

社会基盤標準化委員会 社会基盤COBie検討 報告会

i-Construction実施への状況について

14 : 35 ~ 15 : 15

2016年5月31日

社会基盤COBie検討小委員会委員 杉浦伸哉

i-Constructionとは何か

今こそ生産性向上のチャンス i-Constructionについて (11/24大臣会見資料より)

□ 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

- バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

□ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

- ダムやトンネルなどは、約30年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。(土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める)(生産性は、対米比で約8割)

□ 依然として多い建設現場の労働災害

- 全産業と比べて、2倍の死傷事故率(年間労働者の約0.5%(全産業約0.25%))

□ 予想される労働力不足

- 技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想

- 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化が起こると予想されている。
- 建設業界の世間からの評価が回復および安定的な経営環境が実現し始めている今こそ、抜本的な生産性向上に取り組む大きなチャンス

プロセス全体の最適化

□ ICT技術の全面的な活用

- 調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新までの全てのプロセスにおいてICT技術を導入

□ 規格の標準化

- 寸法等の規格の標準化された部材の拡大

□ 施工時期の平準化

- 2ヶ年国債の適正な設定等により、年間を通じた工事件数の平準化

プロセス全体の最適化へ

従来 : 施工段階の一部

今後 : 調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新まで

i-Constructionの目指すもの

- 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- 建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど魅力ある建設現場に
- 死亡事故ゼロを目指し、安全性が飛躍的に向上

- 3Dソフトが利用できれば対応可能？
- ベンダー殿からの提案をうければ対応可能？
- 情報を共有すれば対応可能？
- 情報化施工を実施できれば対応可能？

- 考え方の標準化
 - プラットフォームの提供
- ツールの標準化
 - 各種基準で規定された機器ツールのスペック
- データ評価の標準化
 - 出来形帳票による面的管理の考え方

- ・ICT建機の普及に向け、ICT建設機械のリース料などに関する新たな積算基準を策定
- ・既存の施工パッケージ型の積算基準をICT活用工事用に係数等で補正する積算基準

※施工パッケージ型とは、直接工事費について施工単位ごとに機械経費、労務費、材料費を含んだ施工パッケージ単価を設定し積算する方式です。

《新たな積算基準のポイント》

①対象工種

- ・土工(掘削、路体(築堤)盛土、路床盛土)
- ・法面整形工

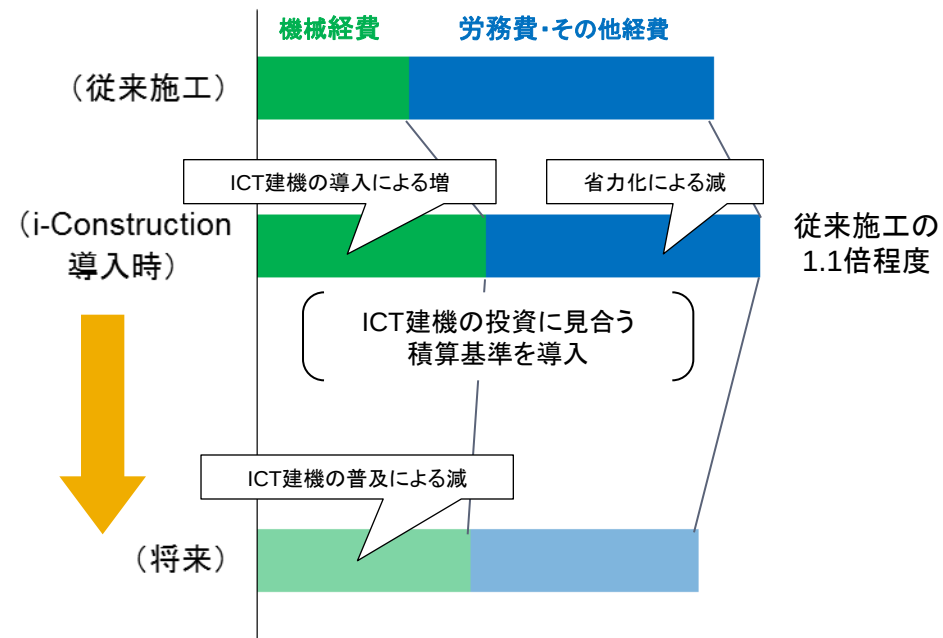
②新たに追加等する項目

- ・ICT建機のリース料
(従来建機からの増分)
- ・ICT建機の初期導入経費
(導入指導等経費を当面追加)

③従来施工から変化する項目

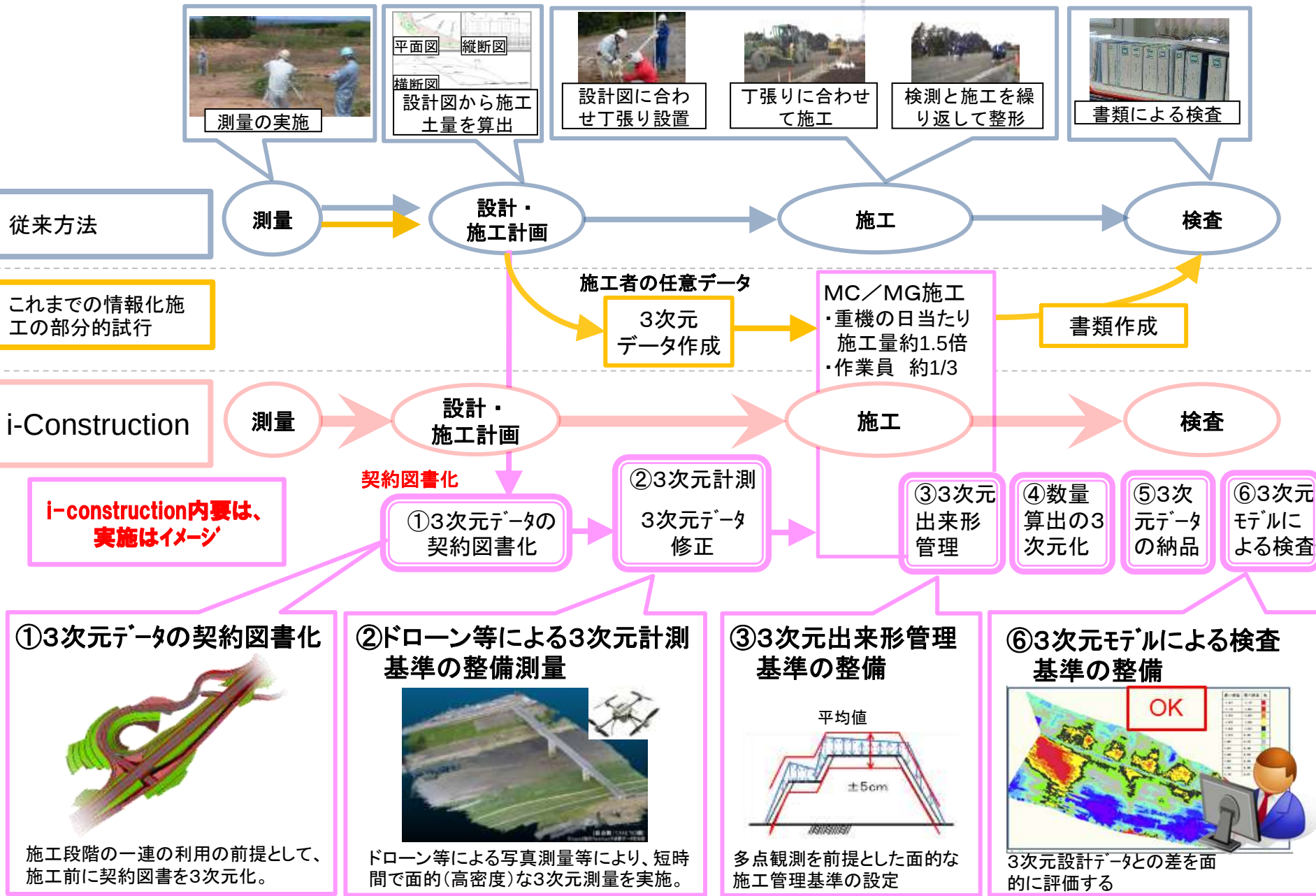
- ・補助労務の省力化に伴う減
- ・効率化に伴う日当たり施工量の増

路体(築堤)盛土(15,000m³)の場合の試算



※比較用の試算のため、盛土工のみで試算しています。実際の工事では、ICT建機で行わない土砂の運搬工等の工種を追加して工事発注がなされます。

ICT技術の全面的な活用(土工)の実施内容



新たに導入する15の新基準及び積算基準

	名称	新規	改訂	本文参照先(URL)
調査・測量、設計	1 UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	○		http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html
	2 電子納品要領(工事及び設計)		○	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/ http://www.cals-ed.go.jp/cri_guideline/
	3 3次元設計データ交換標準(同運用ガイドラインを含む)	○		http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/des.html
施工	4 ICTの全面的な活用(ICT土工)の推進に関する実施方針	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124407.pdf
	5 土木工事施工管理基準(案)(出来形管理基準及び規格値)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/280330kouji_sekokuankikijun01.pdf
	6 土木工事数量算出要領(案)(施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)を含む)	○	○	http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/suryo.htm http://www.mlit.go.jp/common/001124406.pdf
	7 土木工事共通仕様書 施工管理関係書類(帳票:出来形合否判定総括表)	○		http://www.nilim.go.jp/japanese/standard/form/index.html
	8 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)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124402.pdf
	9 レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124404.pdf
検査	10 地方整備局土木工事検査技術基準(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	11 既済部分検査技術基準(案)及び同解説		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	12 部分払における出来高取扱方法(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	13 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)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124403.pdf
	14 レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124405.pdf
	15 工事成績評定要領の運用について		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
積算基準	ICT活用工事積算要領	○		http://www.mlit.go.jp/common/0011

