2. ICT活用工事の手引き(解説)　【資料2－2】

i-Construction

ICT活用工事の手引き①

三重県県土整備部整備部　技術管理課

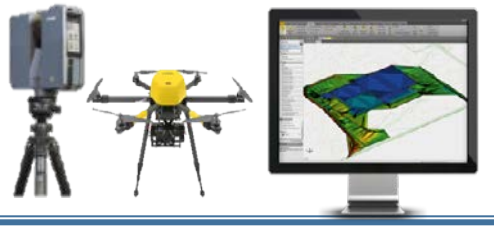
※本資料は「H29生産性向上(i-Construction)研修(中部地方整備局企画部)」を参考に作成しています。

ICT土工の流れについて

1－1：ICT土工の流れ

3次元起工測量

UAV写真測量
レーザスキャナ
を活用した
3D現況測量

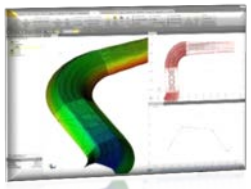


ポイント

- 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

3次元設計データ作成

発注図書（図面）から
3D設計データ
を作成する



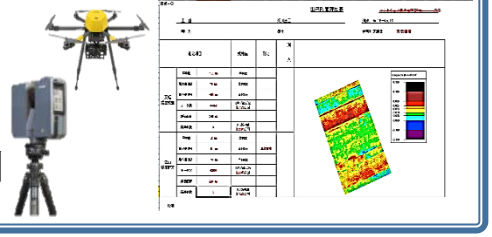
ICT建設機械による施工

3Dマシンコントロール
3Dマシンガイダンス
を利用した施工



3次元出来形管理等の施工管理

UAV写真測量
レーザスキャナ
を活用した
出来形管理計測

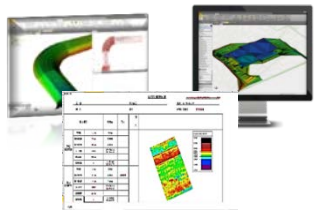


ポイント

- 新たな出来形管理基準
- 新たな出来形管理資料

3次元データの納品と検査

作成、利用した
3Dデータの納品



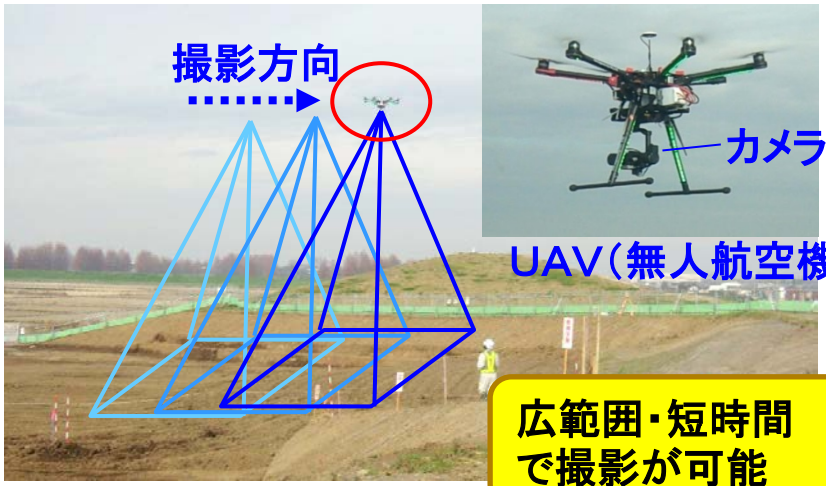
ポイント

- 新たな納品形式
- 書面確認事項
- 実地検査の手法

1－2：起工測量の3次元化

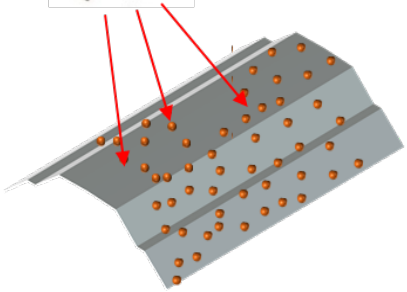
○UAV（無人航空機）により効率的・高密度に測量し、3次元地形図を作成

① UAV（無人航空機）による撮影



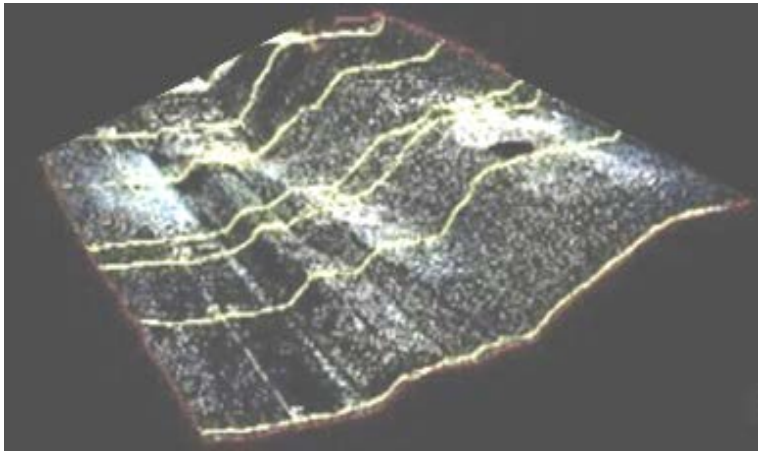
広範囲・短時間で撮影が可能


UAVを用いた写真測量

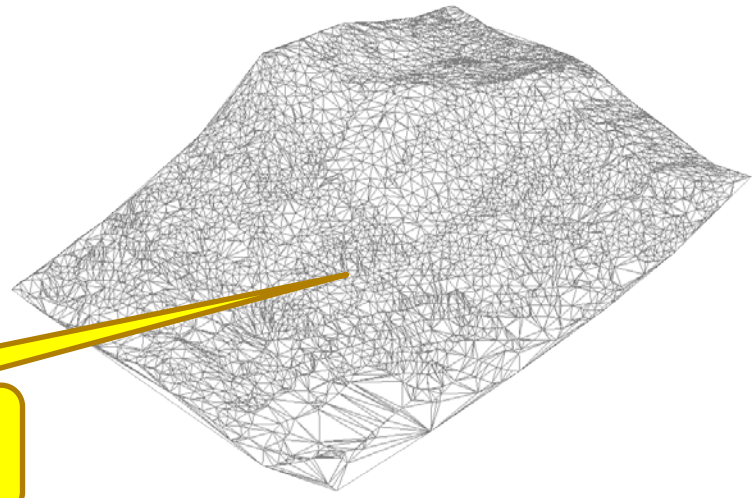


高密度に地表面データを点で取得

② 点群データの作成



③ サーフェスモデルの作成

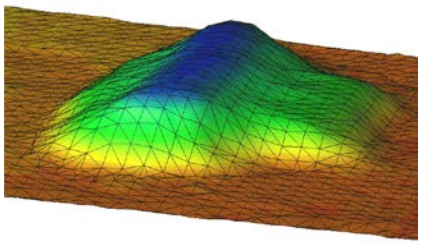


TIN（点を繋いだ三角形）で地形をモデル化

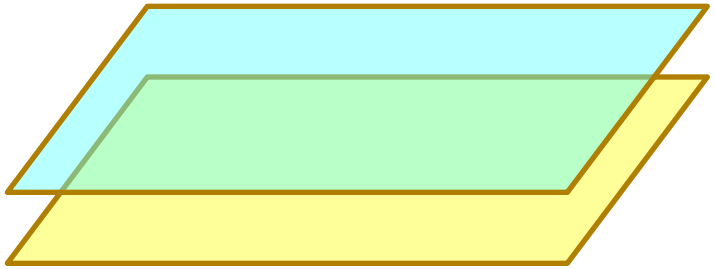
1－2：ICT土工の流れ（起工測量・出来形測量）

■i-Construction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

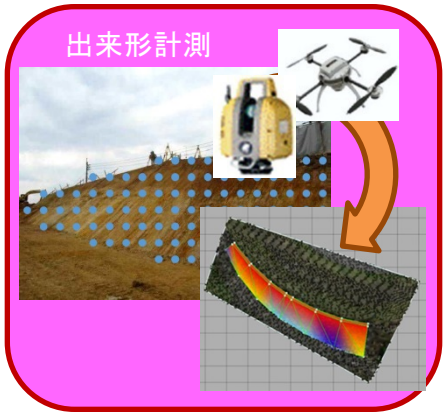


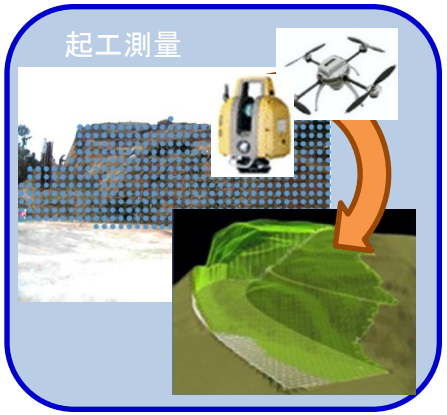
- 工事前のデータと設計データ
  施工する数量を確認する
- 工事前後のデータ
  施工した数量（出来高）を知る
- 工事後のデータと設計データ
  施工精度（出来形）を知る

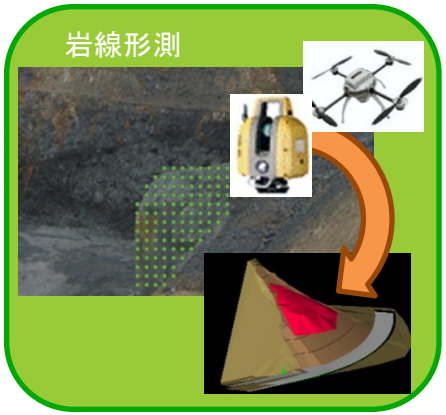
1－2：ICT土工の流れ（起工測量・出来形測量）

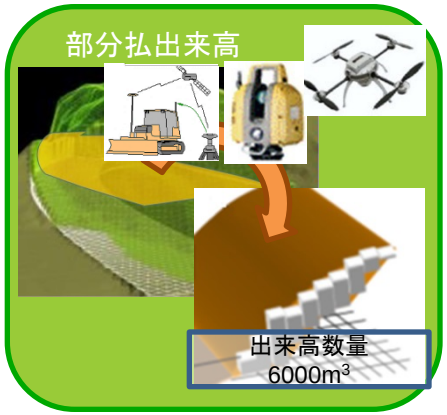
要求精度

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 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／1㎡（1m×1m） ※出来形計測時は1点以上/0.01㎡（10cm×10cm）にて実施
起工測量	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内		1点以上／0.25㎡（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／0.25㎡（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／0.25㎡（50cm×50cm） ※計測密度は上記以上を確保する設定









部の画素寸法は、「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）

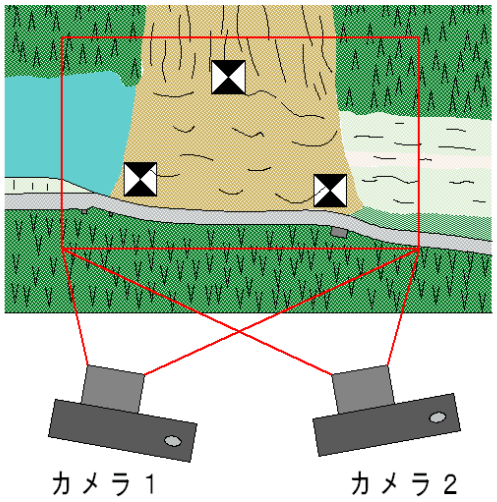
- デジタルカメラ画像を利用して測量する技術（デジタル写真測量）を指し、UAVに搭載したデジタルカメラで、空中から撮影する測量技術である。

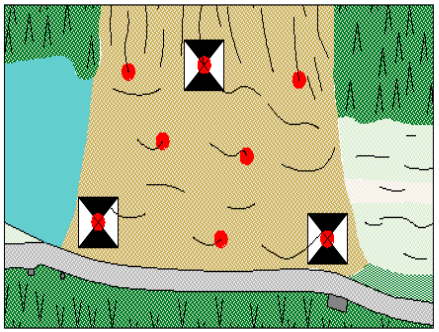
①標定点を設置し解析ソフトで校正したデジカメでステレオ撮影

②ステレオデータから同一点を抽出

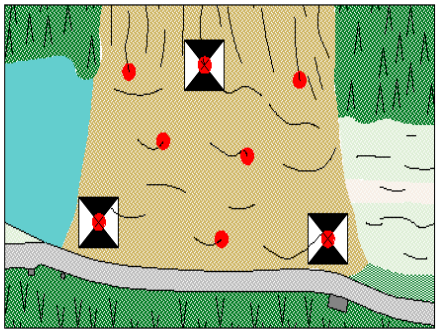
③標定点と抽出点の位置関係から座標を求める（点群データ）

④点群データから3D現況データを作成

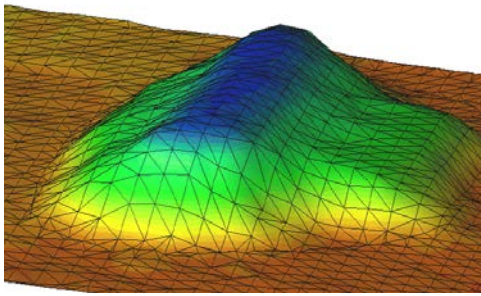




カメラ1データ



カメラ2データ



【デジタル写真測量】
・2箇所以上から撮影した写真（ステレオ写真といいます）から物体の三次元の形を計測することを写真測量といいます。
・デジタルカメラのデジタル画像に写真測量の原理を応用した技術をデジタル写真測量といいます。

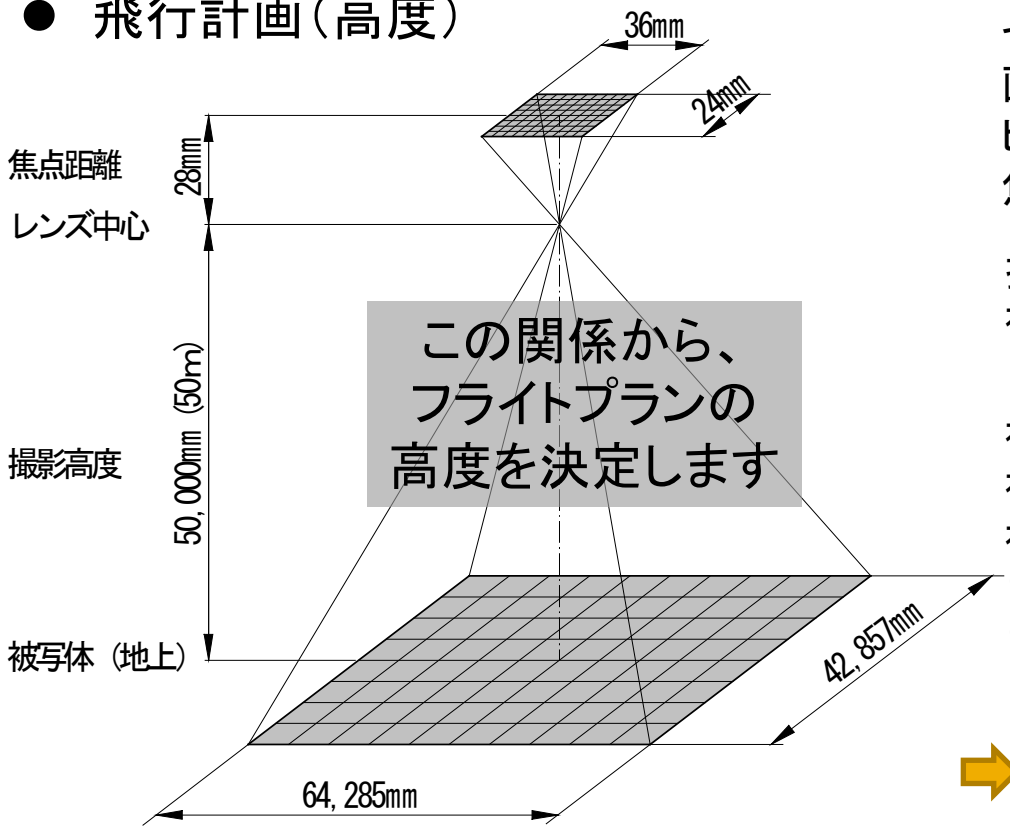
1－2：ICT土工の流れ（起工測量・出来形測量）

空中写真測量の計測プロセスの規定

- デジカメの条件

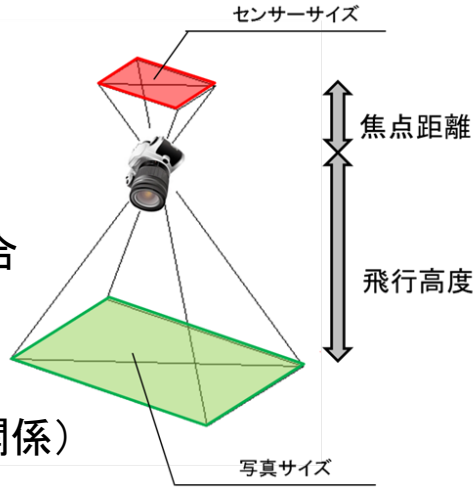
計測性能：地上画素寸法が1cm/画素以内
測定精度：±5cm以内（精度確認試験を実施すること）
必要に応じて製造メーカ等による機能維持のための点検を実施すること。

- 飛行計画（高度）



この関係から、
フライトプランの
高度を決定します

○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**

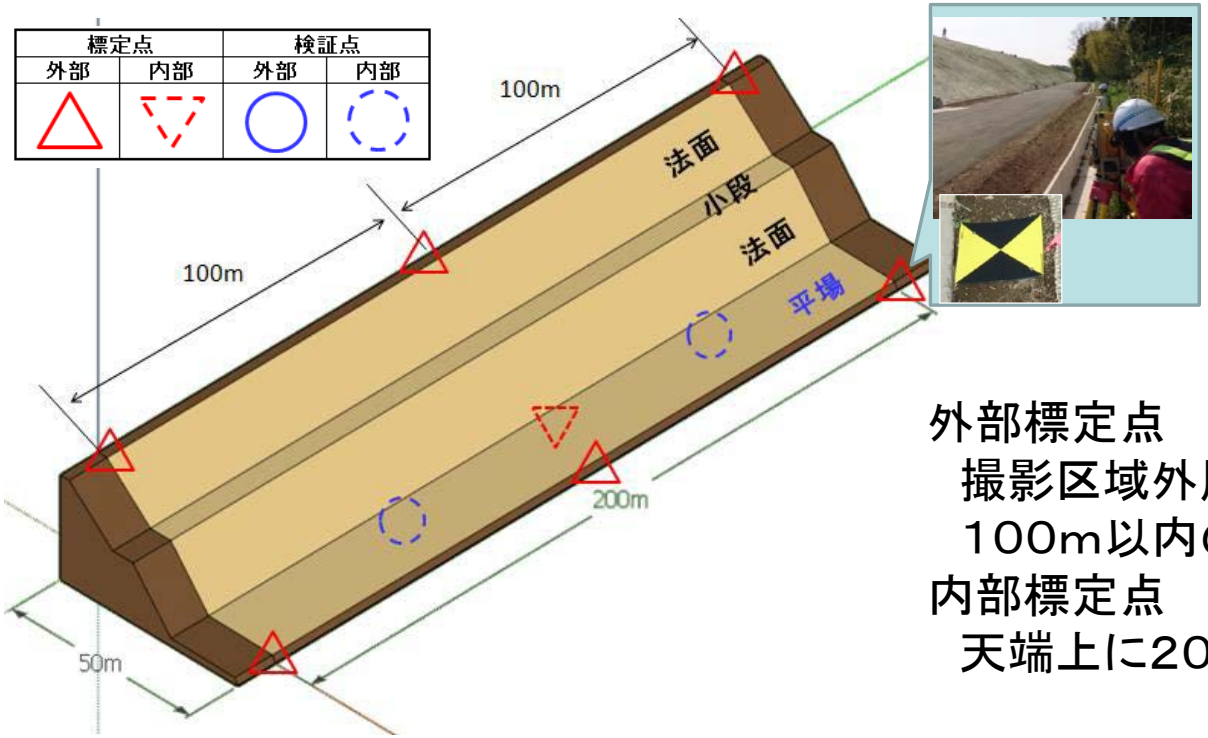
計測プロセスの規定

● 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

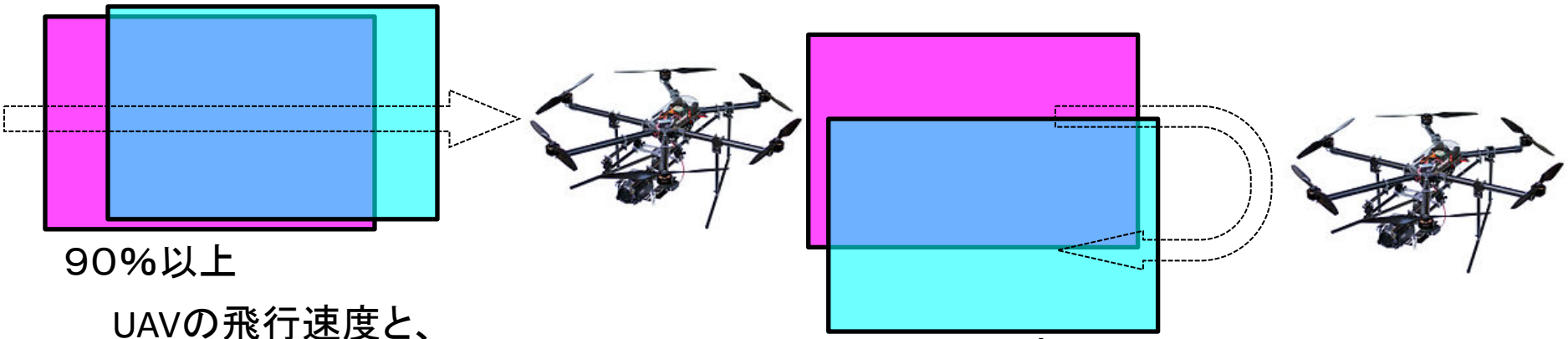


外部標定点
　撮影区域外周に
　100m以内の間隔で設置
内部標定点
　天端上に200m間隔程度で設置

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　90%以上　隣接コース　60%以上　ラップすること



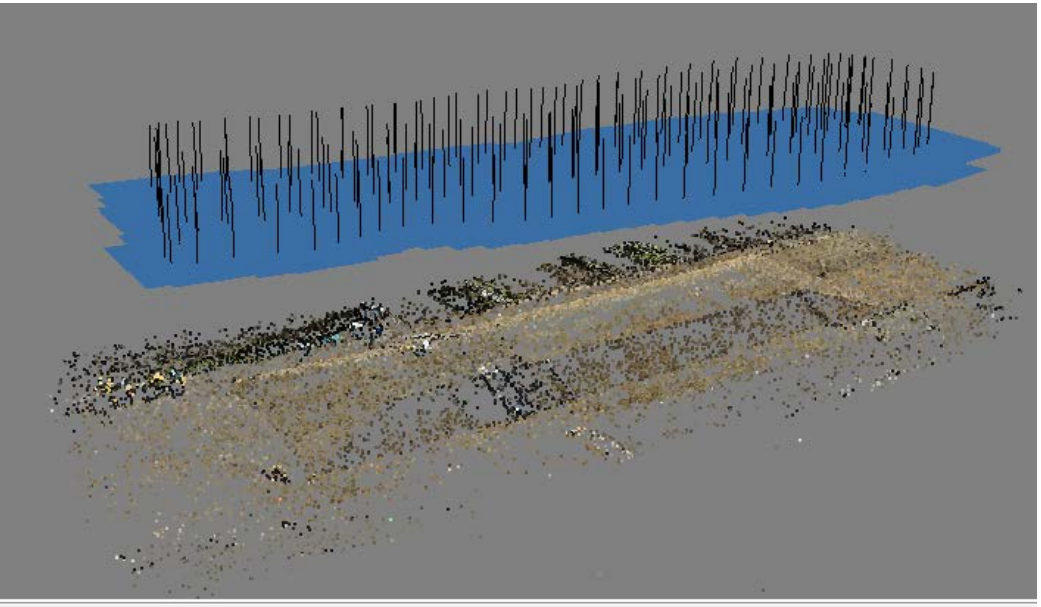
この関係から、
UAV速度、レーン間隔
シャッター間隔
を決定し、飛行計画に盛り込む

