

ICT技術を有効活用した施工管理

平成29年2月

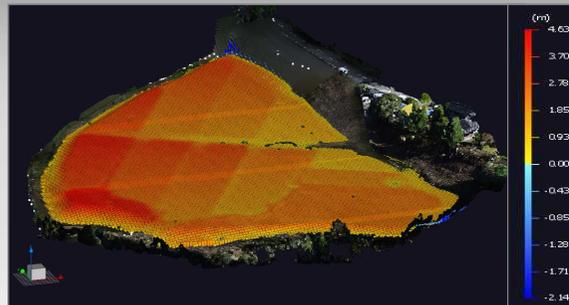
Information and Communication Technology



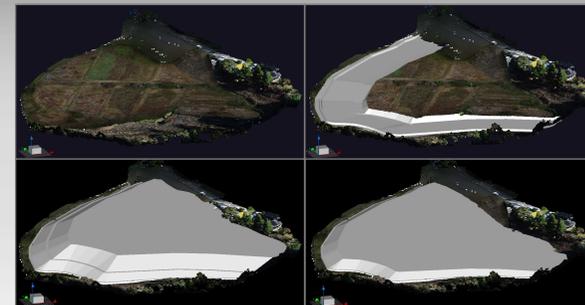
GNSSを用いたMGバックホウ



UAVを用いた空中写真測量



三次元データを活用した土量計測



3Dモデルを活用した盛土工の計画

中田道路整備その1 外工事

◎ 竹沢建設株式会社

監理技術者 野村 義徳

中田道路整備その1 外工事 工事概要

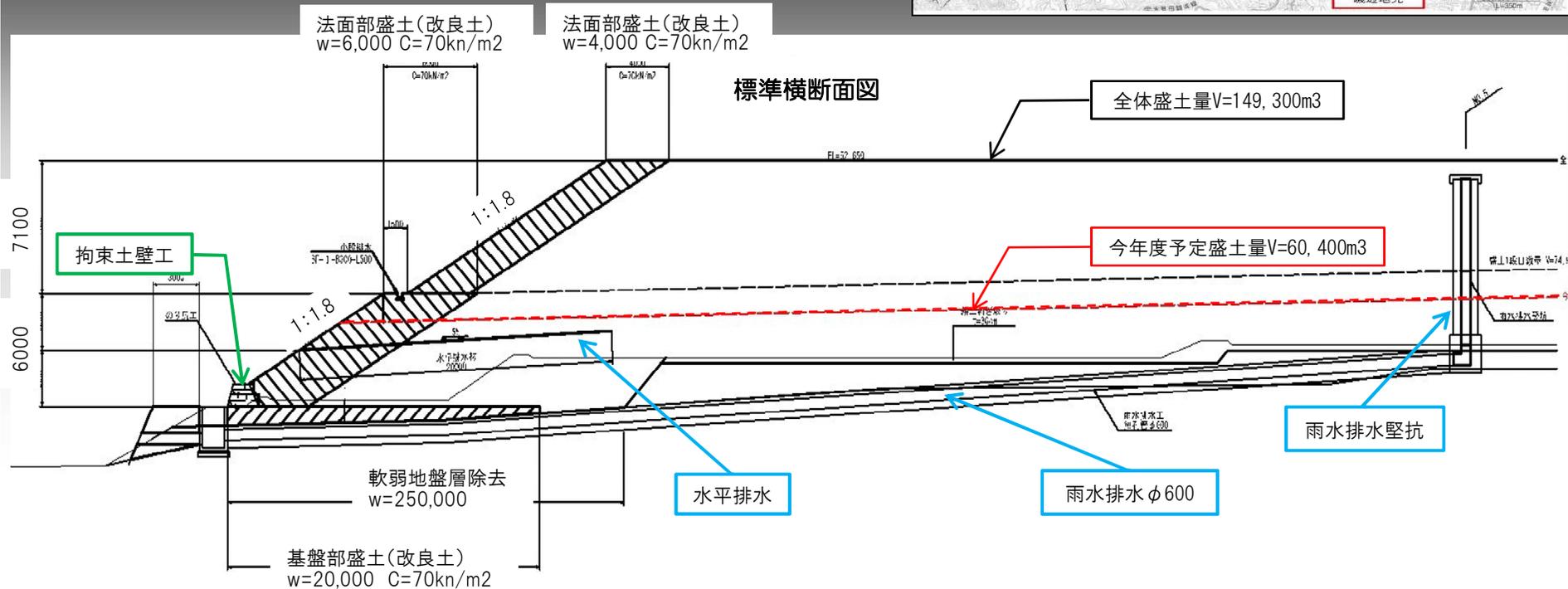
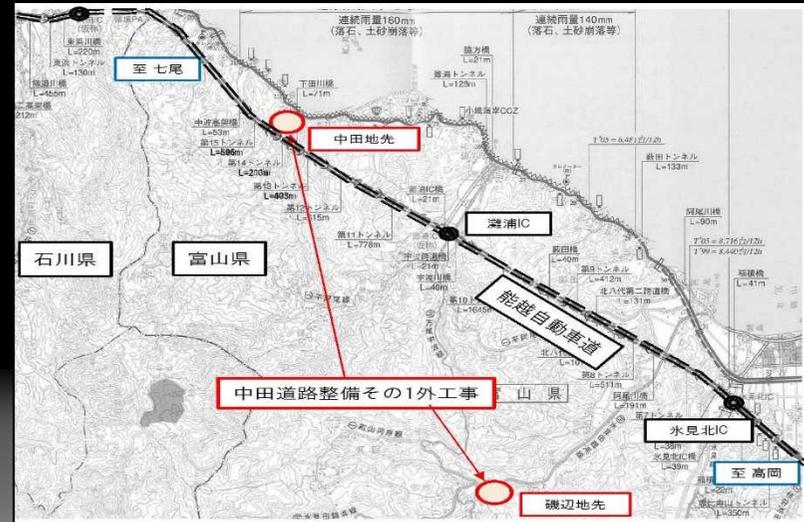
工事場所：富山県氷見市中田及び磯辺地先
 工期：平成28年7月23日～平成29年2月23日
 工事内容：道路土工

	掘削	18,400m ³
	路体盛土	53,500m ³
地盤改良工	自走式改良	14,120m ³
法面工	拘束土壁	293m
排水構造物工	地下排水	1,043m