新たに導入する15の新基準及び積算基準

	名称	新規	改訂	本文参照先(URL)
調査・測量、設計	1 UAVを用いた公共測量マニュアル(案)	○		http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html
	2 電子納品要領(工事及び設計)		○	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/ http://www.cals-ed.go.jp/cri_guideline/
	3 3次元設計データ交換標準(同運用ガイドラインを含む)	○		http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/des.html
施工	4 ICTの全面的な活用(ICT土工)の推進に関する実施方針	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124407.pdf
	5 土木工事施工管理基準(案)(出来形管理基準及び規格値)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/280330kouji_sekoukanrikijun01.pdf
	6 土木工事数量算出要領(案)(施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案)を含む)	○	○	http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/suryo.htm http://www.mlit.go.jp/common/001124406.pdf
	7 土木工事共通仕様書 施工管理関係書類(帳票:出来形合否判定総括表)	○		http://www.nilim.go.jp/japanese/standard/form/index.html
	8 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)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124402.pdf
検査	9 レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124404.pdf
	10 地方整備局土木工事検査技術基準(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	11 既済部分検査技術基準(案)及び同解説		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	12 部分払における出来高取扱方法(案)		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	13 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)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124403.pdf
	14 レーザースキャナーを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)	○		http://www.mlit.go.jp/common/001124405.pdf
積算基準	15 工事成績評定要領の運用について		○	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html
	ICT活用工事積算要領	○		http://www.mlit.go.jp/common/0011

