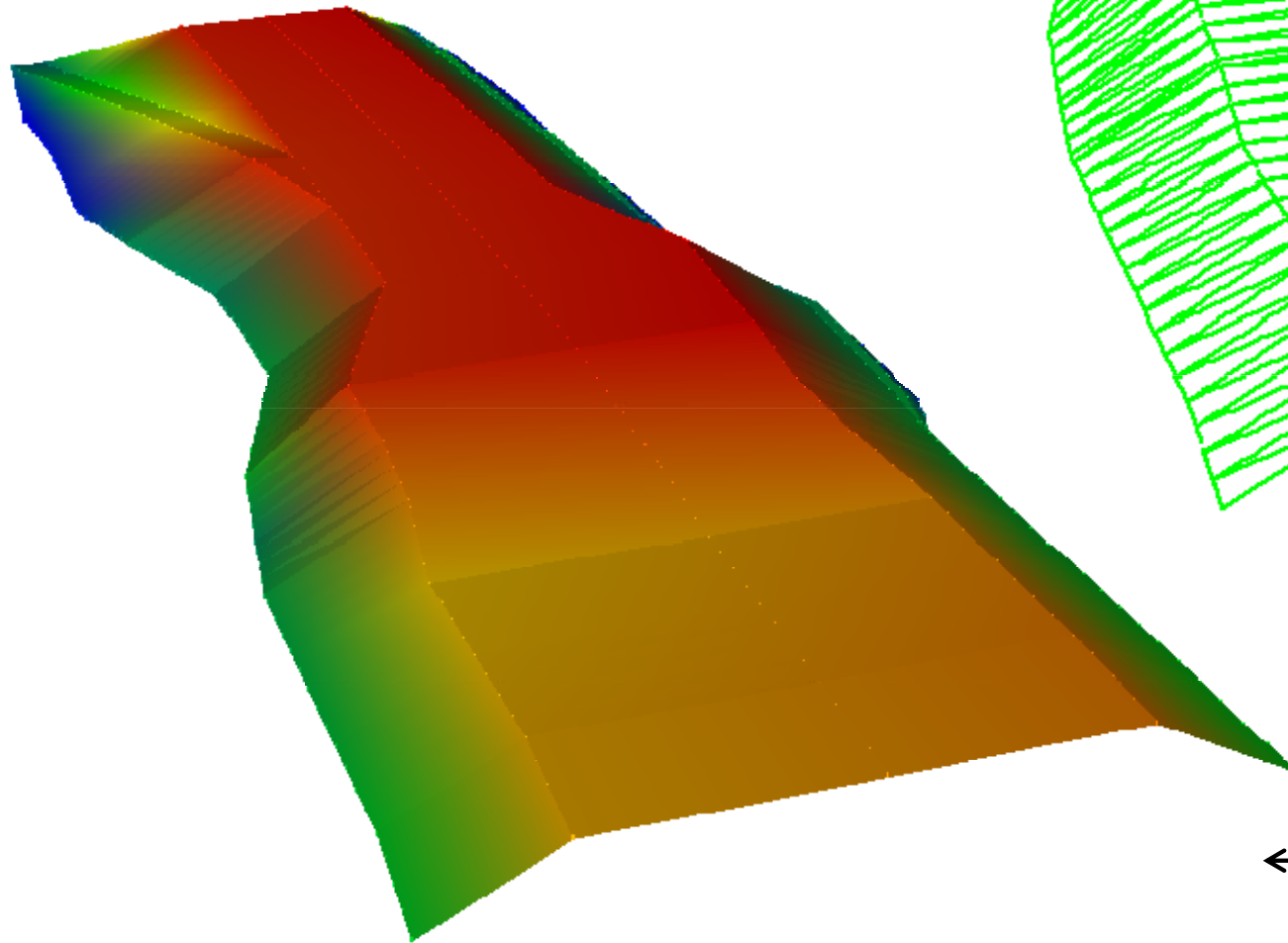
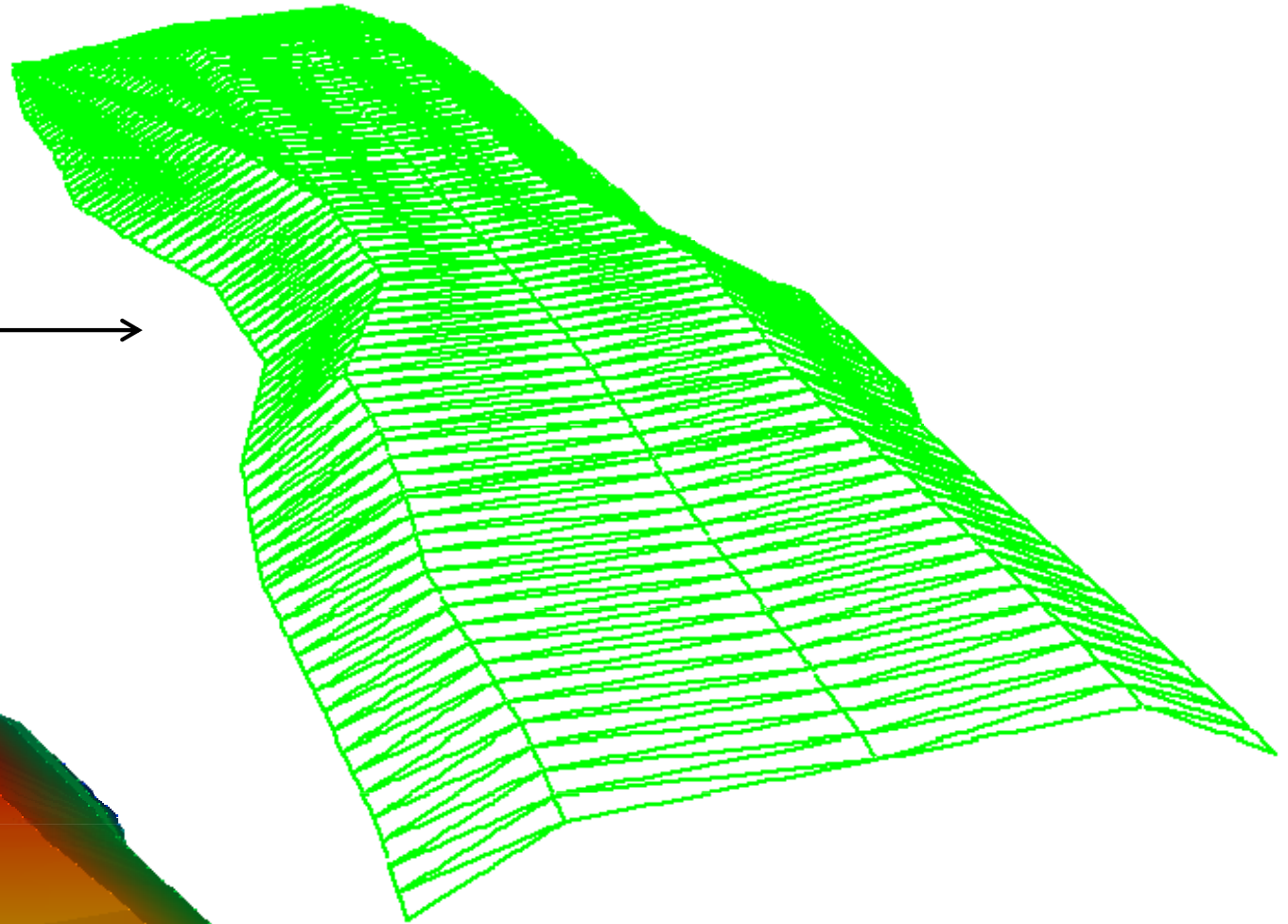