当該事業は、仮置きしてある能越自動車道の残土を運搬搬出して、氷見市が準備した受入れ地にて土地整備を行う事業です。

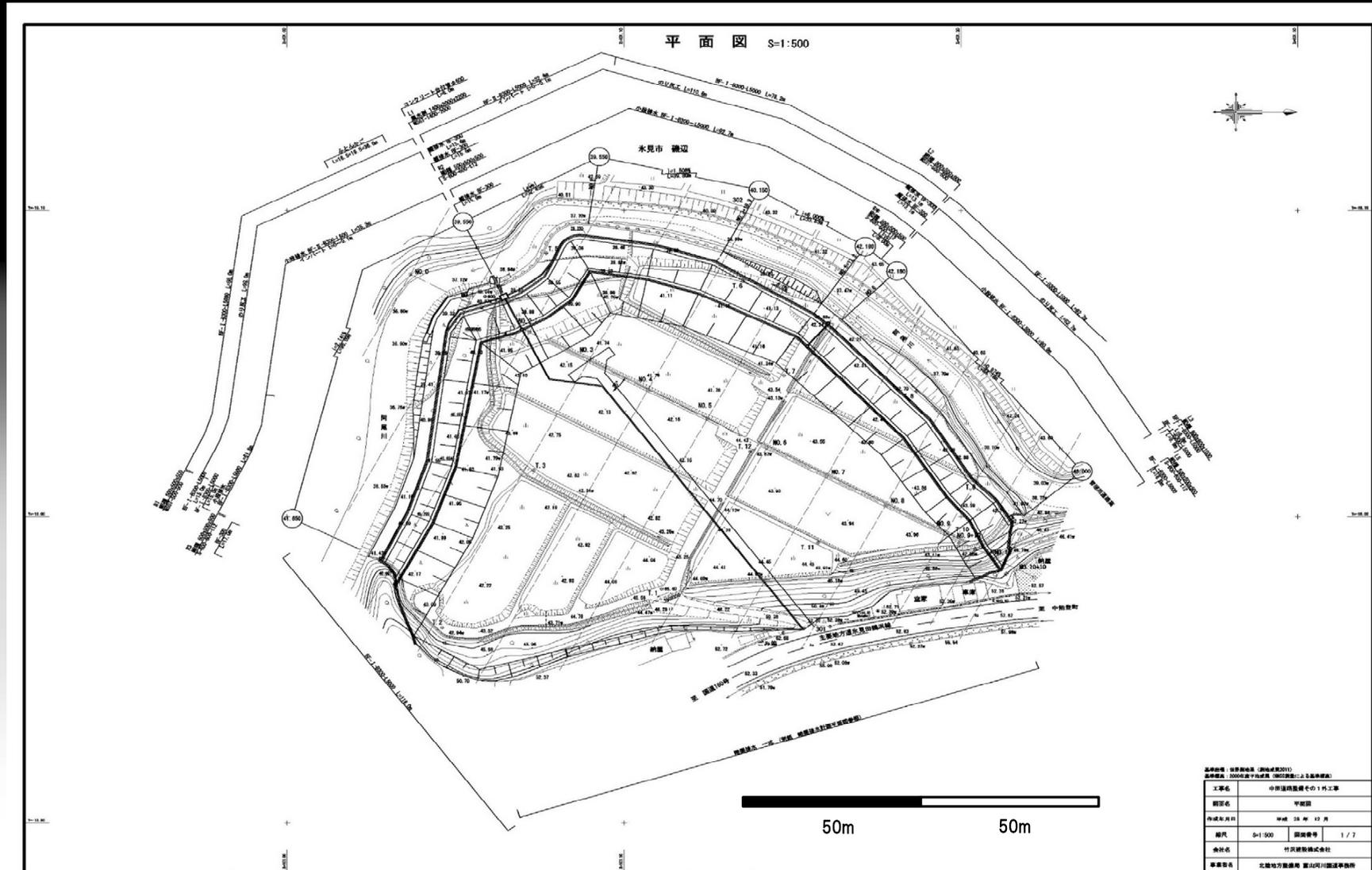
工事は当初より、UAVを用いた空中写真測量やGNS Sを用いたMGバックホウ等のICT技術を導入して、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指すi-Constructionを進めています。

現場位置図



中田道路整備その1 外工事 工事概要

平面図



実施しているi-Constructionの技術

- ①測 量：UAV（無人航空機）を用いた空中写真測量（着工前）
：写真データを点群データ・三次元データに変換
- 
- ②設計・施工計画：設計図から工事計画の三次元データを作成
：現況と工事計画の三次元データを比較して計画土量を算出
- 
- ③施 工：GNSSを用いたMGバックホウによる施工
（地下排水工・路体盛土工で実施）
- 
- ④工事完成・検査：UAVを用いた空中写真測量（完成後）
：現況と完成後の三次元データを比較して出来形土量を算出
：工事計画と完成後の三次元データを比較した出来形管理図
：TS出来形
- 
- ⑤三次元データの納品：電子成果品の作成規定に基づき電子納品を行う