無人飛行機をつかった出来形管理の仕組み

- UAVをつかって写真撮影

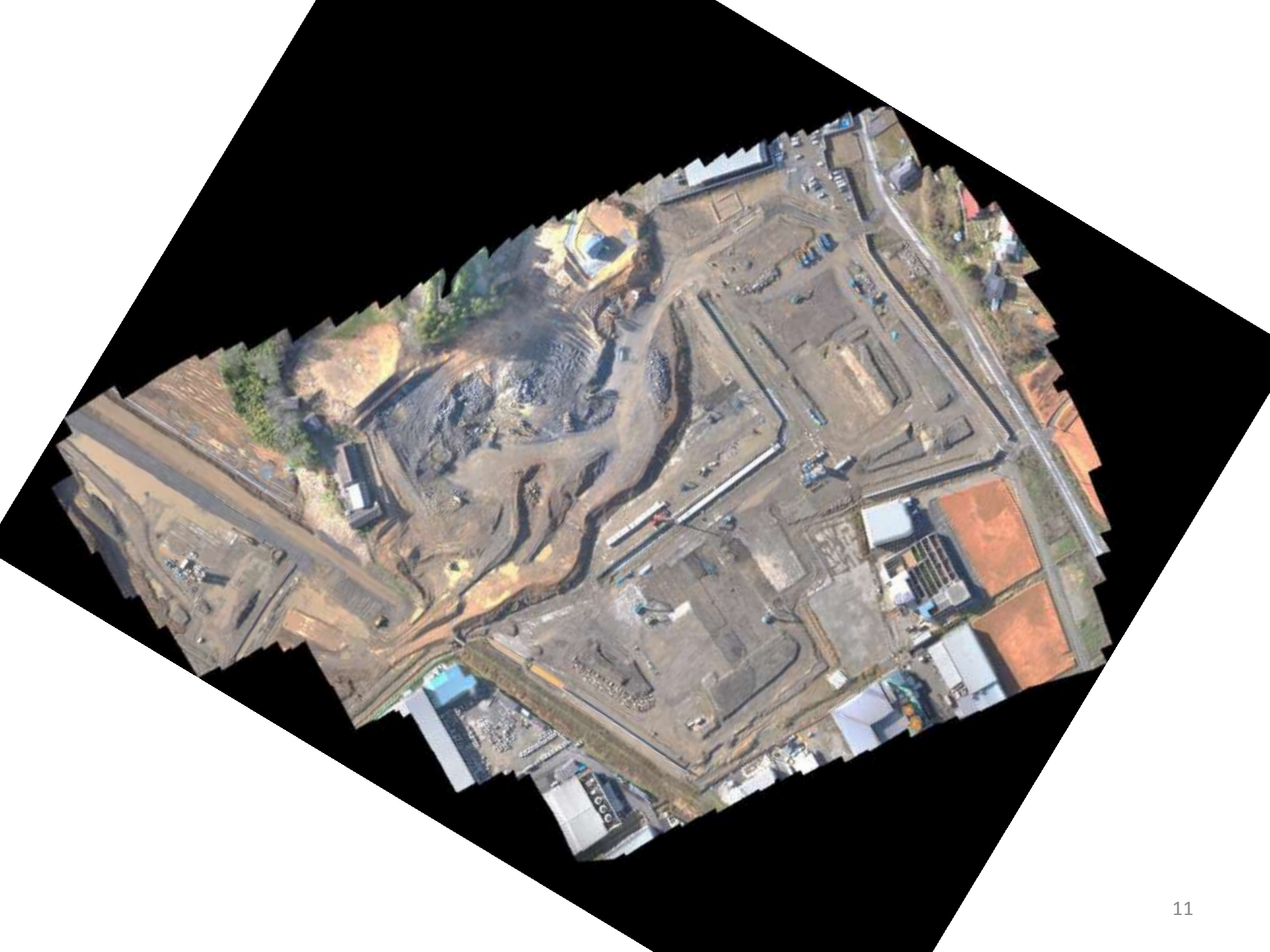


半日

- 複数写真から1枚の全体写真を作成



半日



- UAVをつかって写真撮影



半日

- 複数写真から1枚の全体写真を作成

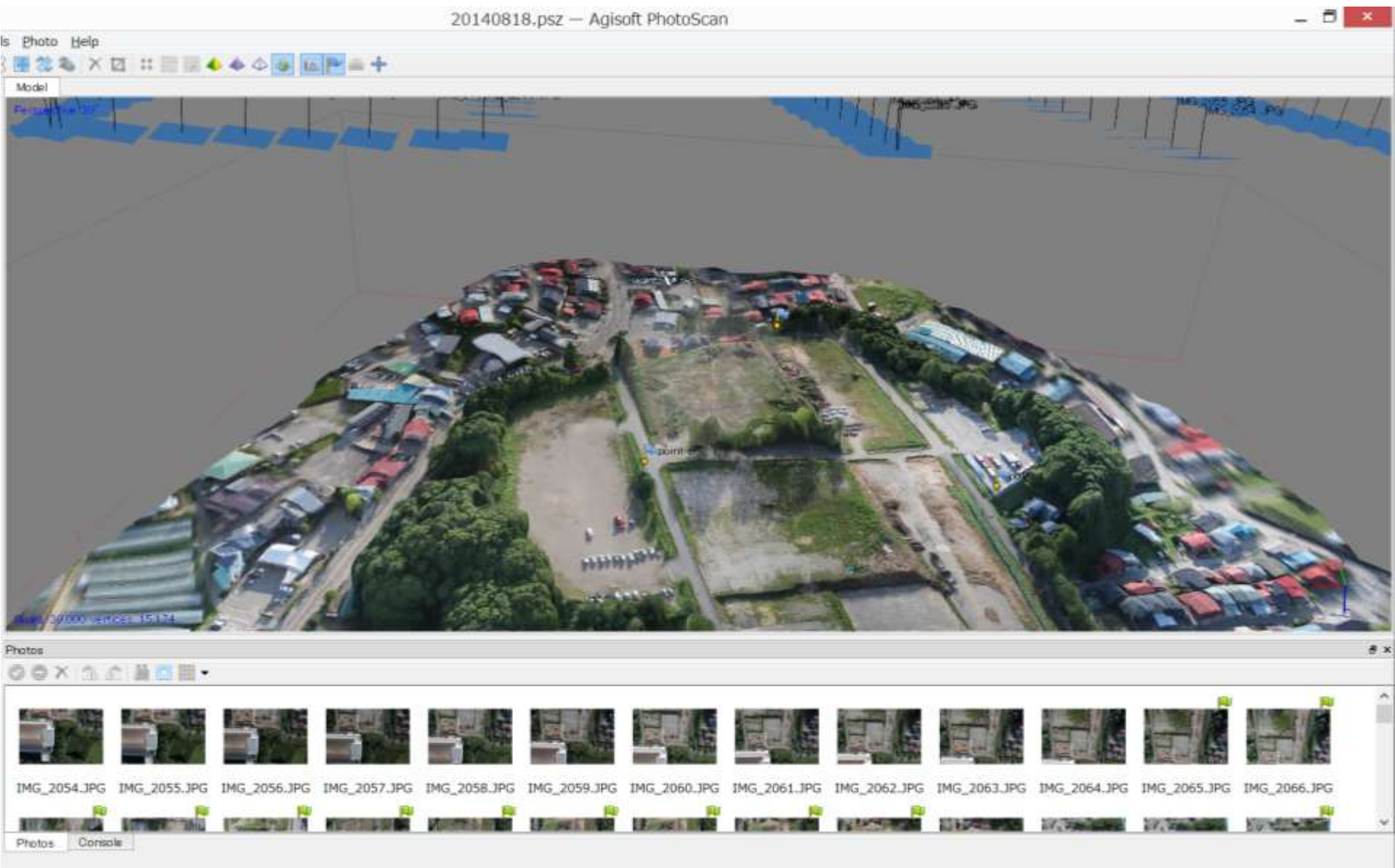


半日

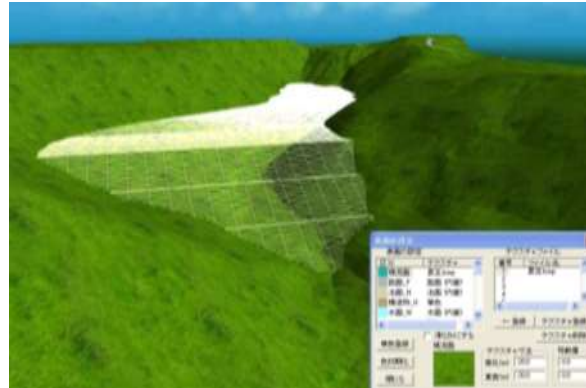
- 全体写真から3次元の点データを作成



1日

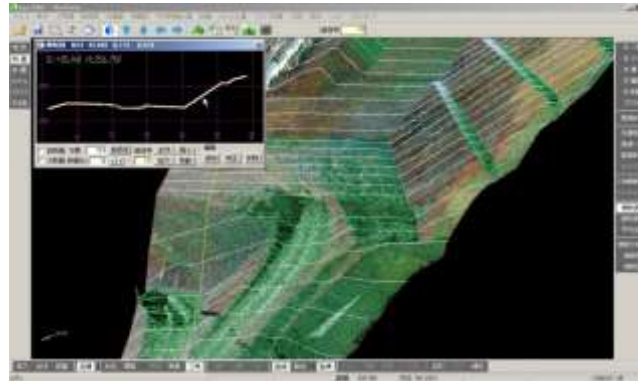


- 3次元の点データを3次元CADで表示



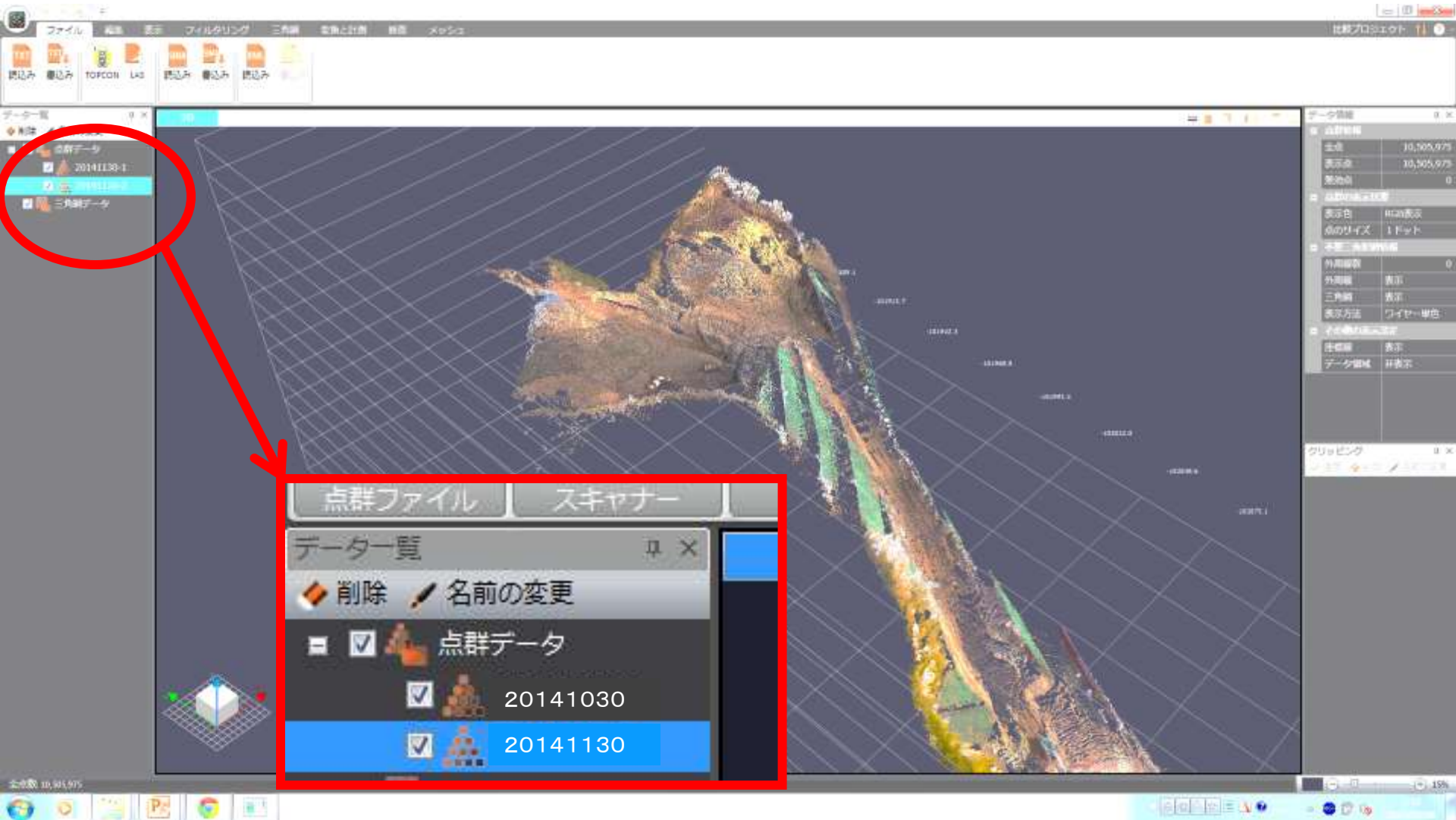
半日

- 3次元CADをつかって概算土量を計算

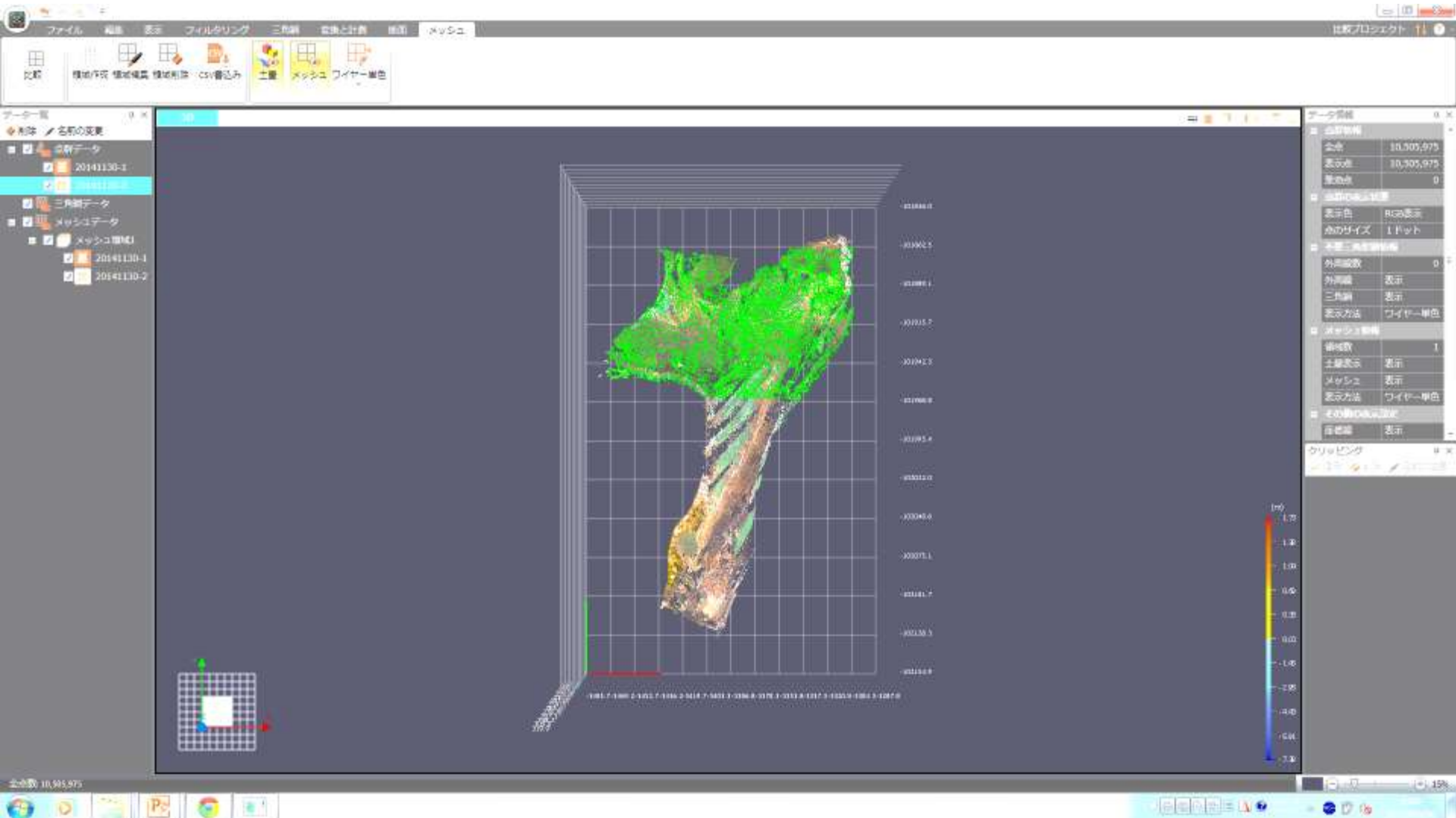


半日

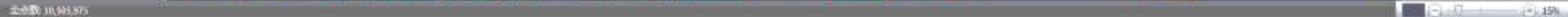
土工比較事例



土工比較事例



土工比較事例

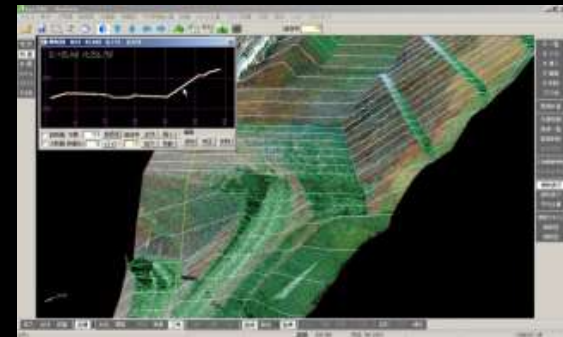
