

平成28年度 北陸ICT戦略セミナー



H27手取川舟場島急流河川対策その1工事

工事報告

平成 29年 2月

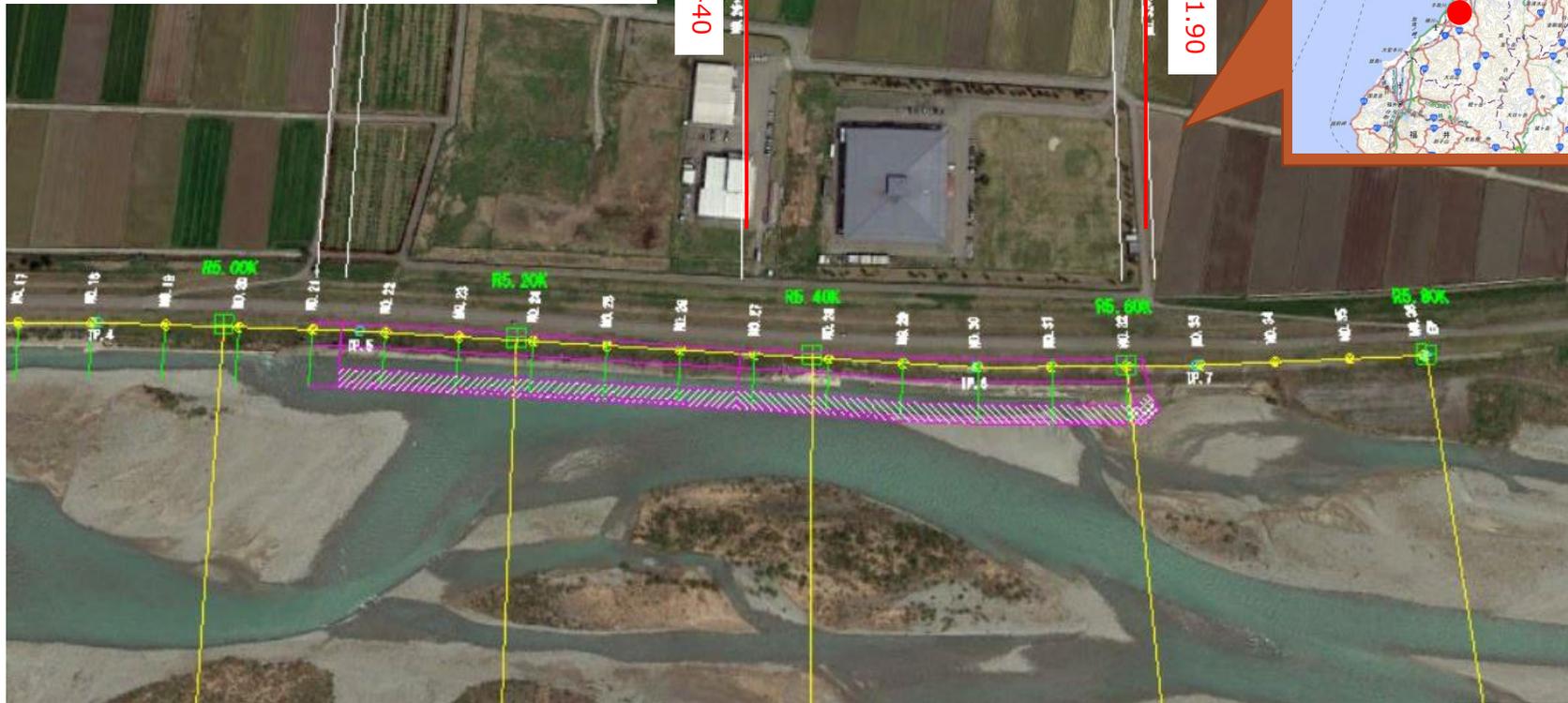
株式会社 吉光組



工事概要

工事の目的

本工事は、白山市湊地先で、流下能力向上に向けた河道掘削を実施し、その土砂を使って能美郡川北町舟場島地先で、既設堤防の川表側に盛土を行い、堤防の強化を図る急流河川対策工事である。



工事概要

発注者：国土交通省 北陸地方整備局 金沢河川国道事務所

施工者：株式会社 吉光組

現場代理人・監理技術者

東 幸正

工期：平成28年3月16日～平成29年3月28日（378日間）

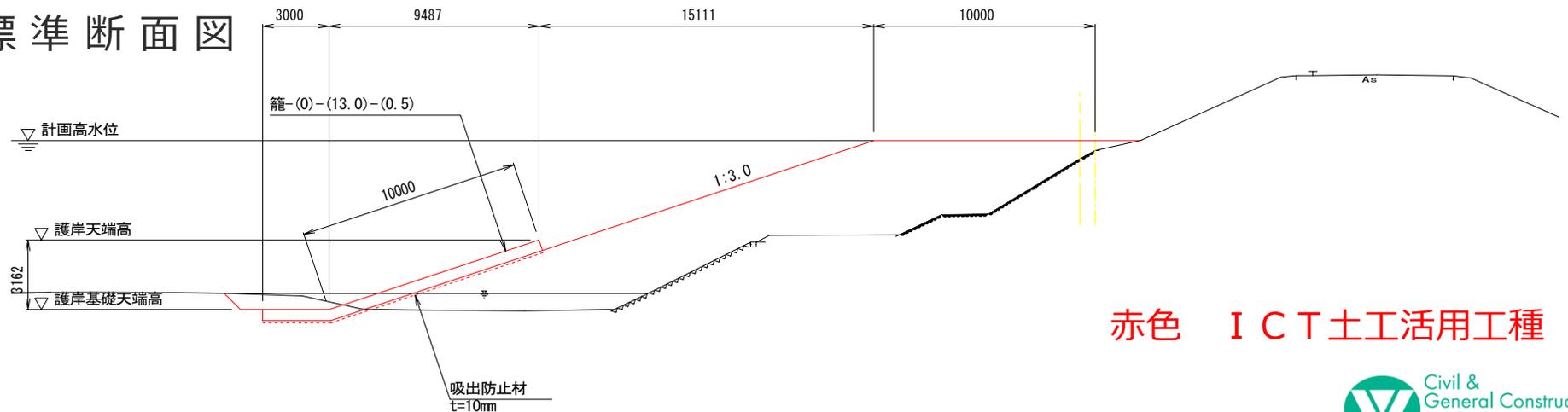
工事場所：石川県能美郡川北町舟場島地先

工事内容：盛土工 $V=26,700\text{m}^3$ 掘削工 $V=3,200\text{m}^3$

法面整形工 $A=4,630\text{m}^2$

法覆護岸工 $A=3,745\text{m}^2$

標準断面図



i-Constructionのフロー

①ドローン等による3次元測量



ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

②3次元測量データによる設計・施工計画



3次元測量データ(現況地形)と設計図面との差分から、施工量(切り土、盛り土量)を自動算出。

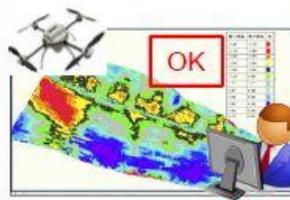
③ICT建設機械による施工



3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。

※IoT(Internet of Things)とは、様々なモノにセンサーなどが付され、ネットワークにつながる状態のこと。

④検査の省力化



ドローン等による3次元測量を活用した検査等により、出来形の書類が不要となり、検査項目が半減。

発注者



i-Constructionの取り組み体制

i-Construction の業務フロー		① 3次元起工測量	② 3次元設計 データ作成	③ ICT建設機械 による施工	④ 3次元出来形 管理等の施工管理	⑤ 3次元データの 納品
		UAVを用いた 3次元測量	3次元設計データを作 成し、現況と設計を対 比し土量集計	3次元設計データ等 により、ICT建設機械 を自動制御	3次元データによる出 来高・出来形管理	3次元測量を活用した 検査・納品
i-Construction 関連会社	空中写真測量 (計測点群データの 取得)	(株)国土開発センター				
	3次元の点群処理 (間引き・グリッド データ化)	(株)吉光組				
	3次元設計データ作成		(株)吉光組			
	ICT建設機械調達			(株)コマツ石川		
	ICT建設機械による 施工			(株)中谷コンサル		
	3次元設計データに よる面施工のチェック			(株)吉光組		
	空中写真測量 (計測点群データの取 得)				(株)国土開発センター	
	出来形管理用点群処理				(株)吉光組	
	電子納品データ作成					(株)吉光組

① UAVを用いた空中写真測量による3次元起工測量

ICT活用計画書

(工事名:H27手取川舟場島急流河川対策その1工事)

会社名:株式会社 吉光組

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。

建設精算プロセスの段階	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	2	1 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術
	■ 盛土工	1	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		3 3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)技術
	□ 路床盛土工		4 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術
	■ 法面面整形工	2	
■ ④3次元出来形管理等の施工管理 ※同上	■ 出来形	1 3	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		TS・GNSSI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。

注 2) 建設生産プロセス①～⑤の全ての段階で全面的に活用する場合(左端のチェック欄が全て■)のみ、加点点評価の対象とする。

3次元起工測量の技術採用まで

現場が**広範囲**なことや**比高差**があること、レーザースキャナーでは何度も機器を据えなくてはならない思い、**UAVが有利**という判断をした。

1. UAV撮影における関連基準(平成28年3月)

- 1) UAVを用いた公共測量マニュアル(案)
- 2) 公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)
- 3) 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)
- 4) 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)