入力ミス
(縦断データ)



⑨3次元設計データ

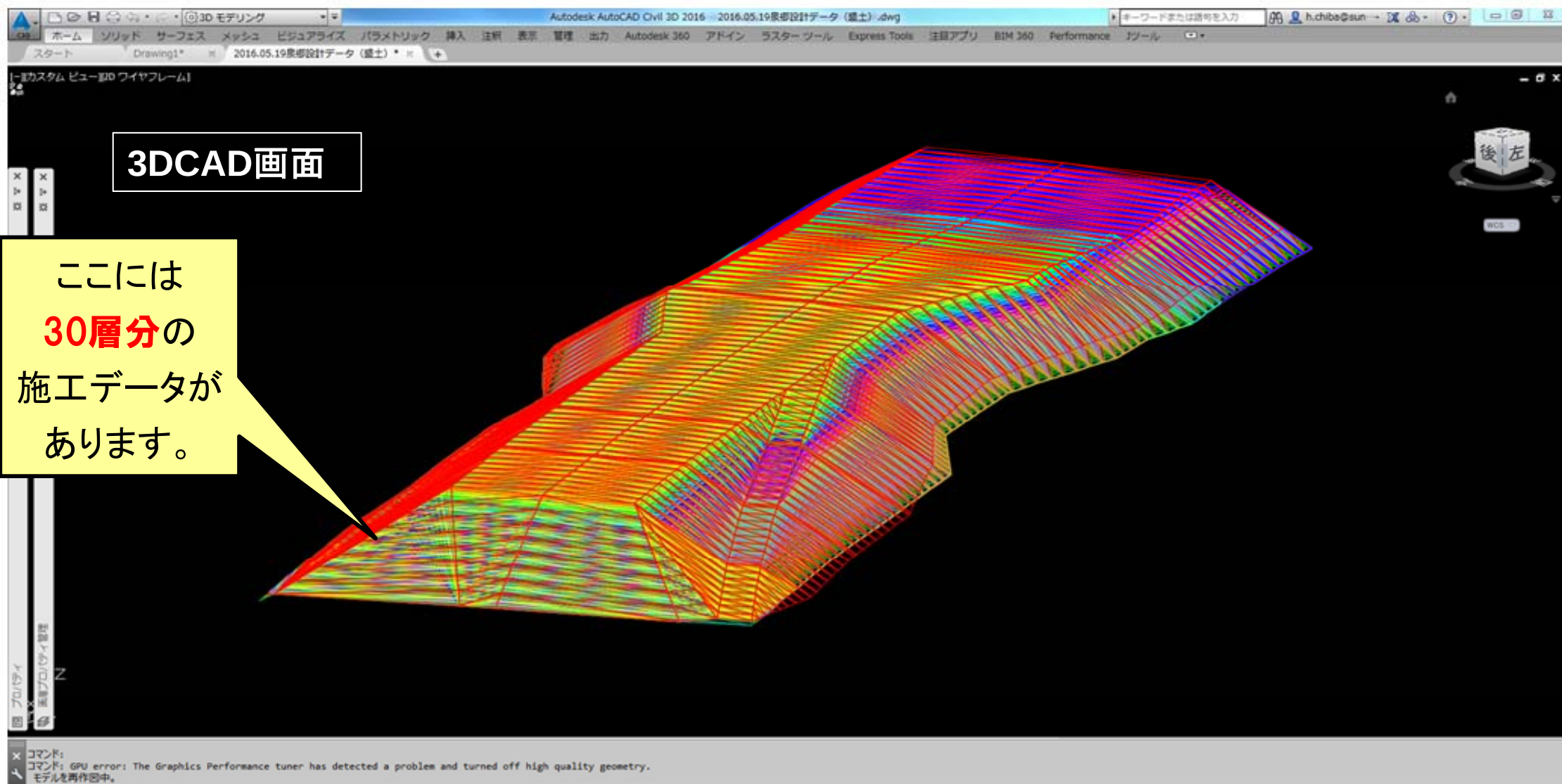
中心線と20m横断からスケルトンモデルを作成し、施工幅に併せて横断(5m每など)を補間してサーフェスモデル(TIN)にしたものを設計データという