①測量：UAVを用いた空中写真測量



UAVはラジコンヘリを使用



一眼レフデジタルカメラを搭載



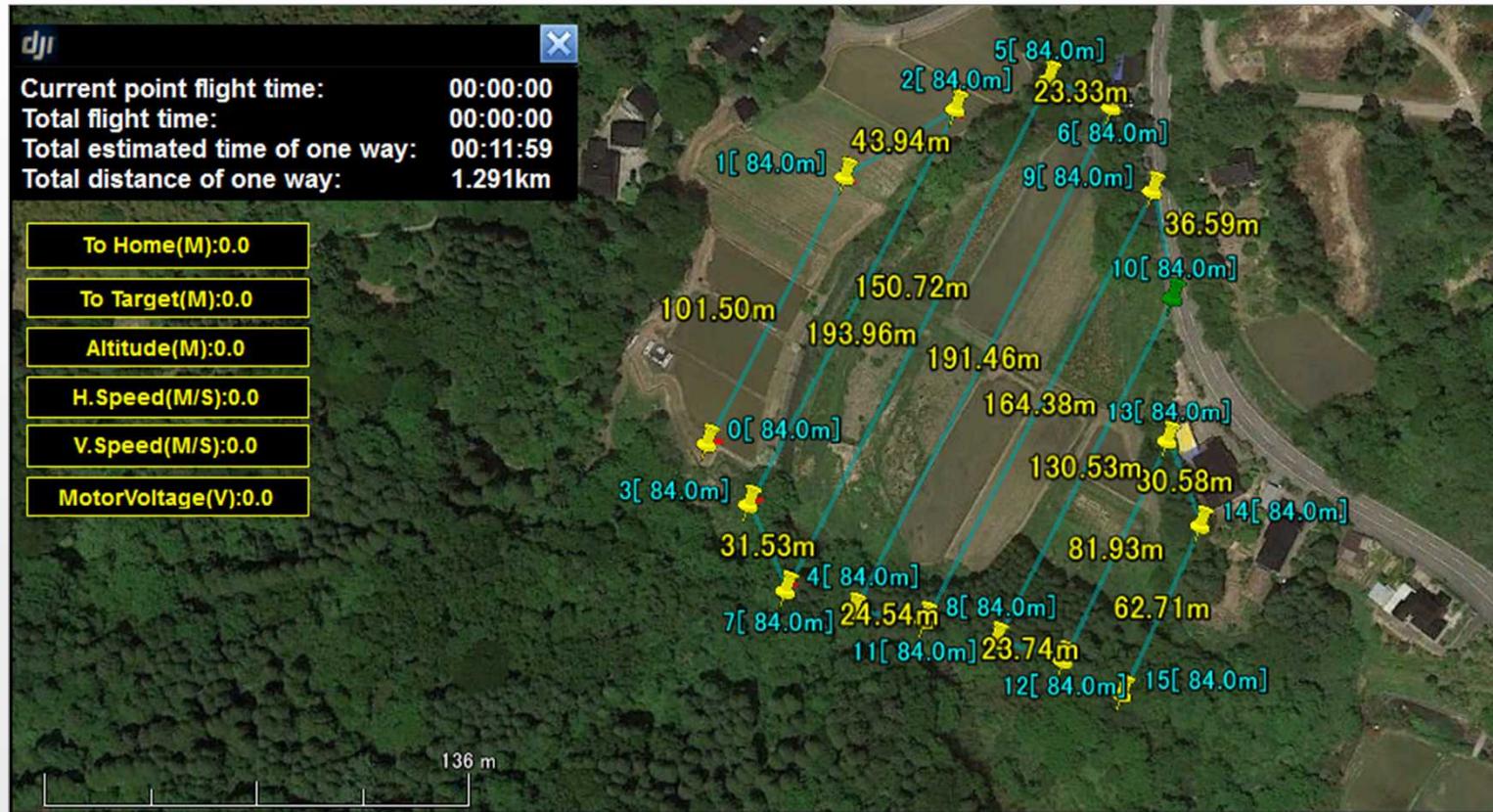
ヘリコプター用プロポ



カメラマン用プロポ

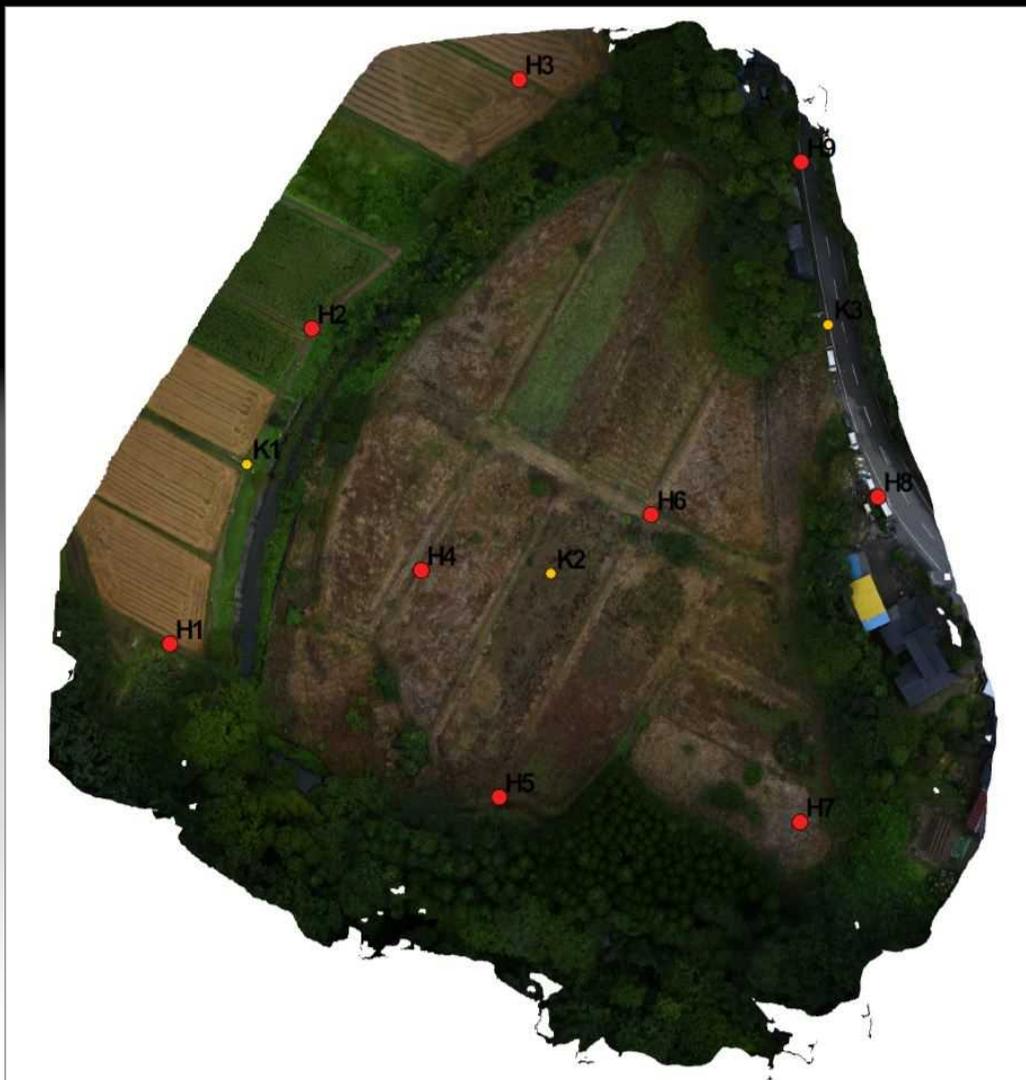
①測量：撮影計画

- 進行方向のラップ率は90%以上
- 隣接コースとのラップ率は60%以上
- 対地高度は50m程度とし、地上画素寸法は1cm/画素以下とする。



グラウンドステーションを用いた撮影計画

①測量：標定点・検証点の配置



標定点・検証点配置図



標定点(対空標識)

①測量：UAVを用いた空中写真測量の実施状況



撮影対象範囲



カメラマン用プロポとモニター画面



ラジコンヘリを用いた空中写真撮影



モニター画面に空撮画像が表示

①測量：写真データを点群データに変換



標定点の拡大画像。座標値を持つ標定点の中心にグラウンドコントロールポイント（画像処理を行う上での基準）を持たせる。

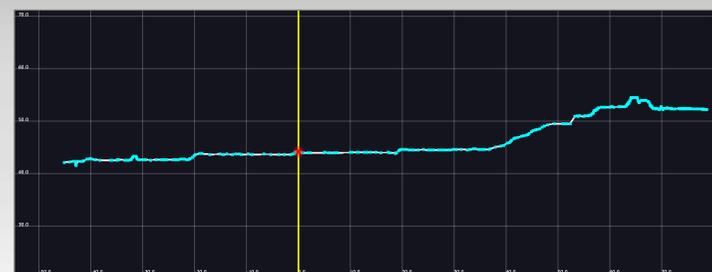
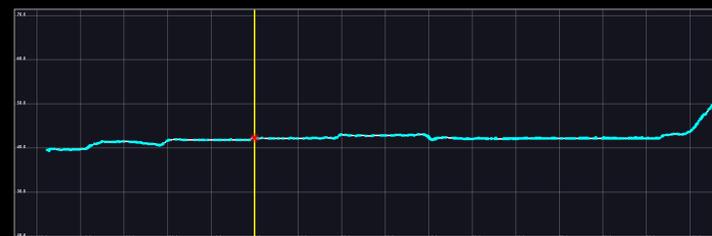