2. 計測に影響する要求事項

- 1) 要求精度：**±5 cm**以内
- 2) 計測性能：**1 cm/画素**以内
- 3) 空中写真撮影の重複度：同一コースの隣接写真間 **90%以上**、
隣接コースの空中写真間 **60%以上**
- 4) 対空標識：計測範囲の外周に設置、辺長100m間隔に1点(最低4点)
内部に設置、辺長200m間隔に1点
- 5) 検証点：天端上、辺長200m間隔以内
- 6) 対地高度：50mを標準

① 使用機器 UAV・カメラ・レンズ

UAV機体
(DJI製 SPREADINGWINGS S900)



カメラ (SONY製 NEX-7)
レンズ (SONY製 35F18)



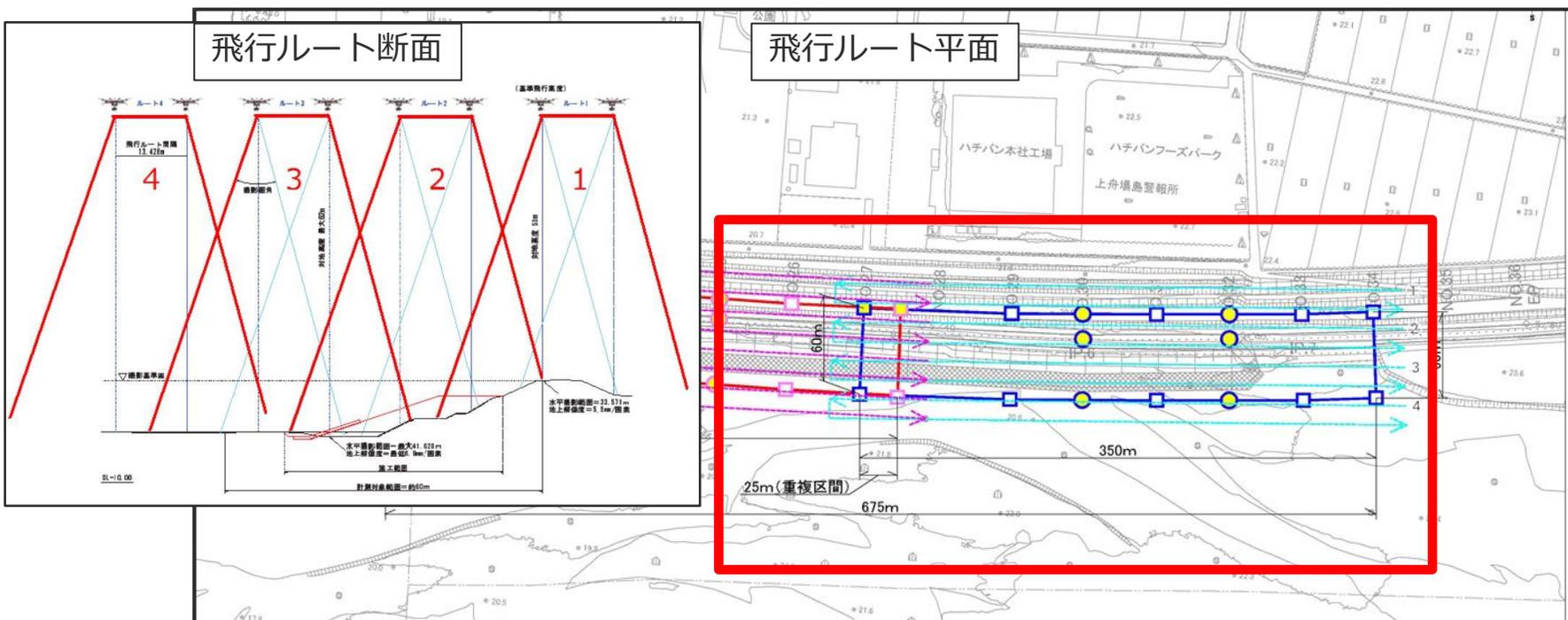
UAV機体 (SPREADING WINGS S900) 仕様 (カタログより)

機体直径	900mm (モータ軸間)
機体高	360mm
機体重量	3,300g (機体のみ)、7,000g (バッテリー・カメラ等 装備品を含む総重量)
離陸重量	4,700g~8,200g
耐風速	8m/s 以下
滞空(ホバリング) 時間	10分~18分
最高速度	水平 : 16m/s(57.6km/h)、上昇 : 6m/s(21.6km/h) ※機体のみ状態
最大到達高度	1,000m (コントロール可能距離)
動力用バッテリー	6S Lipo 12,000mAh~15,000mAh 15C以上

- ・ CMOSセンサー (23.5×15.6mm)
- ・ カメラ有効画素数 : **2430万画素**
- ・ 総画素数 : 約2470万画素
- ・ 画総ファイル形式 : JPEG、RAW
- ・ 記録画素数 : **6000×4000 (24M)**
- ・ 画質モード : RAW、RAW+JPEG、
JPEGファイン、JPEGスタンダード
- ・ 焦点距離 : **35mm**
(35mmフィルム換算52.5mm)
- ・ 画角 : 44°
- ・ 最短撮影距離 : 0.3m
- ・ 開放絞り : F1.8

各基準を網羅した機器を使用し、カメラおよびレンズの計測性能から地上画素寸法の算出や飛行ルートを決定した。

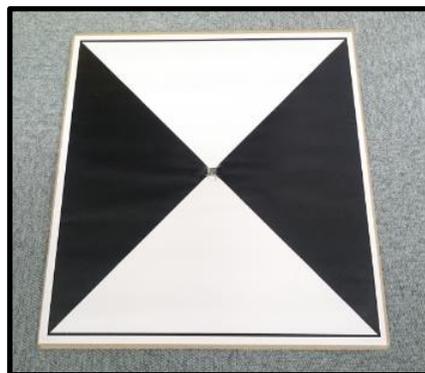
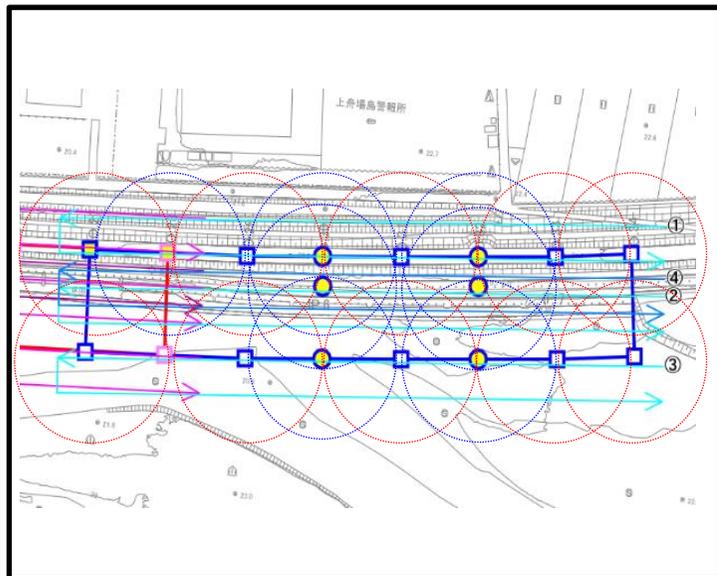
① 飛行ルート計画



撮影は垂直撮影を基本とする。対象土工は比高が1 2 m程度であることから、堤防上を基準面とし、**対地高度 5 0 m**で飛行する。さらに、離着陸時以外は、基本的にプログラム制御による**自律飛行**とする。また、撮影ルートについては4ルートに分割して撮影を行う。

① 標定点・検証点の設置

標定点・検証点の設置図



X型対空標識

標定点・検証点は、発注者より指示された基準点あるいは工事基準点を利用して、4級基準点測量の規定を準用しTSによる放射法2対回観測で求める。

	要領の記載内容	本業務
外部標定点	辺長100m間隔程度以内（内部含め最低4点）	10点
内部標定点	辺長200m間隔程度以内	0点
検証点	天端上辺長200m間隔程度以内（最低2点）	7点