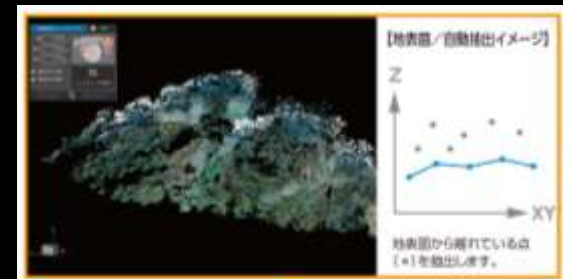


3Dレーザスキャナを利用した土工管理例

3Dレーザ測量
(5回計測で全体把握)

点群事前処理

点群から
3DCADへの適用



Point!

3Dレーザスキャナのスキャンスピードと精度

平成26年07月23日 当初

今週: 平成26年11月15日 現在

施工土量

	設計 総数量(m ³)	今週の施工数量(m ³)		累積 施工数量(m ³)	進捗率(%)		進捗判定 順調/遅延
		予定	実施		予定	実施	
切土	1,197,539.3	5,792	4,896	28,992	2.4	2.4	順調
盛土	131,603.1	0	0	0	0	0	—

進捗判定の凡例

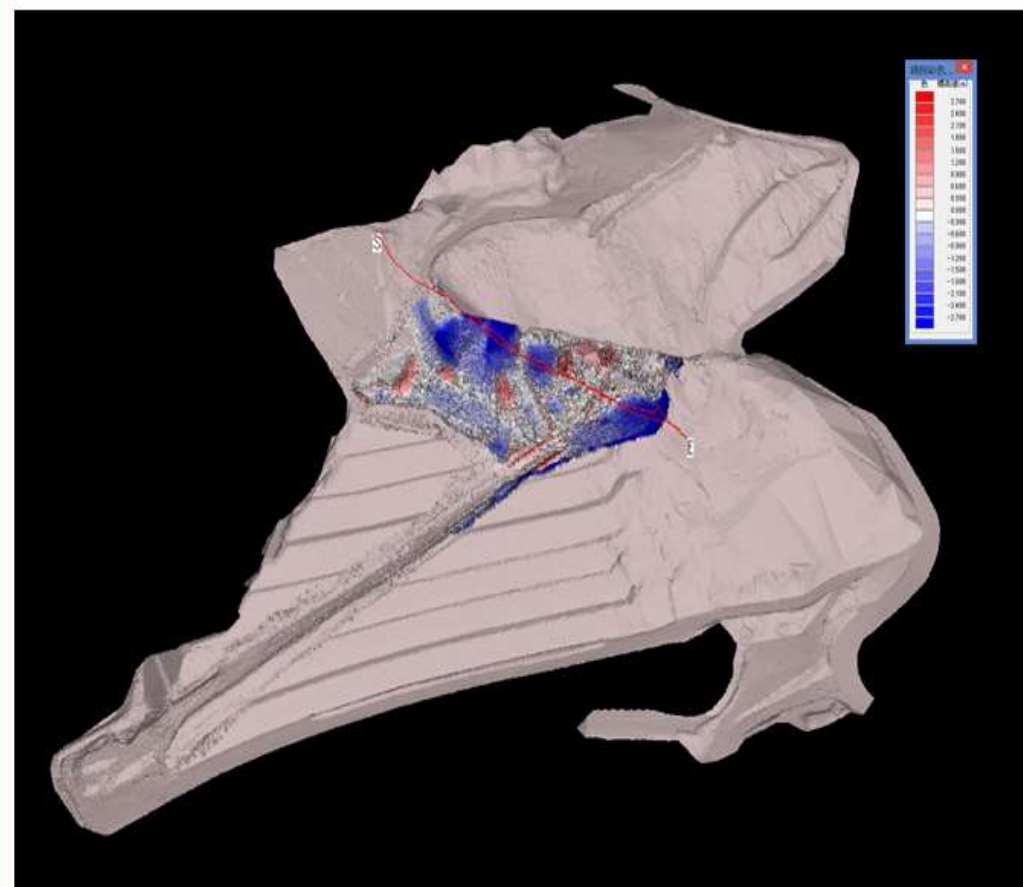
順調 : 予定進捗率以上

遅延 : 予定進捗率未満

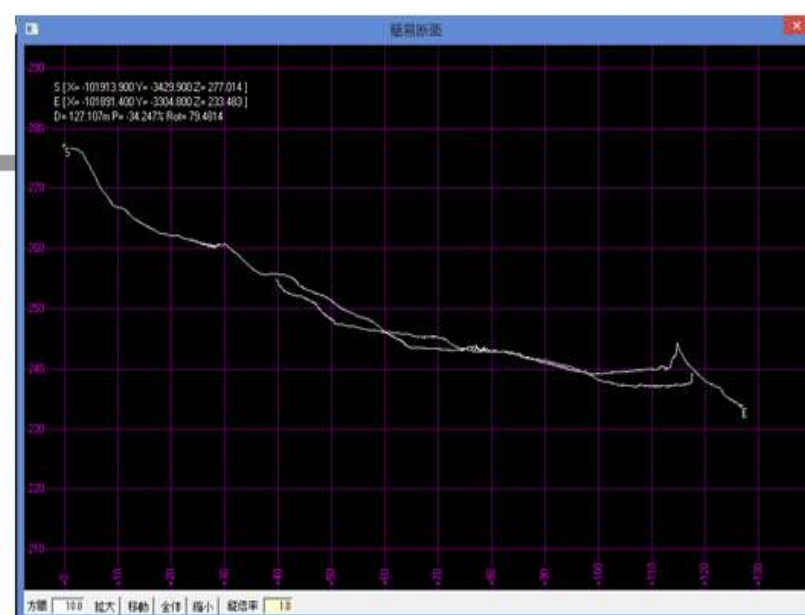
遅延の原因

対策

変化量分布

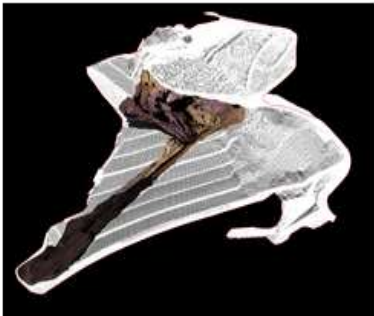
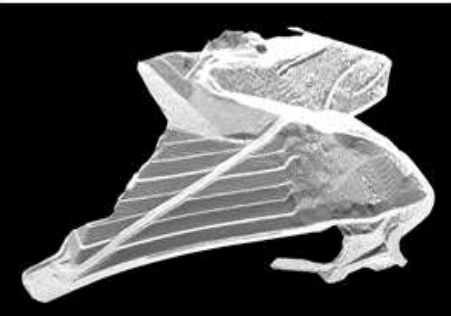