複数のグラウンドポイントを基に合成した画像データ（点群データ）

①測量：点群データからTINデータを作成

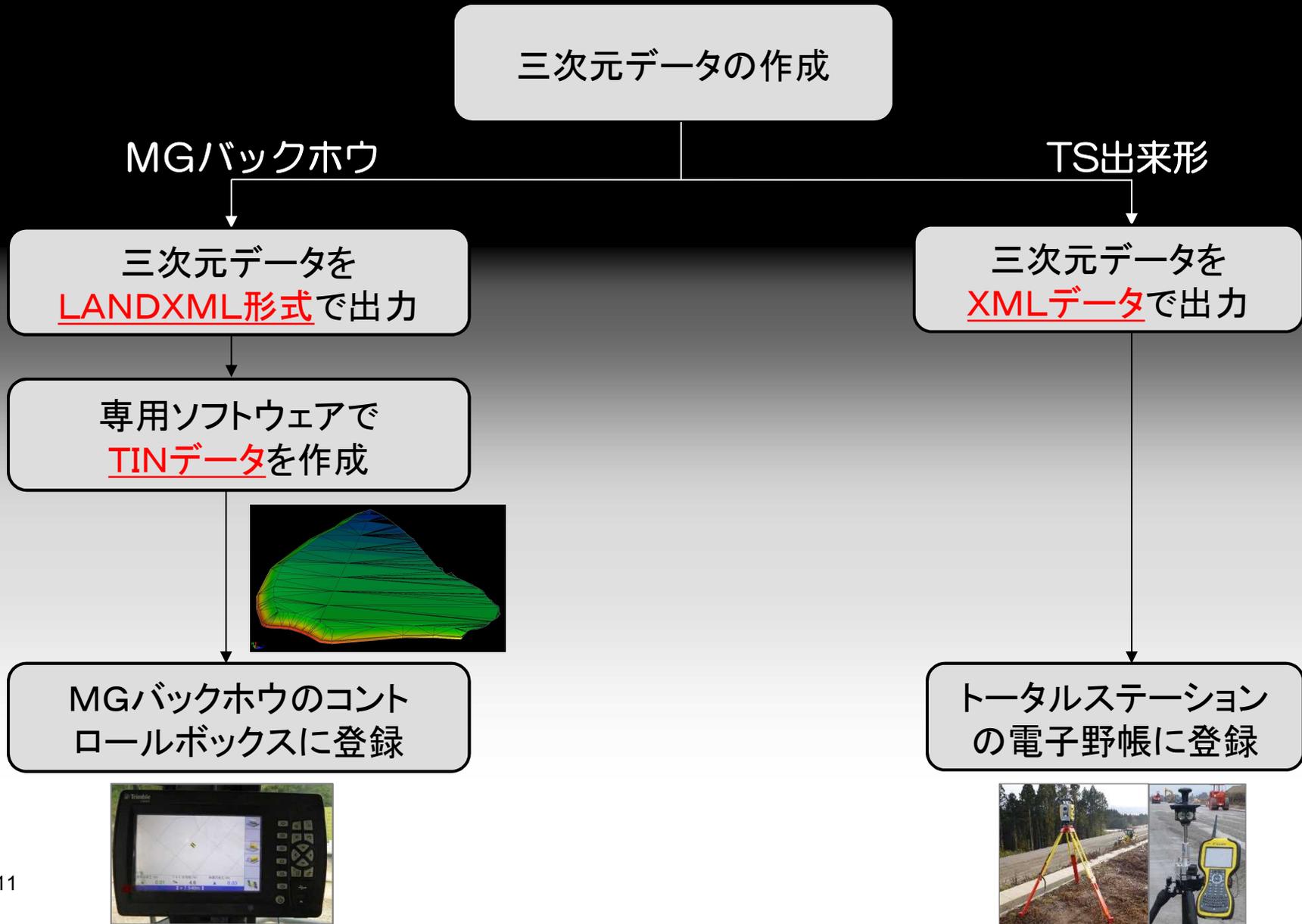


TINデータ（三角格子状の座標データ）と道路中心線形点群はXYZ座標と色情報（RGB値）をもっているため写真の様に見える。

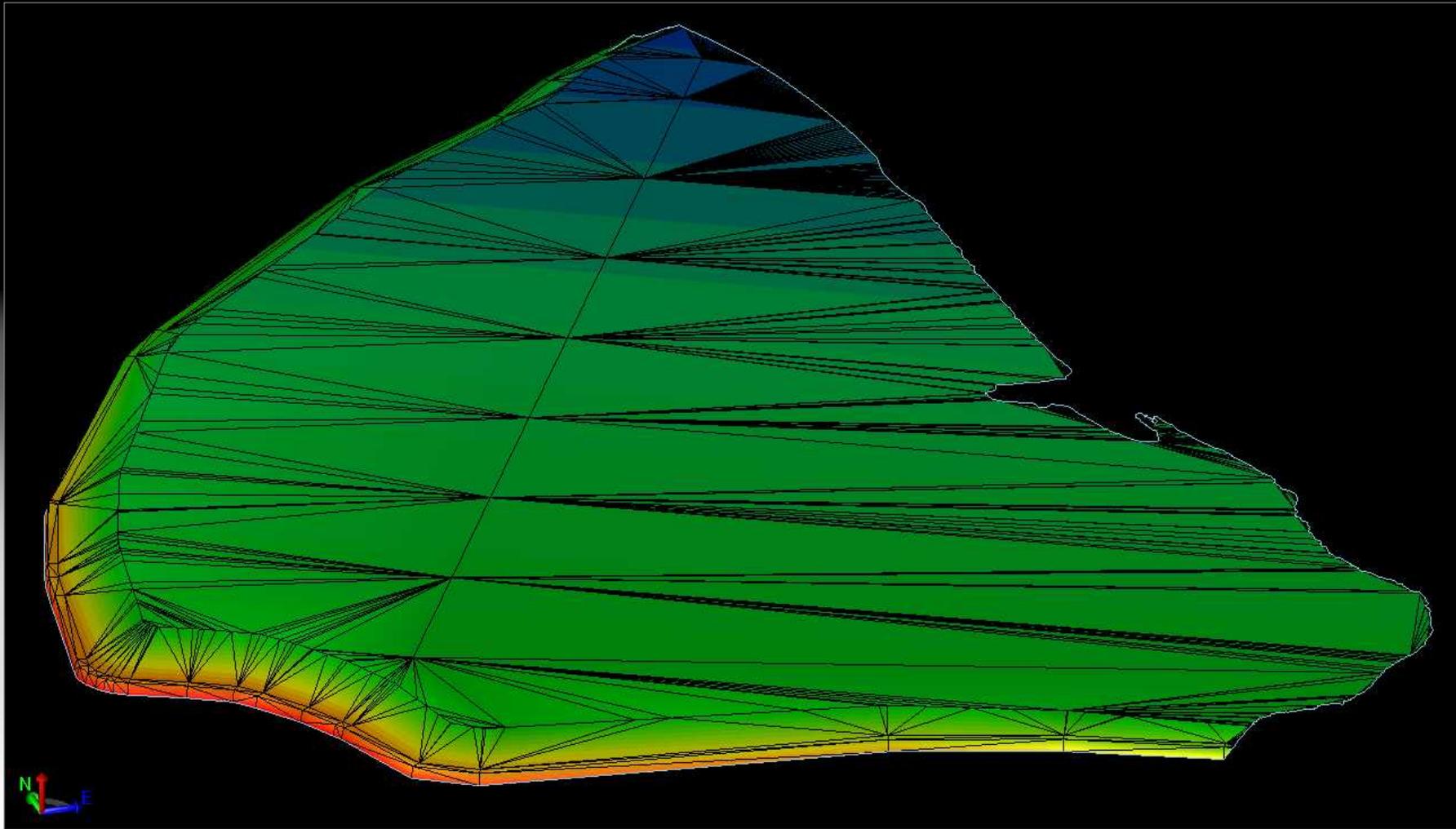


TINデータから作成した横断図。測点以外にも任意断面でも作成が可能。

②設計・施工計画：三次元データの作成

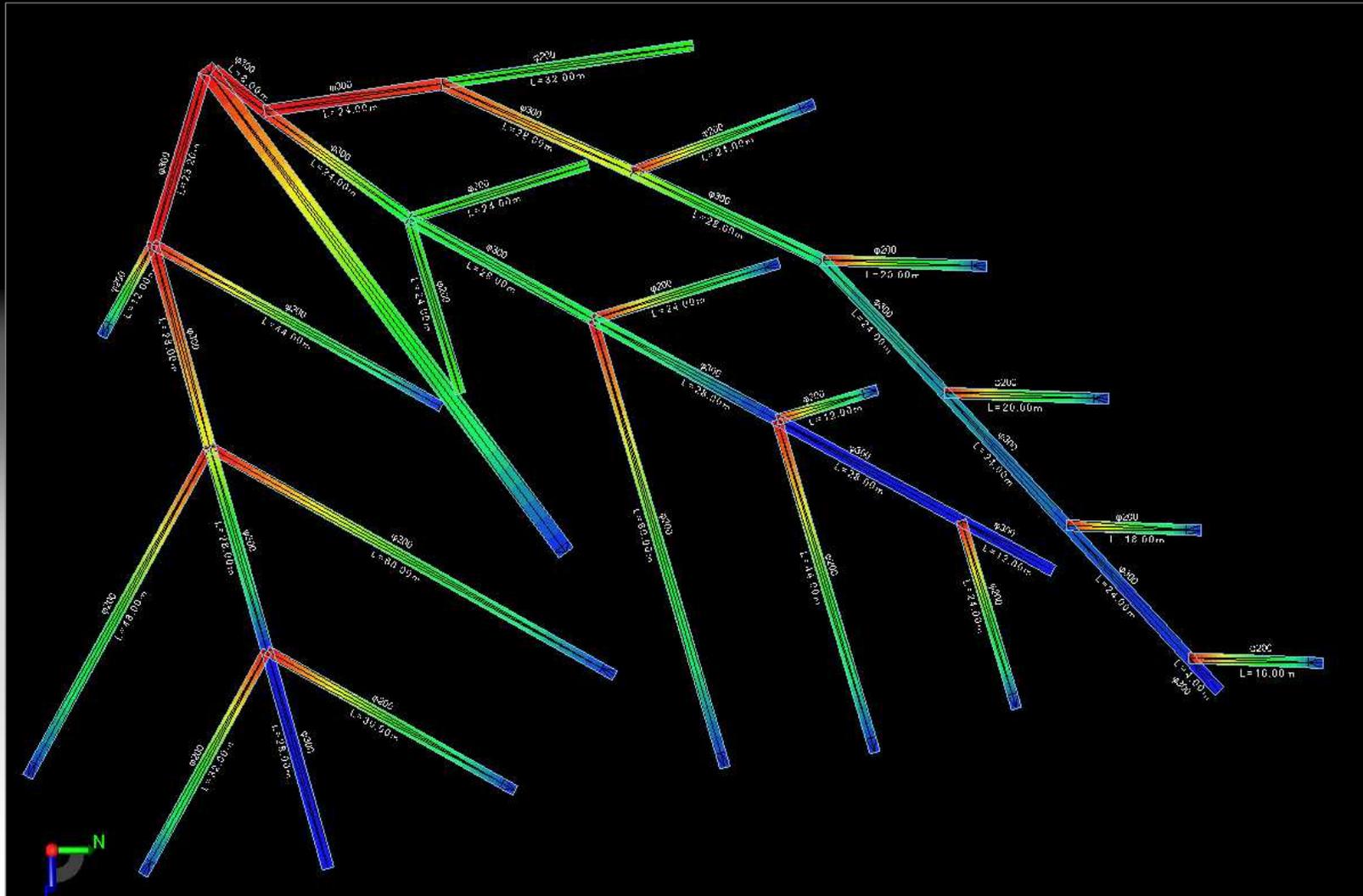