設計データを標高毎に着色したもの
(受注者が高さをつかむために独自に作成したもの)

⑩ 3次元施工データ

これは、ICTブルドーザに入力す3D施工データの例である。敷均し厚さ毎に30層分のデータを施工時の排水勾配などを考慮して作成をしている。建機によっては3DCADで作成したデータをそのまま建機に入力できるものもある。このデータの一番外側が設計データである。



⑪ICT建機の液晶画面(例)



【ICT建機のブルドーザの液晶画面】

画面左したに「↓0.182m」は仕上がり面にたいして0.182m下げる。
MC（マシンコントロール）の場合は、オペレータは前後進のみの操作で、ブレードは自動で上下する。

【ICT建機のバックホウの液晶画面】

画面左したに「↑0.683m」は仕上がり面に対して0.683m上げる（盛土作業のため仕上がり面が原位置より上になっている）。



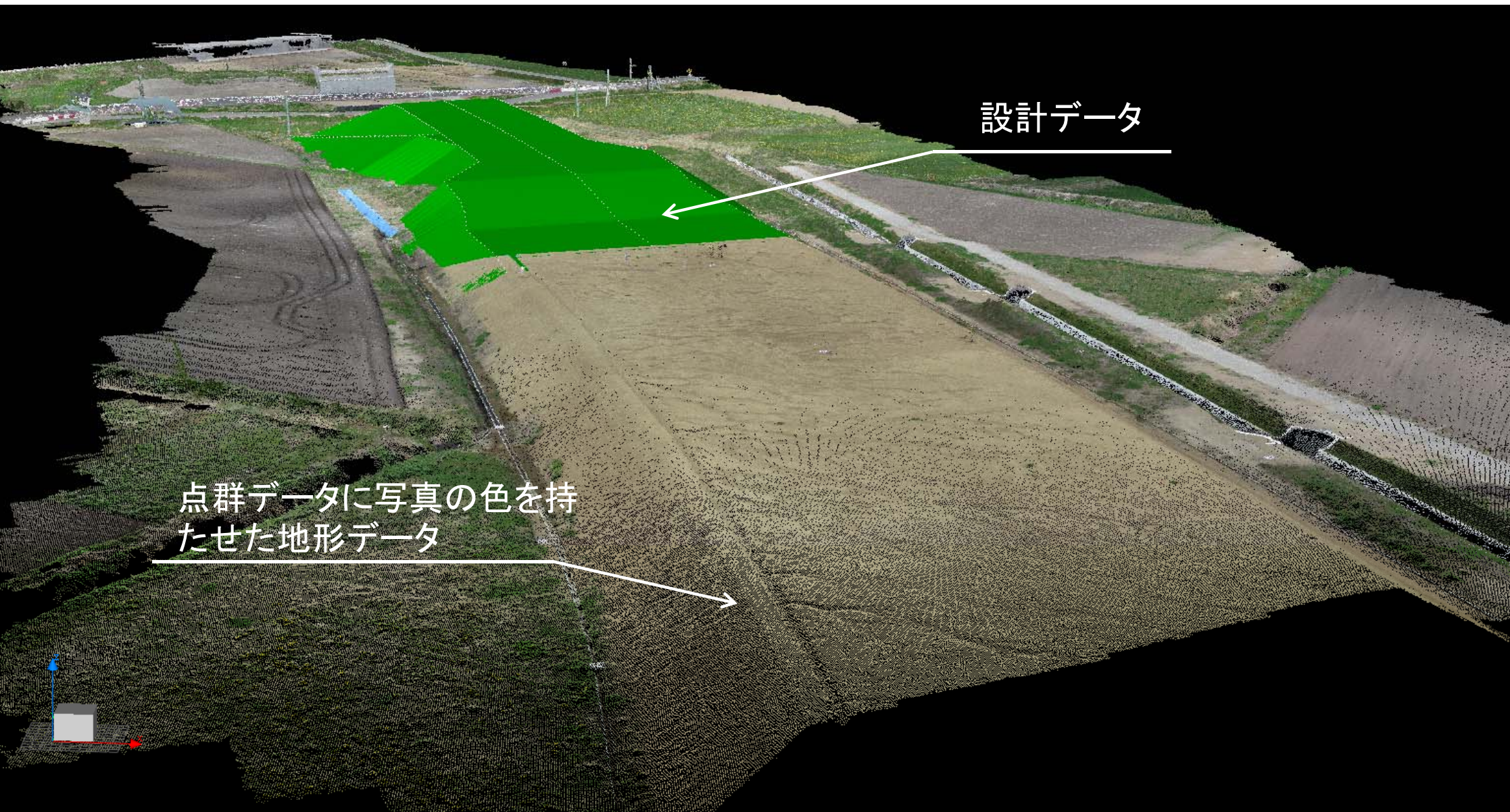
仕上がり面

↑ 0.683m

↑ 0.683m



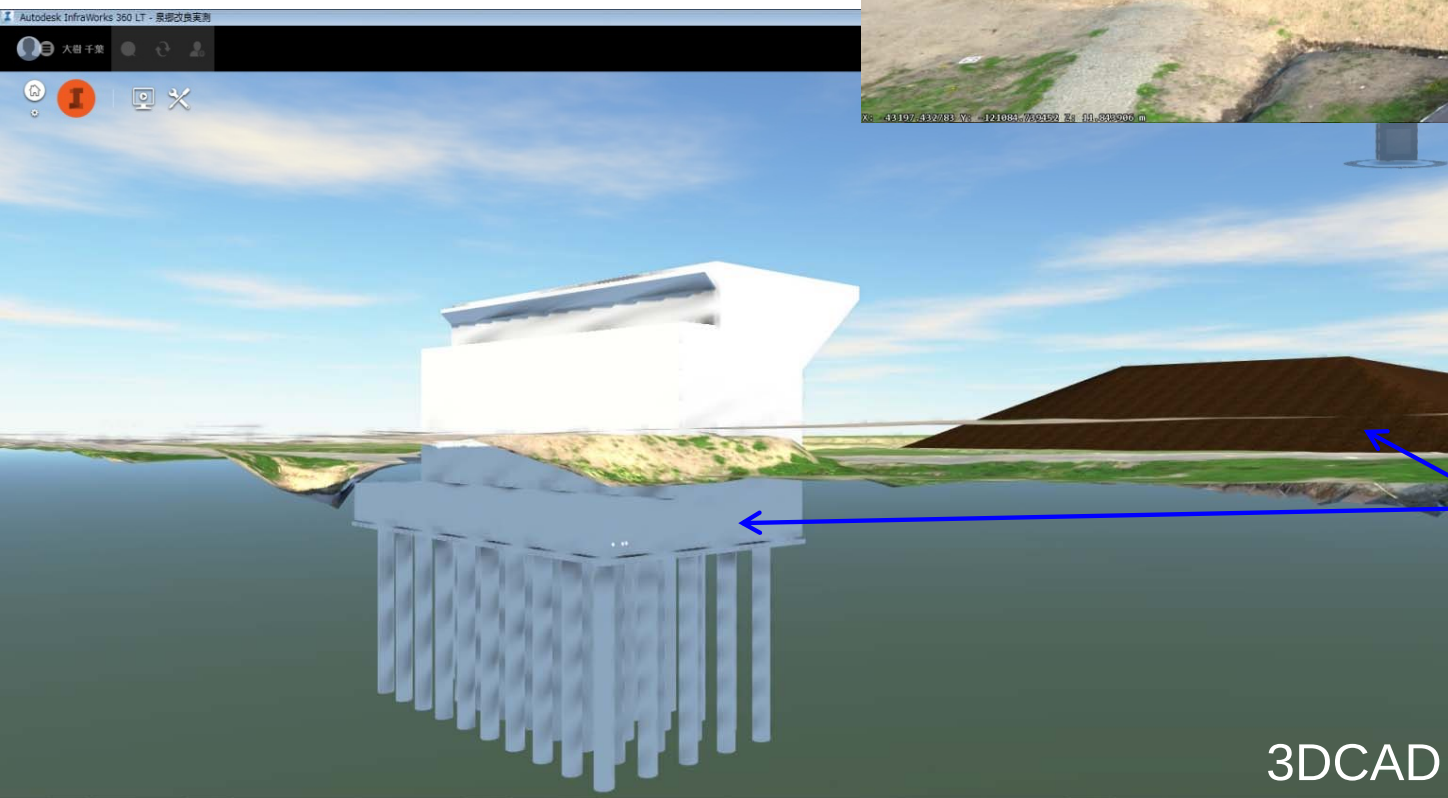
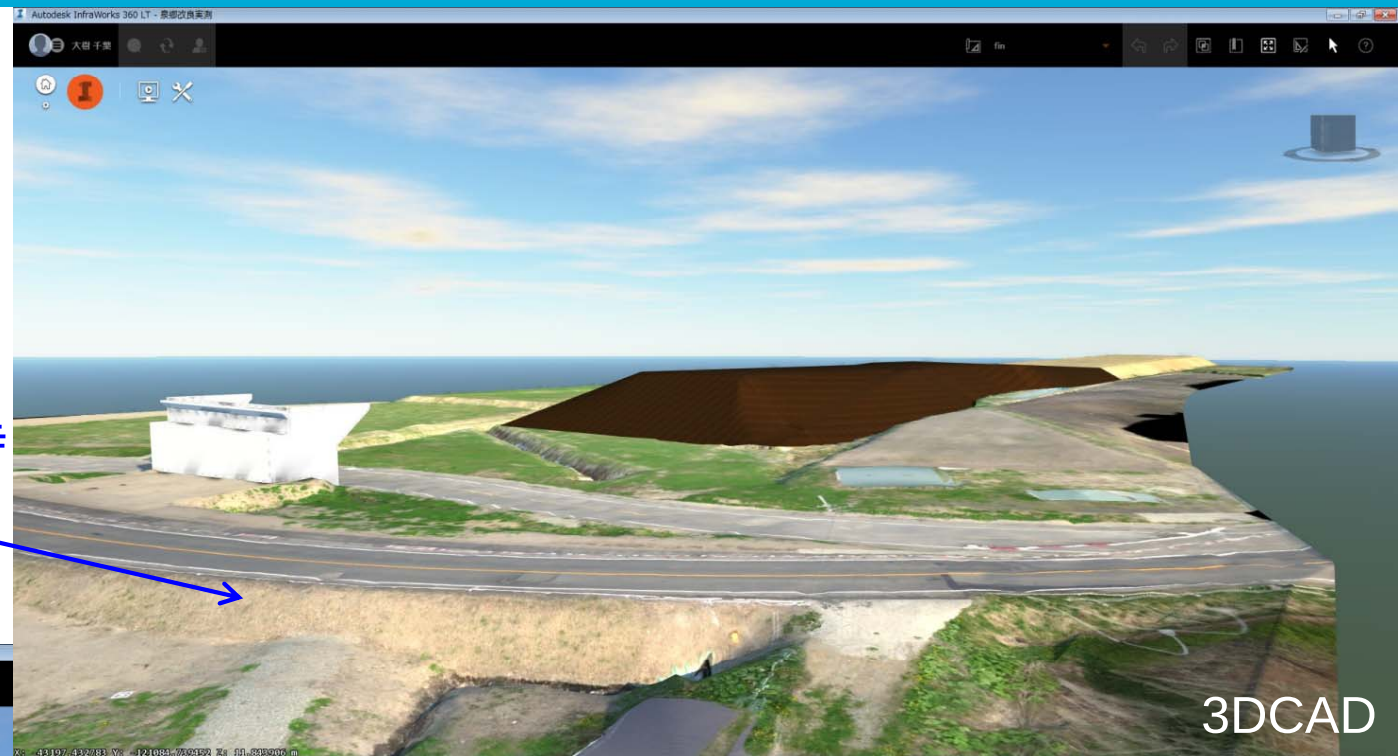
⑬ 3次元データの合成①