① 撮影計画における安全確認・法令順守

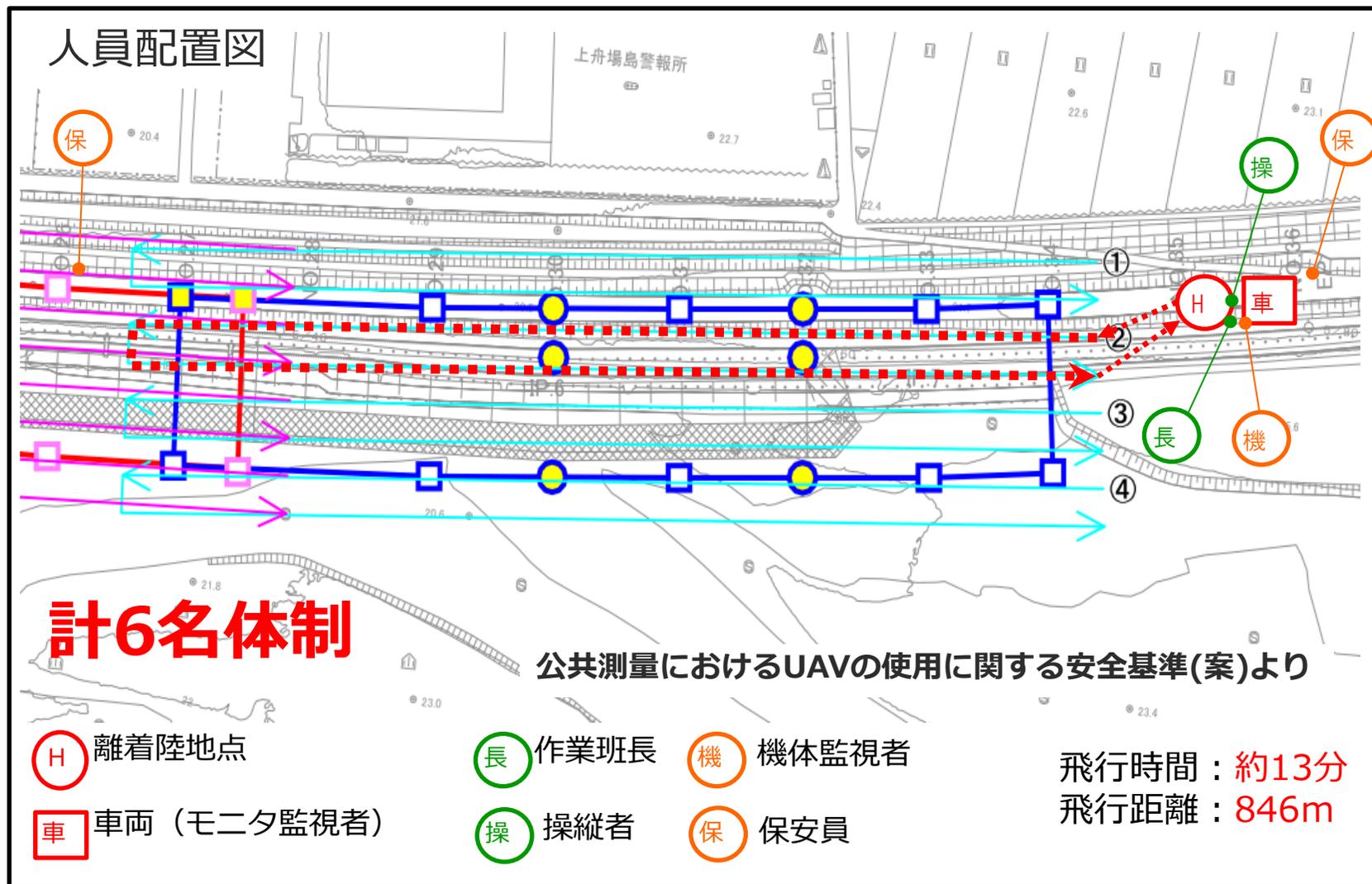
無人航空機の飛行の**許可が必要となる空域**
 (以下の3項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

1	空港などの周辺（進入表面等）の上空領域	該当なし
2	150m以上の高さの空域	該当なし
3	人口集中地区(DID地区)の上空	該当なし

無人航空機の**飛行の方法**
 (以下の6項目のいずれかに該当する場合は申請が必要)

1	夜間飛行	該当なし
2	目視外飛行	該当なし
3	人又は物件から30m未満の飛行(土地自然物および飛行に 関与している者や、その所有物件も除く)	該当なし
4	イベント上空飛行	該当なし
5	危険物輸送	該当なし
6	物件投下	該当なし

① 撮影時の人員配置



2016.10.4 UAV摄影

① カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

撮影後、検証結果を発注者に提出

精度確認試験結果（詳細）

（様式-2）

工事名：
受注者名：
作成者：

カメラキャリブレーションおよび精度

・カメラキャリブレーションの実施記録

カメラキャリブレーション実施年月	平成28年
作業機関名	株式会社
実施担当者	野崎 真弘
使用するデジタルカメラ	メーカ 測定装置名 測定装置の
使用するレンズ	メーカ 測定装置名 測定装置の

・精度確認試験結果（概要）

精度確認試験実施年月	平成28年
作業機関名	株式会社
実施担当者	小山 智弘
測定条件	天候 晴れ 気温 28℃
測定場所	石川県能美
検証機器（検証点を計測する測定機器）	TS：3級 ライカ
精度確認方法	検証点の名

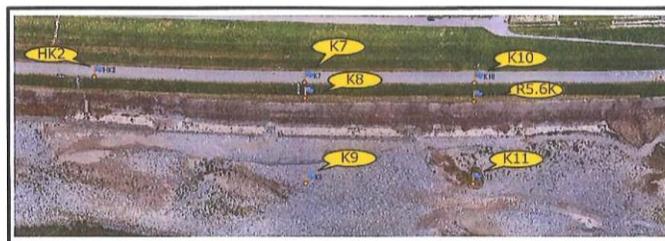
①真値とする検証点の確認

計測方法：既知点orTSによる座標値計測

真値とする検証点の位置座標			
点の名称	X	Y	Z
1点目（HK2）	51675.540	-57382.907	30.011
2点目（K7）	51671.919	-57258.825	30.674
3点目（K8）	51662.853	-57258.844	27.758
4点目（K9）	51611.196	-57258.791	21.761
5点目（K10）	51671.662	-57158.836	31.357
6点目（R5.6K）	51660.735	-57158.725	28.329
7点目（K11）	51611.055	-57158.206	21.934



②空中写真測量（UAV）による計測結果



空中写真測量（UAV）で測定した検証点の位置座標			
点の名称	X'	Y'	Z'
1点目（HK2）	51675.536	-57382.902	30.011
2点目（K7）	51671.922	-57258.817	30.678
3点目（K8）	51662.854	-57258.837	27.742
4点目（K9）	51611.201	-57258.788	21.743
5点目（K10）	51671.667	-57158.830	31.345
6点目（R5.6K）	51660.738	-57158.720	28.327
7点目（K11）	51611.054	-57158.212	21.938

③差の確認（測定精度）

空中写真測量による計測結果（X'、Y'、Z'）－真値とする検証点の座標値（X、Y、Z）

X成分（最大）＝0.005m（0.5cm）以内；合格（基準値5cm以内）
Y成分（最大）＝0.008m（0.8cm）以内；合格（基準値5cm以内）
Z成分（最大）＝0.018m（1.8cm）以内；合格（基準値5cm以内）

点の名称	検証点の座標間較差		
	Δ X	Δ Y	Δ Z
1点目（HK2）	0.004	-0.005	0.000
2点目（K7）	-0.003	-0.008	-0.004
3点目（K8）	-0.001	-0.007	-0.016
4点目（K9）	-0.005	-0.003	0.018
5点目（K10）	-0.005	-0.006	0.012
6点目（R5.6K）	-0.003	-0.005	0.002
7点目（K11）	0.001	0.006	-0.004

地上座標値とUAV座標値はX、Y、Z全て基準値5cm以内であり、起工測量のデータとして採用した。

② 3次元設計データ作成

ICT活用計画書

(工事名: H27手取川舟場島急流河川対策その1工事)

会社名: 株式会社 吉光組

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。

建設精算プロセスの段階	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	2	1 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術
	■ 盛土工	1	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		3 3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)技術
	□ 路床盛土工		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	1 3	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		TS・GNSSI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。

注 2) 建設生産プロセス①～⑤の全ての段階で全面的に活用する場合(左端のチェック欄が全て■)のみ、加点点評価の対象とする。

3次元設計データ作成

自社作成 平成23年より現在まで、**手取川工事(2件)**
梯川工事(8件) **小松バイパス工事(1件)** と作成可能な技術者が複数在籍している。

1. 3次元設計データ作成における関連基準(平成28年3月)

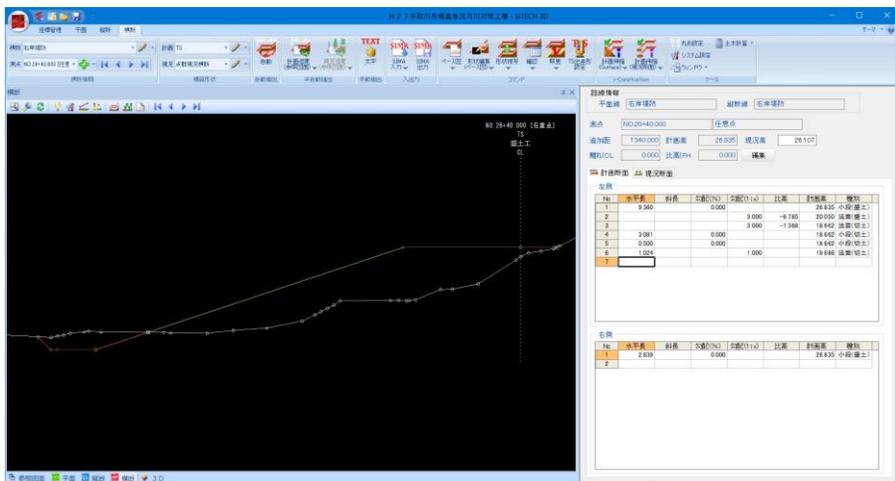
- 1) 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)
- 2) 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)
- 3) 土木工事施工管理基準(案)