②設計・施工計画：工事計画のT I Nデータを作成



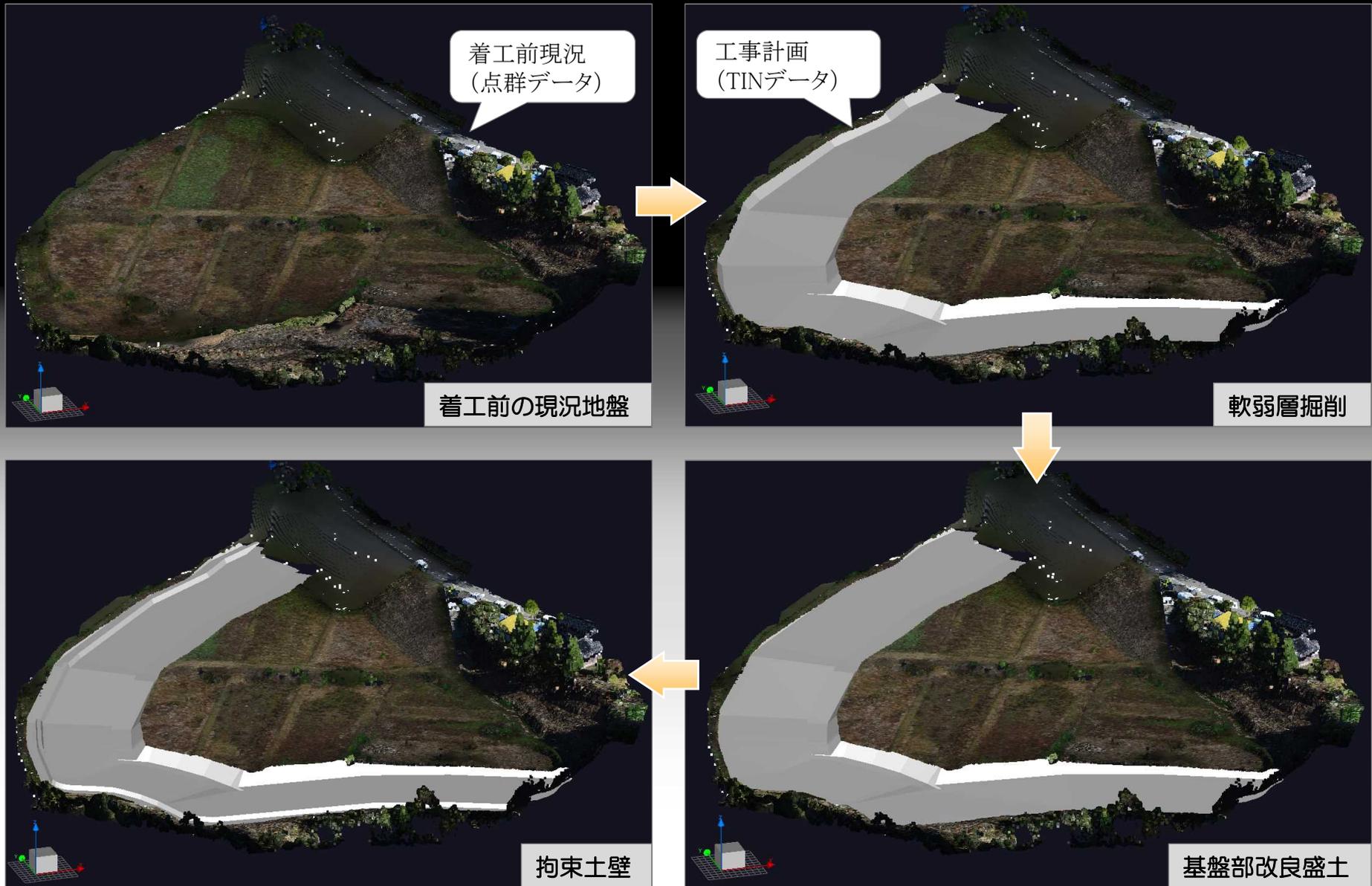
1段目盛土計画（天端高-1.5m）のT I Nデータ

②設計・施工計画：工事計画のT I Nデータを作成

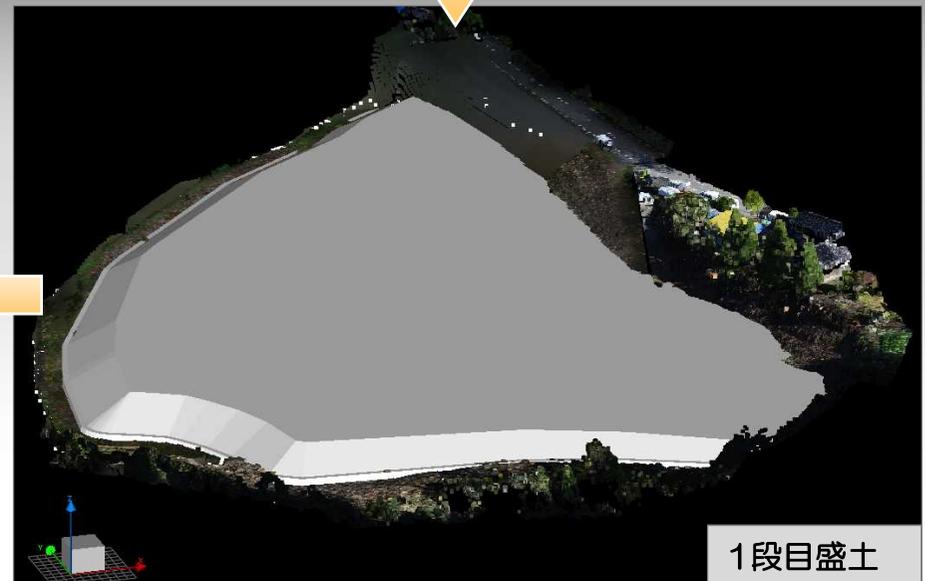
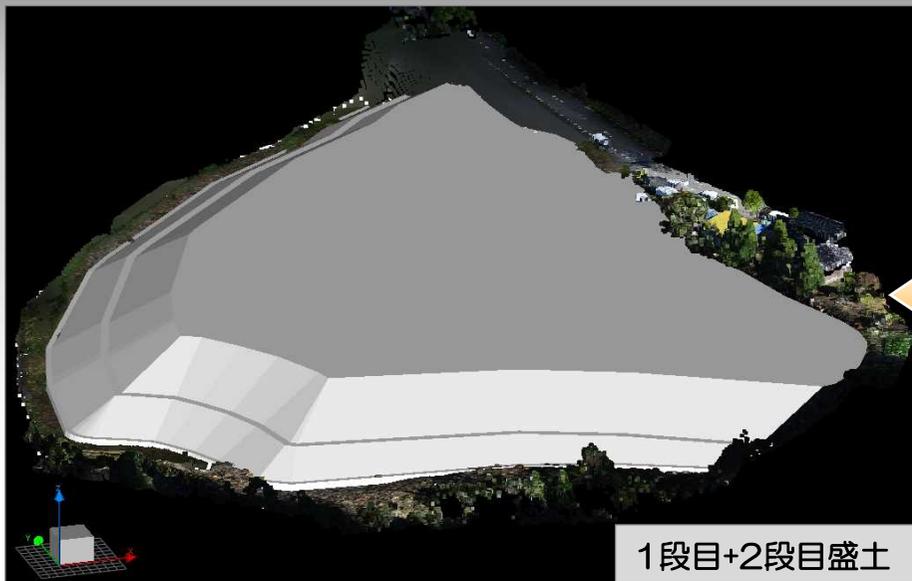
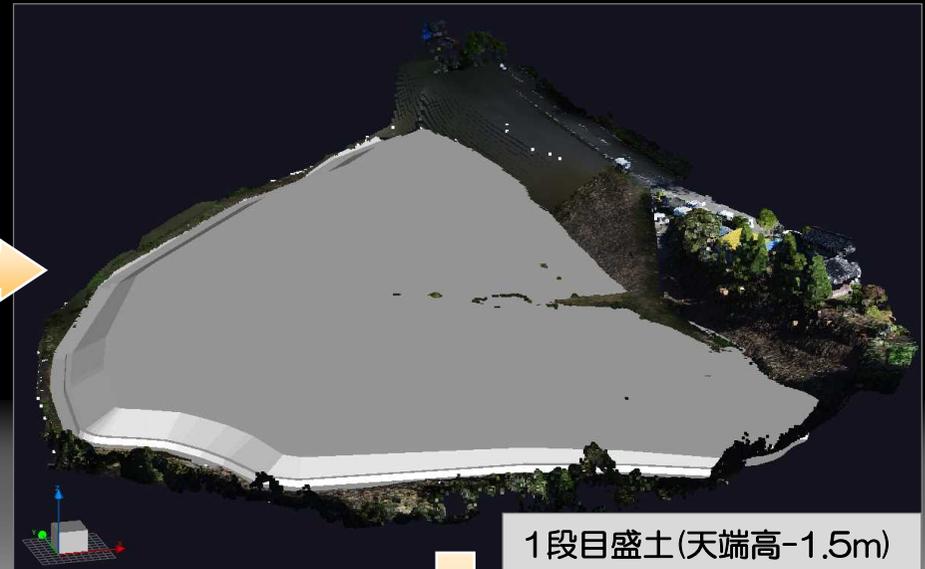
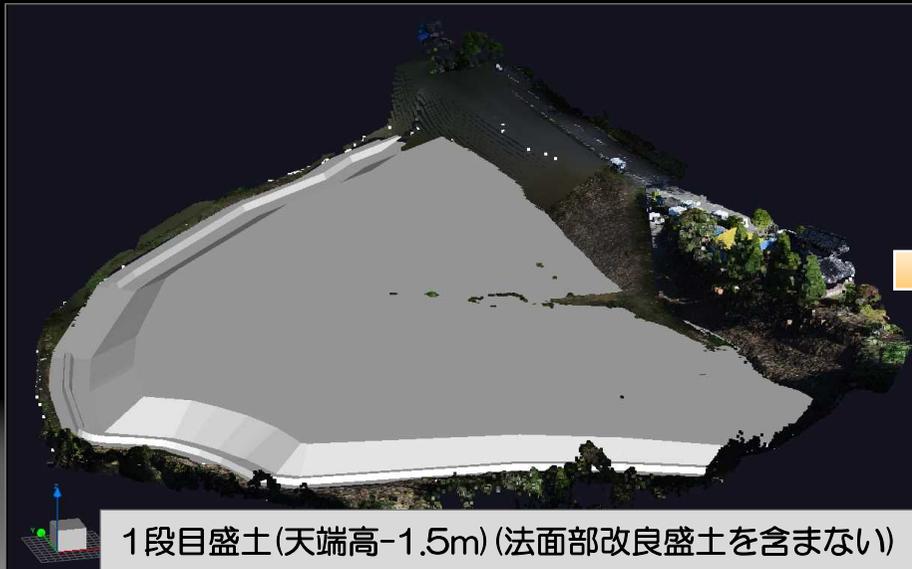