※現況の点群に設計データを合成した完成イメージ

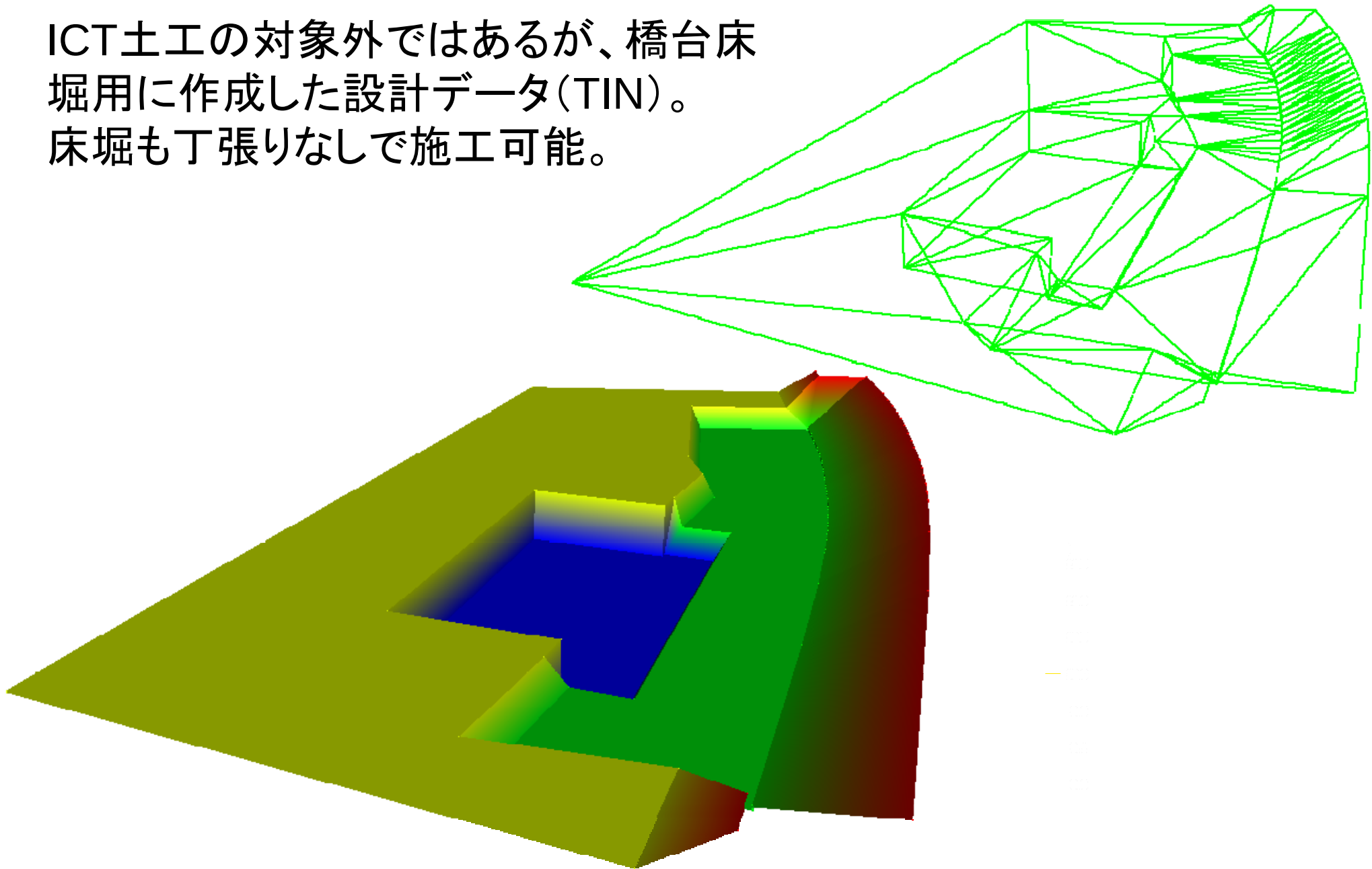
⑬ 3次元データの合成②

点群データに写真の色を持たせた地形データ



設計データ

ICT土工の対象外ではあるが、橋台床堀用に作成した設計データ(TIN)。
床堀も丁張りなしで施工可能。