2. 3次元設計データ作成時の留意事項

- 1) 準備資料：**平面図、縦断面図、横断面図等と線形計算書**
不足等がある場合は、監督職員に報告し資料提供を依頼する。
- 2) 3次元設計データの作成範囲：設計照査段階で取得した現況地形が発注図に含まれる現況地形と異なる場合、及び法面保護等を実施する場合については、監督職員との協議を行い、その結果を3次元設計データの作成に反映させる。
- 3) 3次元設計データの要素データ作成：出来形横断形状の作成は、空中写真測量(UAV)を実施する範囲で全ての**管理断面**及び**断面変化点**について作成する。
- 4) 3次元設計データ(TIN)の作成：要素データを基に面的な3次元設計データ(TIN)を作成する。**曲線部では管理断面の間を細かい断面に分割して3次元設計データ化する必要がある。**

② 平面線形・縦断線形・横断線形を作成

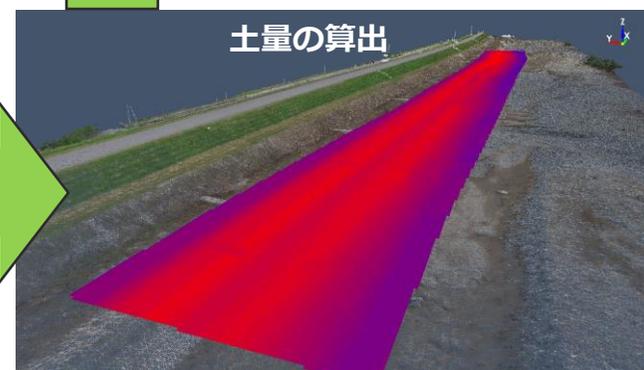
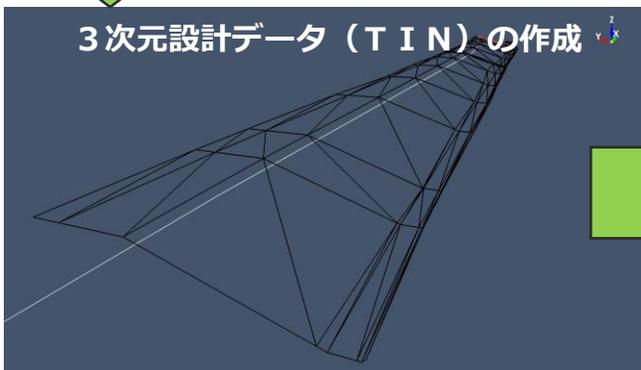
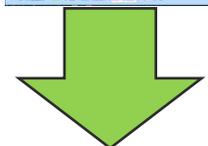
3次元設計データ作成ソフトウェア
建設システム製 SITECH 3D



3次元点群データ（現況地形）と3次元設計データからの土量集計

土量情報	
名称	計算結果1
総面積(m2)	12161.0000
グリッド間隔(m)	0.50
グリッド 最小座標X(m)	-57424.1705
グリッド 最小座標Y(m)	51612.0922
グリッド 最大座標X(m)	-57126.0120
グリッド 最大座標Y(m)	51675.9182
対象点群	点群密度変更(0.50 m)
比較対象	右岸堤防
比較対象(構築形状)	TS
切土量(m3)	3159.6034
盛土量(m3)	26449.1568
許容範囲(cm)	±0

※従来の平均断面法の土量と点群データから得た平均断面法の土量とソフト上での点高法の土量は、ほぼ一致していた。



② 点群データの活用

点群処理ソフトウェア 建設システム製 SITE-SCOPE

計測点群データ

3次元点群データ

設定	Y	X	Z	R	G	B
1	-57419.566309	51572.475668	22.220717	64	58	35
2	-57419.788561	51572.371549	22.117445	57	68	40
3	-57419.678648	51572.396588	22.110080	73	61	46
4	-57419.982693	51572.312950	22.118584	55	53	26
5	-57419.776632	51572.406066	22.118357	48	36	30
6	-57419.649515	51572.410514	22.116534	70	61	42
7	-57419.762094	51572.405711	22.124584	56	43	32
8	-57419.557321	51572.486714	22.233853	62	57	39
9	-57419.685892	51572.470498	22.151313	73	63	49
10	-57419.662566	51572.481598	22.157768	67	54	37
11	-57419.767859	51572.388042	22.137037	51	43	21
12	-57419.689805	51572.404753	22.129899	56	45	29
13	-57419.539701	51572.494783	22.246762	72	61	43
14	-57419.753322	51572.387687	22.143263	58	50	28
15	-57419.834899	51572.378214	22.105448	50	43	24
16	-57420.006019	51572.301850	22.112130	65	71	41



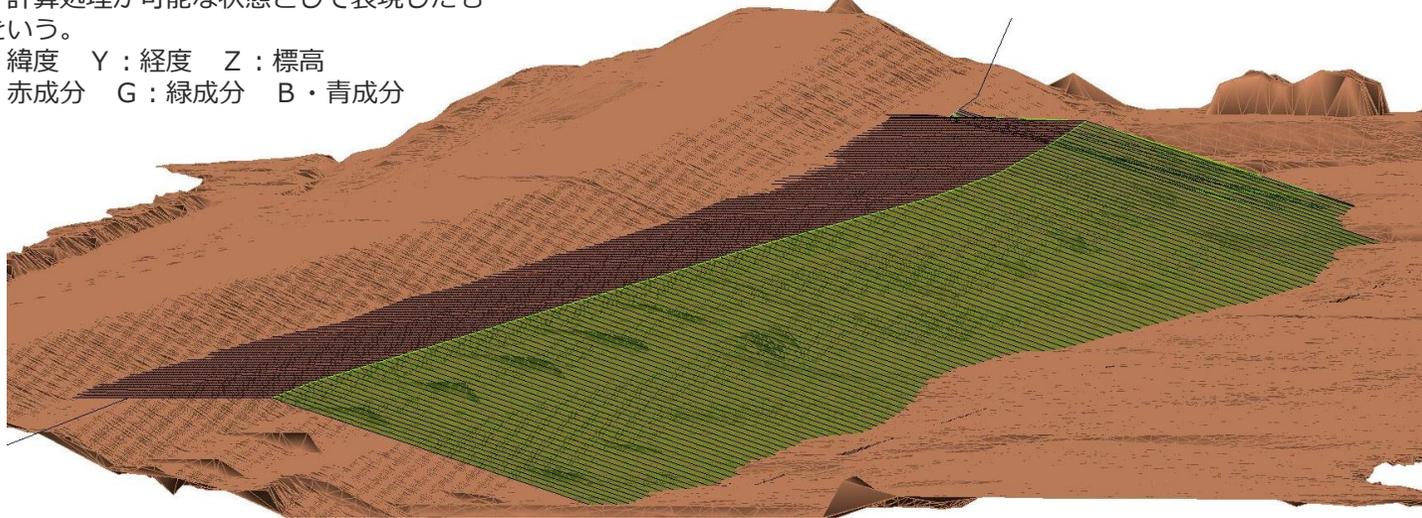
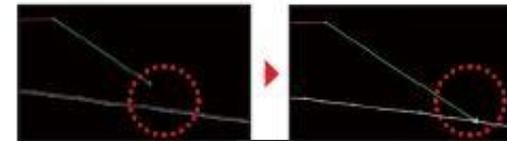
**3次元点群データから
3次元設計データを合成**

※計測（3次元）点群データ
地形に係わる情報の水平位置、標高に加え、
作成された時点での土地被覆の色を属性とし
て、計算処理が可能な状態として表現したも
のをいう。

X：緯度 Y：経度 Z：標高
R：赤成分 G：緑成分 B：青成分

ここで、
3次元点群データと3次元設計データ
の横断線端部まで伸縮

伸縮イメージ



3次元設計データと3次元点群データをICT建設機械へ搭載する

③ ICT建設機械による施工

ICT活用計画書

(工事名:H27手取川舟場島急流河川対策その1工事)

会社名:株式会社 吉光組

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。

建設精算プロセスの段階	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	2	1 3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術
	■ 盛土工	1	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		3 3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)技術
	□ 路床盛土工		4 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術
	■ 法面面整形工	2	
■ ④3次元出来形管理等の施工管理 ※同上	■ 出来形	1 3	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		TS・GNSSIによる締固め回数管理技術(土工)
■ ⑤3次元データの納品			

ICT建設機械による施工技術採用まで

工事の特徴として、急流河川対策工事である。掘削工及び盛土工における範囲が大規模なため、**丁張設置や検測等の負担軽減**や、オペレーターの敷均し、法面整形作業による**プレッシャー軽減**を目的としMCバックホウとMCブルドーザを採用した。