地下排水工のT I Nデータ

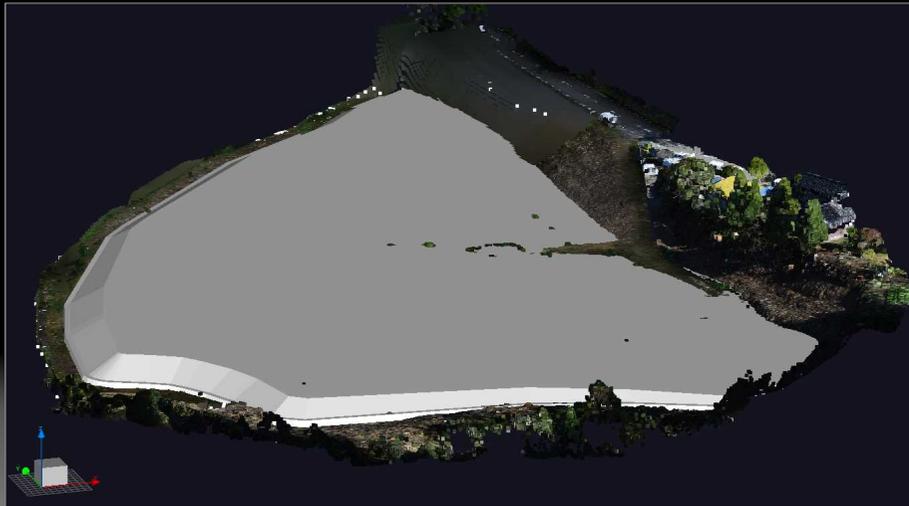
②設計・施工計画：3Dモデルによる盛土工事の工程



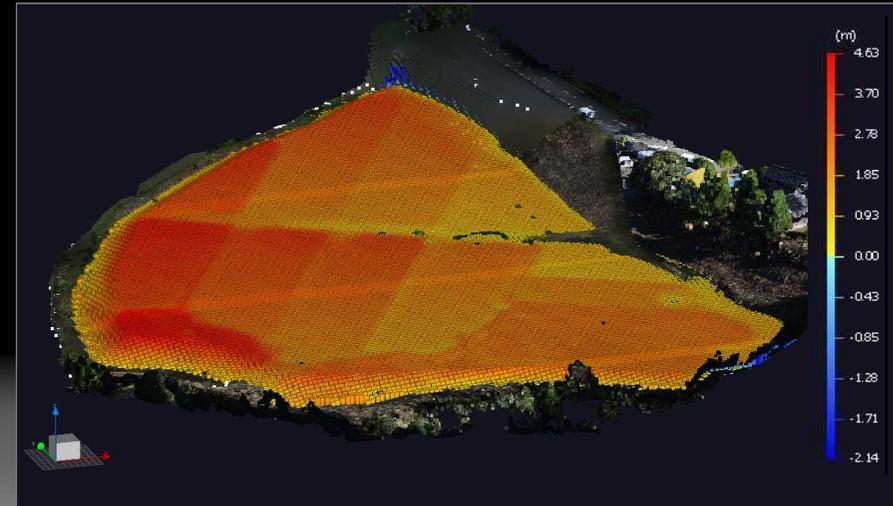
②設計・施工計画：3Dモデルによる盛土工事の工程



②設計・施工計画：3Dモデルを活用した数量計算



現況地盤(点群データ)と盛土計画(TINデータ)



盛土計画のメッシュ土量表示(V=35,673m³)

11	メッシュ番号(X)	メッシュ番号(Y)	中心座標(X)	中心座標(Y)	基準高	比較高	標高差	面積	切土	盛土	切盛差
12	228	20	-18986.221	101028.204	41.974	42.328	0.354	0.25	0	0.0885	0.0885
13	229	20	-18985.721	101028.204	42.288	42.668	0.38	0.25	0	0.095	0.095
14	230	20	-18985.221	101028.204	42.754	42.868	0.114	0.25	0	0.0285	0.0285
15	231	20	-18984.721	101028.204	43.244	42.876	-0.368	0.25	0.092	0	-0.092
16	228	21	-18986.221	101028.704	41.95	42.717	0.767	0.25	0	0.19175	0.19175
17	229	21	-18985.721	101028.704	42.176	42.854	0.678	0.25	0	0.1695	0.1695
18	230	21	-18985.221	101028.704	42.511	42.863	0.352	0.25	0	0.088	0.088
19	231	21	-18984.721	101028.704	42.932	42.901	-0.031	0.25	0.00775	0	-0.00775