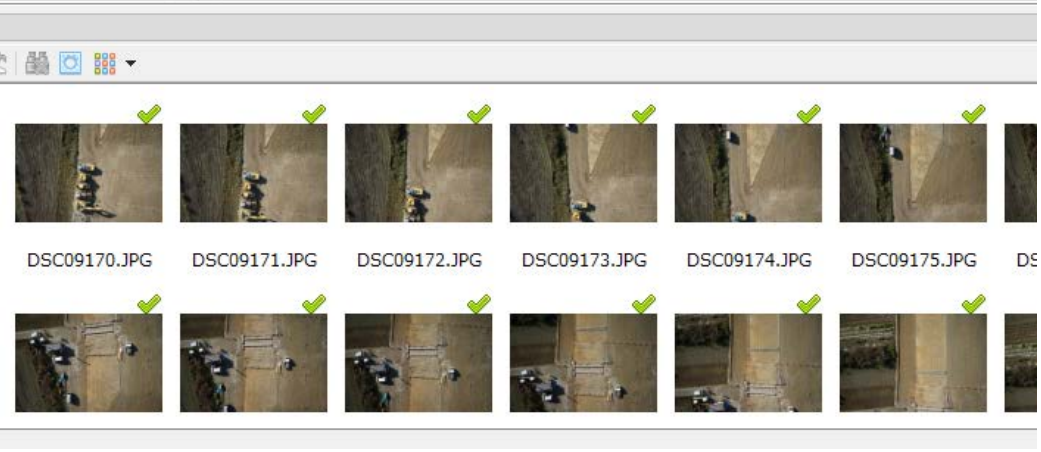
1－2：ICT土工の流れ（起工測量・出来形測量）

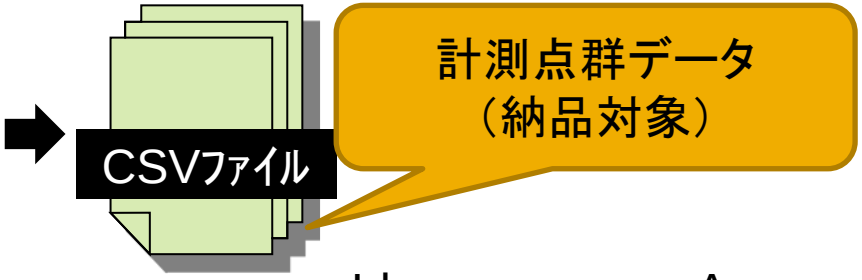
連続写真をSfMソフトに読み込み写真解析

SfM (Structure from Motion)

・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







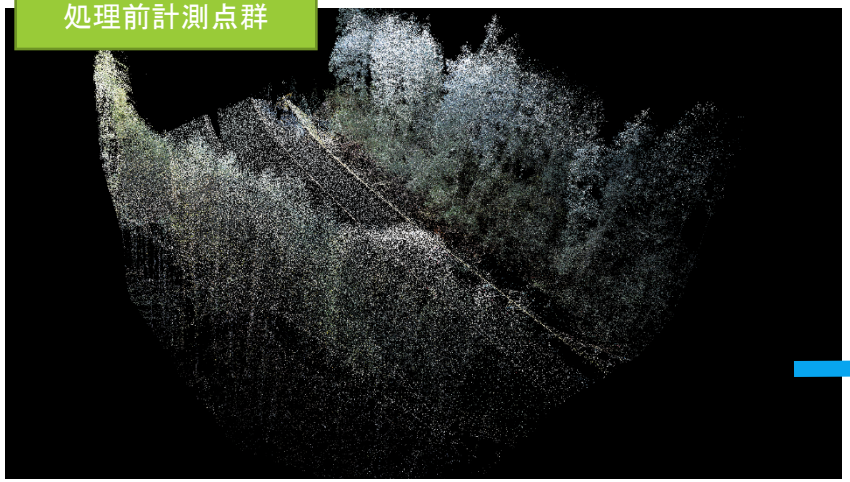
Idn，xn，yn，zn，An
（ID番号，緯度，経度，標高，ｽﾃｰﾀｽ）



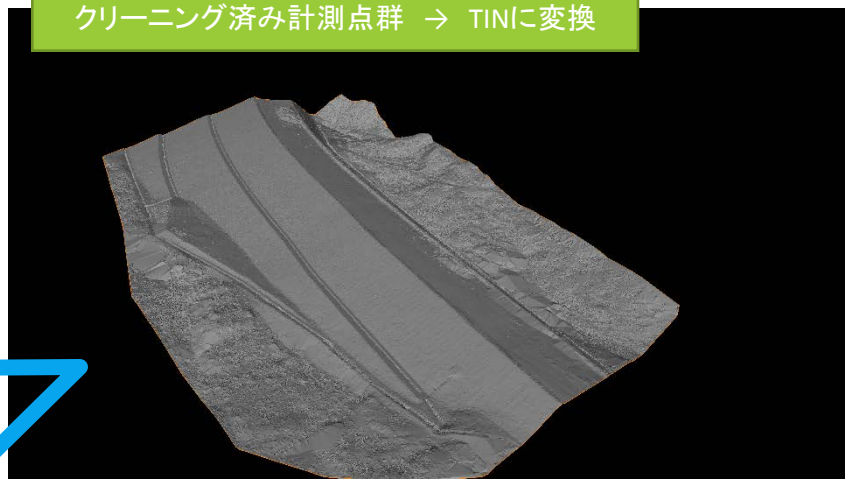
1－2：ICT土工の流れ（起工測量・出来形測量）

点群データ取得からデータ処理の流れ（概要）

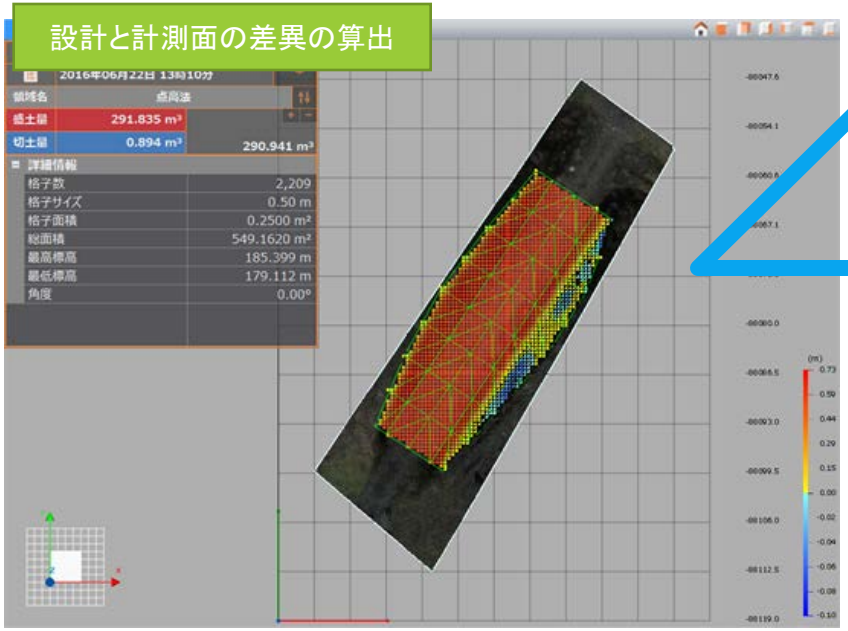
処理前計測点群



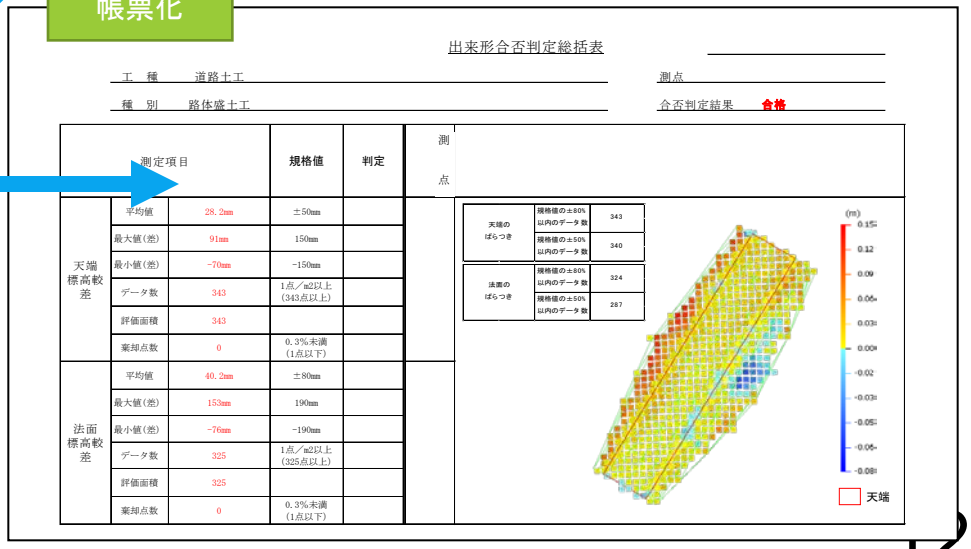
クリーニング済み計測点群 → TINに変換



設計と計測面の差異の算出



帳票化



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

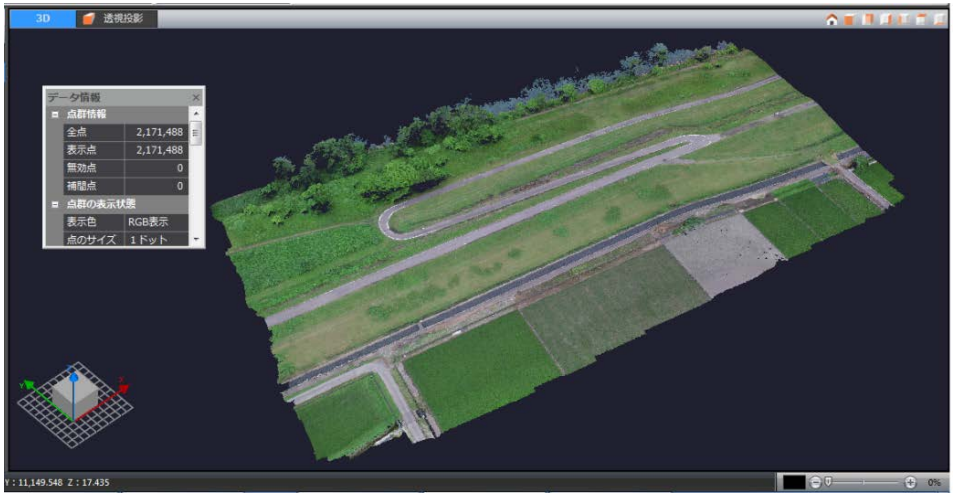
測定項目			規格値	判定	測点
天端標高較差	平均値	28.2mm	±50mm		
	最大値(差)	91mm	150mm		
	最小値(差)	-70mm	-150mm		
	データ数	343	1点／m2以上(343点以上)		
	評価面積	343			
	棄却点数	0	0.3%未満(1点以下)		
法面標高較差	平均値	40.2mm	±80mm		
	最大値(差)	153mm	190mm		
	最小値(差)	-76mm	-190mm		
	データ数	325	1点／m2以上(325点以上)		
	評価面積	325			
	棄却点数	0	0.3%未満(1点以下)		

天端のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	343
	規格値の±50%以内のデータ数	340
法面のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	324
	規格値の±50%以内のデータ数	287

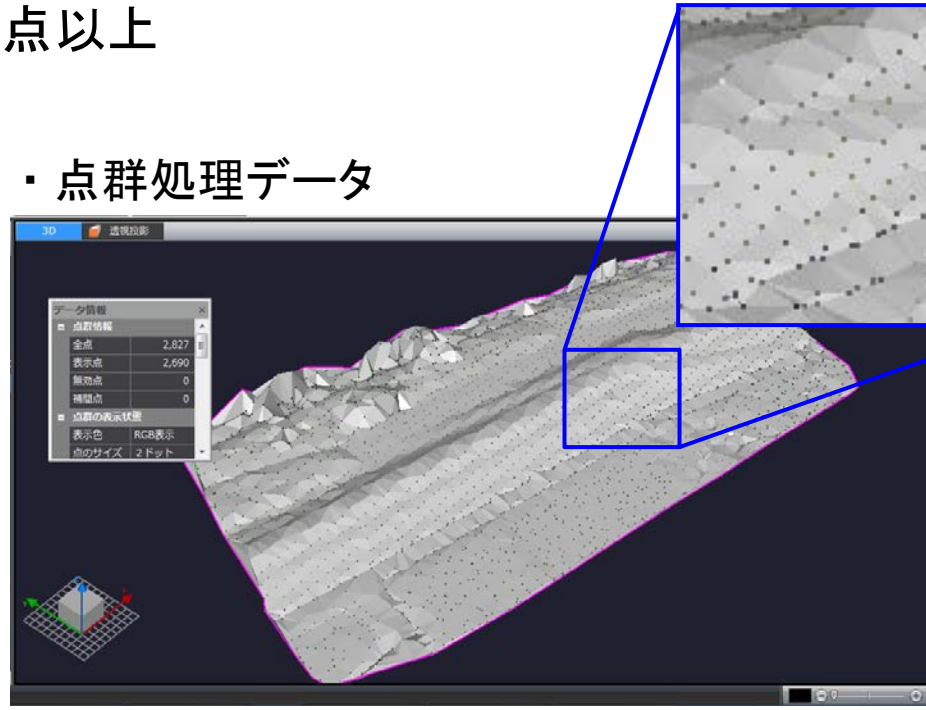
点密度の規定

- 点群データの取得密度 (起工測量と出来形管理で違う)
  - 出来形計測データ　：0.01㎡当り１点以上　(10cm×10cmに１点)
  - 数量算出岩線データ　：0.25㎡当り１点以上　(50cm×50cmに１点)
  - 起工測量計測データ　：0.25㎡当り１点以上　(50cm×50cmに１点)
  - 出来形評価用データ　：１㎡当り１点以上