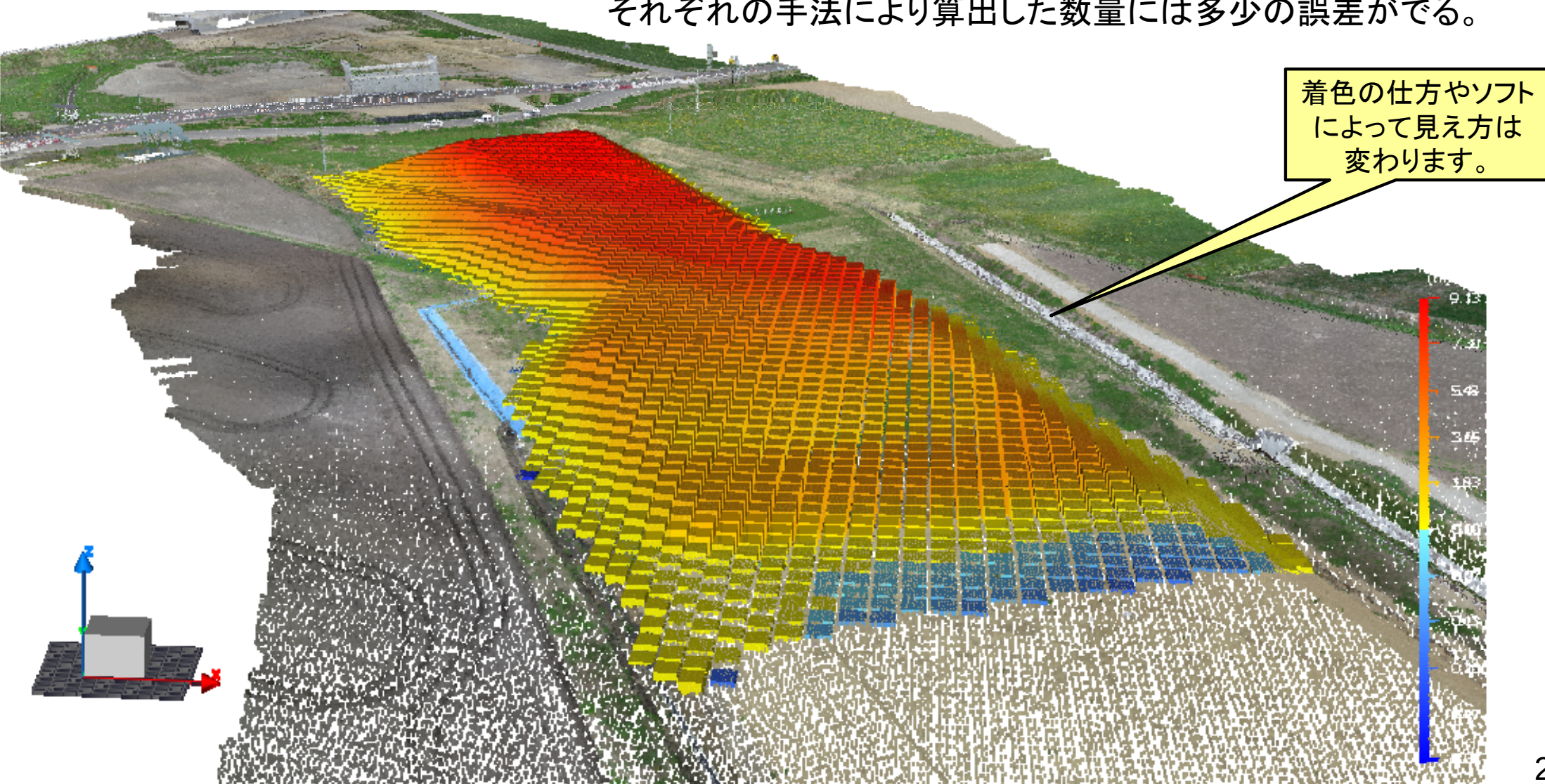
⑯ 点高法による数量算出例

事前の地形データが空中写真測量(UAV)等で計測されており、契約条件として認められている場合は、空中写真測量(UAV)による出来形計測結果を用いて、出来形数量の算出を行うことができる。