⋮

11	メッシュ番号(X)	メッシュ番号(Y)	中心座標(X)	中心座標(Y)	基準高	比較高	標高差	面積	切土	盛土	切盛差	
63802	216	397	-18992.221	101216.704	44.08	44.577	0.497	0.25	0	0.12425	0.12425	
63803	217	397	-18991.721	101216.704	44.406	44.738	0.332	0.25	0	0.083	0.083	
63804	218	397	-18991.221	101216.704	45.26	44.9	-0.36	0.25	0.09	0	-0.09	
63805	213	398	-18993.721	101217.204	43.76	44.248	0.488	0.25	0	0.122	0.122	
63806	214	398	-18993.221	101217.204	43.841	44.252	0.411	0.25	0	0.10275	0.10275	
63807	215	398	-18992.721	101217.204	43.953	44.288	0.335	0.25	0	0.08375	0.08375	
63808	216	398	-18992.221	101217.204	44.226	44.373	0.147	0.25	0	0.03675	0.03675	
63809	217	398	-18991.721	101217.204	44.88	44.52	-0.36	0.25	0.09	0	-0.09	
63810	215	399	-18992.721	101217.704	44.156	44.258	0.102	0.25	0	0.0255	0.0255	
63811	216	399	-18992.221	101217.704	44.597	44.273	-0.324	0.25	0.081	0	-0.081	
63812	215	400	-18992.721	101218.204	44.46	44.259	-0.201	0.25	0.05025	0	-0.05025	
63813												
63814												
								合計	15950.25	12.819	35673.17	35660.35

②設計・施工計画：3Dモデルを活用した数量計算

工種	比較対象	土量(m3)	面積(m2)
盛土	現況地盤⇔盛土計画	35,673	
掘削(軟弱層掘削)	現況地盤⇔軟弱層掘削	15,926	
掘削(表土剥ぎ取り)		2,480	
基盤部改良盛土	軟弱層掘削⇔基盤部改良盛土	8,030	
法面部改良盛土	盛土計画(法面部改良控除)⇔盛土計画	6,628	
拘束土壁		535	
法面整形			1,597

①路体盛土 : 盛土+掘削(軟弱層掘削)+掘削(表土剥ぎ取り)-拘束土壁(控除分)

$$V=35,673+15,926+2,480-535=53,544\text{m}^3$$

②掘削・残土処理 : 掘削(軟弱層掘削)+掘削(表土剥ぎ取り)

$$V=15,926+2,480=18,406\text{m}^3$$

③土質改良 : 基盤部改良盛土+法面部改良盛土-拘束土壁(控除分)

$$V=8,030+6,628-535=14,123\text{m}^3$$

④法面整形 : A=1,597m²

③施工：GNSS基地局の設置

GNSSから位置
情報を取得

重機に補正データ
を送信



GNSS基地局では衛星から得たGNSS座標を現地のローカル座標にリアルタイムに整合。整合した補正データは、移動局に送信される。



GNSS基地局
(単管及び固定金具を用いて現場内の不動地に設置)

③施工：MGバックホウのシステム構成



角度センサー
バケット・アーム・
ブーム・重機本体の
傾きを検知する



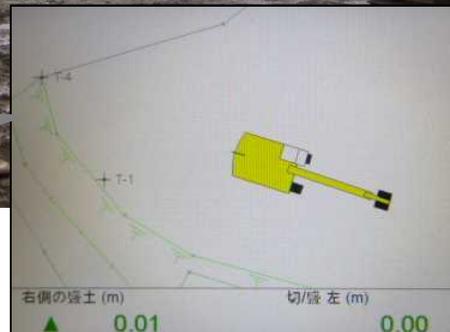
コントロールボックス
重機の現在位置や
バケットの高さ等を確認



GNSS受信機
GNSSからの位置
情報を取得



コントロールボックスの画面
ガイダンス画面に従って
整形作業を実施



無線機
基地局から補正
データを取得

③施工：MGバックホウの施工状況

MGバックホウの施工状況

現地に丁張りは一切設置されていない。完全丁張りレスの施工を実現。



コントロールボックスの画面（平面表示）

設計図に対する重機・バケットの位置・高さが表示されている。



コントロールボックスの画面（座標表示）

バケット刃先のXYZ座標をリアルタイムに取得。



③施工：GNSSを用いた測位システムの種類

RTK方式

GNSS基地局
GNSSから位置情報を
取得しリアルタイムに
補正データを生成



重機に無線を使って
補正データを送信



VRS方式



補正データの配信センター
全国1,200箇所に設置される電子基
準点のGNSSデータをもとにリア
ルタイムに補正データを生成

重機に携帯電話のネット回線を使
って補正データを送信



IBSS方式

GNSS基地局
GNSSから位置情報を
取得しリアルタイムに
補正データを生成



Wifiルーター

重機に携帯電話のネット回線を使
って補正データを送信



③施工：測位システムの比較

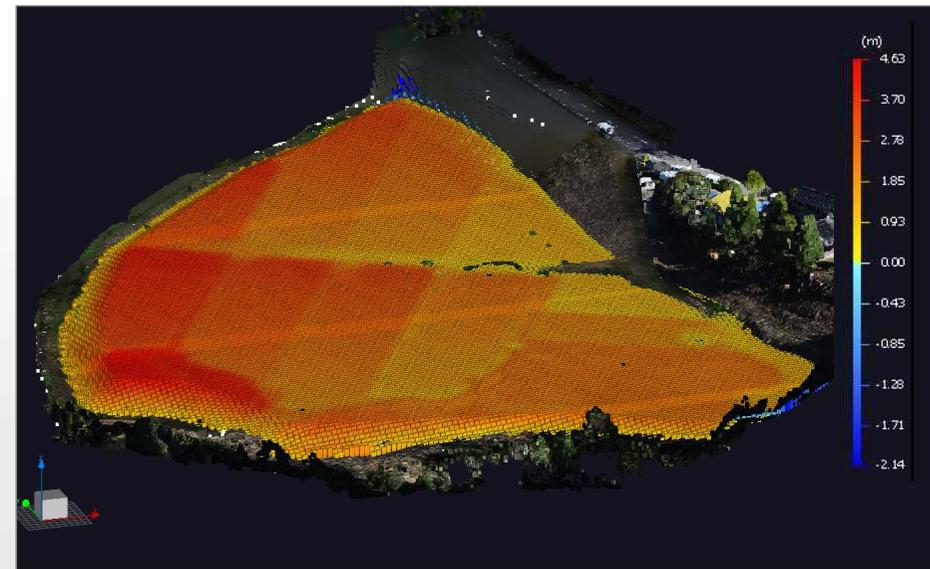
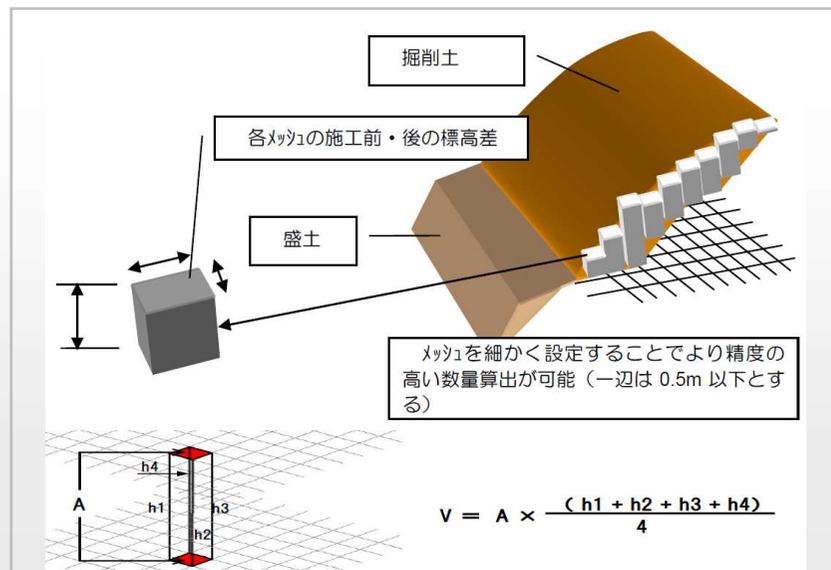
	IBSS	RTK	VRS
正式名称	Internet Base Service	Real Time Kinematic	Virtual Reference Station
基準局	自前	自前	電子基準点
運用	自前	自前	国土地理院およびVRSサービスプロバイダー
接続先	Trimble Connected Cominity	移動局	VRSサービスプロバイダー
接続方法	インターネット	無線	インターネット
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 無線到達距離を考慮しなくてよい 基準局より半径30km以内利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 測位精度がよい 現場内でネットワークが確立され、トラブル対応も迅速 	<ul style="list-style-type: none"> 無線到達距離を考慮しなくてよい 基準局不要
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 基準局必要 基準局電源運用方法要検討 	<ul style="list-style-type: none"> 基準局必要 基準局電源運用方法要検討 無線到達距離要検討 	<ul style="list-style-type: none"> 測位精度がやや劣る 国土地理院およびサービスプロバイダの運用に依存