・画像データ



・点群処理データ

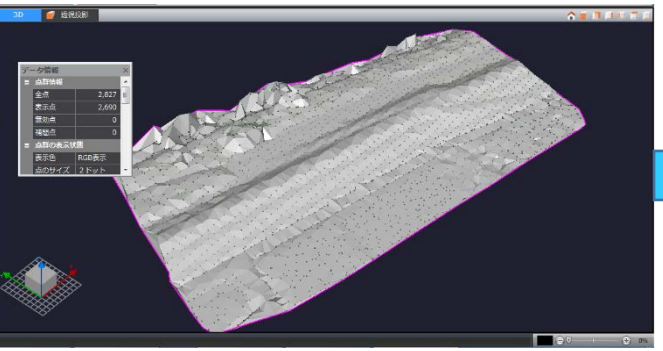


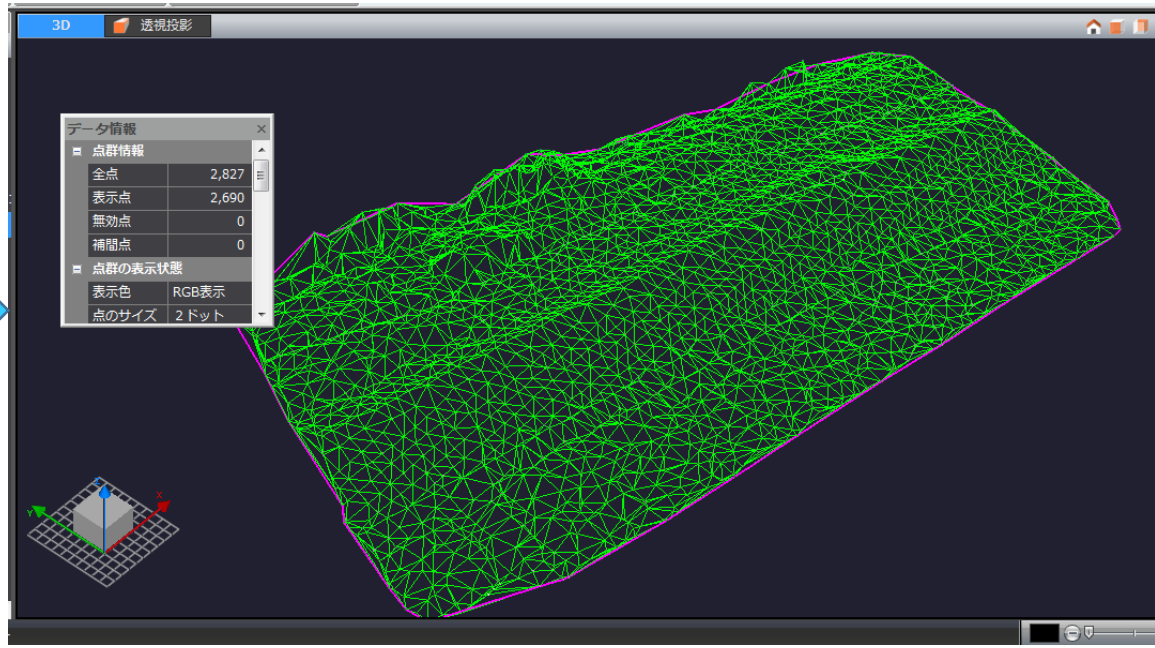
数量算出・納品に供するﾃﾞｰﾀ形式

- 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



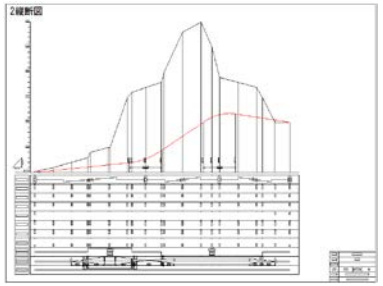


※TIN（Triiangulated Irregular Network：不規則三角形網）

※資料提供：福井コンピュータ㈱

3次元設計データの作成手順とイメージ





○完成に至るすべての施工プロセスで面的な管理を行うための3次元図面作成

平面線形

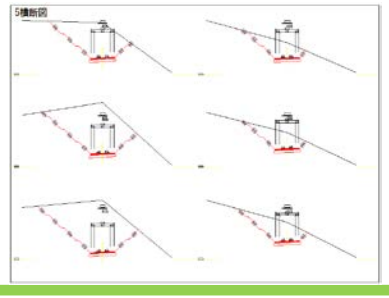
縦断線形

道路中心線形

・中心線形
・横断形状
の構成要素間を補完

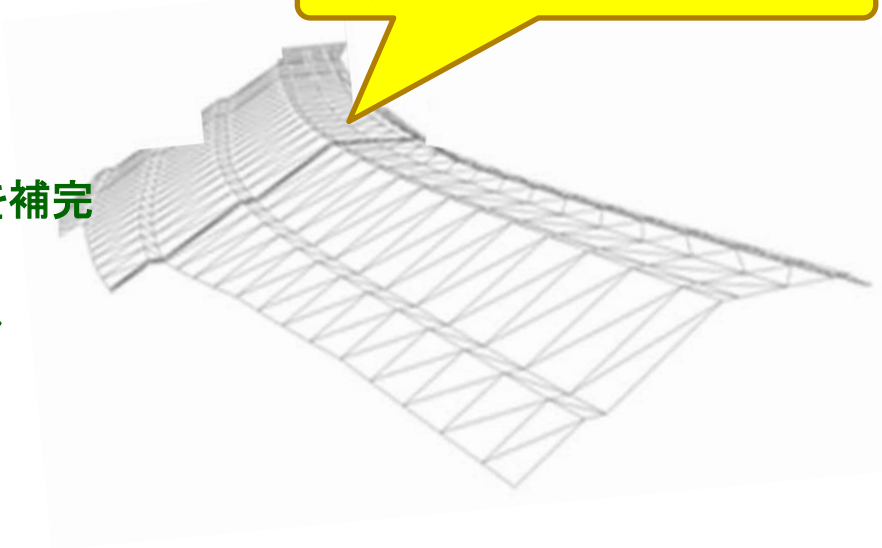
横断面形状

横断面形状



スケルトンモデル

地表面を表す面的なデータ

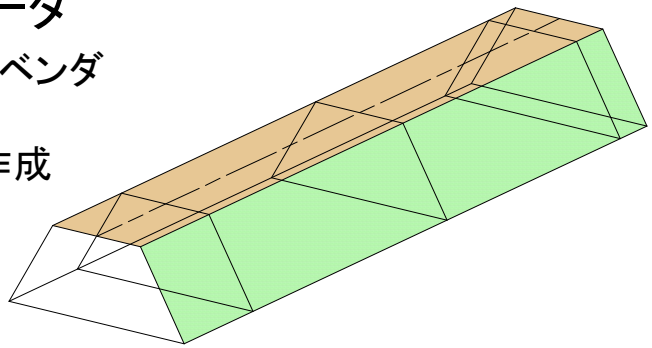


サーフェスモデル

3次元データの利用用途

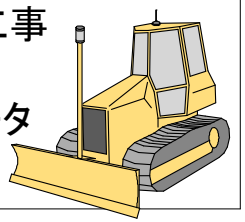
3次元設計データ

建設系ソフトウェアベンダが提供する、3次元設計データ作成ソフトウェアでデータを作成してそれぞれの場面に受け渡す事が可能



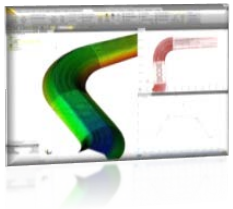
3DMC、3DMG用 3次元設計データ（各社のフォーマット）

3次元ICT活用工事を行うためのマシン搭載データ



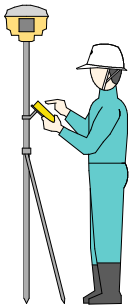
設計変更、数量算出

設計データと現況データとを比較して設計変更数量算出に活用



3次元出来形管理用設計データ（LandXML）

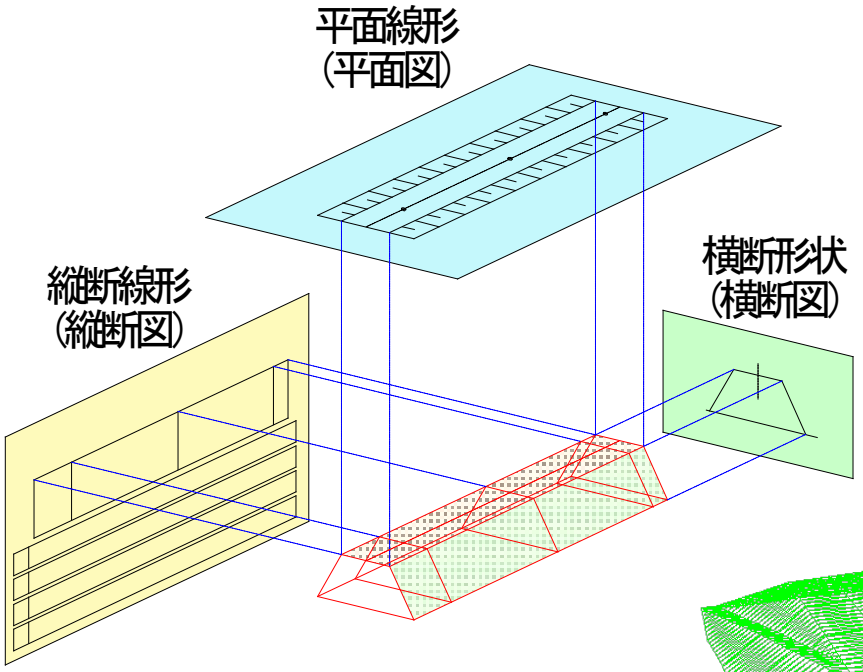
UAV，LSの出来形管理データと比較するための設計データ



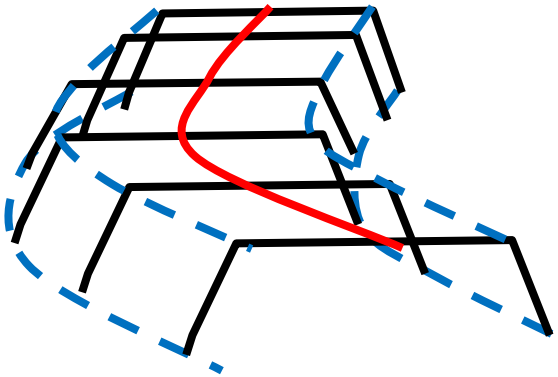
1－3:ICT土工の流れ（3次元設計データ作成）

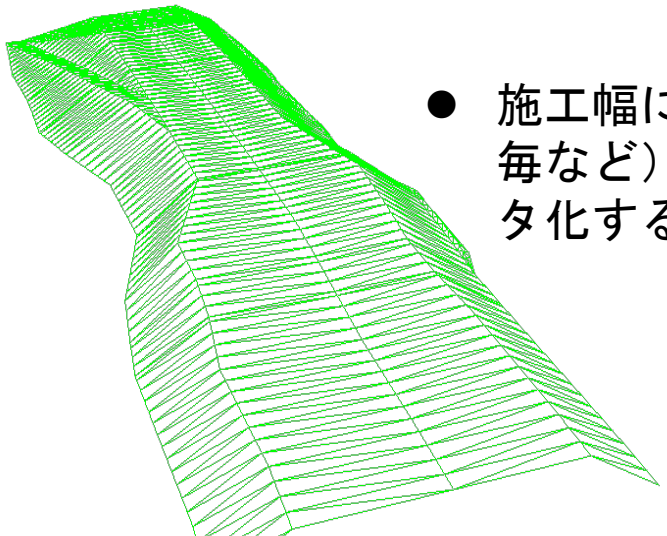
3次元設計データの作成概要

- 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

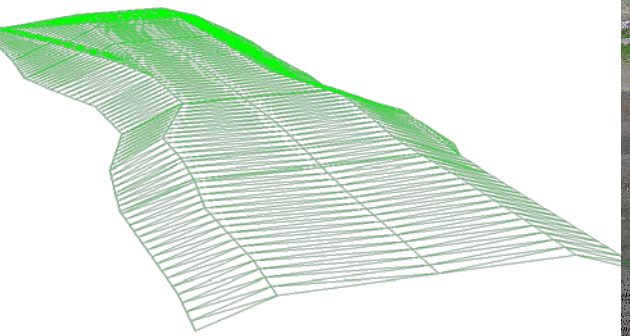
設計照査・現況地形との摺り合わせ

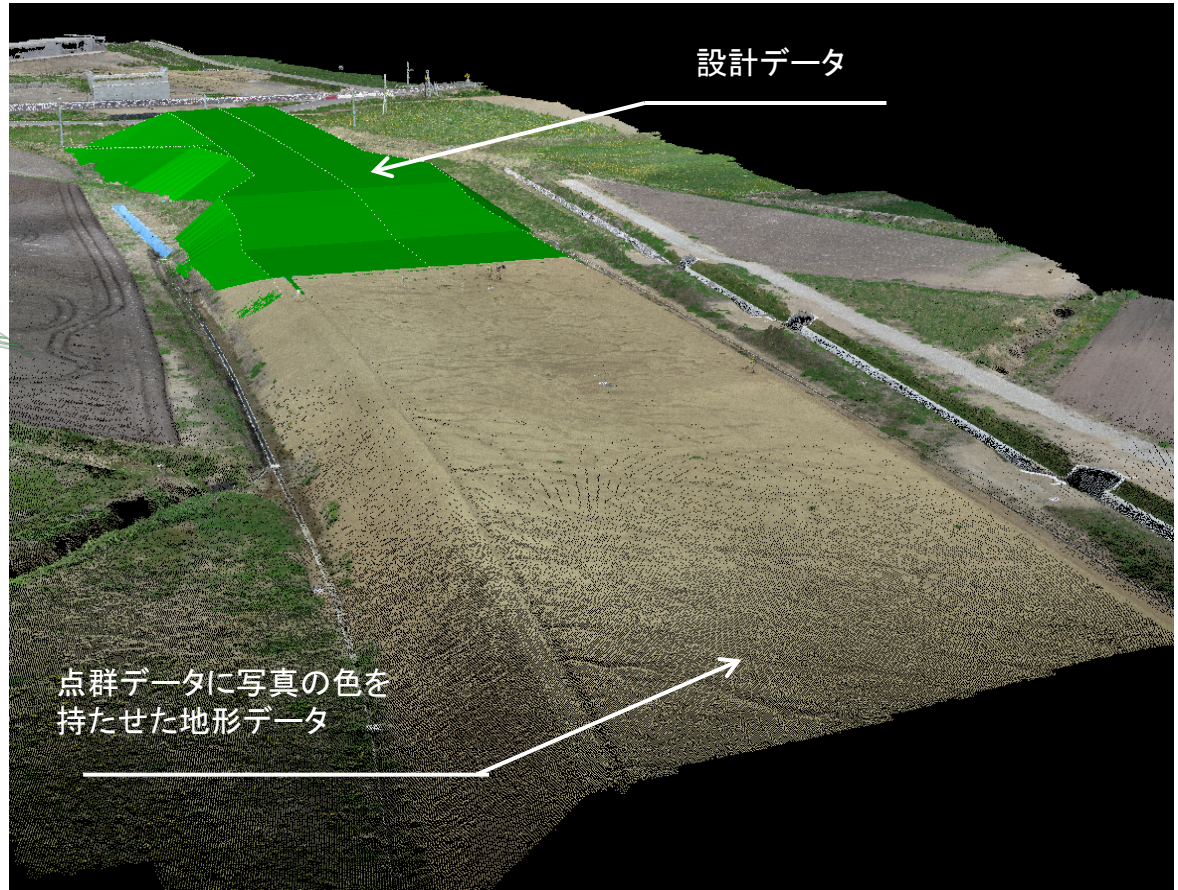
□設計・地形データ結合

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。



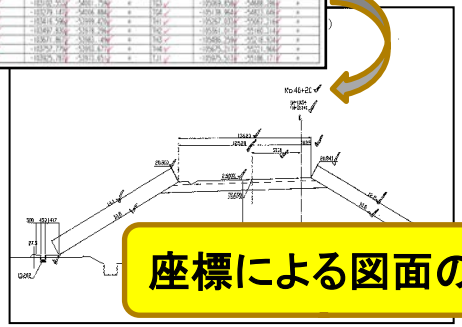


1－3：3次元測量データによる設計照査・施工計画

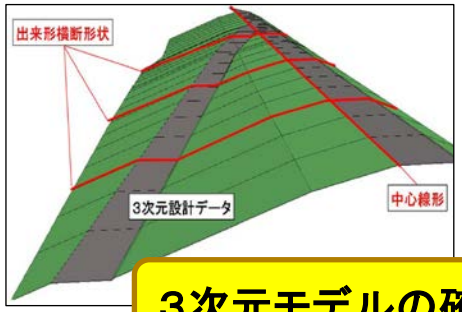
○ 3次元設計データにより設計照査は高度化・効率化され、土量（m3）は自動的に算出可能

設計照査

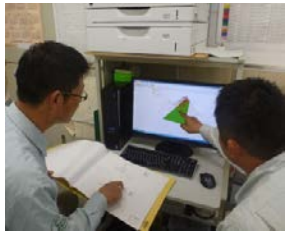




座標による図面の確認

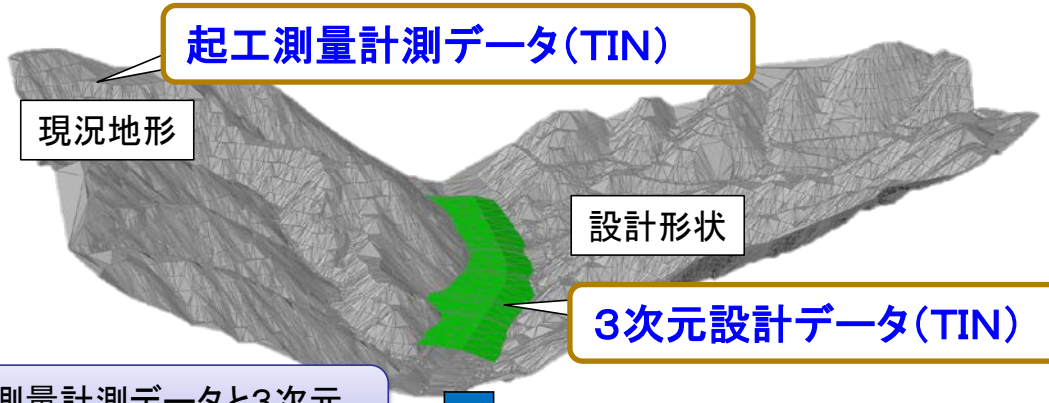


3次元モデルの確認



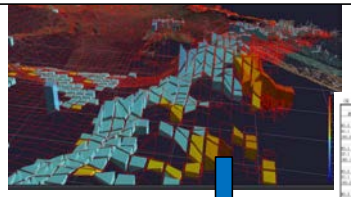
数量算出

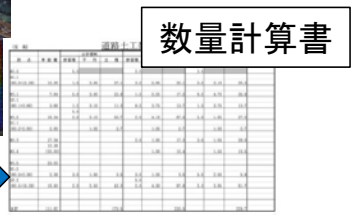
起工測量の計測データと3次元設計データから数量算出



起工測量計測データと3次元設計データを用いた数量算出

メッシュ法などによる数量算出





数量計算書

1－4：3次元設計データによる施工・施工監理

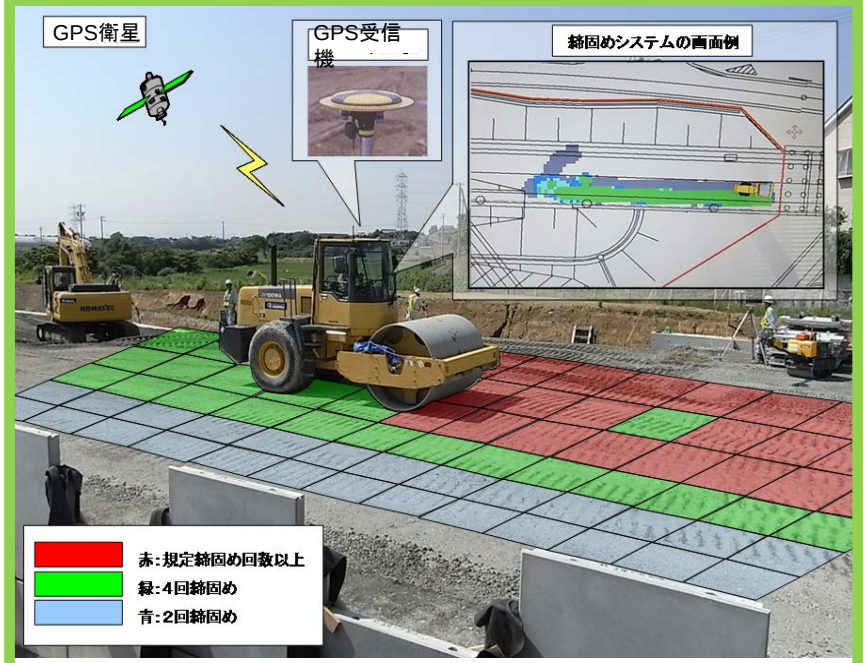
○3次元設計データをもとに、ICT建設機械により自動化された施工が可能

バックホウ掘削工の自動敷均し制御



バックホウに設置したGPS、ストロークセンサ、チルトセンサから得られるバケット刃先位置を、重機に搭載したモニターに、設計形状と比較表示する。現地丁張り無しの施工が可能になる。

GPSを用いた締固め管理システム



GPSを用いて、締固め機械の自己位置の計測を行い、施工箇所のメッシュを通過する回数をカウントするシステム（施工前に、回数と密度の相関を試験する）

1－4：情報化施工のための機器構成



チルトセンサ（アーム）
角度を測定。



コントロールボックス
3D施工データの読込。
油圧ショベルの切盛、
バケットの傾きを表示。



チルトセンサ（ブーム）
角度を測定。



無線機
基地局からの
補正情報を受
信。



移動局（GNSS受信機）
GPS+GLONASSの受信機。
油圧ショベルの3次元位置や
向きをリアルタイムに測定。



チルトセンサ（バケット）
角度を測定。



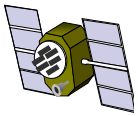


ピッチセンサ（本体）
油圧ショベルの
車体の傾きを測定。



基地局（GNSS受信機）
補正情報発信

1－4：マシンガイダンス（MG）バックホウ



人工衛星
GNSS（衛星測位システム）



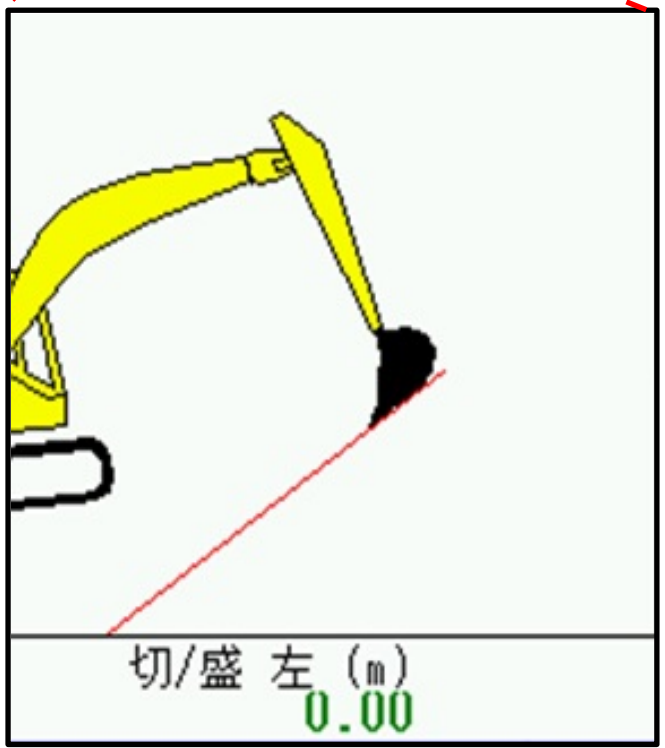


【MG（MachineGuidance）とは】
自機や刃先の位置と設計面との差をオペレータに案内（Guidance）し施工の補助をする。

基地局（GNSS受信機）補正情報発信

車載機（モニター）

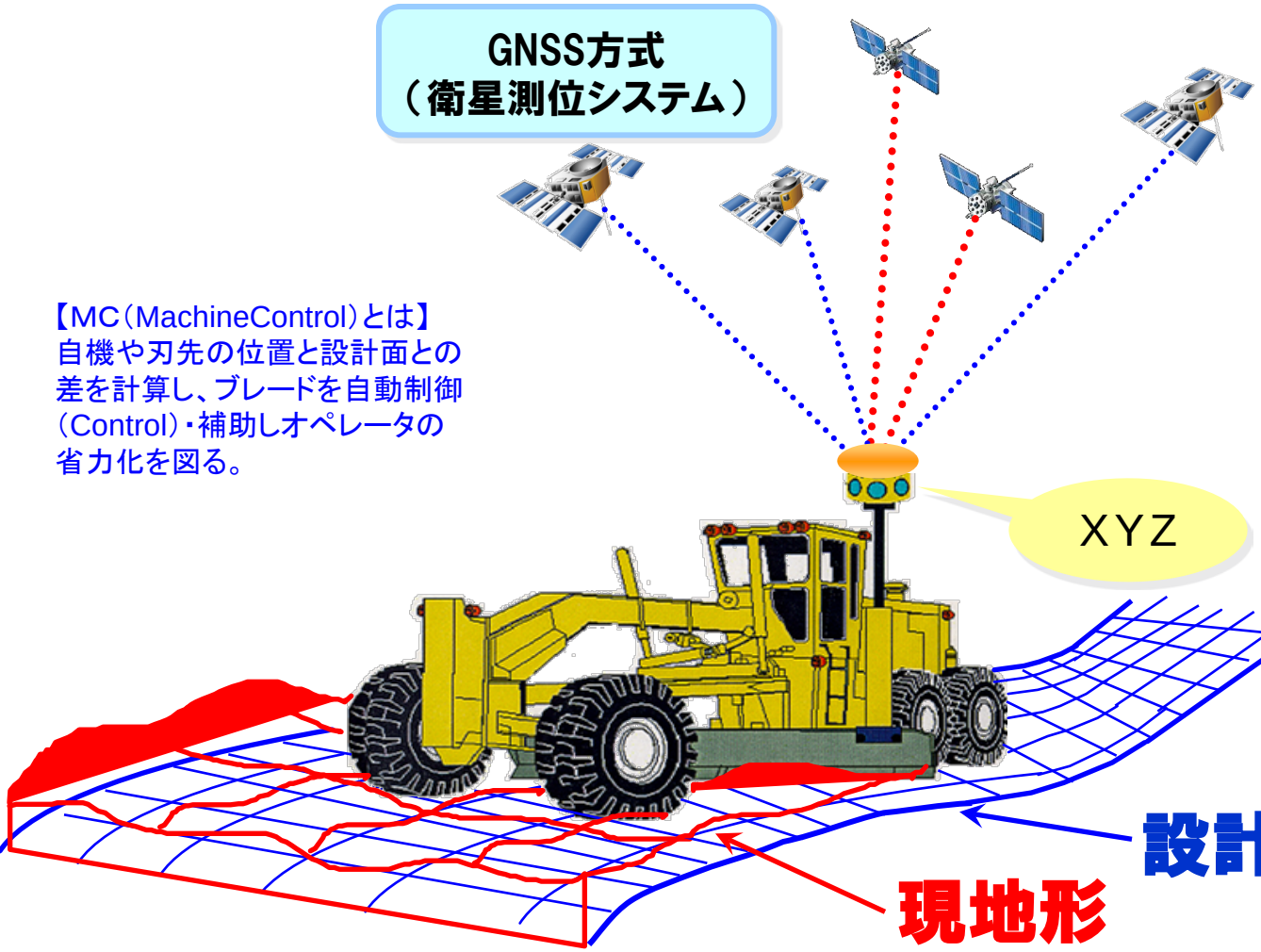




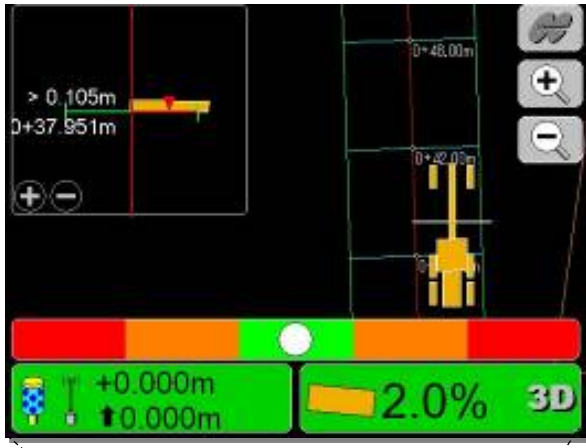
1－4：マシンコントロール（MC）グレーダー

➢ **排土板の高さ・勾配を設計面どおりに自動制御**

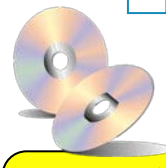
（モータグレーダ、ブルドーザで実用化）



【MC（MachineControl）とは】
自機や刃先の位置と設計面との差を計算し、ブレードを自動制御（Control）・補助しオペレータの省力化を図る。







デジタル
設計データ

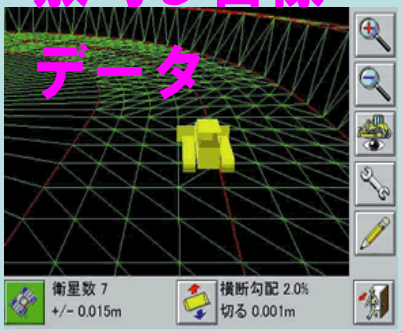
1－4：マシンコントロール（MC）ブルドーザ

人工衛星
GNSS（衛星測位システム）

設計データと現在の位置データを比較し、排土板を制御（高さ・勾配）するシステム

GNSS受信機

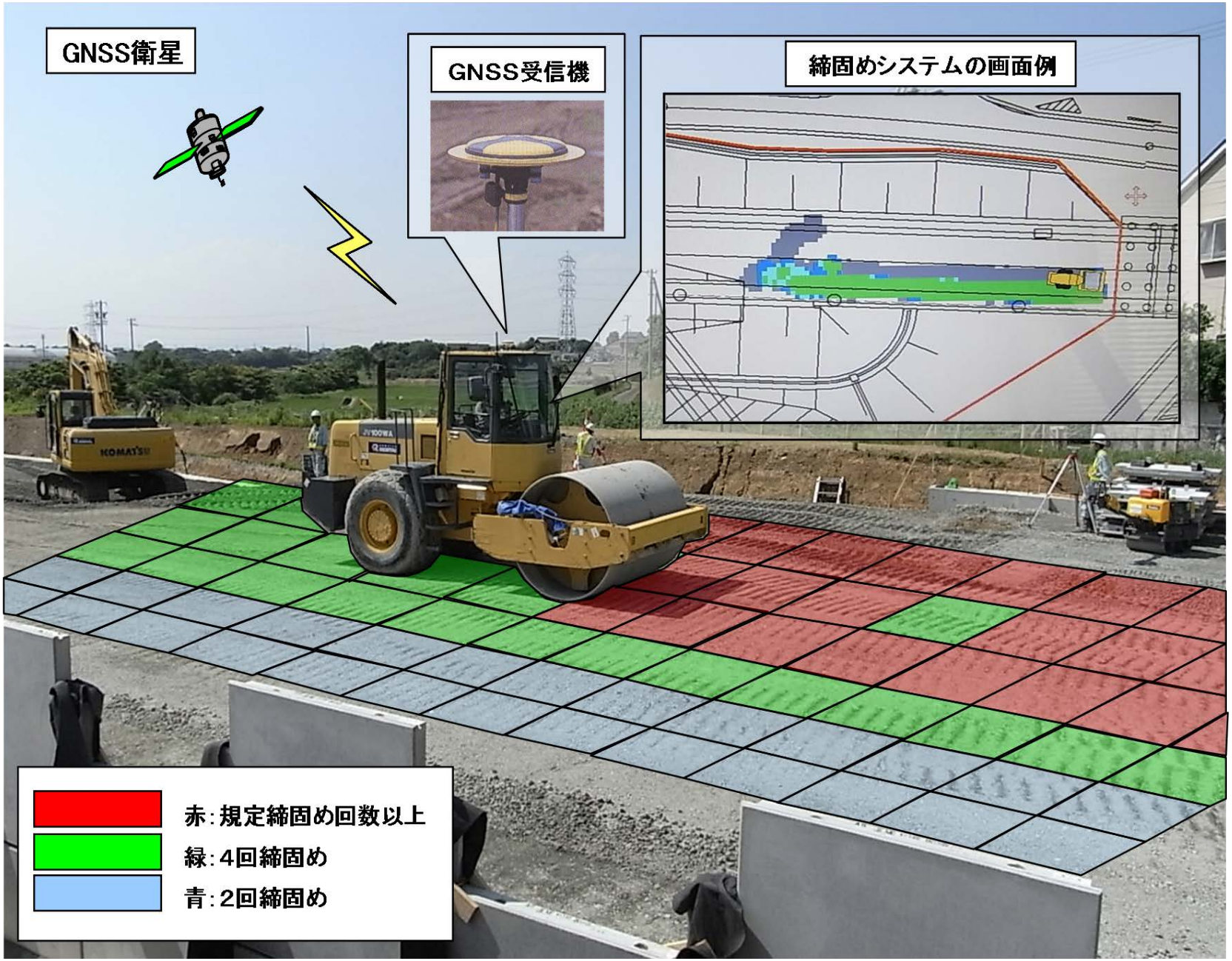
敷均し目標データ





オペレータ用のモニター

1－4：GNSSによる盛土締固め管理



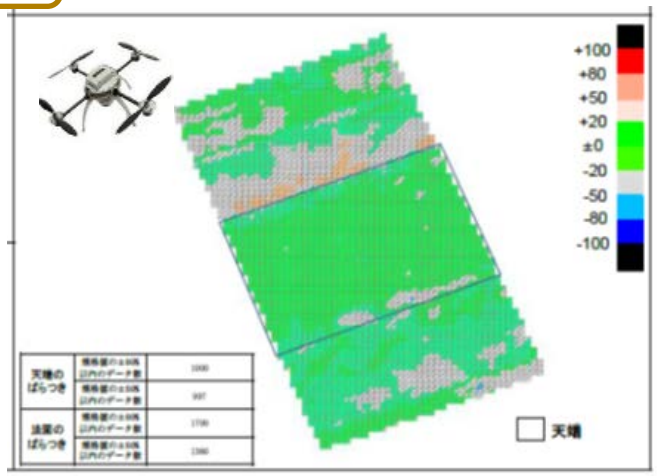
1－5：3次元出来形管理

○書面検査はビジュアル化、実地検査は電子化されて、完成検査の効率があがる

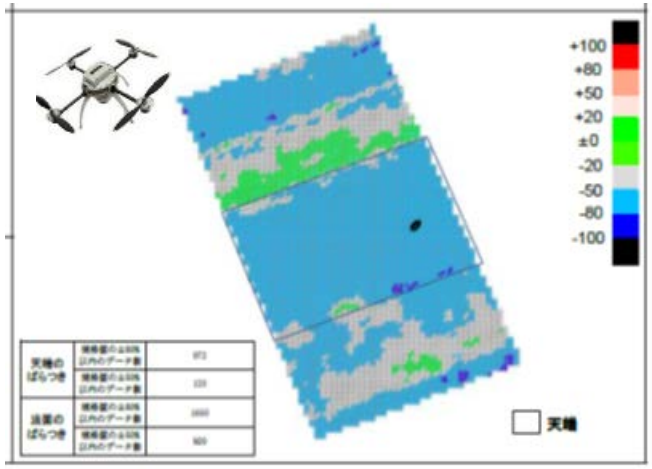
3次元出来形計測データを用いた完成検査

（書面検査）

合格の場合



異常値ありの場合



3次元出来形計測データ　と　3次元設計データ　との差分を色で表示

（実地検査）



（TS）



（GNSSローバー）

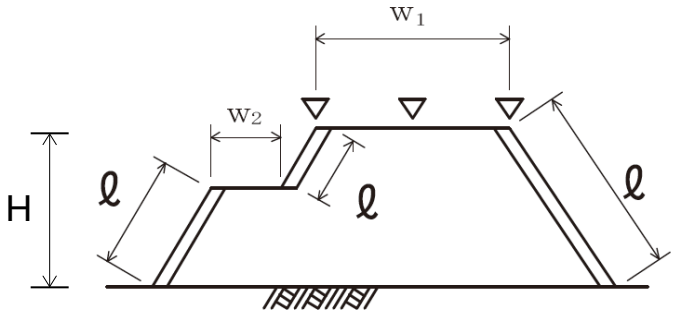
電子情報として記録できる測量機器を用いた検査

1－5：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

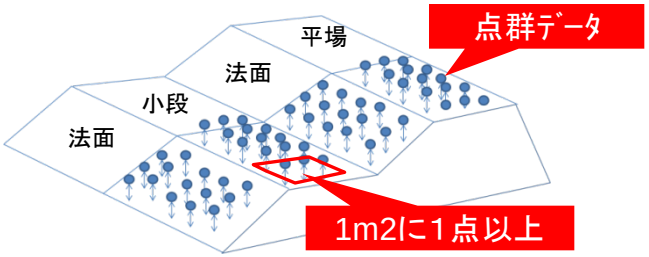
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