ICT建設機械 ブルドーザ
コマツ製 D61PXi
情報化施工システムを標準装備



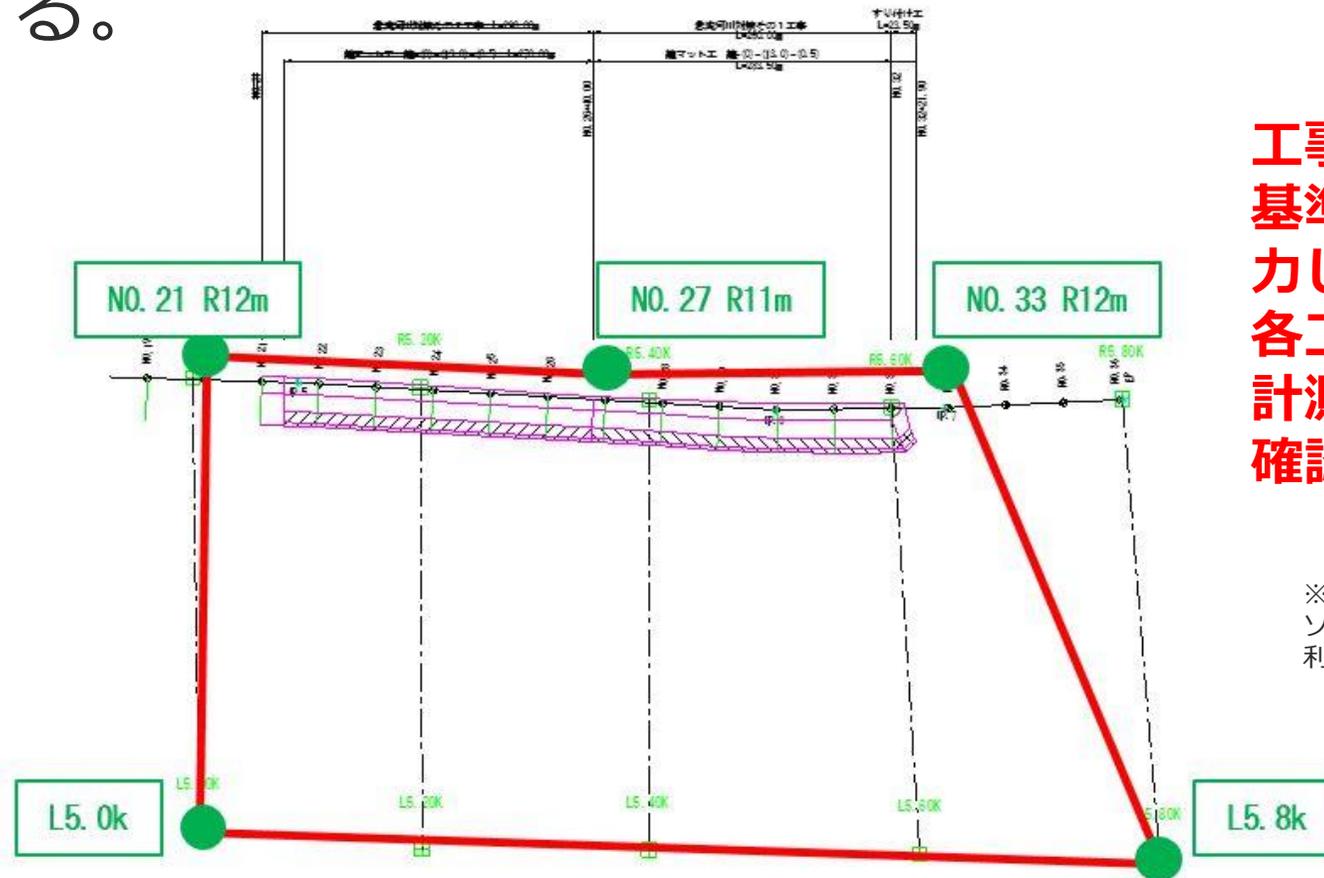
ICT建設機械 バックホウ
コマツ製 PC200i
情報化施工システムを標準装備



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。
注 2) 建設生産プロセス①～⑤の全ての段階で全面的に活用する場合(左端のチェック欄が全て■)のみ、加点評価の対象とする。

③ ローライゼーション（基準点）の設置

今回**施工範囲**を通常の地上測量で求めた工事基準点と、衛星から求めた工事基準点の座標の精度差を**平均的に局地化**する。



工事範囲を包括する工事基準点の3次元座標を入力しておき、GNSSで各工事基準点を測量し、計測値と入力値の差分を確認、誤差を補正する。

※ローライゼーション
ソフトウェアをある特定の地域や言語で
利用できるよう適合させること。

③ 計測精度確認・性能確認

日常管理（デイリーキャリブレーション）

1) IMU調整（慣性計測装置）

建機を平坦で安定した所に駐車し、**前後方向の診断**を実施し調整状態が良好かを確認する。

2) 各シリンダーの往復動作確認

バケット、アーム、ブームシリンダの**最長、最縮を2・3回実施**する。

※コントロールボックスに表示される姿勢と実際の建設機械の姿勢が合っているかを確認する。

3) 刃先座標確認

現場の**刃先確認用の基準点と建設機械が認識している座標が正しい**かを確認する。

※バケット底面を垂直にして測定する。

IMU調整（慣性計測装置）



各シリンダーの往復動作確認



刃先座標確認



③ 3次元マシンコントロール（ブルドーザ）

盛土工：3次元マシンコントロール（ブルドーザ）技術



敷均し厚をICT建設機械に高さの入力をし、ブレード自動制御させ作業する。コントロールボックスには作業状況がリアルタイムで映し出され、そのデータは現場から離れていてもインターネットですぐ確認することが出来る。

設計面からのオフセットも容易である。



※オフセット
設計基準からの平行線

③ 3次元マシンコントロール（バックホウ）

掘削工・法面整形工：3次元マシンコントロール（バックホウ）技術



PC200iは、GNSS（グローバル衛星測位システム）による位置情報と3Dの設計データ、アーム制御システムのため、バケットの刃先が設計面に達すると機械が自動制御する。オペレーターは掘り過ぎを気にすることなく作業が行える。

設計面からのオフセットも容易である。



※GNSS
（Global Navigation Satellite System/全球測位衛星システム）GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星等の衛星測位システムの総称

※オフセット
設計基準からの平行線

2016.11.24 ICT建機

③ G N S Sローバーによる面的な出来形確認

現場でG N S Sローバーを使用して、**任意の箇所**で出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との**標高差が規格値内**であるかを検証し、I C T建設機械の施工を進めている。



※GNSSローバー
衛星情報の測定器



データコレクタには事前に3次元設計データを搭載しておく。

i-Constructionを進めてきて

① 3次元起工測量（空中写真測量UAV）

【利点】

- ・ 従来方法と比べ、現場作業日数がやや減少する。
（基準点の点検、標定点等の設置・測量、UAV撮影）
- ・ 撮影範囲をすべて3次元化できる。

【課題・問題点】

- ・ 各仕様書や基準が多く理解するのと施工計画立案にも時間を要した。
- ・ 地上画素寸法を確保できるレンズであれば対地高度を緩和できるのではないか。
- ・ 写真解析ソフトの信頼性が向上してくれば、撮影時のラップ率を緩和できるのではないか。
- ・ 撮影範囲に河川水位面や地表面に雑草が生い茂っている場合、正確な測量ができない。

i-Constructionを進めてきて

② 3次元設計データ作成

【利点】

- ・完成のイメージができる。
- ・必要に応じて各種仕様にあったデータとしても利用できる。

【課題・問題点】

- ・作成経験がある担当者であれば良いが、特に若手技術者が作成を担当する場合、補助担当者が必要である。
- ・起工測量での土量検証ができていない。ソフトから自動的に算出（点高法）されたため。
実務的には従来方法の平均断面法で算出された土量を比較して同程度であるから問題なしとしている。
- ・検証済みの点群データと3次元データがあればソフトの信頼性向上となる。

i-Constructionを進めてきて

③ ICT建設機械による施工

【利点】

- ・ 丁張の設置が不要であることから、丁張設置に費やす時間を安全管理に重視できる。
- ・ 仕上げ面を傷つけないで作業ができるのでオペレータは安心して作業ができる。
- ・ 掘削作業時の、手元作業員がいない。
- ・ 敷き均し時の高さ明示が不必要である。（30cm毎の表示）
- ・ 若いオペレータの技術不足を補うことができる。

i-Constructionを進めてきて

③ ICT建設機械による施工

【課題・問題点】

- ・コストがかかりすぎる。（通常リース機械の3倍から4倍程度）
- ・エンジン再スタート時は、刃先情報の確認を正確にするためにシリンダの伸縮作業をしなくてはならない。
- ・一般的には5個以上の衛星が必要である。
- ・同ICT建設機械を複数台導入し、互いの位置情報に差異があった場合、法面等に段差が生じることがある。



最後に・・・

今はまだ生産性がどうか言っても仕方がないと思います。将来的にどうなるのかを見据えているのではないのでしょうか。

現時点では「施工」に関しては格段に成果は上がっていると実感しています。

しかし、3次元起工測量では現場作業は減るが室内業務は増える印象があります。

3次元設計データ作成もソフトに翻弄されることがありますが、時代背景から3次元化が主流となって来ているのも事実です。冷静に考えると我々、人間は視覚的にすでに3次元でモノを見ています。「図面は2次元」の概念を捨てるチャンスだと

思い、この『**i-Construction**』を進めていけばいいのかと思います。

以上で、

「H27手取川舟場島急流河川対策その1工事」の
工事報告を終わります。

現場代理人・監理技術者：東 幸正
発表者：大山 智也



技術と信頼の総合建設

株式会社吉光組



H27・28能越道 中道路その4工事における ICT活用工事の実施について(報告)