④工事完成・検査：UAVを用いた空中写真測量

概要

- 完成後の出来形地形を再度写真測量し、写真データを点群データ・TINデータに変換する。
- 着工前と完成後のTINデータを比較して工事出来形土量を算出する。
- 工事計画と完成後の三次元データを比較した出来形管理図を作成する。

工事出来形土量の算出例



④工事完成・検査：出来形管理図の作成

出来形合否判定総括表の作成例

測定項目		規格値	判定	測点
天端 標高較差	平均値	-11mm	±50mm	
	最大値(差)	42mm	±100mm	
	最小値(差)	-62mm	±100mm	
	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)	
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/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±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

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm)		測定基準	測定箇所
			平均値	個々の計測値		
掘削工	平場	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、 注4	
	法面(小段含む)	水平または 標高較差	±70	±160		
路体盛土工 路床盛土工	天端	標高較差	±50	±150	注1、注2、注3、 注4	
	法面(小段含む)	標高較差	±80	±190		

出来形管理基準及び規格値

④工事完成・検査：TS出来形

TS出来形の概要

- 工事完成後は電子野帳に登録された三次元データに基づき全測点でTS出来形を実施する。
- 完成後、監理技術者が事前に測定を行い出来形帳票を作成する。
- 監督・検査職員立会のもとで測定結果の確認を受ける。

TS出来形の実施状況例

TSを用いて出来形測量を実施



出来形帳票の自動作成

測定項目	基準高 H1		基準高 H2		基準高 H3		基準高 H4		幅		略 図					
	設計値	実測値														
規 格	±50	mm	±50	mm	±50	mm	±50	mm	-100	mm						
社 内 規 格 値	±50	mm	±50	mm	±50	mm	±50	mm	-50	mm						
測点又は区別																
NO.2158					21.520	21.544	+18	21.476	21.496	+18		8.439	8.439	±0		
NO.2159	23.570	23.537	+7	23.400	23.438	+18	21.752	21.774	+21	21.703		21.685	-18	1.500	1.480	-7
NO.2160	21.978	21.954	-24	22.025	22.037	+7	21.978	21.971	-7					1.500	1.489	-11
					22.206	+8								22.206	+2	
NO.2161	22.303	22.311	+8	22.360	22.373	+13	22.303	22.307	+4					1.500	1.503	+3
					22.683	+1								22.683	+5	
NO.2162	22.478	22.481	+15	22.725	22.751	+16	22.478	22.483	+15					1.500	1.525	+15
測定項目	幅		幅		幅		幅		幅		法長		SL1			
規 格	-150	mm	-250	mm												
社 内 規 格 値	-80	mm	-160	mm												
測点又は区別	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	
NO.2158	1.500	1.479	-21													
NO.2159	13.741	13.716	-25	8.748	8.782	+6	2.732	2.782	+21	1.500	1.488	-2	8.018	8.021	+3	
NO.2160	23.000	22.984	-16	1.500	998	-2	1.500	1.488	-12				10.924	10.917	-23	
					22.997	-2										
NO.2161	23.000	23.002	+2				1.500	1.510	+10				10.924	10.911	-22	
					22.982	-18							1.502	+22		
NO.2162	23.000	22.991	-7				1.500	1.517	+17				10.924	10.973	+29	

⑤三次元データの納品

概要

- 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)の電子成果品作成規定に基づき電子納品を行う。

電子成果品の作成規定

本管理要領に基づいて作成する電子成果品は、以下のとおり。

- 3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))
- 出来形管理資料 (出来形管理図表 (P D F) または、ビューワー付き3次元データ)
- 空中写真測量 (U A V) による出来形評価用データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)
- 空中写真測量 (U A V) による出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))
- 空中写真測量 (U A V) による計測点群データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)
- 工事基準点および標定点データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)
- 空中写真測量 (U A V) で撮影したデジタル写真 (jpg ファイル)

電子成果品は、「工事完成図書」の電子納品等要領で定める「ICON」フォルダに格納する。

格納するファイル名は、空中写真測量 (U A V) を用いた出来形管理資料が特定できるように記入する。

ICT技術を活用した効果

工期

- UAV使用により測量作業日数が大幅に短縮。
(3次元で測量していることで、横断測量の必要がない)
- 測量・丁張作業が不要になり、元請職員の業務効率・環境が向上。

精度

- 3次元で面的にデータを取得できるため土量算出等の精度が向上。
- 地形を詳細な3次元情報で得られ、きめ細かい施工管理が可能になった。

施工

- ICT機械を使用したことで、過掘防止等ができ、安定した施工ができた。

品質

- 3次元データの活用で、断面変化区間等でも高精度に施工でき、品質向上に繋がった。

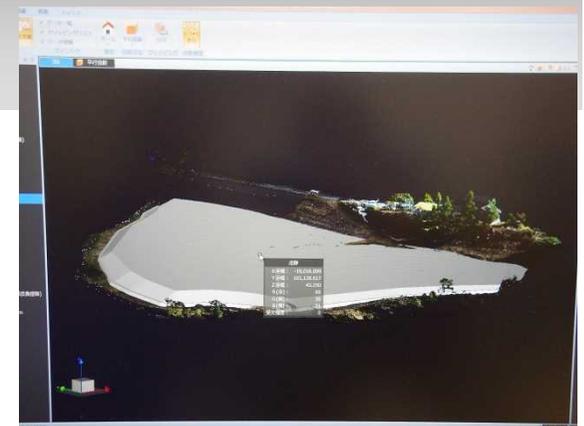
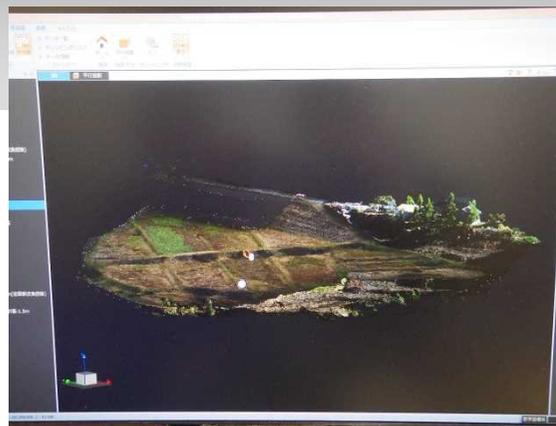
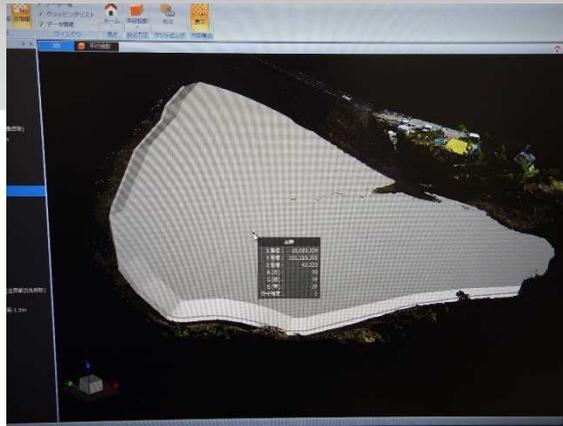
安全

- 手元作業員の配置が不要となり、重機との接触の危険性が大幅に軽減。
- 3次元データを活用して、次工程での危険性を事前に調査でき、先取りの安全管理が可能。

その他

- ICT技術の導入で、若者の人材確保に繋がる。

ICT技術を活用した施工管理状況写真



ご清聴ありがとうございました

今後も、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指すi-Constructionを進めていきます。