＜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

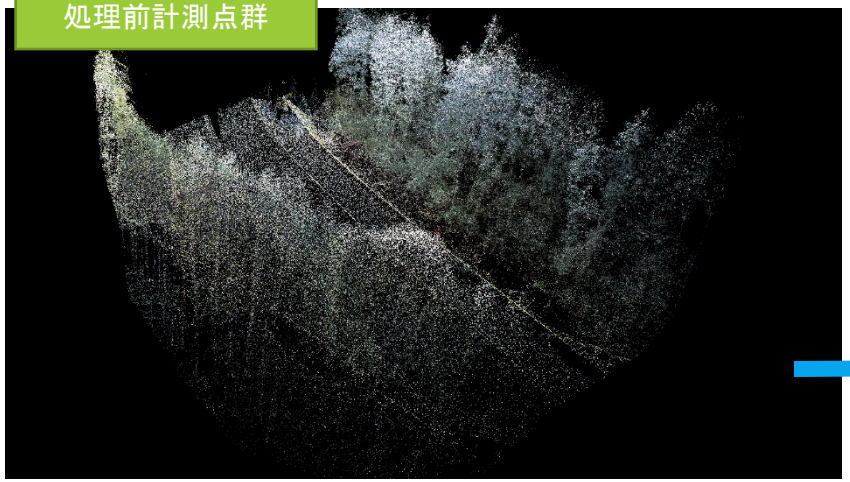


＜例：道路土工（盛土工）＞
測定基準：測定密度は1点/m²以上、評価は平均値と全測点
規格値　：設計面との標高較差（設計面との離れ）
　　平場　平均値：±5cm　全測点：±15cm
　　法面　平均値：±8cm　全測点：±19cm
※法面には小段含む

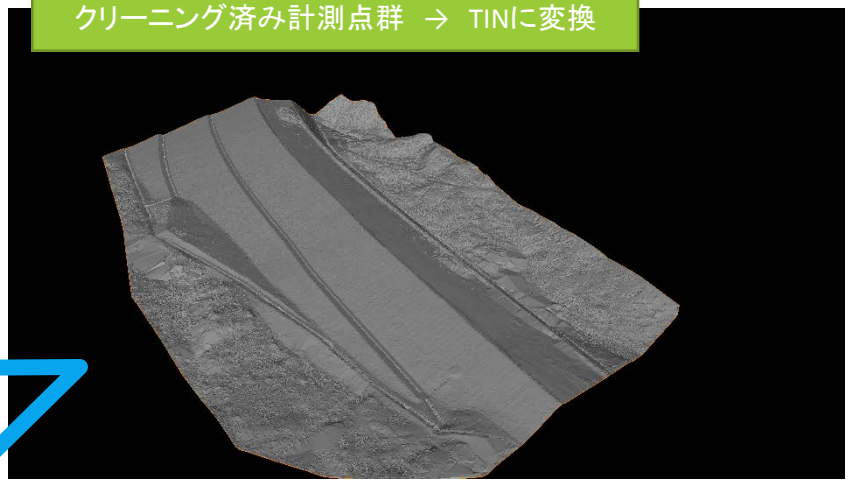
従来と同等の出来形品質を確保できる面的な測定基準・規格値を設定

点群データ取得からデータ処理の流れ（再掲）

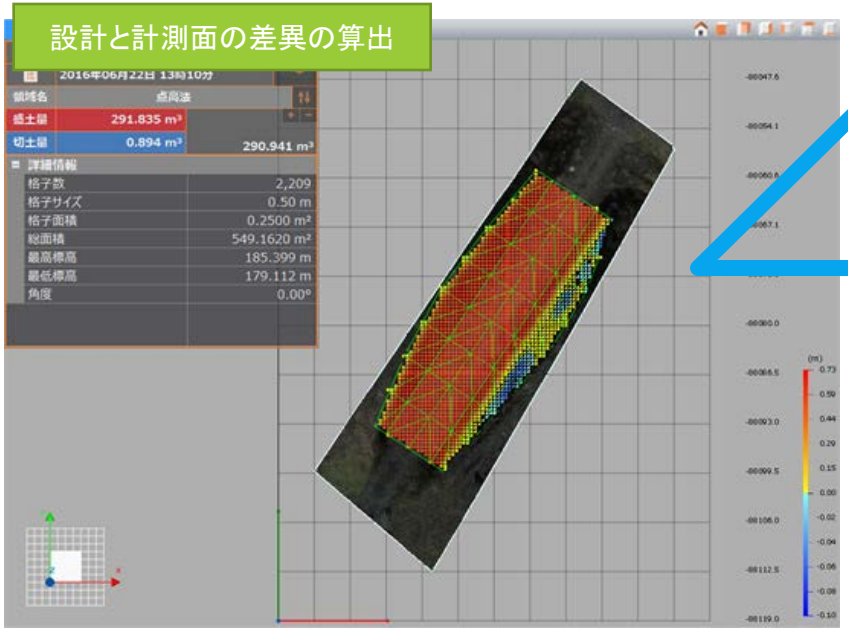
処理前計測点群



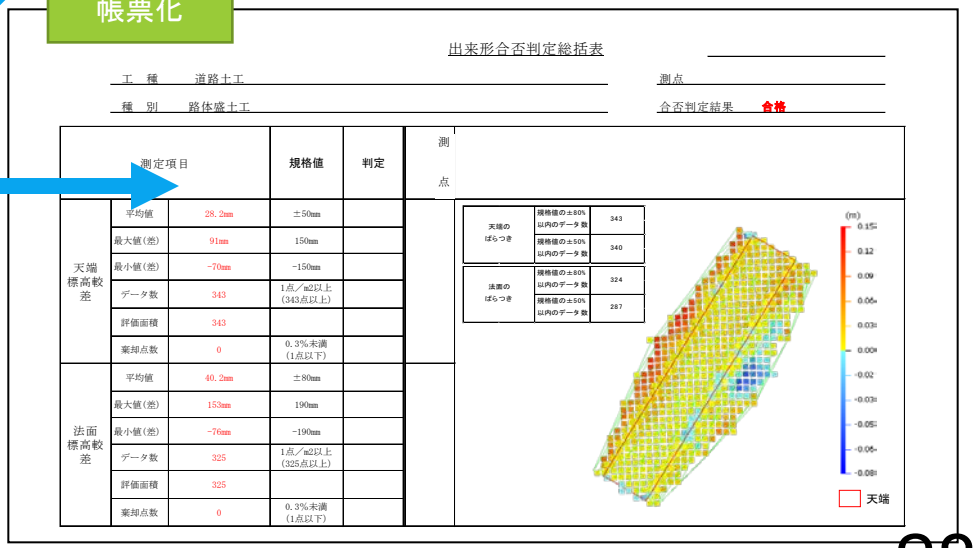
クリーニング済み計測点群 → TINに変換



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	28.2mm	±50mm		
	最大値(差)	91mm	150mm		
	最小値(差)	-70mm	-150mm		
	データ数	343	1点／m2以上(343点以上)		
	評価面積	343			
	棄却点数	0	0.3%未満(1点以下)		
法面標高較差	平均値	40.2mm	±80mm		
	最大値(差)	153mm	190mm		
	最小値(差)	-76mm	-190mm		
	データ数	325	1点／m2以上(325点以上)		
	評価面積	325			
	棄却点数	0	0.3%未満(1点以下)		

天端のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	343
	規格値の±50%以内のデータ数	340
法面のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	324
	規格値の±50%以内のデータ数	287

1－5：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±80%、±50%を表現し、バラツキの評価に利用

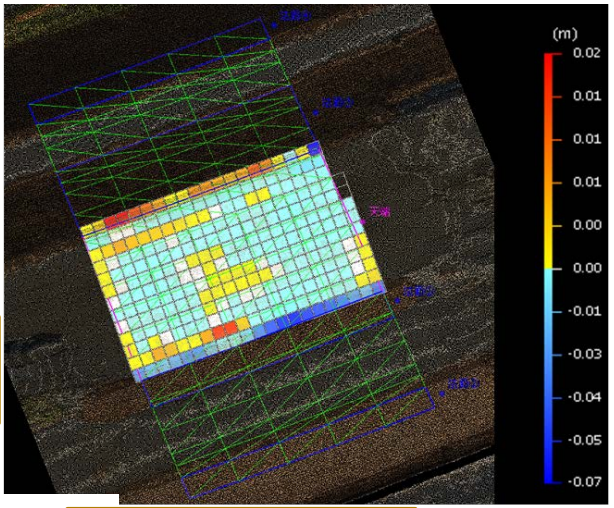
出来形合否判定総括表

~~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	±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)		



規格値の±80%以内のデータ数

平場のばらつき	規格値の80%以内のデータ数	268
	規格値の50%以内のデータ数	260
法面のばらつき	規格値の80%以内のデータ数	
	規格値の50%以内のデータ数	

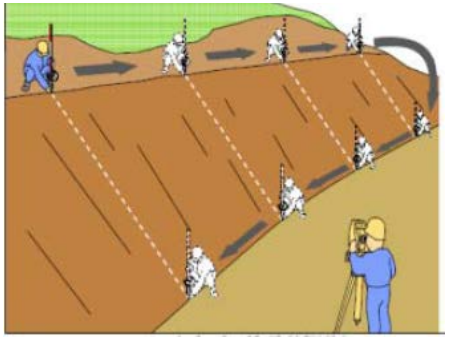
規格値の±50%以内のデータ数

1－6: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

（国交省の事例） 人力で計測



10断面 ／ 2ｋｍ

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）

ＧＮＳＳローバーまたはＴＳで計測



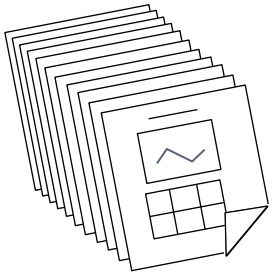
ヒートマップを見て、標高の高い部分、低い部分を計測

任意の数箇所のみ ／ １現場

検査書類が大幅に削減

（国交省の事例）

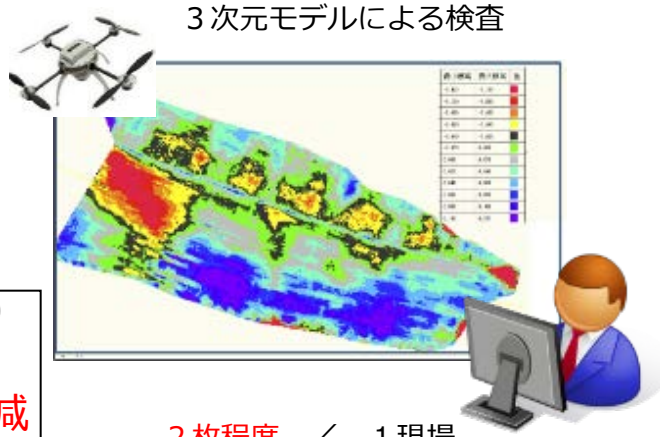
工事書類
（計測結果を手入力で作成）



受注者
（設計と完成形の比較図表）
50枚 ／ 2ｋｍ

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

３次元モデルによる検査



２枚程度 ／ １現場

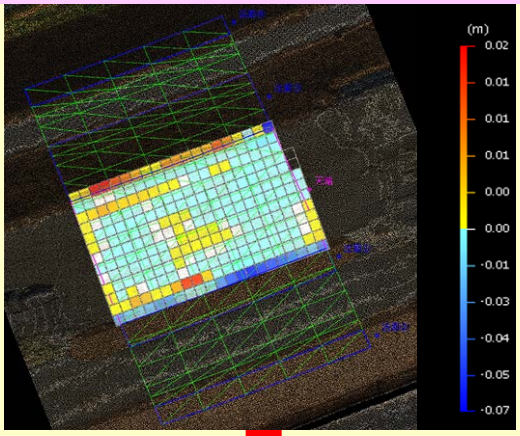
表　出来形計測に係わる実地検査の検査頻度

計測箇所	確認内容	検査頻度
検査員が指定する平場上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



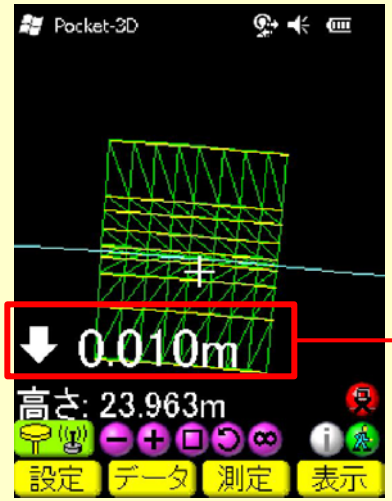
施工者より提出された出来形帳票の確認

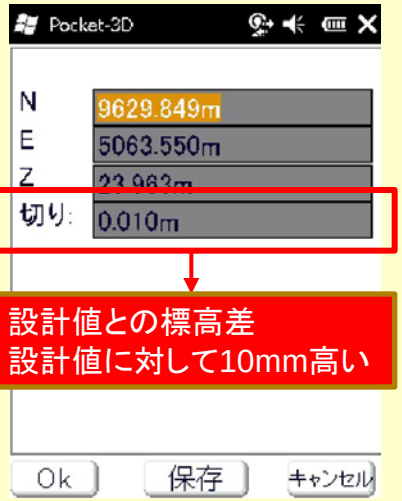


検査員が任意の検査箇所を決め、GNSSを設置し、座標を取得する



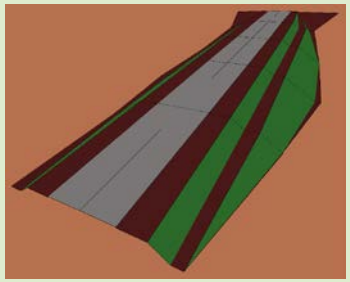
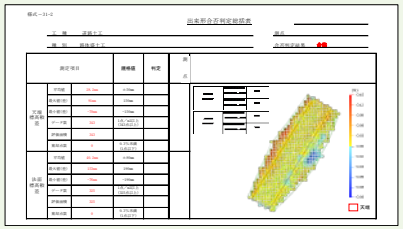
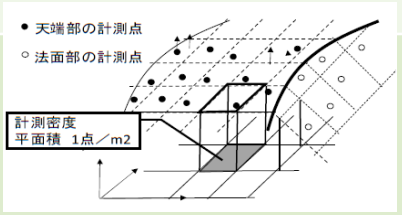
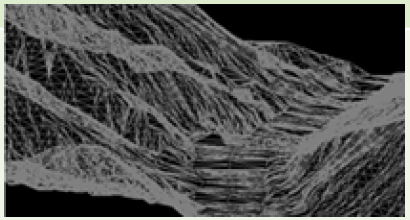
設計データ（面データ）との高さの比較





設計値との標高差
設計値に対して10mm高い

ICT活用工事における納品データ形式が定められた。

データ名	概要	データのイメージ
3次元設計データ	道路中心線形又は法線（平面線形、縦断線形）、出来形横断面形状、工事基準点及び利用する座標系情報など設計図書に規定されている工事目的物の形状とともに、それらをTINなどの面データで出力したもの。（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	
出来形管理資料	3次元設計データと出来形評価用データ用いて、設計面と出来形評価用データの各ポイントとの離れ等の出来形管理基準上の項目計算結果（標高較差の平均値等）と出来形の良否の評価結果、及び設計面と出来形用データの各ポイント離れを表した分布図を整理した帳票、もしくは3次元モデルをいう。（出来形図表（PDF）または、ビュワー付き 3次元データ）	
出来形評価用データ	計測点群データから不要な点を削除し、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ。（CSV、LandXML等のポイントファル）	
出来形計測データ	計測点群データから不要な点を削除し、不等三角網の面の集合として出来形地形としての面を構成したデータ。（LandXML等のオリジナルデータ（TIN））	

i-Construction（ICT土工）（新基準の導入）

		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://psgsv2.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
	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/001124408.pdf

「ICT活用工事の手引き」の概要

○「ICT活用工事の手引き」の目的

ICT活用工事の実施方針を含む15の基準類が国交省より示されているが、今回、受発注者の実施項目及び留意点について、より現場目線に立った運用「ICT活用工事の手引き」を定め、工事の円滑な進捗に寄与する。

○「ICT活用工事の手引き」の活用方法

- ◆15基準類の運用として使用する
- ◆必要な実施項目を確認する
- ◆発注者との協議事項を確認する
- ◆現場管理のポイントを確認する

「ICT活用工事の手引き」 イメージ

○○章（タイトル）

ICT活用工事の作業フローの順に従い、作業項目別に1章～13章構成とした。

○実施項目

設計図書（仕様書及び関係基準）に示される、受発注者の実施項目をポイントで示す。

～関係基準類～

実施項目の根拠となる試行要領の本文、及び参照すべき関係基準類の条項を示す。

●留意事項

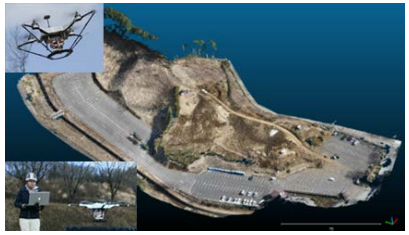
実施項目に関する運用方針、留意事項等を示す。

【ICT活用工事(ICT土工)の流れ】

三重県県土整備部

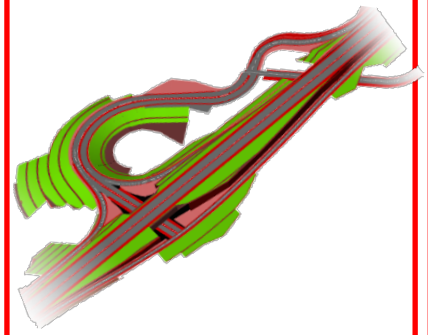
施工プロセス(①～⑤)の各段階においてICTを活用する

①3次元起工測量



UAV等による写真測量等により、短時間で面的(高精度)な3次元測量を実施。

②3次元設計データ作成



施工段階の一連の利用の前提として、施工前に契約図書を3次元化。

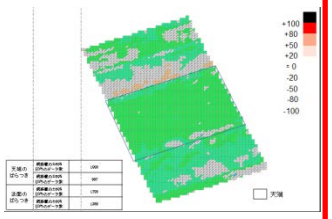
③ICT建機による施工

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。

④3次元出来形管理等の施工管理



多点観測を前提とした面的な施工管理基準の設定

⑤3次元データの納品



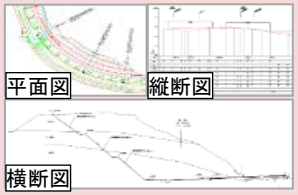
三重県CALS電子納品運用マニュアルに基づき、3次元データを納品

契約 → 測量 → 設計・施工計画 → 施工 → 検査 → 引き渡し

従来方法



測量の実施



設計図から施工土量を算出



設計図に合わせ丁張り設置



丁張りに合わせて施工



検測と施工を繰り返して整形



書類による検査

「ICT活用工事の手引き」の目次構成

序章
- ○ ICT活用工事
- ○ 三重県県土整備部におけるICT活用工事試行要領
- ○ ICT活用工事に関する要領・基準類
- ○ ICT活用工事計画書

ICT活用工事実施に関わる協議
- 1章 ICT活用工事の実施協議

機器・ソフトウェア等の準備
- 2章 機器・ソフトウェア等の選定

施工計画（起工測量）
- 3章 施工計画書（起工測量）

3次元起工測量
- 4章 工事基準点の設置
- 5章 起工測量実施及び成果作成

ICT活用工事の作業フローに従い運用を整備

3次元設計
- 6章 3次元設計データ
- 7章 設計図書の照査

施工計画（ICT土工）
- 8章 施工計画書（工事編）

ICT機械による施工と出来形管理
- 9章 ICT建設機械による施工
- 10章 3次元出来形管理

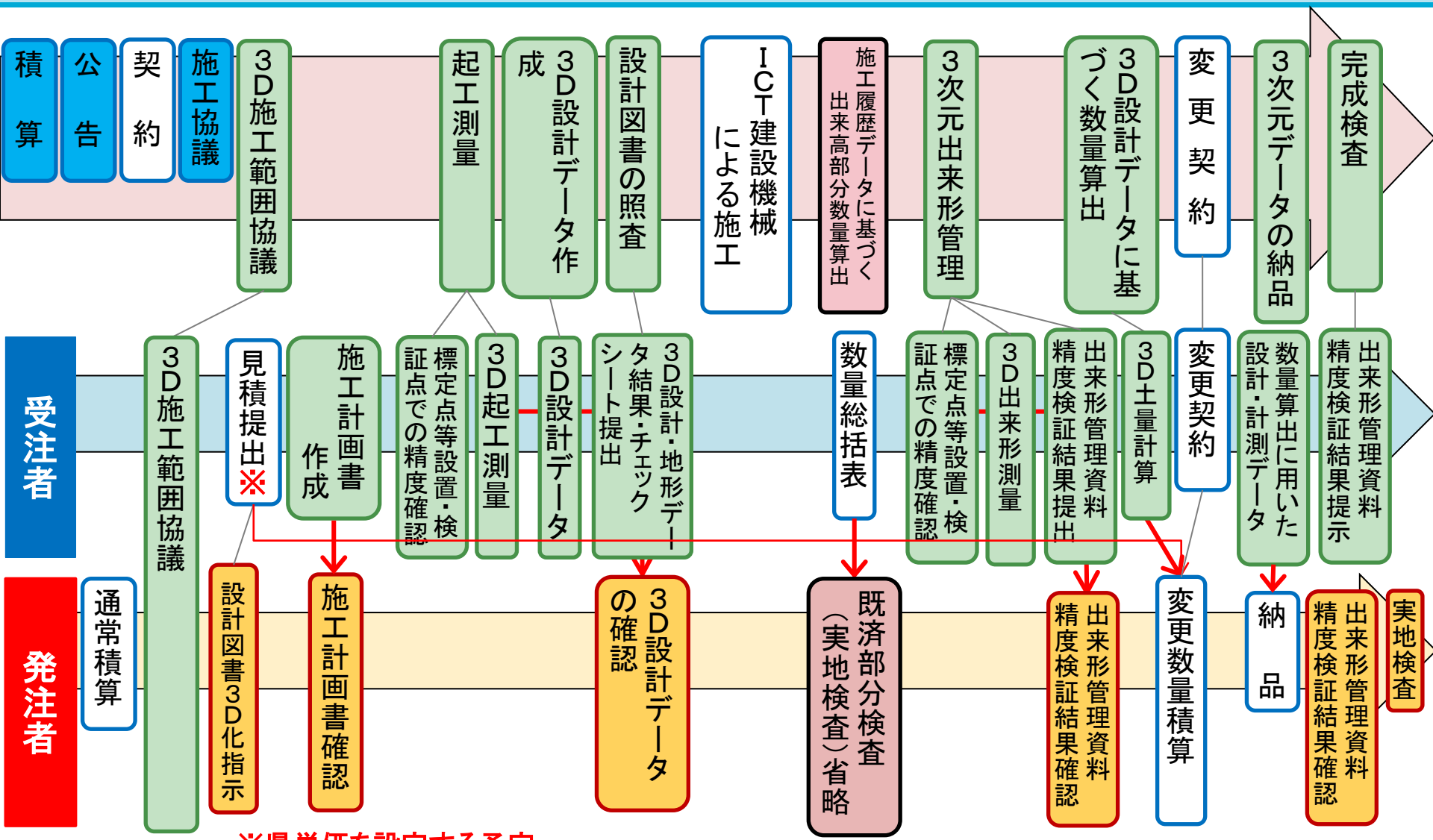
変更設計
- 11章 設計変更協議

電子納品
- 12章 電子成果品

検査
- 13章 検査

【ICT活用工事の発注から工事完成までの流れ】

三重県県土整備部



※県単価を設定する予定

【凡例】

:UAV、LS出来形管理要領に記載

:UAV、LS監督検査要領に記載

:数量算出要領（施工履歴データによる土工の出来高算出要領（案））
:部分払出来高取扱に記載

【i-Construction　ICT活用工事で必要な基準類】

i-Construction　ICT活用工事で必要な基準類①

国総研社会資本マネジメントセンター社会資本施工高度化研究室HP
http://ccwww.nilim.go.jp/lab/pfg/bunya/cals/tdu.html

赤文字：「15の基準」と呼ばれる基準類

項目		名称	本手引きで使用する略称	H28.3末			最新バージョン（H28.8月現在）	本文参照先（URL）	備考
				新規	改訂	未改訂			
調査・測量、設計	1	UAVを用いた公共測量マニュアル（案）	UAV測量マニュアル	○			H28.3月（国土地理院）	http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html	
	2	三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案）	3D測量断面図作成マニュアル				H28.6月（国土地理院）	http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html	
	3	公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準（案）	UAV安全基準	○			H28.3月（国土地理院）（第1.0版）（H27年度版）	http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html	
	4	電子納品要領（工事及び設計）	電子納品要領		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/ http://www.cals-ed.go.jp/cri_guideline/	
	5	CAD製図基準	CAD基準		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/	
	6	デジタル写真管理情報基準	デジタル写真基準		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.cals-ed.go.jp/cri_point/	
	7	3次元設計データ交換標準（同運用ガイドラインを含む）	3D交換標準	○			H28.3月（国総研）Ver.1.0 H28.3月（国交省）	http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/cals/des.html	ガイドラインはH28.7に一部訂正
施工	8	ICTの全面的な活用（ICT土工）の推進に関する実施方針	ICT土工実施方針	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	
	9	土木工事施工管理基準（案）（出来形管理基準及び規格値）	施工管理基準		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/280330kouji_sekoukanrikijun01.pdf	H28.6に一部訂正
	10	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）	数量算出要領	○	○		H28.3月（国土交通省）	http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/suryo.htm http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	
	11	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）	施工管理書類	○			H28.3月（国総研）	http://www.nilim.go.jp/japanese/standard/form/index.html	
	12	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）	UAV出来形管理要領	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	