断面図



平成26年07月23日 当初

今週：平成26年11月22日 現在



施工土量

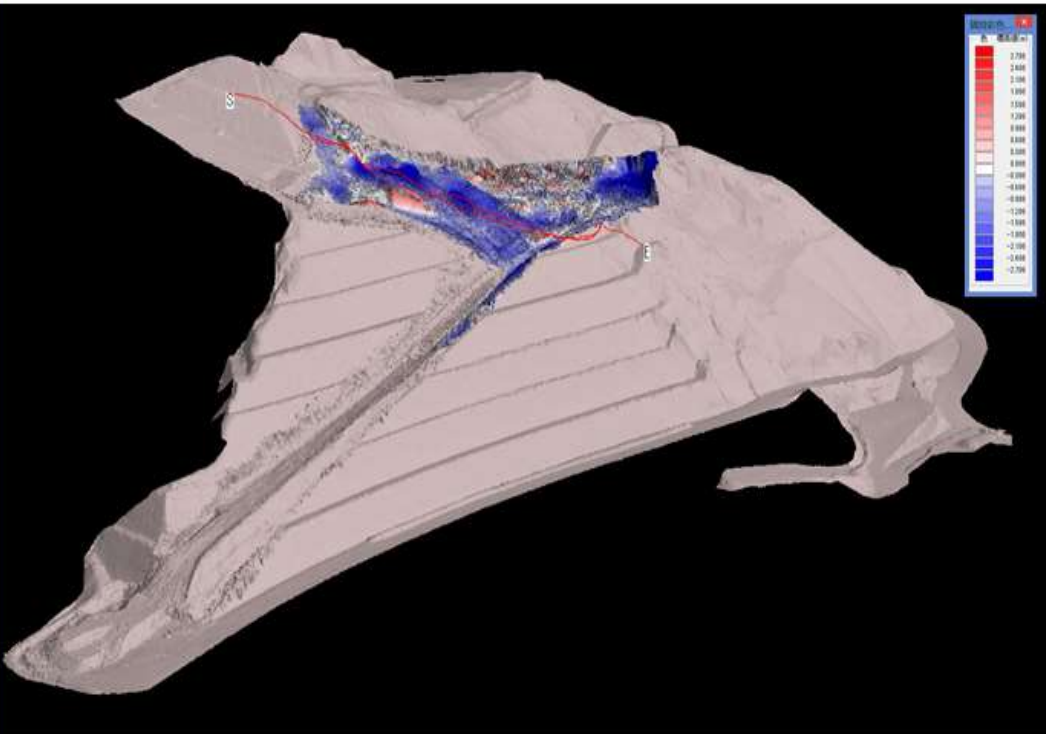
	設計 総数量(m³)	今週の施工数量(m³)		累積 施工数量(m³)	進捗率(%)		進捗判定 川崎調/遅延
		予定	実施		予定	実施	
切土	1,197,539.3	5,409	5,444	34,436	2.8	2.9	川崎調
盛土	131,603.1	0	0	0	0	0	-

進捗判定の凡例
順調 : 予定進捗率以上
遅延 : 予定進捗率未満

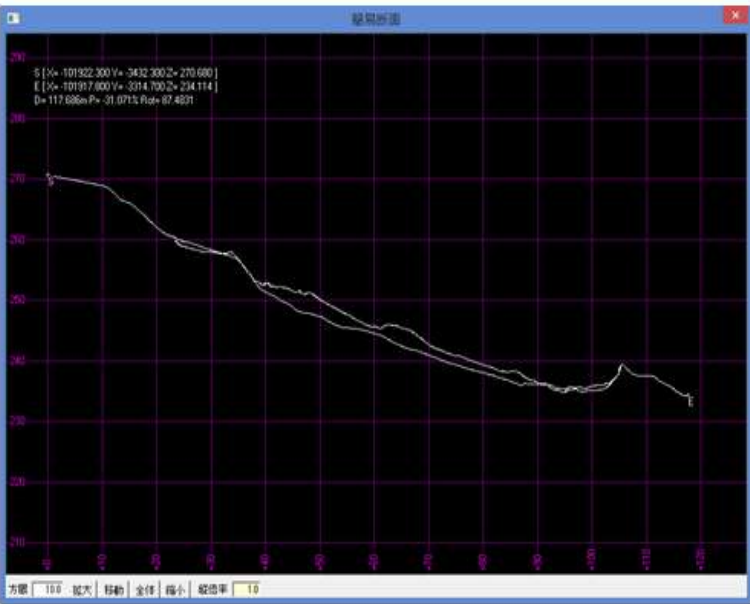
遅延の原因

対策

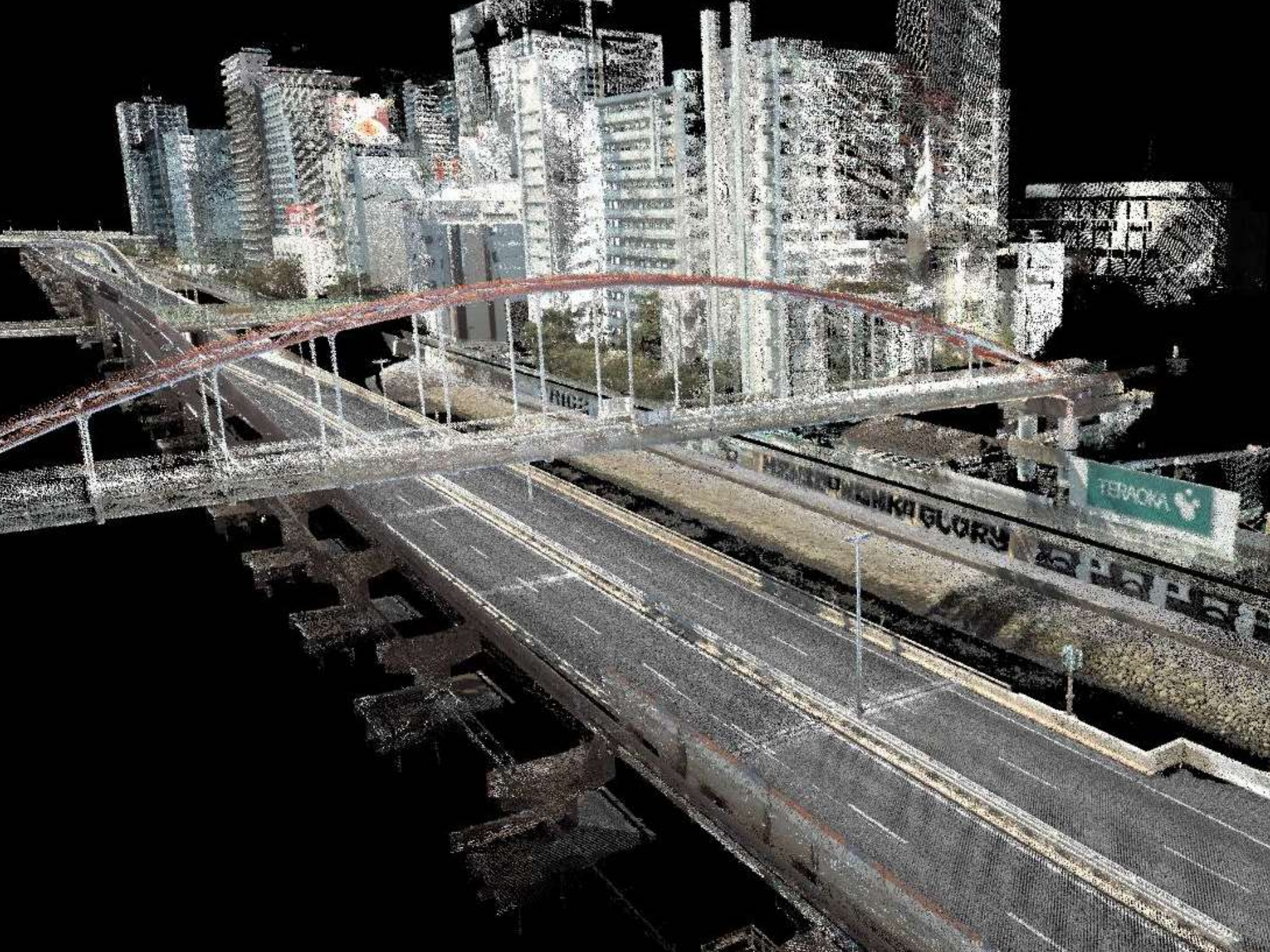
変化量分布



断面図







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)抜粋

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)