数量計算方法については、監督職員と協議を行う。

標準とする体積算出方法 には、点高法、TIN分割等を用いた求積、プリズモイダル法がある。

それぞれの手法により算出した数量には多少の誤差がでる。



TS・GNSSを用いた盛土の締固め

TS（トータルステーション）やGNSS（人工衛星を使用して地上の現在位置を計測するシステム）を用いた盛土の締固め管理を行う。

GNSS：従来のGPS(USAの軍事衛星)等の総称

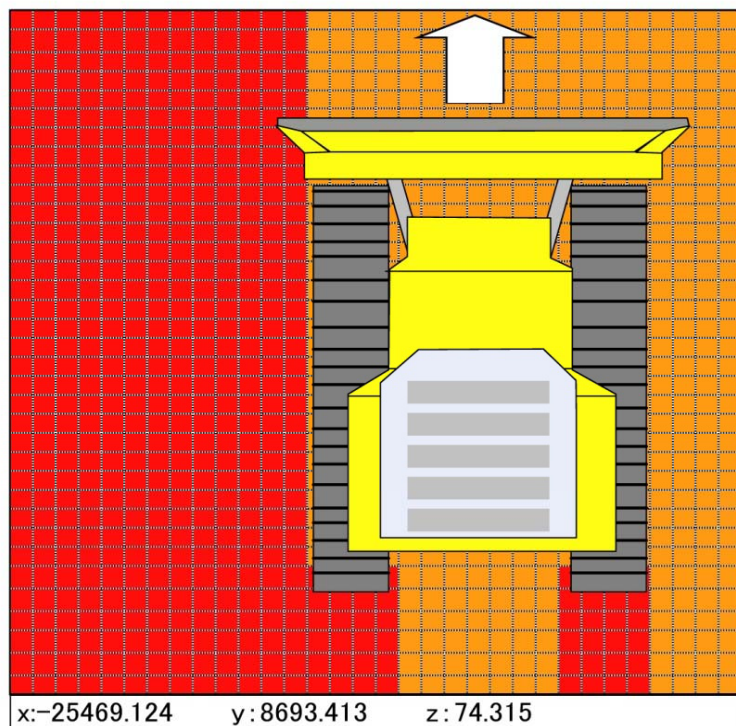


図1 転圧した回数を着色して表示(管理)。
転圧の過不足を防止する。

ICT活用工事の
盛土の締固めを
行う場合は**必須**
となります。

施工箇所 (自)No.516+40 (至)No.517

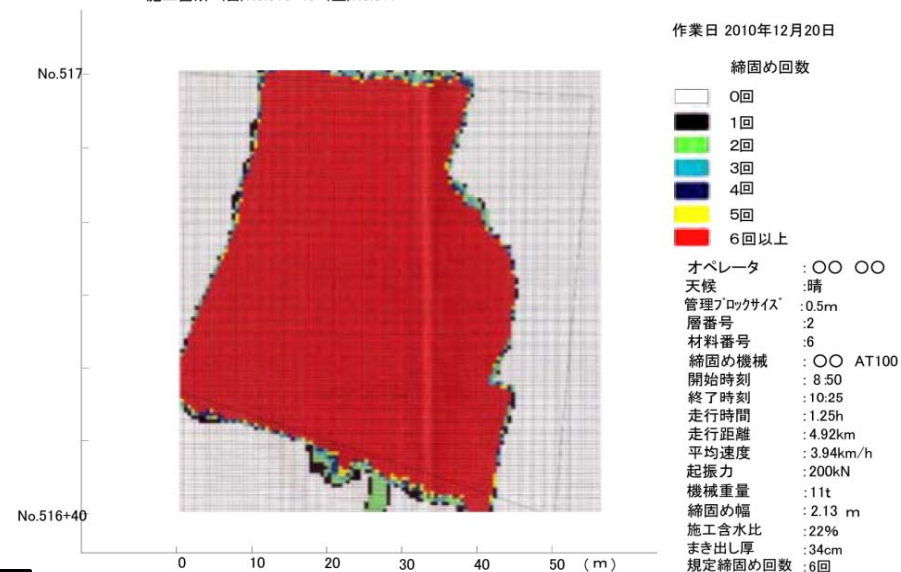


図2 回数分布図(50cmマス)の例

施工箇所 (自)No.516+40 (至)No.517

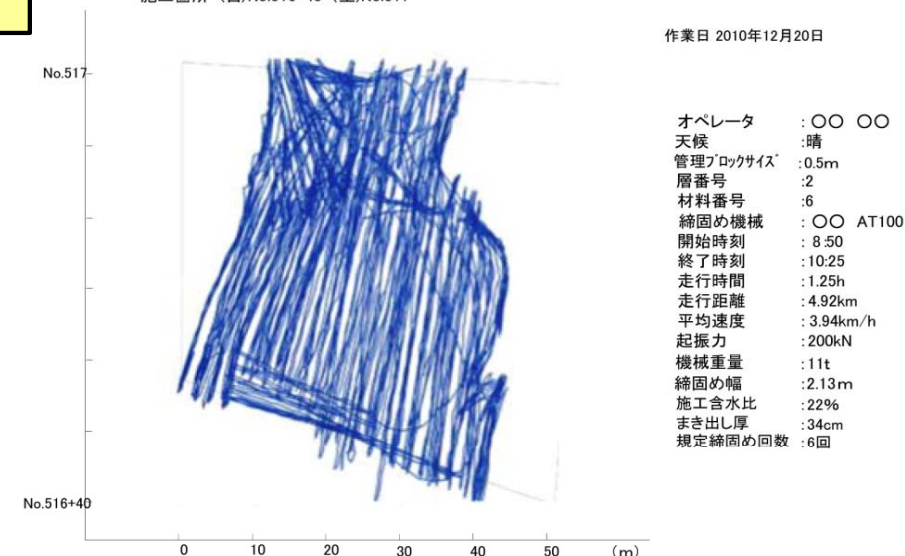


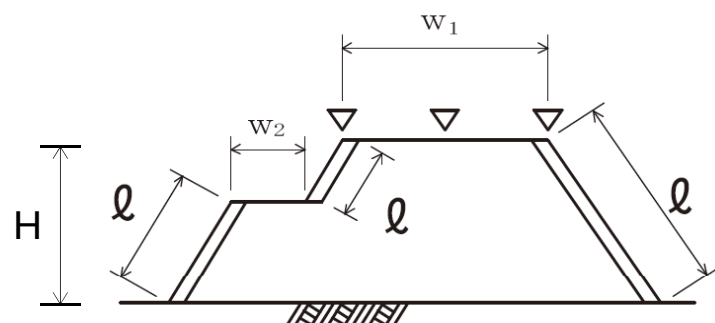
図3 走行軌跡図の例

新たな3次元出来形管理基準に基づく出来形評価の実施

3次元計測により計測された3次元点群データによる効率的な出来形管理を導入

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

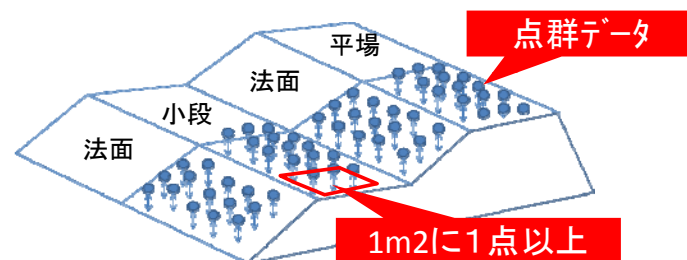
規格値：基準高(H)：±5cm

法長 (l)：-10cm

幅 (w)：-10cm

i-Construction

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

※全測点には測量精度±5cmを含む

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

出来形管理帳票の作成

出来形管理帳票の定義

- 3次元設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ(標高較差あるいは水平較差)により出来形の良否判定を行います。
- 出来形管理基準上の管理項目の計算結果と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図にて明示します。