【i-Construction　ICT活用工事で必要な基準類】

i-Construction　ICT活用工事で必要な基準類②

赤文字：「15の基準」と呼ばれる基準類

項目		名称	本手引きで使用する略称	H28.3末 新規	H28.3末 改訂	H28.3末 未改訂	最新バージョン（H28.8月現在）	本文参照先（URL）	備考
施工	13	レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）	LS出来形管理要領	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	
	14	写真管理基準	写真管理基準			○	H27.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/270331syashinkanrikijun01.pdf	
	15	TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領	締固め管理要領			○	H24.3月（国土交通省）	http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/proposal/pdf/ShimeKataMe_youryou_H24.pdf	
	16	ICTバックホウの情報化施工管理要領（案）	ICTバックホウ要領			○	H24.3月（建設ICT導入普及研究会・中部技術事務所）	http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/proposal/pdf/BH_youryou_H24_2.pdf	
	17	ICTブルドーザの情報化施工管理要領（案）	ICTブルドーザ要領			○	H24.3月（建設ICT導入普及研究会・中部技術事務所）	http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/proposal/pdf/Bull_youryou_H24.pdf	
検査	18	地方整備局土木工事検査技術基準（案）	検査基準		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html	
	19	既済部分検査技術基準（案）及び同解説	既済検査基準		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html	
	20	部分払における出来高取扱方法（案）	部分払い出来高取扱		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html	
	21	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）	UAV監督検査要領	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	
	22	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）	LS監督検査要領	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	
	23	工事成績評定要領の運用について	成績評定要領		○		H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou.html	
積算基準	24	ICT活用工事積算要領	ICT土工積算要領	○			H28.3月（国土交通省）	http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html	

※三重県県土整備部が定める要領・基準類は「三重県県土整備部におけるICT活用工事試行要領」による。

【UAV、LS　出来形管理要領の目的と範囲】

目的

UAV･LSによる出来形計測および出来形管理を、効率的かつ正確に実施するための方法を明確化すること

①UAV･LSを用いた出来形計測の基本的な取扱い方法や計測方法

②取得データの処理方法

③各工種における出来形管理の方法と具体的手順、出来形管理基準及び規格値

主な記述内容

①施工計画書への記載内容

UAV　：　撮影機材（UAV及びデジタルカメラ）、ソフトウェア、撮影計画

LS　　：　計測機材（LS）、ソフトウェア

②3次元設計データの作成･確認方法

③ UAVによる工事測量、出来形計測方法

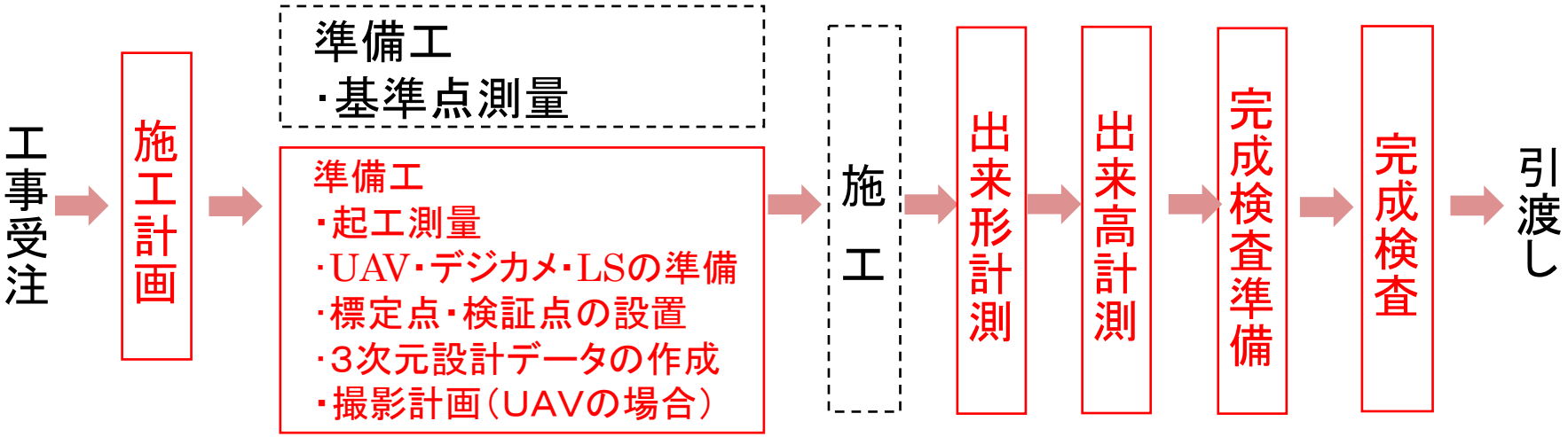
LSによる出来形計測方法

④出来形管理基準および規格値

⑤品質管理及び出来形管理写真基準

⑥電子成果品の納品方法

本要領の適用の範囲



【UAV，LS　監督・検査要領の目的と範囲】

目的

・UAV・LSを用いた出来形管理に係わる**監督・検査業務の必要事項**を定め、適切に実施すること。

・ 受注者に対しても、施工管理の各段階で、より作業の確実性や自動化・省力化が図られるように、具体的な実施方法等を示す。

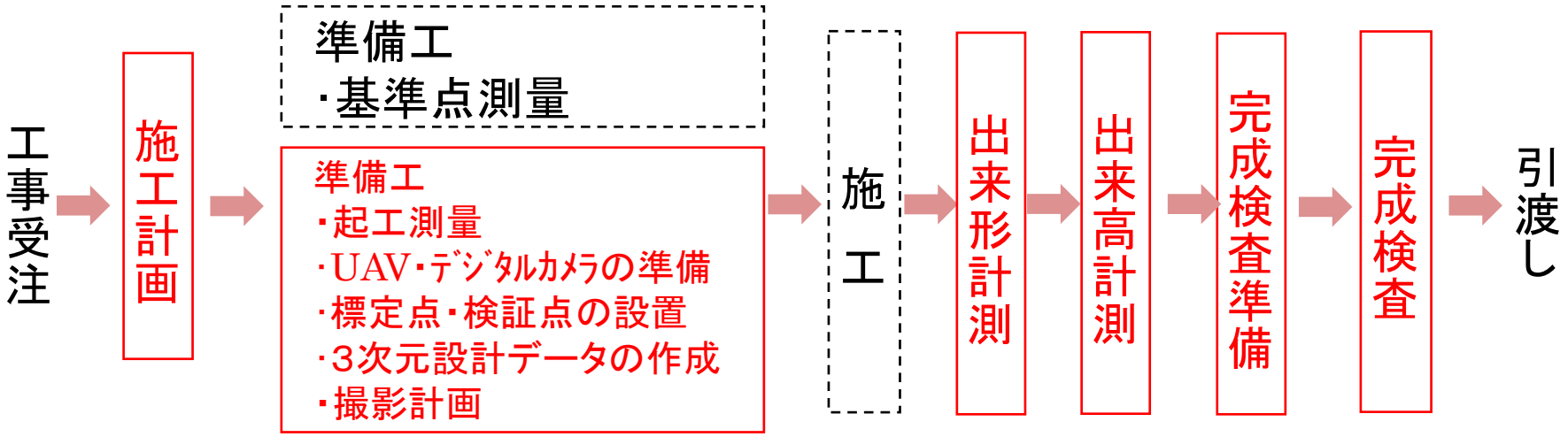
主な記述内容

①監督員、検査員の実施項目
- ・施工計画書の記載事項確認
- ・3次元設計ﾃﾞｰﾀﾁｪｯｸｼｰﾄの確認
- ・UAV　：　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の確認　など
- ・LS　　：　精度確認試験結果報告書の把握　など

②出来形管理基準および規格値

③品質管理及び出来形管理写真基準

本要領の適用の範囲



「ICT活用工事の手引き」の構成と記載ポイント

三重県県土整備部

序章
- ○ ICT活用工事について
- ○ 三重県県土整備部におけるICT活用工事試行要領
- ○ ICT活用工事に関する要領・基準類
- ○ ICT活用工事計画書

ICT活用工事の作業フローに従い運用を整備

実施協議

1章　ICT活用工事の実施協議
- ○実施協議の対象範囲・具体的内容
- ○レーザスキャナを採用する条件
- ○ICT建機による施工範囲
- ○積算対象外工種の精算方法
- ○3次元CADを使用した土量計算の扱い
- ○構造物等による不可視部分の出来形管理

機器・ソフトウェア

2章　機器・ソフトウェア等の選定
- ○ICT活用工事に使用する機器ｿﾌﾄｳｪｱ選定の留意点
- ○受発注者間での3次元データのやりとり方法
- ○ICT活用工事での打合せ簿について

施工計画（起工測量）

3章　施工計画書（起工測量）
- ○UAV飛行計画策定の注意点
- ○LS計測計画策定の注意点
- ○ﾒｰｶｰの定期点検ｻｰﾋﾞｽが無いUAVの点検確認方法

3次元起工測量

4章　工事基準点の設置
- ○従来施工との違い

5章　起工測量実施及び成果作成
- ○標定点・検証点設置の留意点・対空標識の大きさ
- ○カメラキャリブレーションについて
- ○精度確認方法

3次元設計

6章　3次元設計データ
- ○3次元設計の対象物
- ○補完断面作成の留意点
- ○ 3次元設計データの確認方法

7章　設計図書の照査
- ○現場不一致に対する照査報告書作成の留意点

施工計画（ICT土工）

8章　施工計画書（工事編）
- ○従来建機による機械施工との相違点

ICT機械施工と出来形管理

9章　ICT建設機械による施工
- ○ICT建機のローカライゼーション・キャリブレーション

10章　出来形管理
- ○岩の出来形管理方法
- ○計測精度

変更設計

11章　設計変更協議
- ○ICT活用工事における土量計算の留意点
- ○契約変更図面の作成
- ○土工の積算区分を反映した数量算出方法

電子納品

12章　電子成果品
- ○電子成果品作成での注意点

検査

13章　検査
- ○書面検査の留意点
- ○実地検査の留意点
- ○中間・部分検査での留意点

i-Construction

ICT活用工事の手引き②

三重県県土整備部整備部　技術管理課

※本資料は「H29生産性向上(i-Construction)研修（中部地方整備局企画部）」を参考に作成しています。

ICT活用工事の手引き②

第1章　ICT活用工事の実施協議

1. ICT活用工事の実施協議

- ICT活用工事の設定に係る実務内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
ICT施工を希望する場合の提案・協議施工者	・ICT施工を希望する旨協議する	・協議の受理・指示
ICT活用工事対象範囲の協議	・具体的施工内容及び対象範囲を協議する	・協議の受理・指示
3次元データを使った設計図書の作成指示		・3次元データによる設計図書作成指示 起工測量（UAV、LS、その他） 3次元設計データ（3次元設計データがない場合）

- **受注者は、**発注方式：施工者希望型の場合で、**ICTを活用した工事を行う希望がある場合**は、「ICT活用工事計画書」の希望する施工プロセスをチェックし**協議**を行う。
- **受注者は、**ICT活用工事における施工プロセス①～④について、**具体的施工内容と対象範囲**を**協議**する。**（実施協議は全ての工事で必要）**
- **監督員は、**3次元データを使った設計図書の作成**指示**を行う。
- **発注者は、**設計図書及び関連する測量・設計成果を受注者に**貸与**する。

◆ICT活用工事（施工プロセス）
①3次元起工測量　②3次元設計データ作成　③ICT建設機械による施工　④3次元出来形管理等の施工管理
⑤3次元データの納品

1. ICT活用工事の実施協議

1.1. ICT施工を希望する場合の協議

○実施項目

受注者は、**発注方式：施工者希望型の場合**で、ICTを活用した工事を行う希望がある場合は、「ICT活用計画書」の希望する施工プロセスをチェックし協議を行う。

発注者は、本協議を受理・指示する。

<工事打合簿の記載例（施工者希望型）>

総括監督員	主任監督員	専任監督員	現場代理人	主任（監理）技術者

工　事　打　合　簿

発議者	□発注者　■受注者	発議年月日	平成　年　月　日
発議事項	□指示　■協議　□通知　□承諾　□提出　□報告　□その他（　　）		
工事番号		工事名	
（内容）			
添付資料のとおりICT活用工事を実施したいので協議します。			
添付図	業、その他添付図書「ICT活用工事計画書」		
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 協議のとおり、施工すること。 なお、本協議は、変更設計の対象とする。 平成　年　月　日　職・氏名		
処理・回答 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 平成　年　月　日　職・氏名		

<ICT活用計画書の記載例>

別紙

ＩＣＴ活用工事計画書

当該工事において、施工プロセスの各段階および作業内容において、
ＩＣＴを活用する場合は、左端　のチェック欄に「レ」と記入する。

施工プロセスの段階		作業内容		採用する技術番号（参考）	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	☑	掘削工	2	1　3次元マシンコントロール（ブルドーザ）技術 2　3次元マシンコントロール（バックホウ）技術 3　3次元マシンガイダンス（ブルドーザ）技術 4　3次元マシンガイダンス（バックホウ）技術
		□	盛土工		
		□	路体盛土工		
		□	路床盛土工		
		□	法面整形工		
☑	④3次元出来形管理等の施工管理	☑	出来形	1	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		1　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、追加特記仕様書によるものとする。
注2）具体的な工事内容及び対象土工範囲については、契約後、施工計画の提出までに、発注者へ提案・協議し決定する。

1. ICT活用工事の実施協議

1.1 ICT活用工事を実施する希望がある場合の協議

留意事項①

■ICT活用工事実施に留意が必要な現場

①水中掘削が想定される現場
- ・想定している3次元測量技術（UAV、LS等）が使用出来ない
- ・出来形が流水の影響を受ける
- ・水中掘削はICT建機による掘削歩掛の適用外

②掘削の大部分が岩である場合
- ・一般的なICT建機は岩掘削に対応していない
- ・岩掘削はICT建機による掘削歩掛の適用外

③起工測量時に積雪がある場合
- ・想定している3次元測量技術（UAV、LS等）が使用出来ない

④谷部にあり衛星が捉えられない現場
- ・ICT建機、UAVの稼働に支障がある

■ICT活用工事が実施出来ない土工類似工種

①補強土壁の背面盛土工
②小規模土工
③海岸養浜・残土受入地などで巻き出し厚を管理しない盛土
④作業土工
⑤任意仮設の土工（出来形等を確認しないもの）
⑥準備工に含まれる土工（表土はぎ取り等）

■その他留意が必要な現場

①盛土において巻き出し厚を管理しない場合（海岸養浜工等）
②河川や砂防ダム等の堆積土砂の掘削工（除石工等）

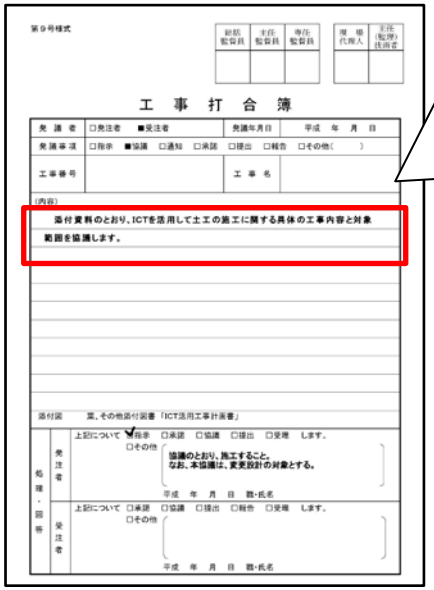
1. ICT活用工事の実施協議

1.2 ICT活用工事対象範囲等の協議

○実施項目

受注者は、ICT活用工事における4つの施工プロセスについて、具体的施工内容と対象範囲を協議する。

発注者は、本協議を受理・指示する。



第9号様式

工 事 打 合 簿

発 議 者	□発注者 ■受注者	発議年月日	平成 年 月 日
発議事項	□指示 ■協議 □通知 □承諾 □提出 □報告 □その他( )		
工事番号		工 事 名	

(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 案、その他添付図書「ICT活用工事計画書」

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 協議のとおり、施工すること。 なお、本協議は、変更設計の対象とする。 平成 年 月 日 職・氏名

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 平成 年 月 日 職・氏名

（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。

留意事項

■具体的内容と対象範囲

4つの施工プロセスについては、**生産性向上と合理性の観点で総合的に検討**し、対象範囲・内容について協議する。

協議するそれぞれの対象範囲・内容については、一様ではないため注意する。

4つの施工プロセス

①3次元起工測量（UAVによる写真測量等）

②3次元設計データ作成

③ICT建設機械による施工

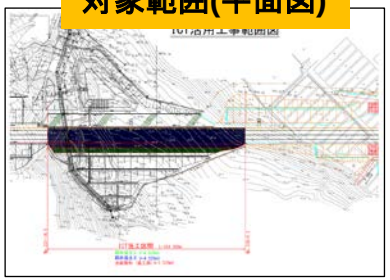
④3次元出来形管理等の施工管理

⑤３次元データの納品

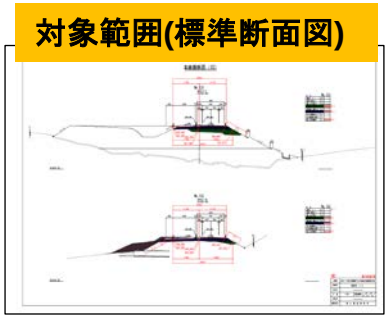
⑤については、特に協議は必要無いが、UAVとLSを使用する場合では成果品が違うため留意する

【工事内容・対象範囲に関する協議資料の事例(抜粋)】

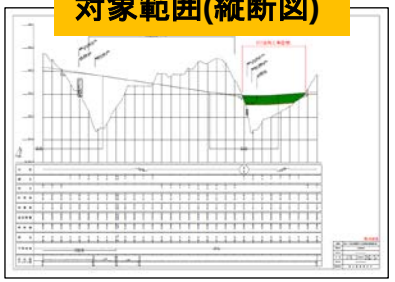
対象範囲(平面図)



対象範囲(標準断面図)



対象範囲(縦断図)



1. ICT活用工事の実施協議

土工における５つの施工プロセスにおいてICTを全面的に活用する工事

①３次元起工測量
②３次元設計データ作成
③ICT建設機械による施工
④３次元出来形管理等の施工管理
⑤３次元データの納品

i-Construction の目指す、「建設現場の生産性向上」に繋がるもの。

○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

ICT活用工事（既契約型）の事例：H27中部縦貫丹生川西部地区道路建設工事

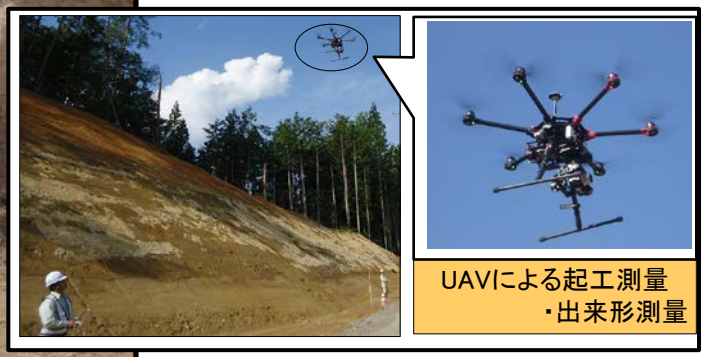


生産性向上と合理性の観点とは？

工事によっては全面的なICT活用が合理性に欠け、生産性向上に寄与しないものもある。

以下の現場では、ICT活用の対象範囲等について十分検討し協議する。

・規模が少ない土工でのICT建機の使用
・従来よりも手間がかかるICT技術の使用



1. ICT活用工事の実施協議

1.2.1　3次元起工測量(UAVによる写真測量等)

○実施項目

受注者は、ICT活用工事の施工プロセス:**①3次元起工測量(UAVによる写真測量等)**につ いて、具体的施工内容と対象範囲を協議する。

また、本件に関しては設計変更の対象とする。

留意事項①

■協議内容

◇起工測量の実施手段

UAV、LS、その他　を選択する。

◇起工測量の範囲

範囲を示す平面図を添付して協議する。

■具体的内容と対象範囲

起工測量手段を選ぶために、実際の現場条件に照らして以下を検討。

・UAV飛行条件の確認

国交本省航空局HP(無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール)等関係法令・規定を遵守する。

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

・UAVによる航空測量実施が不適当な現場条件

①伐採前の林地・草刈り前の草地

②流水のある河川の河床

③積雪

UAV(ドローン)



LS(レーザスキャナ)



1. ICT活用工事の実施協議

1.2.1 3次元起工測量(UAVによる写真測量等)

留意事項②

■具体的内容と対象範囲

・レーザスキャナ(以下「LS」という)等を使用する条件

◎原則、3次元起工測量はUAV測量

◆UAV測量が不適当な場合
◆経済比較によりLS、その他が優位である場合

→ LS、その他の手法 選択可

合理性があれば UAV+LSの併用も可

※受注者の都合によりLS、その他の手法を用いる場合は承諾扱い。
※UAVとLSの併用活用が合理的な場合もあり得る。

■設計変更

従来の起工測量に含まれておらず、
3次元起工測量にのみ必要な作業について
変更協議の対象とする。





・変更対象とする作業例

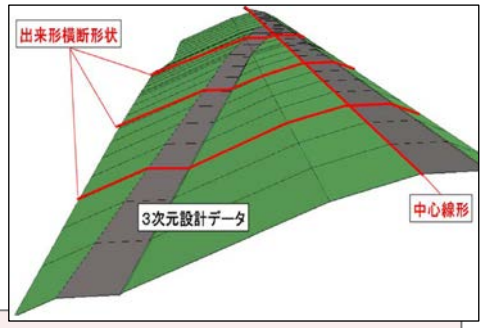
①UAV等による測量
②①を補うために行うTS等による3次元測量

・3次元起工測量において変更対象に含まれない作業例

①基準点等の設置(従来の起工測量に含まれているもの)
②ICT建機稼働のための基地局等の設置(ICT建機のシステムの初期費に含まれる)
③起工測量以外の完成時又は出来形管理のための測量(間接費に含まれる)

1. ICT活用工事の実施協議

1.2.2　3次元設計データ作成



○実施項目

受注者は、ICT活用工事の施工プロセス：**②３次元設計データ作成**について、具体的施工内容 と対象範囲を協議する。

また、本件に関しては設計変更の対象とする。

留意事項①

ICT活用工事　2D→3D設計のイメージ

発注者：2次元設計図書で工事発注

受注者：設計図面等を使って３次元モデルの作成

←この作業を「３次元設計データの作成」と呼んでいる。

※「3次元施工データ」の作成と言った方がわかりやすい。

実際には、（当面の間）変更設計においても２次元図面で行う。

■協議内容（具体的内容と対象範囲）

◇3次元設計の対象

ICT活用工事対象の土工のみ。

対象を示す平面図を添付して協議する。

■設計変更

・変更協議の対象

3次元設計化に必要な作業

・変更対象に含まれない作業例

①設計図書の照査に関わる作業
②その他協議図面作成に関わる作業
③完成図書作成に関わる作業
（①②③とも、従来から間接費等に含まれている）

■土量の数量計算と積算区分

現場条件により、従来の（測点間における）平均断面法による土量計算を使うものがほとんどとなる。

受注者が3次元的に土量計算をおこなって施工管理を行うことを妨げるものではないが、二重作業を避けるため、

・積算上の作業区分分けが不要　かつ、
・土質区分も一定

の場合に、ICT活用工事における3次元CADソフトを使用した計算手法を使われた方がよい。

この手法を用いる場合は協議すること。

1.2.3 ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）

○実施項目

受注者は、ICT活用工事の施工プロセス：**③ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）**について、具体的施工内容と対象範囲を協議する。

留意事項①

■協議内容

◇ICT建機と土工の組合せ

従来建機も合わせた合理的な施工ワークを考慮。
生産性向上の視点が重要。

◇ICT建機による施工範囲

範囲を示す平面、横断図を添付して協議する。



■ICT建機使用の合理性の確認

原則、対象工種については、バックホウによる掘削・法面整形、ブルドーザによる敷均しを対象とするが、以下の例に示す、現場条件・施工条件については、合理性の観点から実施の如何を判断すること。