平成28年3月

国土交通省

1-2-2 UAVの性能とデジタルカメラの計測性能及び精度管理

空中写真測量(UAV)による出来形計測で利用するUAVおよびデジタルカメラは、下記の測定精度と同等以上の計測性能を有し、適正な精度管理が行われている機器であること。受注者は、本管理要領に基づいて出来形管理を行う場合は、利用するUAVおよびデジタルカメラの性能について監督職員に提出すること。以下に、UAVおよびデジタルカメラの性能基準を示す。

計測性能：地上画素寸法が1cm/画素以内

測定精度：±5cm以内

(カタログ記載に加え、第2編 第4章 精度確認試験による現場確認を行うこと。)

1) 撮影計画立案時の留意点

進行方向のラップ率は90パーセント以上とすること。

隣接コースとのラップ率は60パーセント以上とすること。

対地高度は、50m程度とし、地上画素寸法は1cm/画素以下とすること。

高低差があり、等高度での一度の撮影では、モデル全体の地上画素寸法が確保できない場合は、飛行を数回に分けることを検討すること。

飛行状況



通常時
(5m/s)



iCon対応
(1m/s)



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)比較

フライト比較

	飛行高度	焦点距離	地上解像度	ラップ率	飛行速度	飛行時間	作業時間	写真枚数
大林標準	60m	16mm	2cm	80-60%	5m/s	約3分	約10分	約160枚
i-Con対応	60m	30mm	1cm	90-60%	1m/s	約30分	約90分	約1000枚

※1フライト15分程度としているため、i-Con対応フライトは3回に分けてフライトを実施

解析比較

	対象面積	概略解析	基準点検証	本解析	計
大林標準	約2.5ha	0.5h	0.5h	0.2h	1.2h
i-Con対応	約2.5ha	4.5h	2h	4.5h	11.0h

※解析ソフトはAgisoft社製のPhotoScanProを使用

フライトプラン（通常時）

Survey (Grid)

Grid Options

- Distance between lines [m]: 5
- OverShoot [m]: 0
- OverShoot [m]: 0
- LeadIn [m]: 0
- StartFrom: TopRight
- Overlap [%]: 80.0
- Sidelap [%]: 60.0

Copier Options

- Delay at WP (sec): 0.0
- ☒ Heading Hold: 180
- ☐ Unlock from grid

Plane Options

- Alternate Lanes
- Min Lane separation: 0

Stats

Area:	24980 m ²	Pictures:	15	Flight Time (est):	3:18 Minutes
Distance:	0.79 km	No. of Strips:	8	Photo every (est):	234 Seconds
Distance between images:	12 m	Footprint:	18.1 x 58.8 m	Turn Dia (est):	7 m
Ground Resolution:	1.48 cm	Dist between lines:	10.00 m		

ラップ率

フライトプラン (i-Con対応①)

The screenshot displays the i-Con flight planning software interface. The main window shows a satellite map with a flight path marked by red and yellow lines. The path starts at a red dot, goes up to a green dot, then down to another green dot, and finally back to the start. A yellow arrow points from the 'Grid Options' section of the configuration panel to the 'Overlap [%]' setting.

Grid Options Configuration:

- Distance between lines [m]: 8.80
- OverShoot [m]: 0
- OverShoot [m]: 0
- LeadIn [m]: 0
- StartFrom: Home
- Overlap [%]: 90.0
- Sidelap [%]: 60.0

Other Configuration Options:

- Copter Options: Delay at WP (sec), Heading Hold, Auto Return
- Plane Options: Alternate Lines, Min Lane separation

Stats:

Area:	Distance:	Distance between images:	Ground Resolution:	Pictures:	No. of Strips:	Footprint:	Dist between lines:	Flight Time (est):	Photo every (est):	Turn Dia (at 450):	Ground Elevation:
9800 m ²	0.49 km	3 m	0.78 cm	41	3	47 x 312 m	10.8 m	18-16 Minutes	3-12 Seconds	0 m	14-34 m

ラップ率 (Lap Rate) is highlighted in red text, pointing to the 'Overlap [%]' setting.

フライトプラン (i-Con対応②)

Survey (Grid)

Simple Options

- Camera: a6000(30mm)
- Altitude (m): 60
- Angle [deg]: 190
- ☒ Camera top facing forward
- Flying Speed (est) (m/s): 1
- ☐ Use speed for this mission
- ☒ Add Takeoff and Land WP's
- ☒ Use RTL
- Split into x segments: 1

Display

- ☒ Boundary
- ☒ Markers
- ☒ Grid
- ☐ Internals
- ☐ Footprints
- ☒ Advanced Options

Control-S to save to file
Control-O to load from file

Stats

Area:	8992 m ²	Pictures:	40	Flight Time (est):	10:43 Minutes
Distance:	0.51 km	No of Strips:	4	Photo every (est):	3.12 Seconds
Distance between images:	3 m	Footprint:	47 x 31.2 m	Turn Dia (at 45d):	0 m
Ground Resolution:	0.78 cm	Dist between lines:	18.8 m	Ground Elevation:	31-73 m

Accept

フライトプラン (i-Con対応③)

The screenshot displays the i-Con flight planning software interface. The main window shows a satellite map of a residential area with a flight path overlaid. The path consists of a red boundary and two parallel yellow lines. The path is defined by a series of green and red markers. The right-hand panel contains configuration options for the flight mission.

Simple Options:

- Camera: a6008(10mm)
- Altitude (m): 60
- Angle (deg): 12
- ☒ Camera top facing forward
- Flying Speed (m/s): 1
- ☐ Use speed for this mission
- ☒ Add Takeoff and Land WP's
- ☒ Use RTL
- Split into x segments: 1

Display:

- ☒ Boundary
- ☒ Markers
- ☒ Grid
- ☐ Internals
- ☐ Footprints
- ☒ Advanced Options

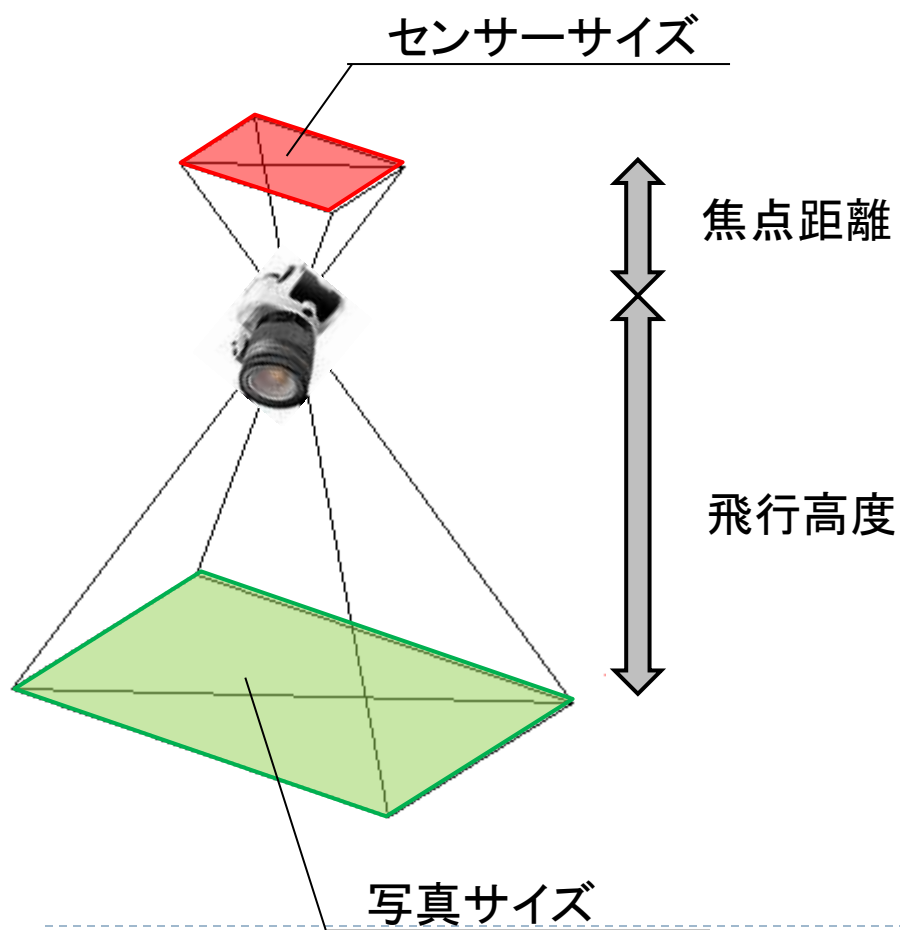
Control-S to save to file
Control-O to load from file