H27・28能越道 中道路その4工事
監理技術者 桜井 幸夫

南建設 株式会社

1. 弊社のICT技術活用の取り組みについて

平成21年度～26年度まで

能越道七尾氷見道路

七尾IC～七尾大泊ICにおいて

発注者の推進もあり、H22.5月TS出来形管理、H23.6月GNSSによる盛土の締固管理をいち早く導入し、

情報化施工 8件 完工する

•能越道 矢田道路その10工事 (H26.12月完工) においては、弊社では初のマシンガイダンスバックホウを使用(路体盛土60,000m³)

大幅な作業効率の向上が図れた

問題点:他工事から、盛土材を受入れる工事であったため、日々の盛土進捗の把握が重要なポイントとなった。

自社機械導入

(県内初)

H27.9月

マシンガイダンス(0.7m³バックホウ)

マシンコントロール(7t級ブルドーザー) RTK-GPS受信機

省エネルギー型建設機械導入補助金
減価償却資産償却方法に優遇

導入による効果、期待

自社でオペレーターと重機を保有しているのが、自社の強みである

TS出来形管理、3Dデータの自社作成のため、CADソフト、施工管理システムを一新し社内の技術向上を図る

平成27、28年度に新入社員の採用と、社員への仕事への士気を向上させるため

ICT技術試行

H27能越道 小泉道路その5工事

(H28.11月完工)

H28.4月起工測量
H28.6月掘削開始

i-Construction
への早期対応

ICT技術活用

H27・28能越道
中道路その4工事
(H28.12月完工)

H28能越道のと
里山空港IC

改良工事
(施工中)

H28.8月 自社機械導入
3次元マシンコントロール
(バックホウ)

- 3次元起工測量
レーザースキャナーによる
- ICT建設機械による施工
3次元マシンコントロール(バックホウ)技術(自社機械)
- 3次元出来形管理等の施工管理
レーザースキャナーによる
- その他(進捗率の把握)
KomConnect(コマツクラウドサービス)

2. 工事概要

- 当該工事は、一般国道470号能越道輪島道路（I期区間4.7km）の内、約200mの区間において、ICTを活用した掘削工事等を行う工事である。

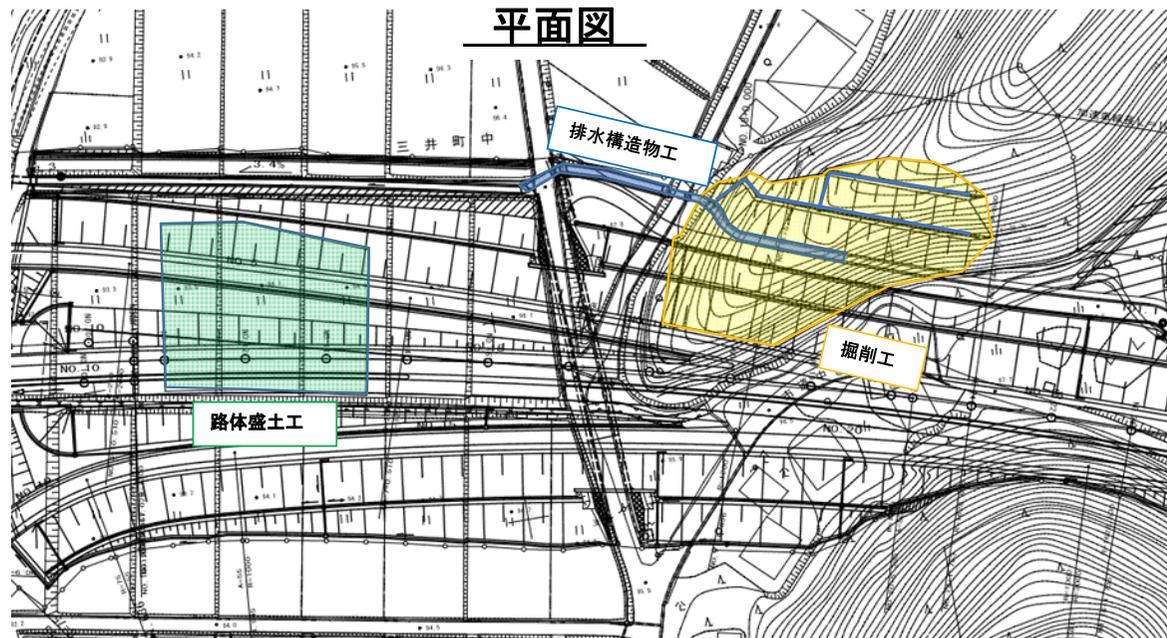
工事位置図

輪島市三井町中地先



- 工期 H28.3.23～H28.12.28
- 工事内容
 - 掘削工（ICT活用） 14,300m³
 - 路体盛土工（情報化施工：MC、GNSS締固管理） 4,600m³
 - 自走式土質改良工（リテラ） 4,500m³
 - 植生工（植生基材吹付） 1,650m²
 - プレキャストカルバート工（タッチボンド工法） 13.0m
 - 排水構造物工 1式
（内 現場打水路工 L=24.0m）

平面図



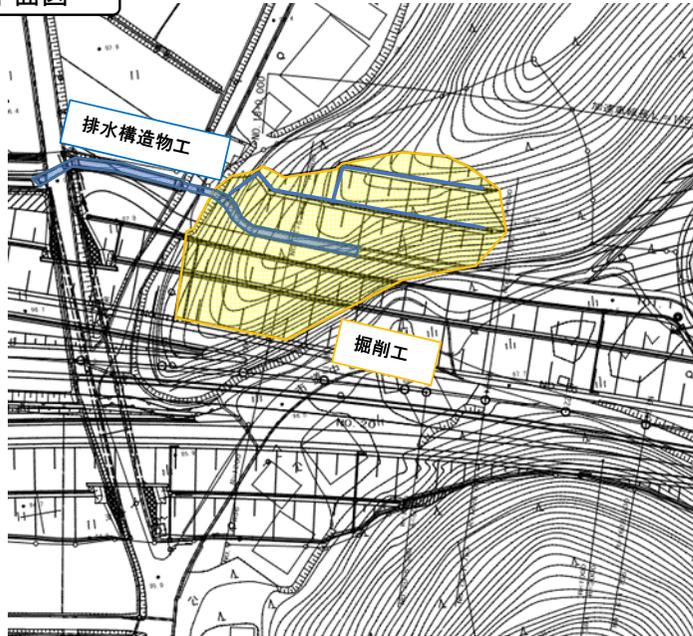
3.実施したICT技術

- 1)対象工種 : 掘削工 V=14,300m³
- 2)3次元起工測量:レーザースキャナー
- 3)ICT建設機械 :3次元マシンコントロール(バックホウ)技術
PC200i(インテリジェントマシンコントロール油圧ショベル)
NETIS登録番号 KT-140091-A
(盛土工):ブルドーザ(D31PX) 3次元マシンコントロールシステム3D-MC
:振動ローラ(振動荷重10t級) GNSSを用いた盛土の締固管理システム
- 4)測位 :VRS-RTK-GNSS
(仮想基準点を利用したリアルタイムキネマティック)
- 5)その他 :KomConnectによる出来高・出来形管理システム
NETIS登録番号 KT-150096-A
情報化施工機械の施工情報をクラウドサービス(KomConnect)で有効活用する管理システム