例1）残土受入地等の飛び地での小規模な土工が有る場合

※小規模土工にも関わらず、ICT建機の残土受入地への配置（2パーティ編成）が必要となり合理性に欠ける

例2）バックホウワークがメインの工事で小規模なブルワーク盛土が 有る場合

※バックホウとブルの2台編成が必要となるが、ICTブルの配置は合理性に欠ける。

1.2.3 ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）

留意事項②

★[参考]積算基準上のICT土工の適用範囲（概要）

A)共通

適用工種：機械施工（片切掘削含む）が対象

適用外工種：小規模土工、人力施工は対象外

B)掘削

適用工種：

・オープンカット工法のバックホウ掘削のみが対象

・片切掘削工法が対象

※土質は、土砂、岩塊・玉石が対象

適用外工種：

・ブルドーザーによる**押土掘削は対象外**

・**岩（軟岩以上）の掘削は対象外**

C)盛土

適用工種：施工幅員4m以上の（路体・路床・築堤）盛土が対象

適用外工種：**施工幅員4m未満の（路体・路床・築堤）盛土は対象外**

D)法面整形

適用工種：

・盛土部の法面整形が対象

※盛土の土質は、レキ質土、砂及び砂質土、粘性土が対象

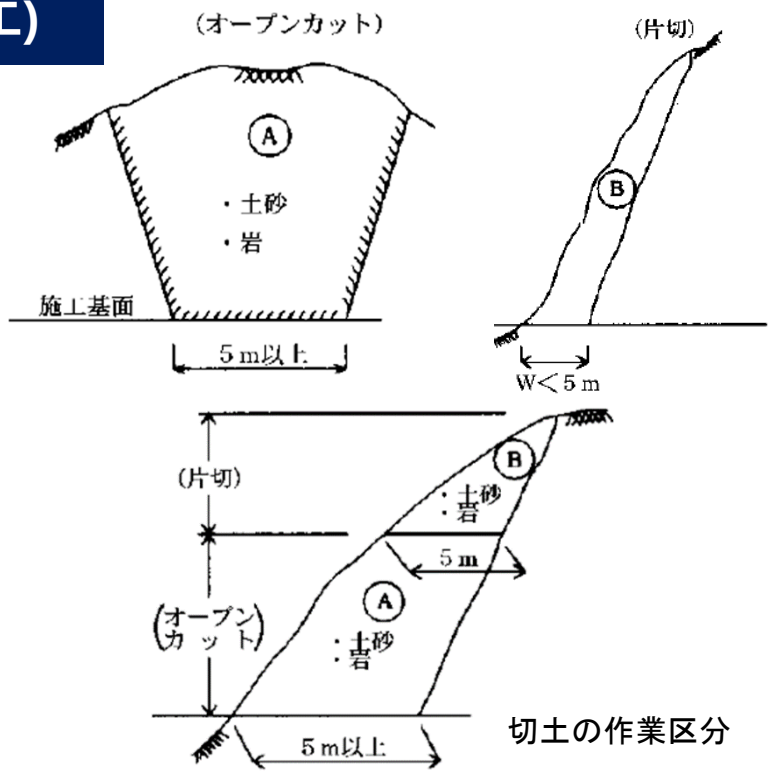
・切土部の法面整形（機械による切土整形）が対象

※切土部の土質は、レキ質土、砂及び砂質土、粘性土、**軟岩Ⅰが対象**

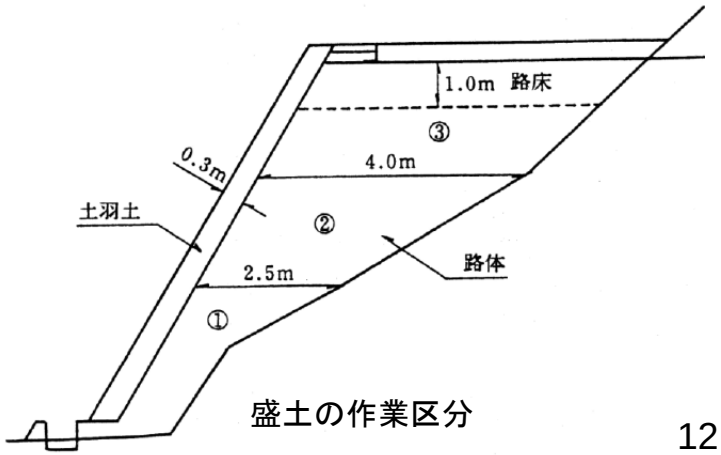
適用外工種：

・盛土部の法面保護工（筋芝、植生筋）を同時施工する場合は対象外

・切土部の**岩（軟岩Ⅱ以上）は対象外**



切土の作業区分



盛土の作業区分

1.2.3 ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）

留意事項③

★適用範囲外工種協議への対応方針

※以下はあくまで標準積算上の原則論を示しており、従来建機も合わせた合理的な施工ワークや、生産性向上の視点を持って十分検討し、柔軟に対応する。

【切　　土】①オープンカットをブル押土掘削で施工する場合。
→ICT建機による施工優位性は仕上がり底面部分のみであり、法面整形は別途バックホウにより計上する点を考慮し、原則「承諾」扱いとし、オープンカットの押土掘削については従来施工で精算とする。
②岩掘削を（削岩機付）バックホウで施工する場合。
→岩区分の積算区分、出来形管理方法を十分検討した上で、特別調査もしくは見積による精算を実施する。
③オープンカットの岩掘削をリッパ付ブルドーザで施工する場合。
→①に準じ原則「承諾」扱いとし、リッパ付ブルドーザでの施工部分については従来施工での精算とする。

【盛　　土】④施工幅4m未満をICTブルドーザにより施工する場合
→「承諾」扱いとし、4m未満については従来施工での精算とする。

【法面整形工】⑤盛土の法面保護工（筋芝、植生筋）を同時施工する場合。
→従来積算では市場単価となっている点に留意して、特別調査もしくは見積による精算を実施する。

【そ　の　他】⑥その他積算要領の適用外
→施工の妥当性を判断した上で、技術管理課に相談すること。



1.2.3 ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）

留意事項④

■ICT建機の組合せ

1現場にバックホウ、ブルドーザーそれぞれを複数台配置する工事の場合、これらが全てICT建機である必要は無い。 ただし、最低限以下の組合せは必要。

◆盛土（施工幅4m以上）工事の場合
ICTブルドーザー1台の配置

◆切土（土砂）工事の場合
ICTバックホウ1台の配置

◆（盛土あるいは切土の）法面整形の場合
ICTバックホウ1台の配置

※バックホウは切土と法面整形がある現場の場合は最低1台



■ICT建機標準積算の機械構成

ICT建機による標準積算がある土工の工種について、盛土・法面整形に関しては、歩掛を構成する建機は全てICT建機である。

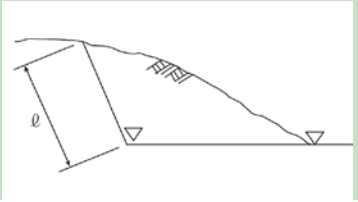
一方、**バックホウによる掘削については1／4の建機がICT建機**として歩掛が作られているため参考とされたい。

なお、これらは実際の施工においても、標準積算の機械構成に合わせなければならないということではない。

※施工において対象機種をすべてICT建機で行わなくてもよい。

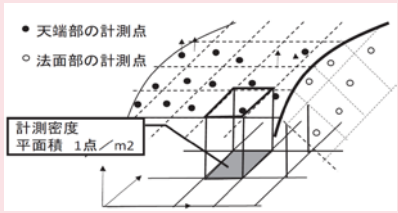
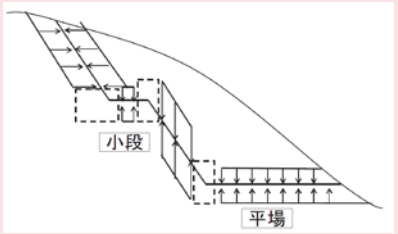
1.2.4 3次元出来形管理等の施工管理 ★参考：出来形管理基準の変更（掘削工）

従来の管理の場合

工種	測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
掘削工	基準高 ▽		±50	施工延長40m（測点間隔25mの場合は50m）につき1箇所、延長40m（又は50m）以下のものは1施工箇所につき2箇所。 ただし、「TSを用いた出来形管理要領（土工編）」（平成24年3月29日付け国官技第347号、国総公第85号）の規定による場合は、設計図書の測点毎。基準高は掘削部の両端で測定。	
	法長ℓ	ℓ＜5m	-200		
		ℓ≧5m	法長-4%		

変更

面管理の場合

工種	測定項目		規格値		測定基準	測定箇所
掘削工 （面管理の場合）			平均値	個々の計測値	1. 3次元データによる出来形管理において「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）」，または「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）」に基づき出来形管理を実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。 3. 計測は平場面と法面（小段を含む）の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または水平較差を算出する。計測密度は1点/m2（平面投影面積当たり）以上とする。 4. 法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。 5. 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。	 
	平場	標高較差	±50	±150		
	法面（小段含む）	水平または標高較差	±70	±160		

1.2.4.　3次元出来形管理等の施工管理の協議

〇実施項目

受注者は、ICT活用工事の施工プロセス：**④３次元出来形管理等の施工管理**について、具体的施工内容と対象範囲を協議する。

留意事項①

■協議内容

◇出来型管理の実施手段

UAV、LS、その他　を選択する。

対象によっては、従来の出来形管理に切り替えることも検討。

◇出来形管理手法とそれぞれの範囲

範囲を示す平面図、必要であれば横断図を添付して協議する。

◇品質管理範囲

盛土の締固めがある場合はTS･GNSSによる締固め範囲を協議する。



■具体的内容と対象範囲

･3次元出来形管理を行う対象範囲

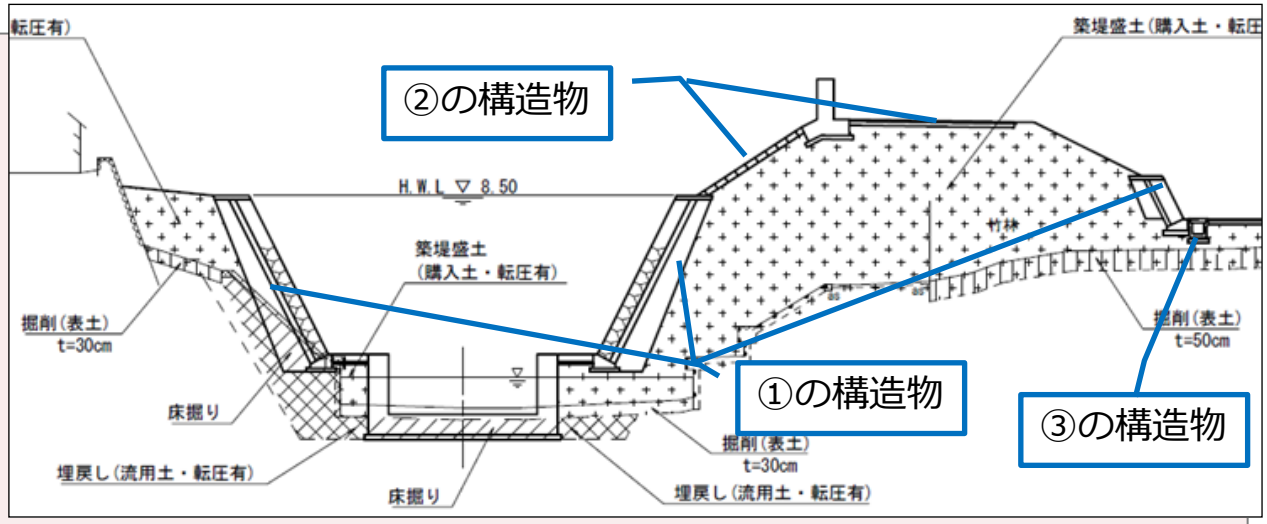
原則、構造物を除くICT活用工事の対象とする土工全ての出来形管理が対象範囲となるが、完成後、構造物等により不可視となる部分や、部分引き渡しがある場合等は、必要な部分について適切な時期にUAV等による出来形管理を行う。

一般的にはUAV等による出来形管理を外注する場合、直営施工に比較して、費用が高額となるためその管理頻度などついても十分検討する必要が有る。（出来形管理については設計変更対象外）。



1.2.4 3次元出来形管理等の施工管理

留意事項②



■完成後に構造物等により不可視となる部分の管理方法

・構造物が併設される土工（不可視部分）の出来形管理方法は以下とする。

①土工と一体施工が必要で土工の出来形確認がしづらいもの

◇盛土の石積み・ブロック積み等
◇盛土のもたれ擁壁等
※従来どおり構造物の完成段階において、構造物の出来形管理を行う。



②土工の出来形が確認可能で構造物が大規模なもの

◇盛土のコンクリートブロック張り工等
◇切土の石積み・ブロック積み等
◇切土のもたれ擁壁等
※土工の出来形管理が必要であり、かつ構造物の施工前に出来形確認が可能なものは、土工完了段階でICT土工の出来形管理をおこなう。 ←ただし、次項の様な例外も認める。

③土工の出来形が確認可能だが構造物が小規模なもの

◇小段排水溝、縦溝排水溝、側溝工及び付随する張りコン等
◇防草コンクリートなど簡易な張りコンや張りブロック等
※ICT土工の出来形管理は省略し、構造物の出来形管理を行う。

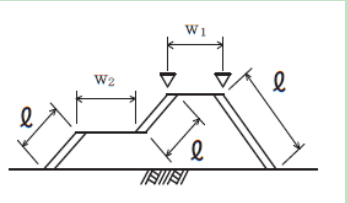
1.2.4 3次元出来形管理等の施工管理

留意事項③

■不可視部分の出来形管理の特例

受注者は、前ページ②の様な場合で、出来形管理のためにUAVやLS等による出来形管理を複数回実施しなければならない時、不可視となる部分についてのみ協議によって従来の出来形管理手法に替えることが出来る。
ただし、規格値も従来どおり（厳しい）となるため留意すること。
なお、積雪等によりICT活用工事の出来形確認が出来ない場合も同様とする。

従来の管理の場合

工種	測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
路体盛土工 路床盛土工	基準高 ▽		±50	施工延長40m（測点間隔25mの場合は50m）につき1箇所、延長40m（又は50m）以下のものは1施工箇所につき2箇所。 ただし、「TSを用いた出来形管理要領（土工編）」（平成24年3月29日付け国官技第347号、国総公第85号）の規定による場合は、設計図書の測点毎。基準高は各法肩で測定。	
	法長ℓ	ℓ<5m	-100		
		ℓ≧5m	法長-2%		
	幅 w1,w2		-100		

■流水波浪影響下での出来形管理

以下の流水波浪影響下の現場については、出来形管理をどの様な形で実施するのか協議しておく必要がある。

①河道掘削、　②砂防堰堤上流の除石工

流水波浪影響下での出来高管理方法としては、定期的に出来高を管理しておくことが想定されるが、この場合出来形管理は精算対象外であることに留意が必要して実施しなくてはならない。
なお、ICT活用工事における3次元出来形管理は面管理による出来形管理を実施することであり、対象の全ての面を1m2メッシュに区分けし、そのメッシュ内の点群と規格値を比較して管理する。
本手引き1.1.●留意事項イ）に示すとおり、上記工種で巨石の割合が多い現場では面管理自体が不適当な場合もあり、この場合はICT土工としての施工は困難である。

1.2.4 3次元出来形管理等の施工管理

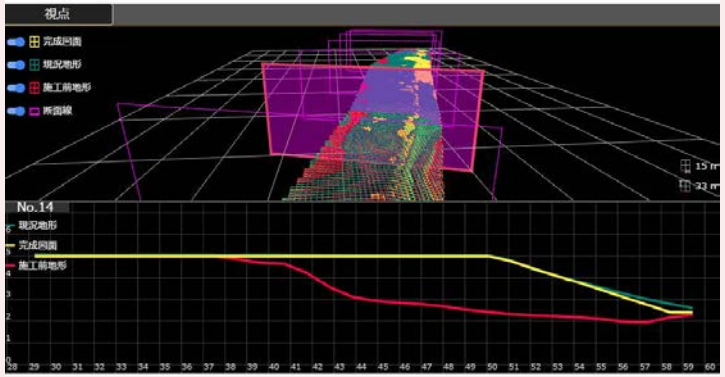
留意事項④

■3次元による施工管理（出来形管理と出来高管理）

出来形管理を面管理で実施できない現場であっても、土量検収等の出来高管理を3次元CADソフト等を用いた土量計測により実施する場合は、これをICT活用工事の5つの施工プロセス④：3次元出来形管理として認めることが出来るため具体的内容と対象範囲を協議すること。

ただし、以下工種において3次元CADソフト等を用いた土量計測によりを出来高管理のみを実施しようとする場合は、ICT建機の施工が必要かどうかについても十分検討されたい（本手引き1.1.●留意事項ウ）参照）。

①海岸養浜工
②除石工
③河道掘削工





■土量管理のみICT技術を使った出来高管理をおこなう場合（参考情報）

数量算出要領の改定により、ICT活用工事に該当する、しないに関わらず、UAV等によるICT技術を使った3次元CADソフト等を用いた土量計測を実施しして生産性向上が図れるため、これを積極的に活用されたい。

例えば、残土受け入れ地などでICT建機を使用しない盛土現場、ダンプ検収などにより出来高管理をしていた現場で測量手間が省ける場合がある。

1. ICT活用工事の実施協議

1.3　3次元データを使った設計図書作成指示

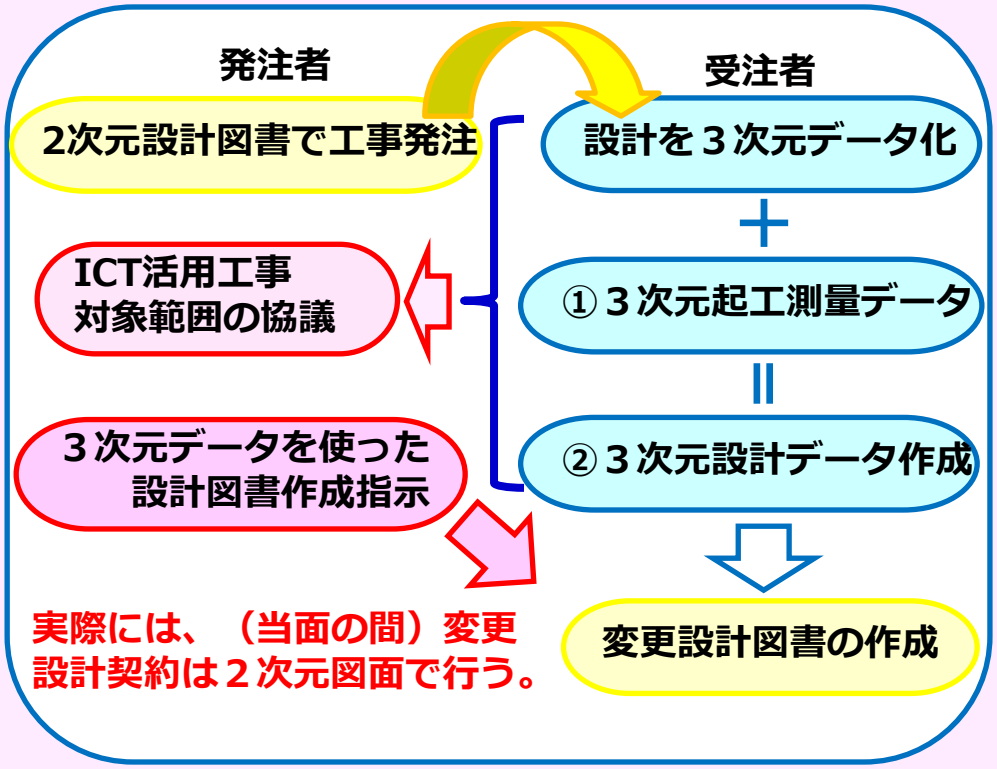
○実施項目

　発注者は、ＩＣＴ活用工事対象範囲等の受注者からの協議を受けて、３次元データを使った設計図書の作成指示を行う。

　発注者は、設計図書及び関連する測量・設計成果を受注者に貸与する。

留意事項①

3次元データを使った設計図書作成指示イメージ



<設計図書の3次元化の指示事例>



第９号様式

総括監督員	主任監督員	専任監督員	現場代理人	主任(監理)技術者

工　事　打　合　簿

発議者	■発注者　□受注者	発議年月日	平成　年　月　日
発議事項	■指示　□協議　□通知　□承諾　□提出　□報告　□その他（　　）		
工事番号		工事名	

（内容）

設計図書のうち、平面線形、縦断線形、横断形状等と、3次元機工測量を行って取得した3次元地形データを使って、土工の3次元設計データの作成を追加する。

なお、3次元起工測量の範囲は以下の通りとする。

・縦断方向は、工事区間の起点より－20mから、工事区間の終点より＋20mまでの範囲とする。

・横断方向は、官民境界より民地側に＋5mまでの範囲とする。

・橋梁設置区間については、官民境界上で計画路面高さに3mを加えた位置から、下方向かつ民地方向に＋30度に下ろした範囲までとする。

上記について、設計変更の対象とする。

添付図　　葉、その他添付図書「ICT活用工事計画書」

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 平成　年　月　日　職・氏名
	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 平成　年　月　日　職・氏名

■設計図書等の貸与

以下の設計図面関連データを事前に貸与しておくこと。

- **設計業務の電子成果品**
- **発注CAD図面データ**
- **測量データ（SIMAデータ等）**

i-Construction

ICT活用工事の手引き③

三重県県土整備部整備部　技術管理課

※本資料は「H29生産性向上(i-Construction)研修（中部地方整備局企画部）」を参考に作成しています。

ICT活用工事の手引き③

第2章　機器・ソフトウェア等の選定
第3章　施工計画書（起工測量）
第4章　工事基準点の設置
第5章　起工測量実施及び成果作成
第6章　3次元設計データ
第7章　設計図書の照査

第11章　設計変更協議

2. 機器・ソフトウェア等の選定

- 機器・ソフトウェア等の選定の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
機器構成、仕様の確認	・必要な機器構成、仕様の確認	
機器・ソフトウェアの選定・調達	・必要な機能の取捨選択	
電子納品の事前協議	・情報交換方法や、電子納品、電子検査の事前協議	・協議の受理・指示
工事施工中の指示・協議		

■ICT活用工事実施において必要となる機器類及びソフトウェアは**受注者が調達**し、施工に必要なICT活用工事用データは**受注者が作成**する。

■**受注者は**、工事に関する電子データの以下について、「事前協議チェックシート」を用いて**協議**を行う。
①工事施工中の情報交換・共有方法
②電子成果品とする対象書類
③その他の事項機器・ソフトウェアは測量機器販売店やリース・レンタル店、施工関連のソフトウェアメーカ等より、購入またはリース・レンタルにより調達が可能です。

■**受発注者は、**電子納品の事前協議において、「事前協議チェックシート」を用いて協議をおこなった方法で、施工中の**打合せ簿をやりとり**する。

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1 機器・ソフトウェア等の調達

○実施項目

ICT活用工事実施において必要となる機器類及びソフトウェアは受注者が調達し、施工に必要なICT活用工事用データは受注者が作成する。

必要な機器





・UAV：Unmaned Arial Vehchl
無人航空機（通称：ドローン）等

・デジタルカメラ

UAV出来形管理要領に規定される方法にて空中写真測量が行える機能を有すること。

・パソコン（64bit対応推奨）

・レーザスキャナ（LS）



LS出来形管理要領に規定される方法にて3次元測量が行える機能を有すること。

必要なソフトウェア



■写真測量ソフトウェア（UAV使用時）
■点群処理ソフトウェア
■ 3次元設計データ作成ソフトウェア
■ 3次元出来形帳票作成ソフトウェア
■出来高数量算出ソフトウェア

※各ソフトウェアの詳細は、次頁以降の『ソフトウェア一覧表』参照

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

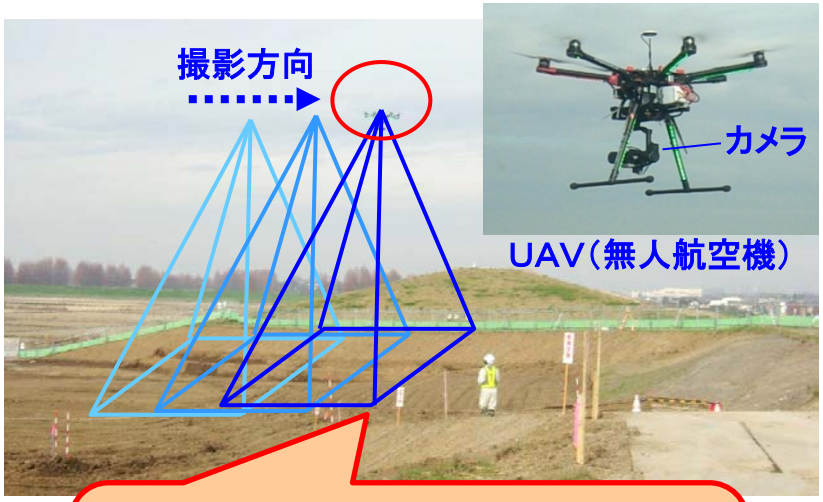
- 英語：Unmanned Aerial Vehicle ／ Drone
- 日本語：無人航空機 ／ ドローン
  ⇒ 本手引きでは、『 UAV 』と記載する
  → 自律制御や遠隔操作により飛行することができる。デジタルカメラを搭載することで、空中写真測量に必要な写真の撮影ができる。
- 空中写真測量
  → 航空機などを用いて上空から撮影された連続する空中写真を用いて、対象範囲のステレオモデルの作成や地上の測地座標への変換等を行い、地形や地物の3次元の座標値を取得すること。

※参考［用語説明］

●モニタ（テレメトリー）
UAVの状態(運航位置や機体の動作状況、バッテリの状況等)に関する情報をUAVの機体から受信して表示する機器（端末）。コントローラと一体なっている機器もある。

●フェイルセーフ（機能）
UAVの動作が不良になったり、事故等が発生した場合など、予期せぬ事態が発生した際に、自動的にUAVの動作を中止したり、一定の動作を行うことで、安全の確保を行うこと、またその機能。