Stats:

Area:	2088 m ²	Pictures:	30	Flight Time (est):	8:11 Minutes
Distance:	0.28 km	No. of Strips:	3	Photo every (est):	3.12 Seconds
Distance between images:	3 m	Footprint:	47 x 31.2 m	Turn Dia (m 450):	0 m
Ground Resolution:	0.78 cm	Dist between lines:	18.8 m	Ground Elevation:	25-40 m

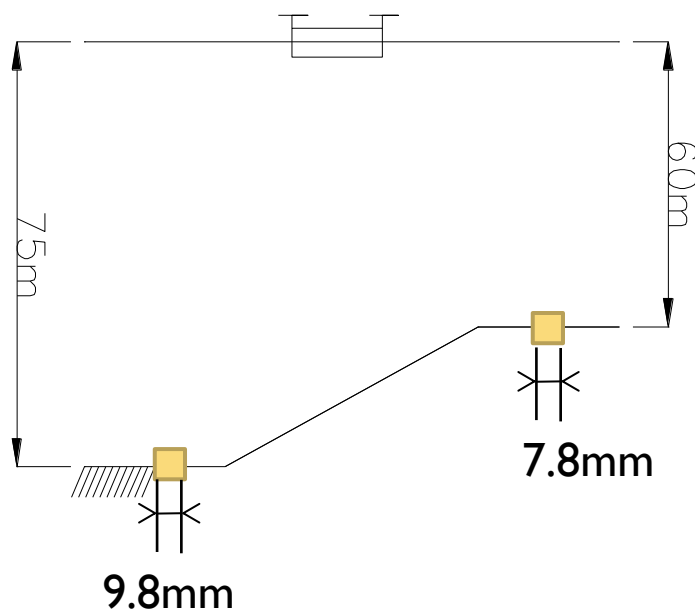
Footprint

地上画素寸法の考え方



$$\frac{\text{センサーサイズ}}{\text{焦点距離}} = \frac{\text{写真サイズ}}{\text{飛行高度}}$$
$$\frac{\text{写真サイズ}}{\text{カメラ解像度}} = \text{地上解像度}$$

検証（地上画素寸法について）



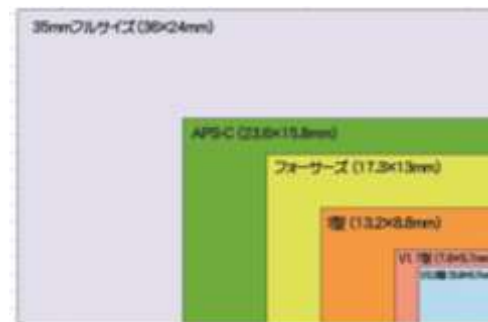
高度(m)	地上画素寸法(縦:mm)
60	7.8
75	9.8

空撮範囲の現況の高低差によって地上画素寸法が異なる
→今回は最大で地上画素寸法1cmを満足するように飛行計画を実施

- 事前に現況高低差を把握しなければならない。
- 高低差によってはフライト回数が増加する恐れがある。

地上画素寸法の計算

カメラ名	α6000	
センサーサイズ	23.5mm	15.6mm
解像度	6000	4000
焦点距離	30mm	



センサーサイズ

高度(m)	撮影幅(m)	撮影高さ(m)	地上画素寸法(横:mm)	地上画素寸法(縦:mm)
50	39.2	26.0	6.5	6.5
55	43.1	28.6	7.2	7.2
60	47.0	31.2	7.8	7.8
65	50.9	33.8	8.5	8.5
70	54.8	36.4	9.1	9.1
75	58.8	39.0	9.8	9.8
80	62.7	41.6	10.4	10.4
85	66.6	44.2	11.1	11.1
90	70.5	46.8	11.8	11.8
95	74.4	49.4	12.4	12.4
100	78.3	52.0	13.1	13.1

検証（地上画素寸法の確認）



標定点サイズ: 1m

写真ピクセル数: 120ピクセル

地上画素寸法
 $= 1000\text{mm} \div 120$
 $= 8.3\text{mm} < 10\text{mm}$

解析結果比較（標定点）

【標定点】

空中写真と測量の基準となる基準点および工事基準点と対応付けするために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量（UAV）の計測結果を現場座標系に変換するために使用する位置座標である。

大林標準

座標データ					
マーカー		東方向 誤差 (m)	北方向 誤差 (m)	高度 誤差(m)	誤差(m) シェクション
☒	D1	0.003577	0.010769	-0.012395	0.016805 13
☒	D2	0.004718	0.025055	-0.000588	0.025502 15
☒	D3	-0.005705	-0.002412	0.006307	0.008839 11
☒	D4	0.007761	-0.017343	-0.004431	0.019510 16
☒	D5	0.004193	0.006025	0.011658	0.013777 16
☒	D6	-0.009242	-0.006377	-0.006578	0.013014 20
☒	D7	-0.005380	-0.015646	0.005995	0.017598 21
☐	D8				
☐	D9				
合計 誤差		0.006092	0.014000	0.007824	0.017156

i-Con対応

座標データ					
マーカー		東方向 誤差 (m)	北方向 誤差 (m)	高度 誤差(m)	誤差(m) シェクション
☒	D1	-0.002986	0.003112	-0.015558	0.016145 48
☒	D2	0.004275	-0.001468	0.017355	0.017934 49
☒	D3	0.000309	0.002284	-0.012550	0.012759 33
☒	D4	0.000185	-0.001420	0.010562	0.010659 21
☒	D5	0.002646	0.001088	-0.002219	0.003621 45
☒	D6	0.008710	-0.007470	0.003008	0.011862 36
☒	D7	-0.013138	0.003874	-0.000608	0.013711 53
☐	D8				
☐	D9				
合計 誤差		0.006356	0.003607	0.010867	0.013096

解析結果比較（検証点）

【検証点】

空中写真によって取得した位置座標の計測精度を確認するために必要となる位置座標を持つ点であり、基準点あるいは、工事基準点上といった既設点や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を用いる。空中写真測量（UAV）の計測精度を確認するために、検証点における空中写真測量の算出結果と真値となる既知点あるいは測量した座標値を比較する。なお、検証点は、空中写真測量から得られる位置座標の確認に利用するため、空中写真測量の標定点として利用しない点である。

精度比較（検証点①）

	X	Y	H	dH
現場実測	86594.195	-82131.450	46.428	
大林標準	86594.196	-82131.426	46.436	0.008
i-Conフライト	86594.176	-82131.446	46.434	0.006

精度比較（検証点②）

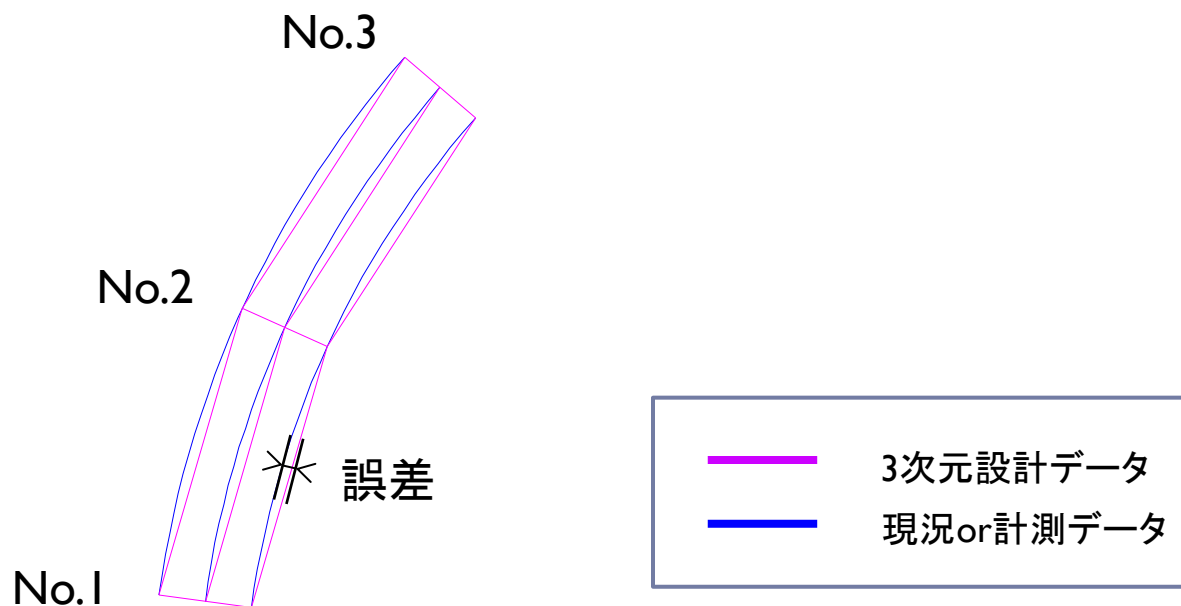
	X	Y	H	dH
現場実測	86587.838	-82174.96	48.082	
大林標準	86587.828	-82174.958	48.075	0.007
i-Conフライト	86587.890	-82174.982	48.121	0.039