作成帳票例(出来形管理図表)

様式-31-2

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	±50mm	異常値有
	最大値(差)	42mm	±100mm	
	最小値(差)	-62mm	±100mm	異常値有
	データ数	1000	1点/m2以上 (1000点以上)	
	評価面積	1000m2		
	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	±80mm	
	最大値(差)	92mm	±140mm	
	最小値(差)	-60mm	±140mm	
	データ数	1700	1点/m3以上 (1700点以上)	
	評価面積	1700m2		
	棄却点数	0	0.3%未満 (5点以下)	

天端の ばらつき	規格値の±80% 以内のデータ数	1000
	規格値の±50% 以内のデータ数	997
法面の ばらつき	規格値の±80% 以内のデータ数	1700
	規格値の±50% 以内のデータ数	1360

+100
+80
+50
+20
±0
-20
-50
-80
-100

□ 天端

凡例:

・平均値
・最大値
・最小値
・データ数
・評価面積
・棄却点数

を表形式で
整理

・離れの計算結果の規格値に対する割合を示すヒートマップとして
-100%~+100%の範囲で結果を色分け。

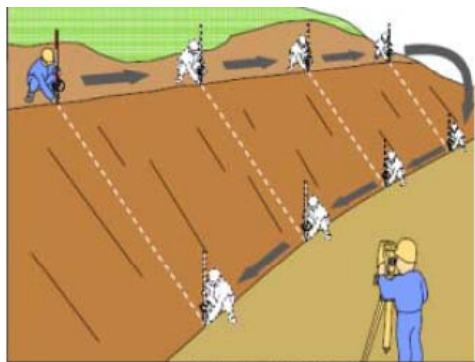
・±50%の前後、±80%の前後が区別できるように別の色で明示。

・データのポイント毎に結果をプロット。

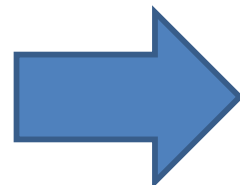
規格値の50%以内に収まっている計測点の個数、規格値の80%以内に収まっている計測点の個数を明示することが望ましい。

検査日数が大幅に短縮

人力で計測



10断面 / 2 km



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短縮

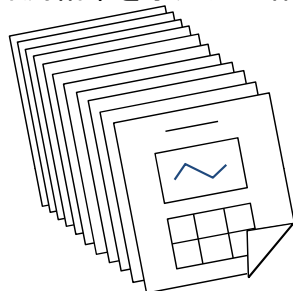
G N S Sローバー、TSで計測



任意の1断面のみ / 1 現場

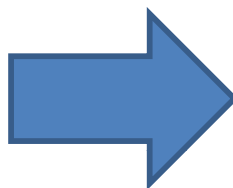
検査書類が大幅に削減

工事書類
（計測結果を手入力で作成）



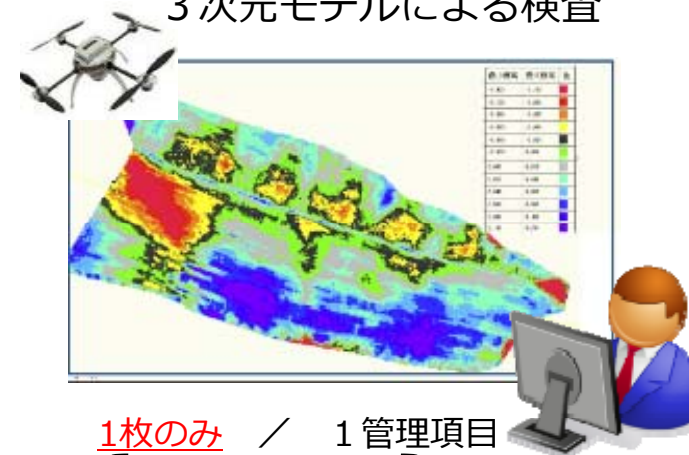
受注者
（設計と完成形の比較図表）

50枚 / 2 km



監督・検査要領（土工編）
（案）等の導入により、
検査書類が削減

3次元モデルによる検査



1枚のみ / 1 管理項目
[路床 1枚
法面 1枚など]

出来形合否判定総括表

工種	道路土工		
種別	盛土	測定箇所	天端

測点	
合否判定結果	合格

工事範囲が広いとヒートマップが小さくなり過ぎるので、
今後は分割する等の対応が必要か？要検討

測点項目		規格値	判定	出来形管理図(ヒートマップ)
標高較差	平均値	1mm	±50mm	
	最大値(差)	47 mm	±150mm	
	最小値(差)	- 84 mm	±150mm	
	データ数	23,472	1点/m ² 以上 (6,509点以上)	
	評価面積	6,508.05m ²		
	棄却点数	57	0.3%未満 (71点以下)	
ばらつき	規格値の±50%以内のデータ数		21,842	
	規格値の±80%以内のデータ数		23,057	

このばらつきデータは管理図の横に掲載してもよい