●ジオフェンス（機能）
あらかじめ指定した空域(水平方向、高さ方向とも)を超えてUAVが運航しようとした場合に、それを防ぐための仕組み(機能)。
ジオフェンス機能を活用するには、UAVがGNSS信号等を正常に受信して、自らの位置情報を正確に得ることができていることが必要となる。



●高密度・広範囲に、短時間で撮影することが可能。
点群データ化の処理には、データ処理時間が必要

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

○実施項目

UAVについては以下の機能を有すること。

(1)撮影計画を満足する揚重能力及び飛行時間を確保できる

(2)航空法に基づく無人飛行機の許可要件に準じている

また、以下性能を有するものを使用することを基本としている。

(3)利用を想定している飛行域の地表風に耐えることができる

(4)撮影時の飛行姿勢、デジタルカメラの水平規正及び写角が確保できる

留意事項

■UAV

ICT活用工事では、UAV本体やUAVを操作するためのコントローラあるいは撮影計画ソフトウェア、カメラを固定するジンバルなどを備えたものが必要。



■UAVの自律航行と手動航行

UAVには、所定のカメラ撮影ラップ率、地上画素寸法が確保できる飛行経路及び飛行高度を 算出するソフトウェアを備えた「自律飛行」が出来る機種と、主にホビー用機種が相当するが、ラジコン同様にプロポ操作「手動航行」しか出来ない機種がある。



■飛行許可申請で書類の一部を省略される機種

空港等の周辺の空域や人口集中地区の上空を飛行させる場合等、また、夜間や目視外等において無人航空機を飛行させる場合等には、国土交通大臣の許可や承認が必要だが、機体性能が確認されていることから、申請書類の一部を省略できる機種（26機種）が航空局HPに掲載。

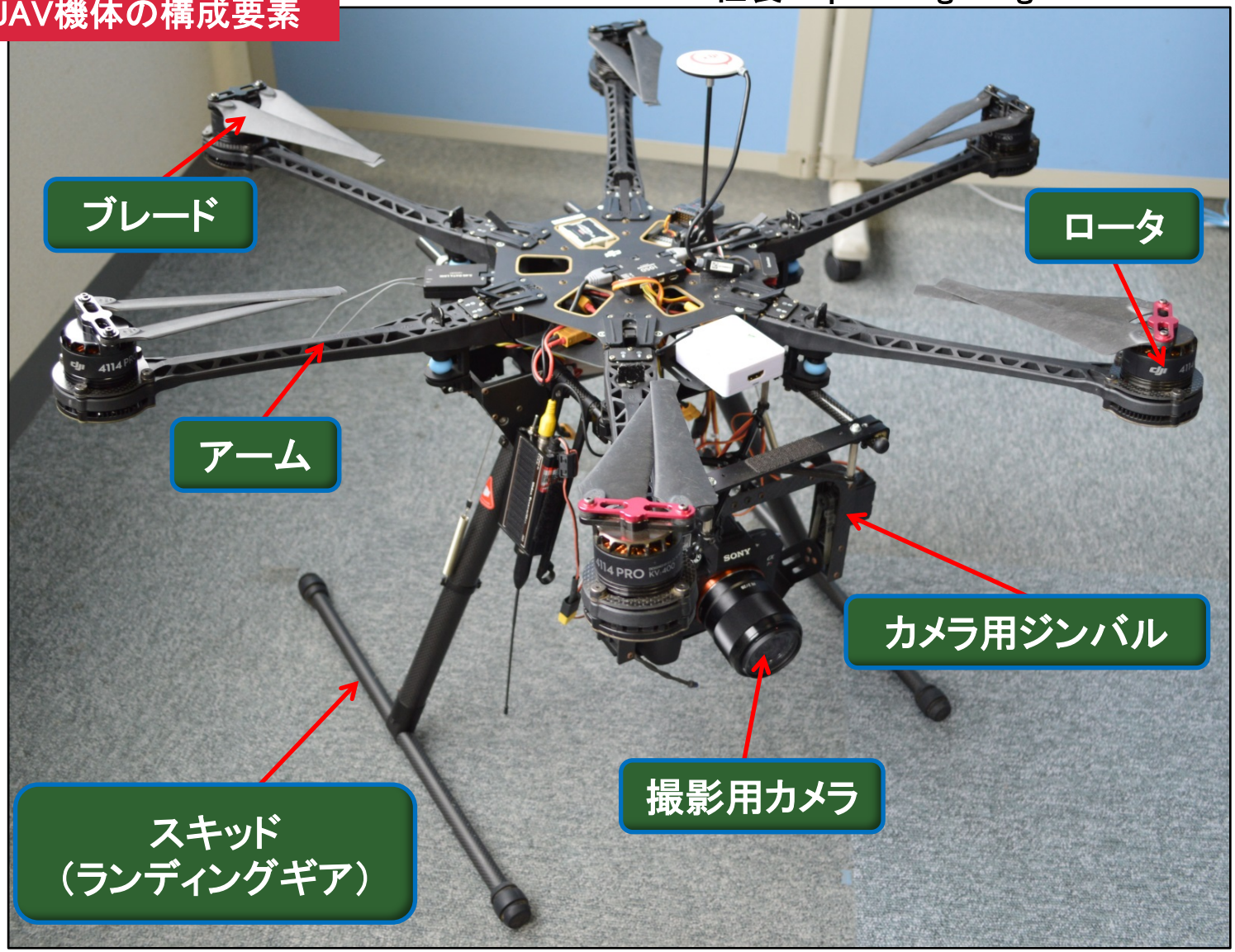
http://www.mlit.go.jp/common/001113194.pdf

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

DJI 社製　Spreading Wings　S800 EVO

UAV機体の構成要素



2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）



2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

UAVの一例

名　称	CineStar6	INSPIRE 1	PHANTOM2 Vision+
機　体			
ジンバル	3-Axis Camera Gimbal	ZENMUSE X3	PHANTOM 2 Vision+ NO.2 カメラユニット
スタビライザー	CARVEC　G-Lock		
飛行時間	最長18分 （ペイロード2Kgまで）	23分	15分
全　長	1126mm	451mm	400mm
全　高	500mm	301mm	260mm
プロペラ直径	15inch	13inch	9.4inch
バッテリー	22.2V 10,000mA（2本）	22.8V 5700mAh（1本）	22.2V 5,200mA（1本）
カメラ	Canon　D6　2000万画素 Sony　α6000　2400万画素	標準搭載カメラ1200万画素	標準搭載カメラ1400万画素
安全機構	・Return　To　Home ・1モーター喪失保護	・Go　Home ・ビジョンポジショニングシステム	・Go　Home
飛行可能風速	風速10m	風速10m	風速8m
制御装置	DJI　A2	DJI　A2相当	DJI　NAZA
特　徴	ウェイポイント・自律航行システム 信頼性と静寂性 大きな積載量 リアルタイム画像伝送	リアルタイムフライトデータ リアルタイム画像伝送	リアルタイムフライトデータ リアルタイム画像伝送 レーダーポジショニング
人　員	2名	2名	1名

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

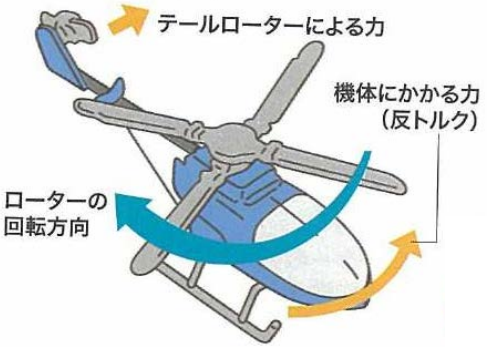
UAV飛行原理（1）

■ヘリコプターの原理

- ◆ ヘリコプターはシングルロータのため、回転方向と反対方向に力（反トルク）が発生してしまう
- ◆ テールロータにより反トルクを打消し機体の回転を抑える
- ◆ 機体ロータの回転面の角度を変え前後左右に移動

構造が複雑

【ヘリコプターの原理】



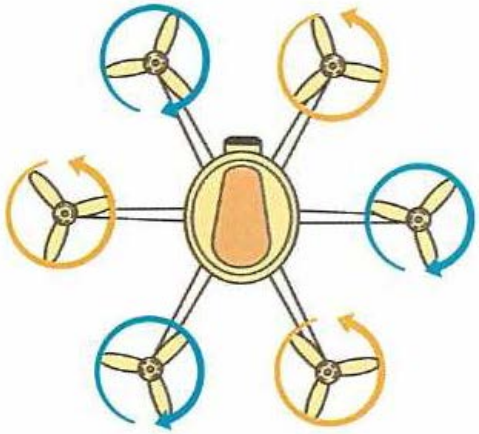
メインローターで揚力を得て、テールローターで反トルクを打ち消して機首の向きを保ちます。

■ドローンの原理

- ◆ ドローンは複数枚のロータを使用する
- ◆ 隣合うロータ同士が反対方向に回転し、反トルクを打消しあっている
- ◆ 機体ロータの回転数を変え前後左右に移動

構造がシンプル

【ドローンの原理】



隣合うロータが反対方向に回転し
反トルクを打ち消し

出典元

飛ぶ！撮る！ドローンの購入と操縦
はじめて買って飛ばすマルチコプター
高橋亨監修　株式会社技術評論社　出版

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.1 UAV（ドローン）

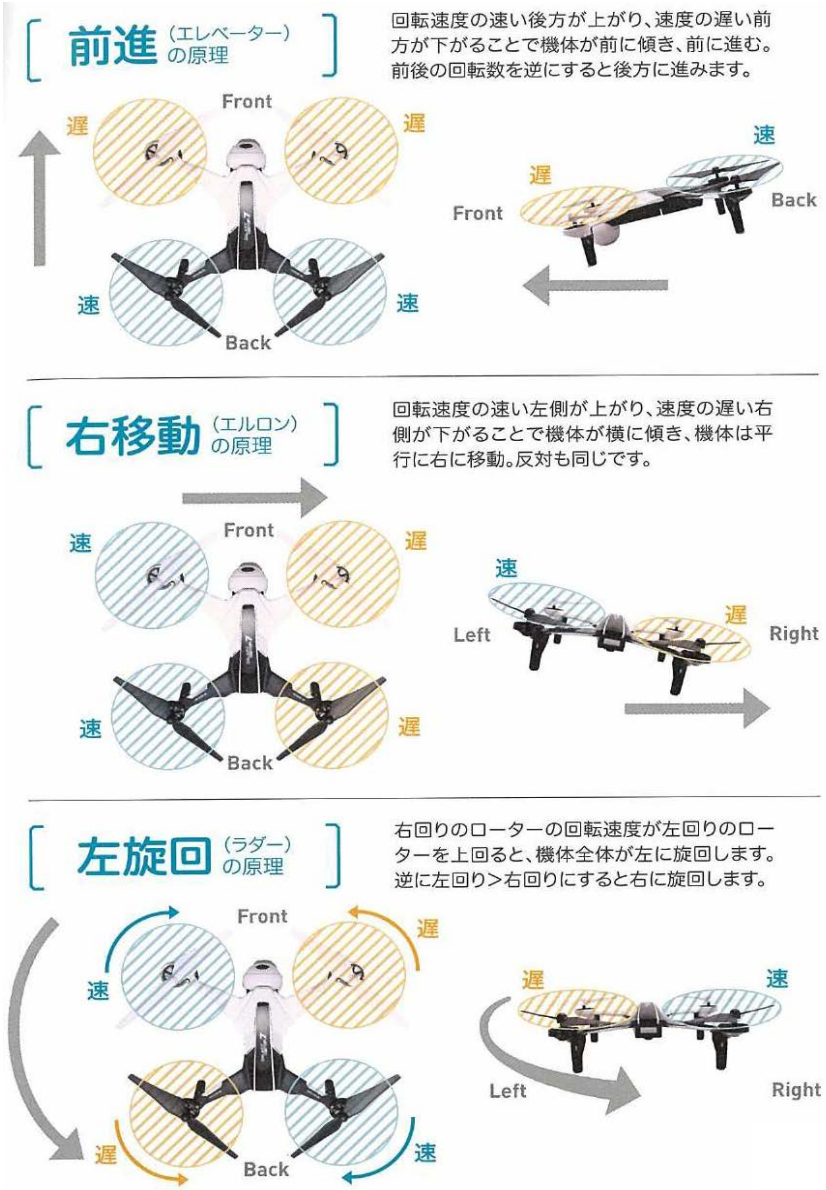
UAV飛行原理（2）

◆ 複数のロータの回転数を個別に制御することにより移動を可能にしている。

個別にロータ回転数を制御



ロータの数が多い程機体は安定する



2. 機器・ソフトウェア等の選定

起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

2.1.2 デジタルカメラ

〇実施項目

デジタルカメラについては以下の機能を有すること。

(1) 計測性能：地上画素寸法が1cm／画素以内

(2) 撮影方法：インターバル撮影または遠隔でシャッター操作が出来る





留意事項

■UAVへのカメラ搭載

撮影可能時間も含めた総合判断により一体的に機材を選定する必要。

・高性能デジタルカメラ選択の**メリット：◎とデメリット：▲**

◎画素数大で高高度撮影可能　→撮影枚数減＝撮影時間減

▲大きく重いため大型UAVが必要　→飛行時間が短い

国総研HPのQA

・UAV測量マニュアルとUAV出来形管理要領での仕様の違い

UAV測量マニュアルではカメラの仕様として、単焦点レンズが指定されているなど細かい仕様規定があるが、ICT活用工事における起工測量及び出来形管理で使用すべきカメラについては、UAV出来形管理要領に記載されている計測性能を満たす機器であればよい。

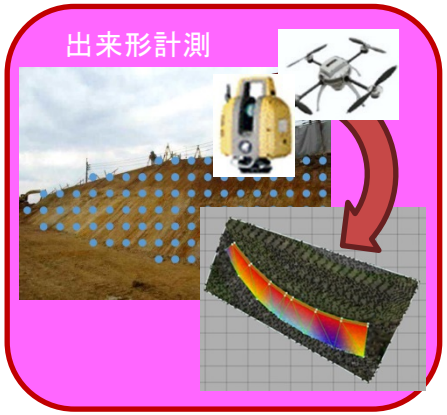
よって、レンズについて言えば、ズームカメラでもよい。

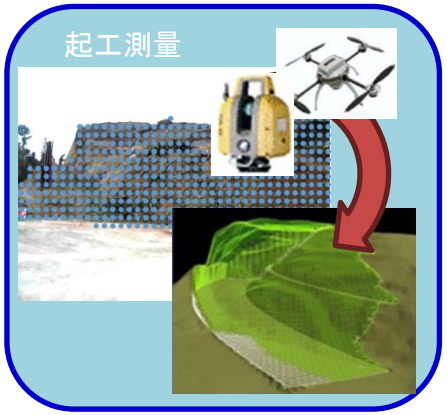
・UAV一体型カメラ

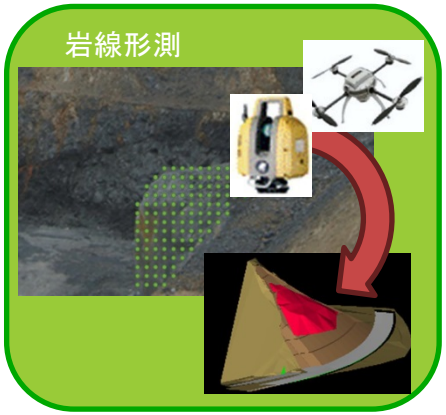
上記と同様に、UAV出来形管理要領に記載されている計測性能および測定精度を満たす機器であればUAV付属（一体型）カメラでも、受注者の責任において使用出来る。

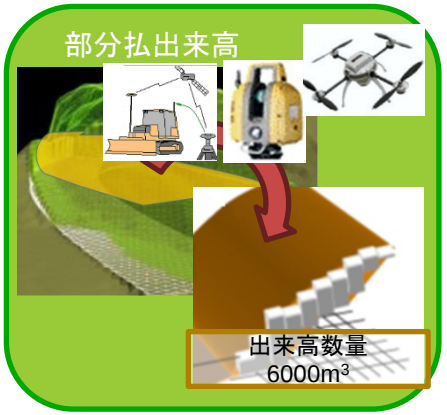
（参考）利用場面ごとに要求される計測精度が異なる。

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	±2cm以内	精度確認試験 の 測定距離以内	1点以上／1㎡（1m×1m） ※出来形計測時は1点以上/0.01㎡（10cm×10cm）にて実施
起工測量	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内		1点以上／0.25㎡（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／0.25㎡（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／0.25㎡（50cm×50cm） ※計測密度は上記以上を確保する設定









2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.3 レーザースキャナ（LS）



○実施項目

レーザスキャナ（LS）については以下の機能を有すること。

(1)計測精度：計測範囲内で**±２cm以内**

(2)色データ：色データの取得が可能なこと

起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

留意事項

■レーザースキャナーとは：

英語：Laser Range Scanner　/　3D scanner

日本語：レーザースキャナー　/　測域センサ

⇒ 本手引きでは、『ＬＳ』と記載する

計測対象に触れることなく地形や構造物の三次元データを取得可能なノンプリズムの計測機器。

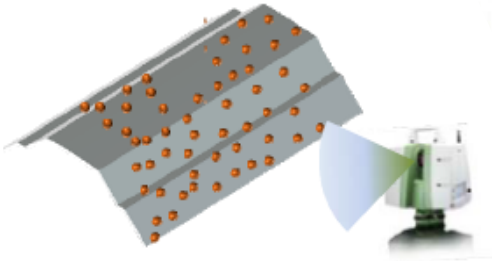
トータルステーション（TS）と同様に、光波測距儀と測角器械を用いて、距離と角度を計測する。

TSとの最大の違いは、計測周期であり、１秒間に数千～数十万点の情報を取得することが可能。

計測距離は100m～1000m以上まで多様。

■LS用のソフトウェア

UAV航空写真測量とLS測量に対応したソフトウェアは一部違うため使用ソフトの適用範囲も確認すること。



●面的な点群データを、高密度・広範囲に、短時間で取得する。

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

〇実施項目

ソフトウェアについては以下仕様を満たすこと。
また、パソコンについてはソフトウェアが使用出来るスペックを確保すること。

■写真測量ソフトウェア（UAV測量のみ必要）

撮影した空中写真から空中写真測量および３次元図化を行い、地形や地物の座標値を算出するソフトウェア。

■点群処理ソフトウェア

空中写真測量で算出した地形の３次元座標点群から樹木や草木、建設機械や仮設備等の不要な点を除外するソフトウェア。また、整理した３次元座標の点群データを、さらに出来形管理基準を満たす点密度に調整したポイントデータ、及び当該点群にＴＩＮを配置し、３次元の出来形計測結果を出力するソフトウェア。

■ ３次元設計データ作成ソフトウェア

出来形管理や数量算出の基準となる設計形状を示す３次元設計データを作成、出力するソフトウェア。

■ ３次元出来形帳票作成ソフトウェア

３次元設計データと出来形評価用データを入力することで、設計面と出来形評価用データの各ポイントの離れの算出と良否の判定が行える情報を提供するとともに、計測結果を出来形管理分布図（ヒートマップ）として出力することができるソフトウェア。

■出来高数量算出ソフトウェア

起工測量結果と３次元設計データ作成ソフトウェアで作成した３次元設計データ、あるいは点群処理ソフトウェアで算出した出来形結果を用いて出来高を算出するソフトウェア。

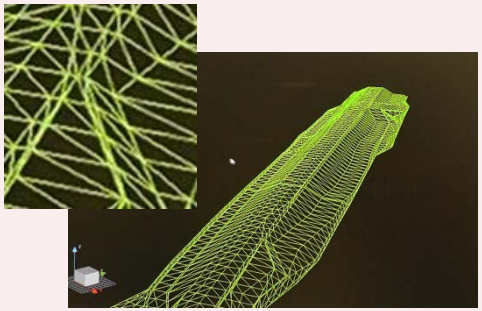
2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4. パソコン及びソフトウェア

留意事項①

■TINデータとは

TIN（不等三角網）とは、triangulated irregular networkの略。地形や出来形形状などの表面形状を3次元表示する、最も一般的なデジタルデータ構造。



■点群データとは

3次元物体を、点の集合体で表したもの。
（拡大すると、デジタルカメラの画像のように「点」になる）
計測で得られた、3次元座標値で地形や地物を示す点群データ。
データ処理（不要な点の削除・点密度調整など）前のデータ。
CSVやLandXMLなどで出力される。

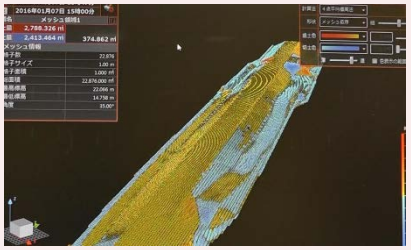


■出来形管理分布図（ヒートマップ）とは

3次元設計データと出来形計測データを用いて、各ポイントの標高較差（垂直離れ）を表した分布図。

◆監督員の確認・把握及び検査員による検査が実施されることを想定してソフトウェアを選定することも重要となる。UAV出来形管理要領及びLS出来形管理要領　1-1-6、1-4-2　にある監督実施項目において確認・把握をうけるものでソフトによる作成が可能なものは以下。

①工事基準点の設置状況の把握
②3次元設計データチェックシートの確認
工事基準点、線形計算書、平面線形（平面図）、縦断線形（縦断図）、横断図、3次元ビュー
③カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告の把握
④出来形管理状況の把握
出来形分布図（ヒートマップ等）



2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

留意事項②

■参考情報

OCF（Open CIM Forum）ホームページにて参加ベンダーのソフトウェア対応について情報提供されている。

〇国土交通省「LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準（案）」Ver.1.0対応ソフトウェア一覧

↓HPはこちら

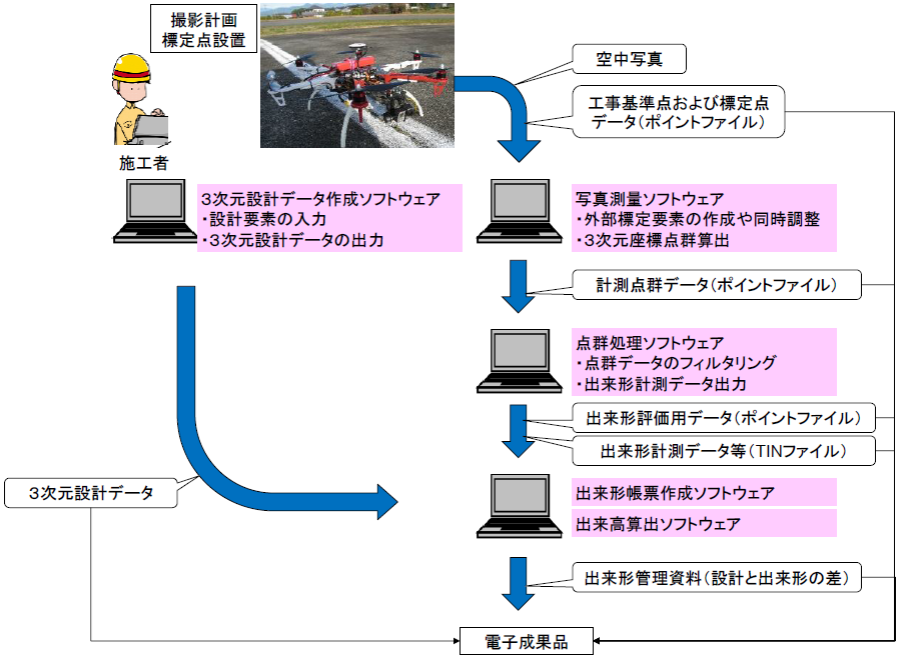
http://www.ocf.or.jp/cim/LandList.shtml

国総研ホームページにもi-Construction型出来形管理へ対応するソフトウェアを調査した結果がリスト化されている。

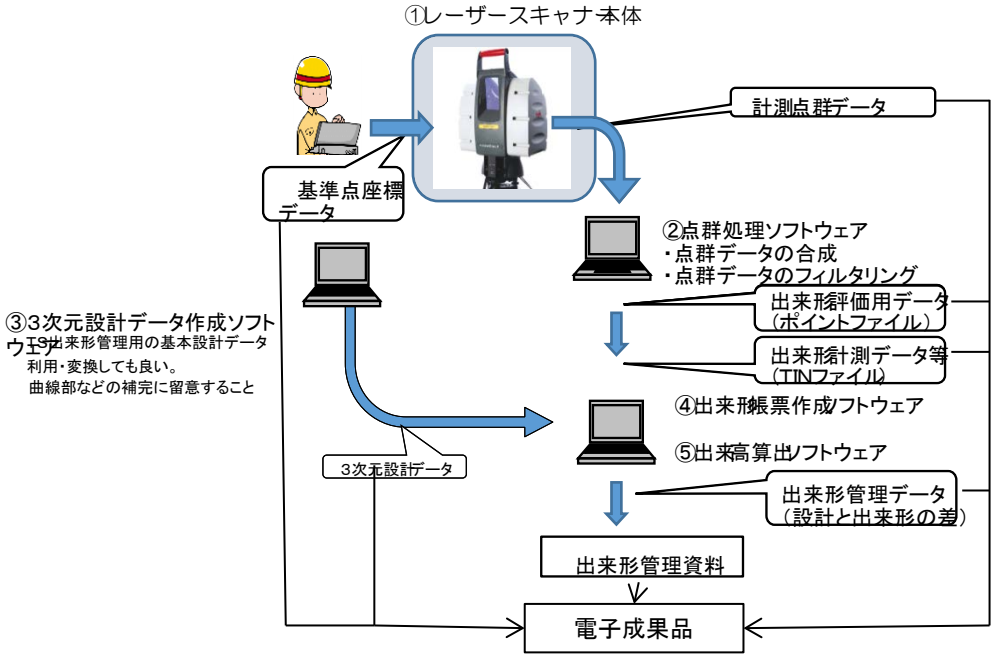
〇i-Construction型出来形管理対応ソフトウェア

↓HPはこちら

http://ccwww.nilim.go.jp/lab/pfg/bunya/cals/des.html



空中写真測量（ＵＡＶ）を用いた出来形管理のデータの流れ



レーザースキャナーを用いた出来形管理のデータの流れ

2.1.4 パソコン及びソフトウェア（国土交通省の推奨環境）

留意事項③

以下は、発注者が将来的に用意すべき環境として参考とすること

★パソコン（PC）

UAV出来形管理要領、またはLS出来形管理要領に規定された方法にて作業できるソフトウェアの推奨環境を参考とすること。

（参考スペック）
- ・OS　Windows7（64Bit）以上
- ・CPU　Corei7以上
- ・メモリ　32GB
- ・ストレージ　SSD（1TB以上）
- ・グラフィックカード　OpenGL4.0以上　DirectX11.0以上
- ・ビデオメモリ　2GB以上
- ・光学式ドライブ　ブルーレイディスクの読み込み・書き込みが可能であること