検証（ラップ率変更）

	飛行高度	焦点距離	地上解像度	ラップ率	飛行速度	飛行時間
大林標準	60m	16mm	2cm	80-60%	5m/s	約3分
i-Con対応（ラップ率90%）	60m	30mm	1cm	90-60%	1m/s	約30分
i-Con対応（ラップ率80%）	60m	30mm	1cm	80-60%	2m/s	約15分
i-Con対応（ラップ率70%）	60m	30mm	1cm	70-60%	4m/s	約7.5分

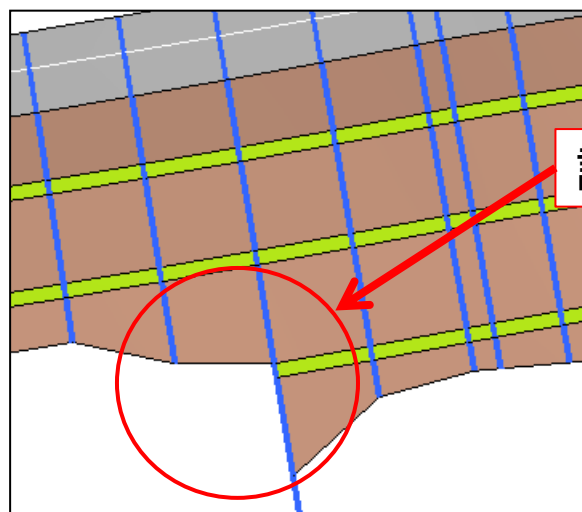
○ラップ率により飛行時間に大幅な差が発生する。

検証（設計データについて①）



3次元設計データは測点ベースの骨組みデータのため、TIN等の面データに出力した際は曲り区間は測点ごとに折れた形となる。

検証（設計データについて②）



設計TINデータ



出来形比較時

設計データ不足

3次元設計データは測点ベースの骨組みデータのため、TIN等の面データに出力した際に不足する箇所が発生する。

出来形合否判定総括表

工 種

道路土工

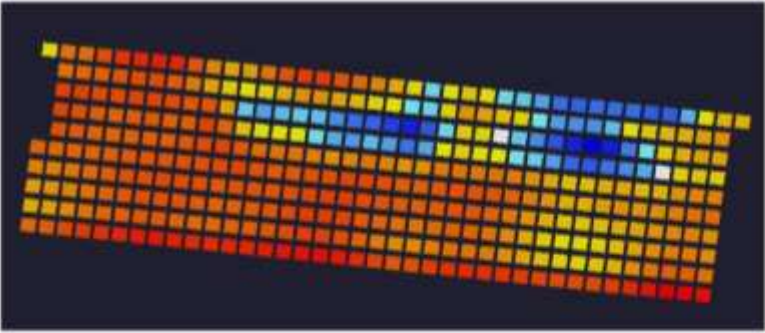
種 別

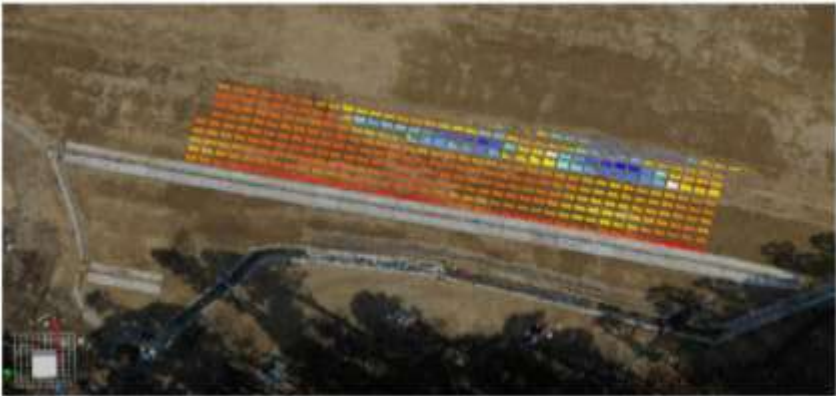
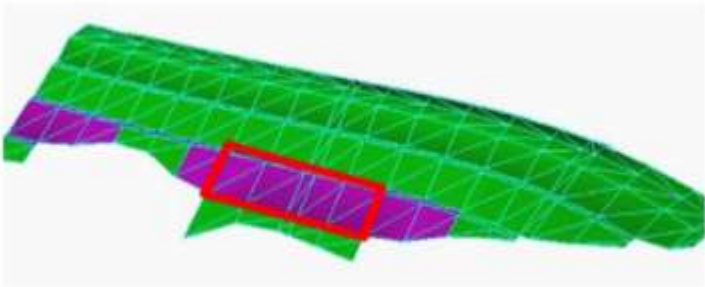
路体盛土工

測点

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				
	最大値(差)				
	最小値(差)				
	データ数				
	評価面積				
	棄却点数				
法面 標高較差	平均値	40	±80mm		 1m(メッシュの大きさ)<i-Construction仕様>
	最大値(差)	95	190mm		
	最小値(差)	-50	-190mm		
	データ数	377	1点/m2以上 (377点以上)		
	評価面積	377			
	棄却点数	0	0.3%未満 (1点以下)		



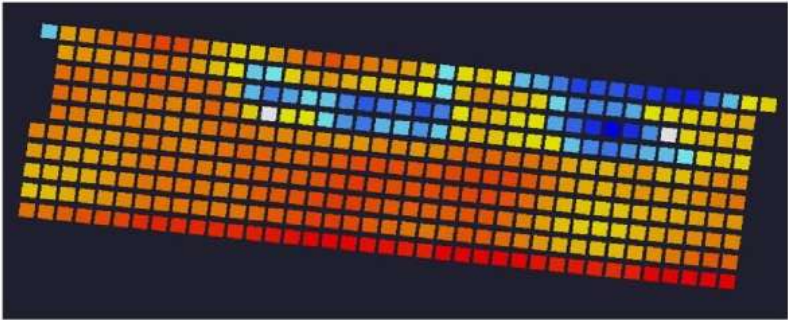
出来形合否判定総括表

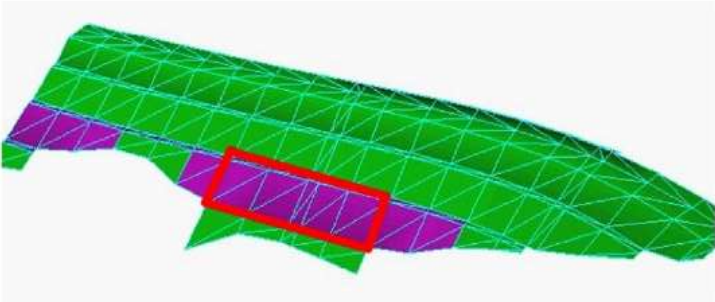
工 種 道路土工

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				
	最大値(差)				
	最小値(差)				
	データ数				
	評価面積				
	棄却点数				
法面 標高較差	平均値	37	±80mm		1m(メッシュの大きさ)＜大林仕様＞
	最大値(差)	109	190mm		
	最小値(差)	-47	-190mm		
	データ数	377	1点/㎡以上 (377点以上)		
	評価面積	377			
	棄却点数	0	0.3%未満 (1点以下)		



結論

- ▶ 地上解像度1cmの縛りがなくても、SfM解析では誤差が大きく出ると言われている法面部で十分な精度が出ている？
- ▶ ラップ率が90%でなくても当社実施例による80%でも十分な精度が出ている？
- ▶ よって、基準内にある「地上解像度1cm ラップ率90%」という規定ではなく、「出来形誤差にはいれば飛ばし方は問わない」という規定が望ましい！