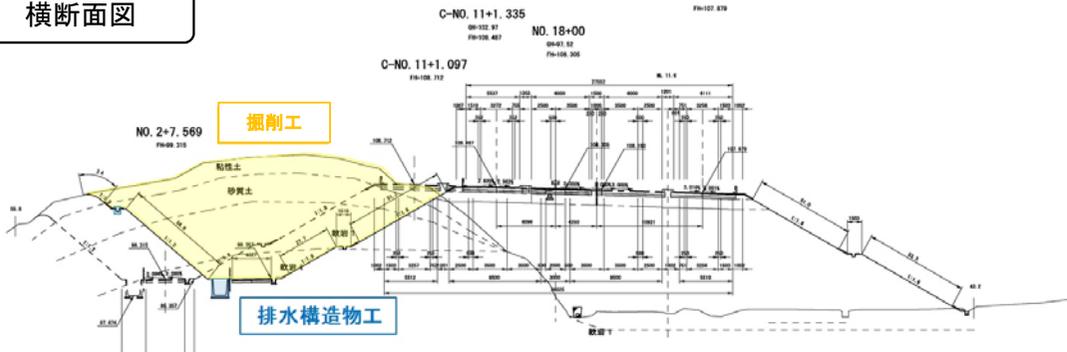
1) 対象工種

掘削工 施工延長L=80.0m
V=14.300m³

平面図



横断面図



2) 3次元起工測量

レーザーสキャナーの採用理由

- ・UAVと比べ、天候に左右されるリスクが少ない。
- ・進捗率に合わせ、調達がしやすい。

着工前



レーザーสキャナーによる起工測量

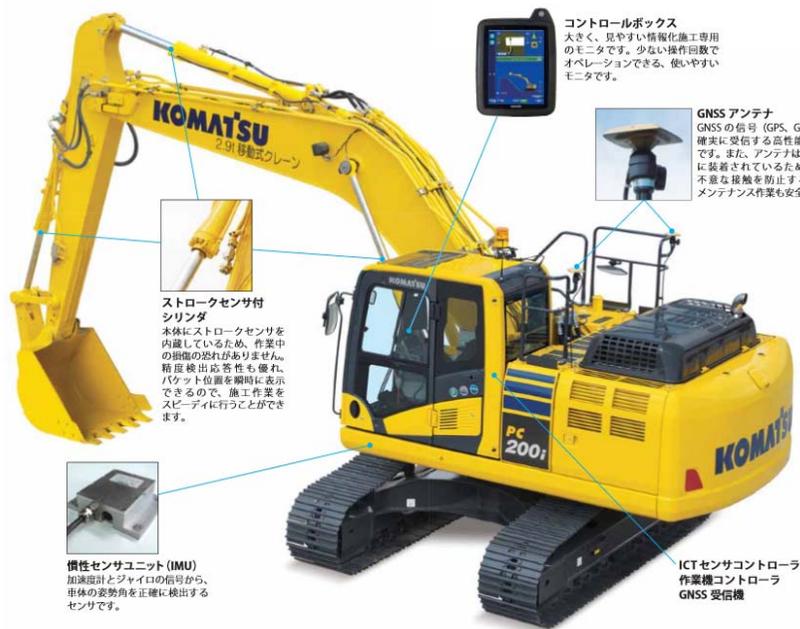


3D化



3) ICT 建設機械

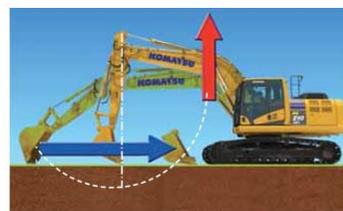
使用機械 PC200i



・機械の選定理由

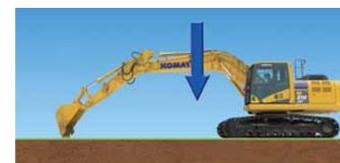
従来のマシンガイダンス機能は、施工にはオペレーターがモニターと施工面の比較を目視しながら作業機を手動操作する運転であった。本技術の活用により作業機はセミオート制御され、設計面を気にせずモニターを基に施工できるため、丁張、補助員が削減され、省力化が期待できる。

作業機操作をセミオート化



●自動整地アシスト

アーム操作した際に、バケットが設計面に沿って動くように自動でブームが上昇。粗掘削作業では設計面を気にすることなく作業が行え、仕上げ作業ではアームレバー操作のみで作業が可能です。さらに、ブーム下げ操作を入れておくことで施工範囲が広がります。



●自動停止制御

ブームまたはバケットを操作した際に、バケット刃先が設計面に達すると作業機が自動で停止するので、設計面を傷付けません。また、刃先位置合わせも容易です。



●最短距離制御

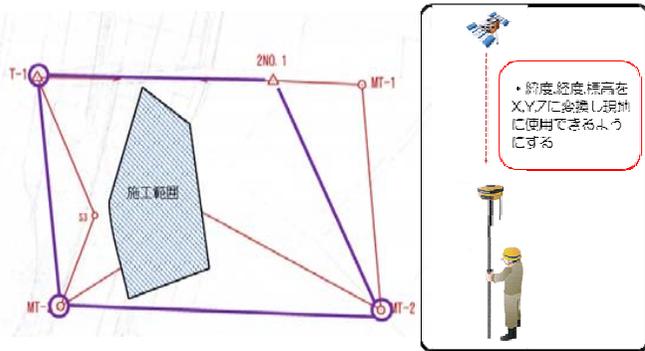
バケットの幅・輪郭点の中で設計面にもっとも近い点を自動検出して刃先制御するので、設計面に正対していなくても掘り過ぎを気にせずに作業が可能です。

KomConnectと連動

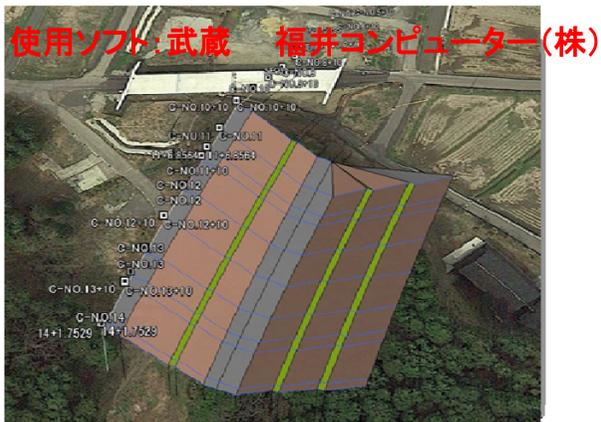


4. 施工方法

現地ローカライゼーション



3次元設計データの作成



3次元起工測量データ

クラウドサービス(KomConnect)へ 転送

ICT技術対応機へ 転送

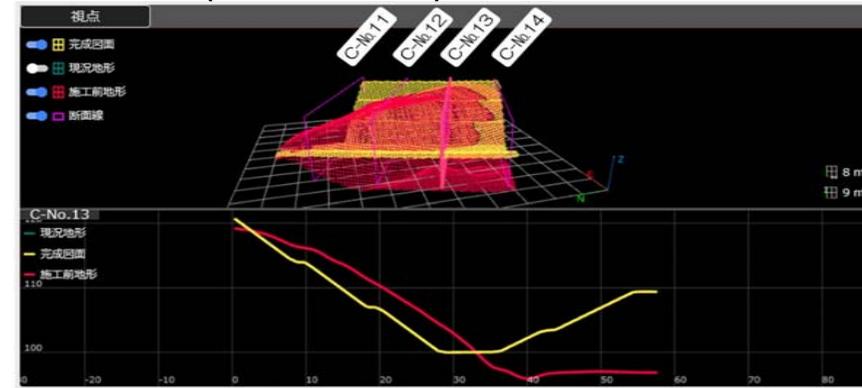
測位 VRS-RTK-GNSS

掘削工・切土法面整形

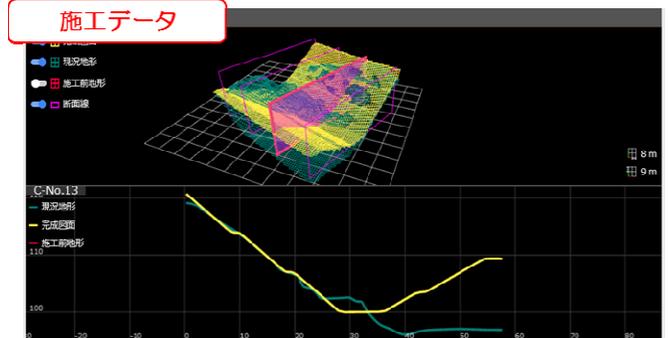
刃先データによる 自動計算された進捗率



(KomConnect)による着工前



施工データ



☆ KomConnectによる進捗率、出来形管理

施工状況

9月10日 撮影



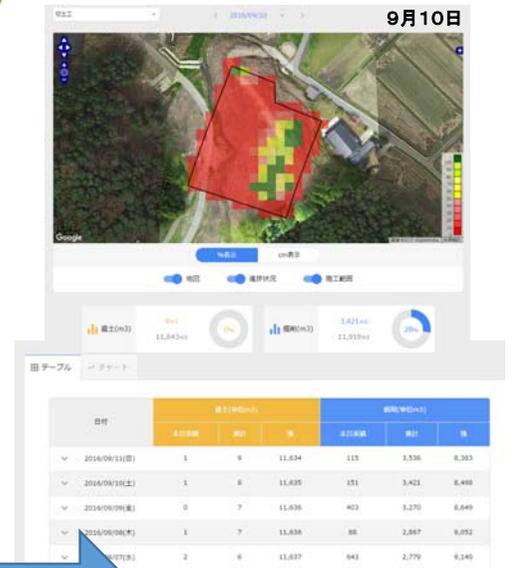
10月11日 撮影



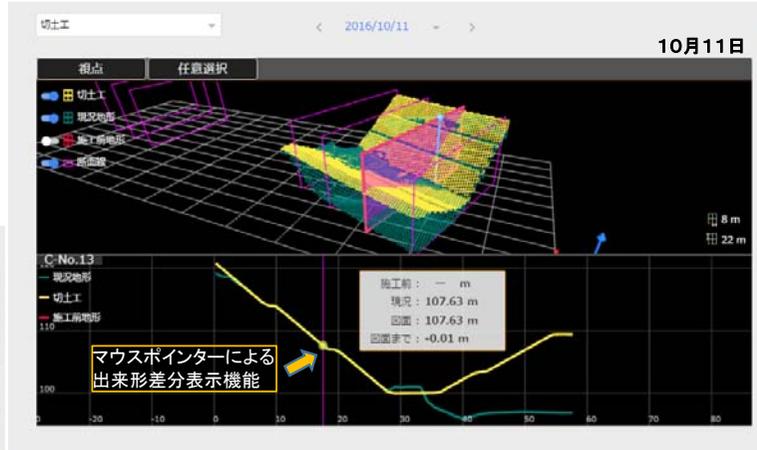
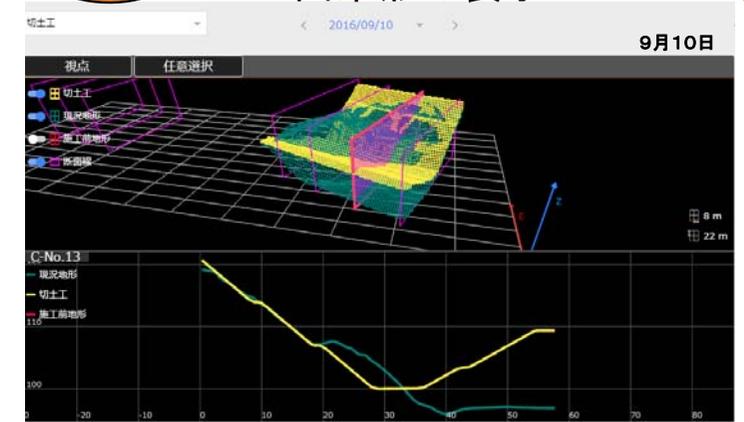
刃先データの反映

KomConnect

進捗率の表示



出来形の表示



☆ICT機器との併用効果

- ・日々の進捗率が自動で更新され、工程管理に利用出来る
- ・施工中でもPC上で出来形を確認出来る。
- ・クラウドサービスなので、発注者と情報を共有出来る。

☆（参考事例） KomConnectによる進捗率、出来形管理

H27 能越道 小泉道路その5工事



- ① マシンコントロール : PC200i (コマツレンタル) 1台
- ② マシンガイダンス : PC200 (南建設) 1台

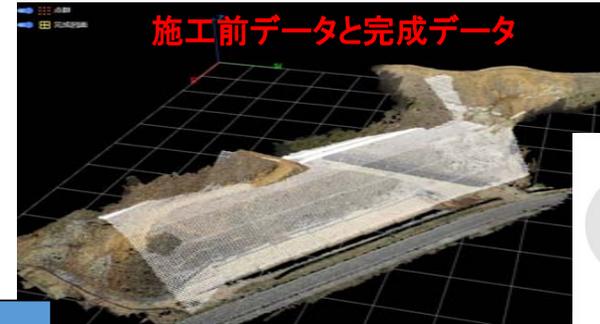
UAV測量による現況データ



ICT建機の刃先の座標データを自動取得（切土部）



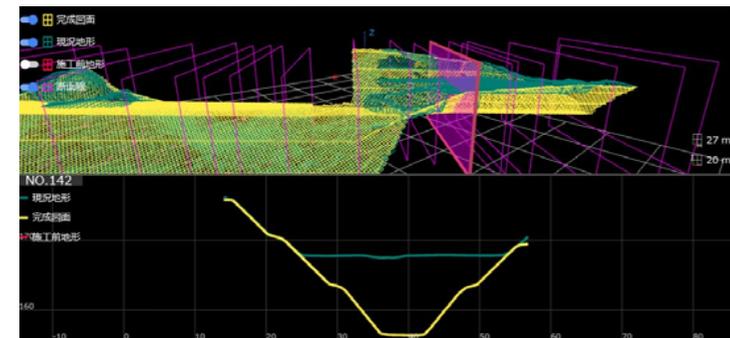
現地測量(盛土部)



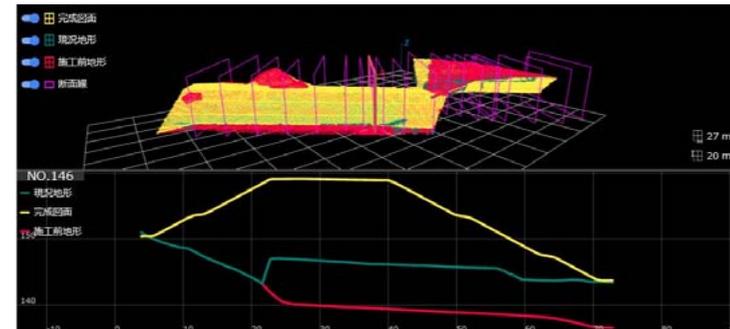
自動計算された進捗量



切土部 施工データ



盛土部 施工データ



KomConnect 施工範囲・土量の自動計算



- ③ マシンコントロール : PC200i (コマツレンタル) 1台
- ④ マシンコントロール : D39PX (南建設) 1台
- ⑤ GNSS盛土の締固管理 : 4tローラー 1台

5. ICT活用工事の導入効果

1) 技術管理について

☆3D設計データの作成

当該現場においては、

- ・設計照査 2日
- ・横断図の新規作成(4測点断面) 1日
- ・3D設計データの作成、照査 1日

計4日間

導入前

- ・作業を止め、小段等の断面変化点で、丁張をかけ直す

導入

導入後は標準横断での測量は不要となる

- ・作業を止め、測量する手間が省ける
- ・現地での測量が減るため、ヒューマンエラーのリスクが減る

☆出来形管理

導入前

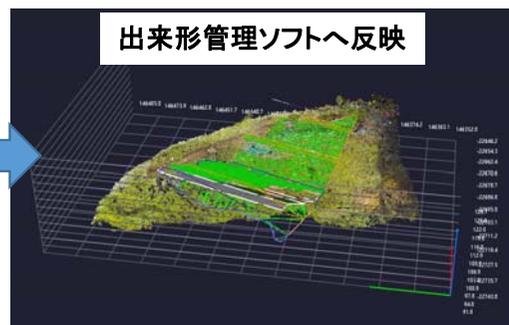
- ・従来の管理方法は測点横断管理のみであった

導入後

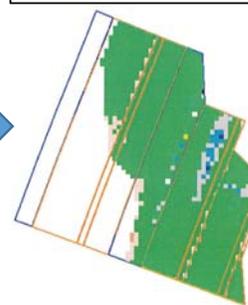
- ・面での管理になるため、出来形管理範囲が広がる

導入

出来形確認検査
(TSにて)



出来形管理図出力



2) 施工管理について

	工程管理	精度・出来形・品質	施工	安全	コスト
3次元起工測量	・従来の横断測量で4日間が2日に短縮出来た	・現地地形を3次元点群データにすることにより、測点以外の断面も正確に把握できる	—	・上下間での作業が無くなり、法面からの滑落などの危険性が低減できる。	従来: 13万円 ICT: 126万円
ICT建設機械による施工(MCBH、ローラー等)	・当社施工工事3件で、KomConnectを採用し、土量計測精度が確認出来た。多工区にわたる土量集計等、複雑な土量管理に対して、対応が可能で、工事全体の工程管理に大きな効果が見込まれる	・面的な施工により均一な出来形が可能となり、設計データを基準に過掘等を防ぎ、出来形不足の発生リスクを大幅に低減出来る。 ・GNSSの受診精度に左右される場合がある。	・従来の法面整形は、法丁張を設置し、機械からたびたび降りて目視にて法面と法丁張を確認しながら施工していたが、手元モニターにて設計断面までの寸法が確認できたため施工性が向上した。	・完成形をモニターで明確に確認出来るので、重機走路の設置等の準備工においても、あらかじめ現地にあった計画がたてられるので、安全作業に繋がる	自社機械
3次元出来形管理等の施工管理	—	・面的な管理であるので、測点以外の場所においても、出来形が把握できる。 ・TSにて測定したが、成果はGNSSも同等であった	—	・上下間での作業が無くなり、法面からの滑落などの危険性が低減できる。	

6. ICT活用工事の実施に際して工夫した点

- ・あらかじめ基準点を多めに設置し、起工測量をスムーズに行えるよう備えた。
- ・施工中は、現場事務所内のPCだけではなく、現場内でも、KomConnectをタブレット・スマホ等を使用し、オペレーターとも最新の情報を共有し、進捗率、出来形管理に努めた。

7. ICT活用工事の実施に際して苦労した点

- ・発注図の横断図は、本線を軸とした図面だったが、当該工事は側道の施工だったため、あらたに施工に即した横断図を作成してから、3Dデータの作成だったので、その分時間を費やした。
- ・縦横断図だけでは3次元設計データの作成が行えない、擦りつけ区間等の断面の処理に苦慮した。よって、擦りつけ部等は従来施工となった。

8. ICT活用工事の実施に際しての改善点

- ・有効な技術ではあったが、3次元数量算出において、土工区分(片切り等)及び土質区分(軟岩等)の設定が困難であるため、各々の算出が困難である。設計照査等での全体数量の把握は出来るが、契約変更等の数量計算書とするには、まだ要領案等の改善が必要である。
- ・当現場においては、盛土区間が該当するが、3D起工測量範囲外においても、「3次元マシンコントロールシステム3D-MC」「GNSSを用いた盛土の締固管理システム」「KomConnect」を採用し、ICT活用工事と同等の施工管理をした。納品は「TSによる出来形管理」としたが、納品方法の違いで、「ICT建設機械」としての経費は計上されないことが疑問に思った。

9. まとめ

1. 3次元起工測量においては、施工量が少ない場合、導入費は高くなるが、現地での追加測量は必要とせず、正確な地形および土量を把握出来る。
2. MC技術は、操作性も良く、施工者にとって特別な技術を必要としないため、準備から施工全般において、回数を重ね経験を積むことで、非常に有用な技術である。
3. 丁張を削減したことによって、熟練者が使用した場合、さらに施工精度が高く、良好な出来形を確保することが出来る。
4. 断面管理から平面管理となり、より広い範囲での出来形が把握出来るため、発注者への引き渡しもスムーズに行える。
5. 当社施工工事3件では、KomConnect採用で土工計測精度が向上した。多工区にわたる土量集計等、複雑な土量管理に対して、対応が可能で、工事全体の工程管理に大きな効果が見込まれる。