★ソフトウェア

・必要な機能の全てに対応可能なソフトは現在開発中と聞いており個別機能で対応することになる。
・ソフトウェアは、「LandXML1.2に準じた3次元設計データー交換標準(案)」の適用に対応でき、このデータ標準でのインポート、エクスポートの機能を有するもの。
または、LANDXML形式、DXF形式、DWG形式に対応していること。

①3次元設計　:平面線形図面、縦断図面、横断図面または各データより3次元設計データを作成する機能を有する。
②3次元数量算出　: 3次元測量データより、UAV出来形管理要領、または、LS出来形管理要 領にて規定された方法で点データを作成し、出来形管理要領にて規定された方法にて3次元設計データとの差異を算出できる機能を有するもの。
③3次元出来形検査:UAV出来形管理要領、または、LS出来形管理要領にて規定された出来形管理図表が作成できる機能を有すること。

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

【ソフトウェア一覧表①(写真測量ソフトウェア)】

ソフトウェア機能 / ソフトウェア名称	写真測量	点群処理	3次元設計データ作成	出来形帳票作成	出来高数量算出	電子納品	三次元設計データと二次元図面の照査	無償ビューア機能		価格(千円)	参照先(URL)	備考
								閲覧	照査			
Photoscan (Agisoft社)	●	–	–	–	–	-	-			500	http://www.oakcorp.net/photoscan/	PhotoScan Pro ¥503,280[税別¥466,000]
Context Capture (acute3D社)	●	–	–	–	–	-	-			1,000	http://ieiri-lab.jp/success/2016/07/cotext-capture.html	ContextCaptureはベントレー・システムズが開発を担当し、販売窓口とサポートは日本代理店のみるくるが担当している。 価格は通常版が100万円(税別。以下同じ)で年間保守料が20万円、Center版が500万円で年間保守料が100万円となっている。
Pix4D Mapper (Pix4D社)	●	-	–	–	–	-	-			820	https://mapper.pix4d.com/store/	7900CHFスイスフラン ¥821,600–
Image Master ((株)Topcon)	●	–	–	–	–	-	-			860	http://www.topcon.co.jp/news/20150224-17447.html	TOPCON Image Master UAS 国内標準価格:864,000円(新規単体パッケージ、消費税込み)

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

【ソフトウェア一覧表②】

ソフトウェア名称	ソフトウェア機能	写真測量	点群処理	3次元設計ﾃﾞｰﾀ作成	出来形帳票作成	出来高数量算出	電子納品	三次元設計データと二次元図面の照査(整合確認)	無償ビューア機能 閲覧	無償ビューア機能 照査	価格(千円)	参照先(URL)	備考
福井コンピュータ(株)	TREND-POINT	－	●		●	●	●（出来形成果の出力）		○	○ ※1	1,500	http://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/index.html http://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/index.html	＜無償ビューアについて＞ TREND-POINTより点群及び出来形・出来形数量確認ができるビューアの出力が可能。（インストールが必要無いEXE形式） 完成形の三次元設計データについても、受注者がTREND-POINT上に取り込みビューア出力しれば確認可能。 ※1　照査機能について 納品データにおいての三次元設計データの線形、横断、座標の確認および、法長などの距離計測機能を有し、現場の状況を確認可能。 ＜電子納品成果品の出力＞ TREND-POINTより、出来形管理表やビューア等を電子納品の成果品（ICONフォルダ）として出力。最終的な納品は、EX-TREND武蔵の電子納品ツール上で他の納品情報合わせて納品する。
	EX-TREND武蔵	－		● TS出来形オプション							700	http://const.fukuicompu.co.jp/products/extrendmusashi/execution.html	TREND-POINT上で出来形管理に活用する三次元設計データは、武蔵の建設CADからオリジナル形式で出力する。 発注時に三次元設計データが存在する場合は、建設CADに取り込み、道路面・法面など必要な情報を追加し、オリジナル形式で出力する。
								●			170		＜価格について＞ 出来形設計オプションに追加機能として、横断計算および横断図作成プログラムを追加
							●		-	-	100	http://const.fukuicompu.co.jp/products/extrendmusashi/delivery.html	TREND-POINTより出力されたICONフォルダ内の情報を、他の電子納品情報と合わせて成果とする。 http://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/index.html

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

【ソフトウェア一覧表③】

ソフトウェア機能 / ソフトウェア名称		写真測量	点群処理	3次元設計データ作成	出来形帳票作成	出来高数量算出	電子納品	三次元設計データと二次元図面の照査(整合確認)	無償ビューア機能		価格(千円)	参照先(URL)	備考
									閲覧	照査			
川田テクノシステム(株)	V-ROAD ・V-ROAD/M 『i-Conオプション』	－		●					-	-	298 ＋ i-Con_Kit 120/年 年間レンタル	http://www.kts.co.jp/tip/kts/i-con/index.html	道路設計専用CADで平面図、縦断図、横断図の作成が連動して作図できる。 横断図は路床、路体などの土工区分線を自動作成し、LandXMLファイルを出力する。 V-ROAD/M　年間保守　¥80,000円
	V-nasClair 『i-Con_Kit』	－						●	○	○	オープン価格	http://www.kts.co.jp/tip/kts/i-con/index.html	i-con、CIMに対応した2D・3D汎用CADシステムである。 LandXMLファイルや地形モデルとの合成を行い、「3Dモデル」で表示できる。 Basic Suite、ROAD Kitの利用により、3次元地形や3次元線形モデルを容易に作成することができる。 設計照査でもLandXMLファイルから各種線形計算書、縦断図作成が行えチェックが簡素化。 BasicSuite ¥60,000円/年　ROAD Kit ¥120,000円/年（年間レンタル） 3D数量算出はH28年12月対応予定サーフェス同士による数量算出 V-nasClair　年間保守 ¥36,000円 ＜無償ビューアについて＞ 3次元ビューアのV-nas3DViewerを無償提供。 ※1　LandXMLファイルの直接読込機能なし。 V-nasClairで変換しｵﾘｼﾞﾅﾙﾌｧｲﾙで閲覧可 ※2　照査機能について ﾋﾞｭｰﾜは三次元データの線形、横断の交点座標の確認および、法長などの距離計測機能が可能です。

2.1.4 パソコン及びソフトウェア

【ソフトウェア一覧表④】

ソフトウェア機能 / ソフトウェア名称		写真測量	点群処理	3次元設計データ作成	出来形帳票作成	出来高数量算出	電子納品	三次元設計データと二次元図面の照査(整合確認)	無償ビューア機能		価格(千円)	参照先(URL)	備考
									閲覧	照査			
川田テクノシステム(株)	V-nas 発注者パッケージ	－						●	○	○	オープン価格	http://www.kts.co.jp/tip/kts/i-con/index.html	i-con、CIMに対応した発注者様向けの2D・3D汎用CADシステムである。 LandXMLファイルや地形モデルとの合成を行い、「3Dモデル」で表示できる。 Basic Suite、ROAD Kitの利用により、3次元地形や3次元線形モデルを容易に作成することができる。 設計照査でもLandXMLファイルから各種線形計算書、縦断図作成が行えチェックが簡素化。 BasicSuite ¥60,000円/年　ROAD Kit ¥120,000円/年（年間レンタル） 3D数量算出はH28年12月対応予定サーフェス同士による数量算出 V-nasClair　年間保守　別途相談
	電納ヘルパー Club設計 (国交省設計版)	－					●		-	-	200/年 年間レンタル	http://www.kts.co.jp/seijyou/k_helper/k_design/index.html	電子納品支援ソフトの設計版。 i-conフォルダ作成に対応済 CALS-Q&A（電話）サポートは別途¥15,000-／年
	電納ヘルパー Club 工事 (国交省工事版)	－					●		-	-	200/年 年間レンタル	http://www.kts.co.jp/seijyou/k_helper/k_const/index.html	電子納品支援ソフトの工事版。 CALS-Q&A（電話）サポートは別途¥15,000-／年
オートデスク(株)	Autodesk AutoCAD Civil 3D	－		●	●	●	●	●	○	-	350/年 年間レンタル	http://www.autodesk.co.jp/civil 3d	価格はオンラインストア参考価格。i-con用セット販売有。 （官公庁向けは弊社担当営業にお問い合わせください。）
	Autodesk InfraWorks 360	－	●	●					○	-	260/年 年間レンタル	http://www.autodesk.co.jp/infraworks	

2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.1.4. パソコン及びソフトウェア

【ソフトウェア一覧表⑤】

ソフトウェア機能 / ソフトウェア名称		写真測量	点群処理	3次元設計ﾃﾞｰﾀ作成	出来形帳票作成	出来高数量算出	電子納品	三次元設計データと二次元図面の照査(整合確認)	無償ビューア機能		価格(千円)	参照先(URL)	備考
									閲覧	照査			
(株)建設システム	SiTE-Scope	-	●			●					700	http://www.kentem.jp/products/sitescope/	△：有償ｿﾌﾄで可
	SiTECH 3D	-		●				●	○	-	600	http://www.kentem.jp/products/sitech/	
	ﾃﾞｷｽﾊﾟｰﾄ出来形管理ｼｽﾃﾑ	-			●		●				400	http://www.kentem.jp/products/deg/	

※OCF（Open CIM Forum）ホームページ
（http://www.ocf.or.jp/cim/LandList.shtml）
にて参加ベンダーのソフトウェア対応について情報提供されている。



2. 機器・ソフトウェア等の選定

2.2 電子納品の事前協議

○実施項目

受注者は、工事に関する電子データの以下について、「事前協議チェックシート」を用 いて協議をおこなう。

①工事施工中の情報交換・共有方法
②電子成果品とする対象書類
③その他の事項

留意事項

■工事施工中の情報交換・共有方法

・環境確認： 無償ビューアファイルの提出の有無等、受発注者間で環境を確認する。

■電子成果品とする対象書類

・環境確認： BD-Rの使用、無償ビューアファイルの提出の有無等を確認する。

■監督検査の実施項目

監督・検査の実施項目に関し、3Dによる確認・把握及び検査行為をおこなう場合は、UAV出来形管理要領及びLS出来形管理要領1-1-6【解説】に従って受注者により資機材を提供、資料の整備をおこなう。

1－1－6　監督職員による監督の実施項目

本管理要領を適用した、空中写真測量（ＵＡＶ）による出来形管理における監督職員の実施項目は、「空中写真測量（ＵＡＶ）を用いた出来形管理の監督・検査要領（河川土工編）」又は「空中写真測量（ＵＡＶ）を用いた出来形管理の監督・検査要領（道路土工編）」の「5　監督職員の実施項目」による。

【解説】

監督職員は、本管理要領に記載されている内容を確認及び把握をするために立会し、又は資料等の提示を請求できるものとし、受注者はこれに協力しなければならない。

受注者は、監督職員による本管理要領に記載されている内容を確認、把握、及び立会する上で必要な準備、人員及び資機材等の提供並びに写真その他資料の整備をするものとする。

監督職員の実施項目は下記に示すとおりである。　以下続く～

UAV出来形管理要領1-1-6抜粋

2.3 工事施工中の指示・協議

〇実施項目

受発注者は、2.2.1. **情報交換・電子納品**の事前協議において、「事前協議チェックシート」を用いて協議をおこなった方法で、施工中の打合せ簿をやりとりする。

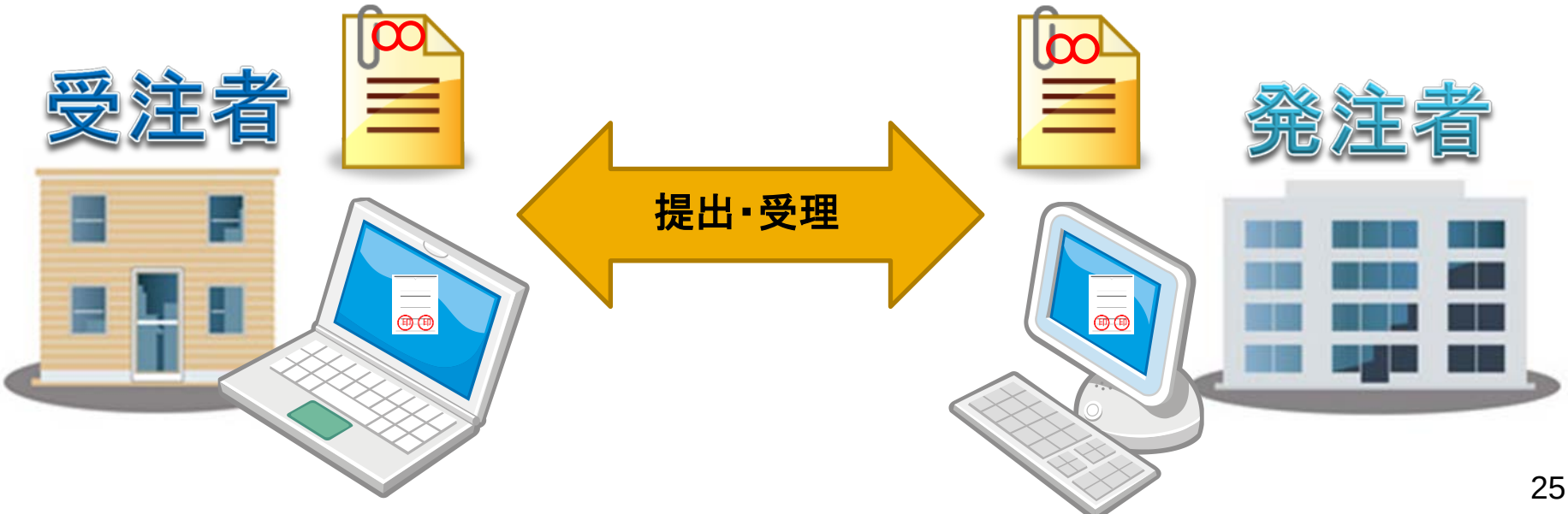
留意事項

・図面データの情報交換

基本的な打合せ簿のやりとりは従来通りとするが、図面データに関しては発注者側の環境が整うまでは、当面の間、2次元を基本とする。

・受注者の対応

発注者から2次元CADで指示されたものを3次元化する必要がある場合は、付加的業務にて行い、別途設計算変更の対象とする。



3. 施工計画書（起工測量編）

- 施工計画書（起工測量編）時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
施工計画書（起工測量編）の作成	・施工計画書（起工測量編）の作成	・施工計画書（起工測量編）の確認 ・受理

【UAVを使用する場合】

- **受注者は、UAVによる起工測量**を実施する場合は以下に留意し**施工計画をまとめる。**
  - ・適用工種
  - ・適用区域（3次元計測範囲、出来形管理を行う範囲）
  - ・出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準
  - ・使用機器、ソフトウエア（計測性能　等）
  - ・撮影計画（撮影コース、重複度　等）
- UAVに関して飛行マニュアル等必要資料を施工計画書に添付する。
- デジタルカメラに関して**必要とされる計測性能**を持っていることを証明する書類を添付する。
- ソフトウェアに関して使用するものの**仕様等**がわかる資料を添付する。
- 本手引きに示す留意事項を考慮した**撮影計画**を立案し、施工計画書に添付する。

【レーザスキャナを使用する場合】

- **受注者は、LSによる起工測量**を実施する場合は以下に留意し**施工計画をまとめる。**
  - ・適用工種
  - ・適用区域（3次元計測範囲、出来形管理を行う範囲）
  - ・出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準
  - ・使用機器、ソフトウエア（計測性能　等）
- LSに関して**必要とされる計測性能**を持っていることを証明する書類を添付する。
- ソフトウェアに関して使用するものの**仕様等**がわかる資料を添付する。

3. 施工計画書（起工測量編）

3.1 適用（UAV）

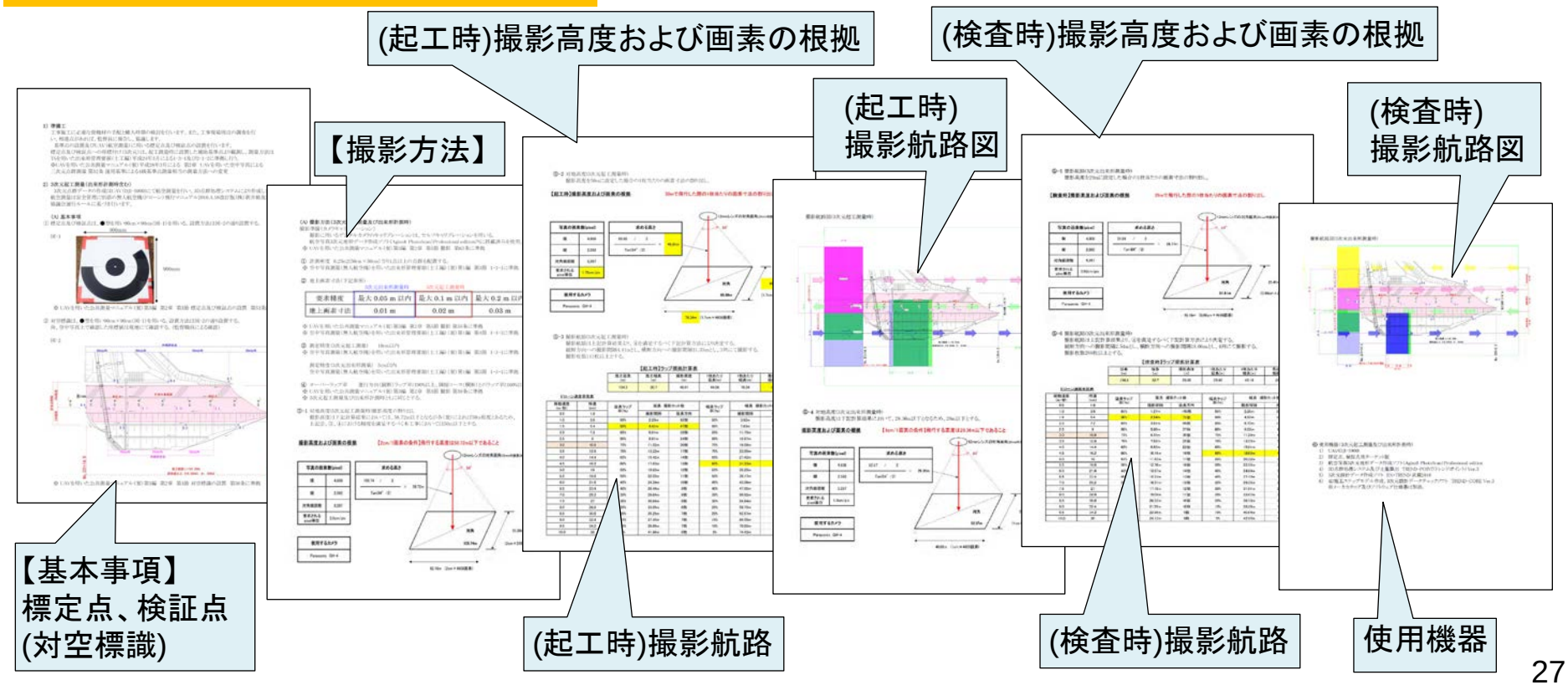
○実施項目

受注者は、以下に留意し施工計画をまとめる。

- 適用工種　　・適用区域（３次元計測範囲、出来形管理を行う範囲）
- 出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準
- 使用機器・ソフトウエア（計測性能等）
- 撮影計画（撮影コース、重複度等）

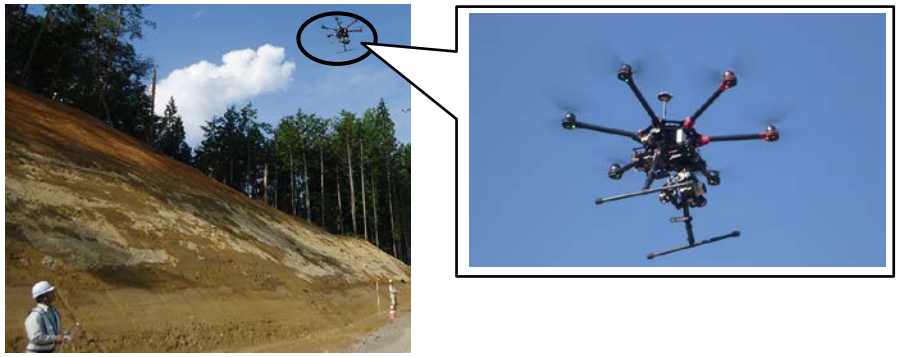
発注者は、受注者から提出された施工計画書を受理し、確認する。

施工計画書（起工測量編）作成事例



3. 施工計画書(起工測量編)

3.1 適用(UAV)



国総研HPのQA

■適用工種

・適用工種に該当する工種については、UAV出来形管理要領2-1-1「道路土工」のみならず2-2-1「河川・海岸・砂防土工」も該当する(要領の記入漏れ)。

留意事項

■適用範囲

・本手引き1.2.に基づき、適用工種、適用区域、出来形計測箇所及び使用する出来形管理基準類を記載する。

■立木伐採

・UAVによる航空写真測量にて起工測量を実施する場合は、起工測量の前に立木伐採を実施しなければならない。
よって、立木伐採の実施期間を考慮した施工計画が必要。

・立木伐採は現場作業であるため、その前に施工計画書を提出する必要があることから、状況によっては起工測量とは別に施工計画書を提出することも検討すること。

・正確な地形測量を実施するには伐採木の撤去や重機の撤去も必要となるが、3次元点群ソフトのフィルタリング機能を使えば建機など不要なデータを除去することは可能。

・伐採処理のためのパイロット道路の設置等に伴い、現場が改変される場合でも、その後にUAVによる起工測量を実施しても問題はない(現場改変が精算変更を伴わない準備工の範疇という前提)。

★可能であるならば、発注者は、次工事箇所の立木伐採を完了させておくなどのICT活用工事への配慮が必要。

3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.1 無人航空機（UAV）

○実施項目

UAVに関して以下の資料を施工計画書に添付する。

・飛行マニュアル

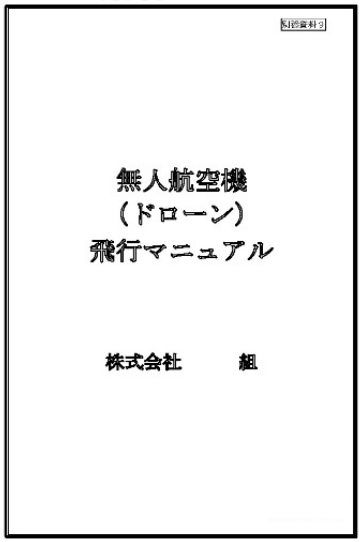
「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準ずる

・保守点検記録

製造元等の点検（1回／年以上）

・UAVの機能・性能を確認できる資料

UAV飛行マニュアル



UAV点検記録



UAVカタログ

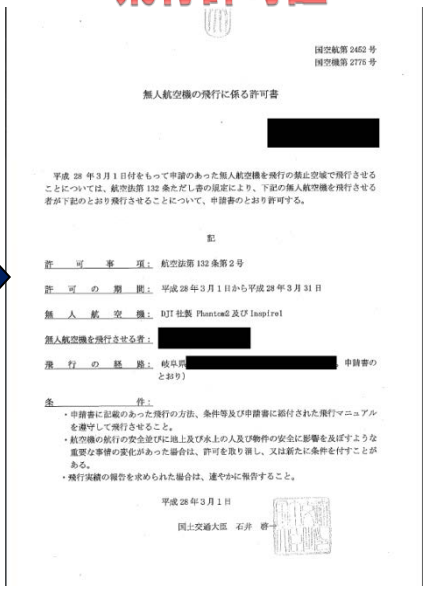


飛行現場がDID地区であるなど、飛行許可が必要な場合は、許可関係資料も提出必要

許可関係資料の一部例

※許可関係の様式も国交省航空局のHPからダウンロード可

飛行許可証



飛行許可申請書



飛行の経路



3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.1 無人航空機（UAV）

留意事項

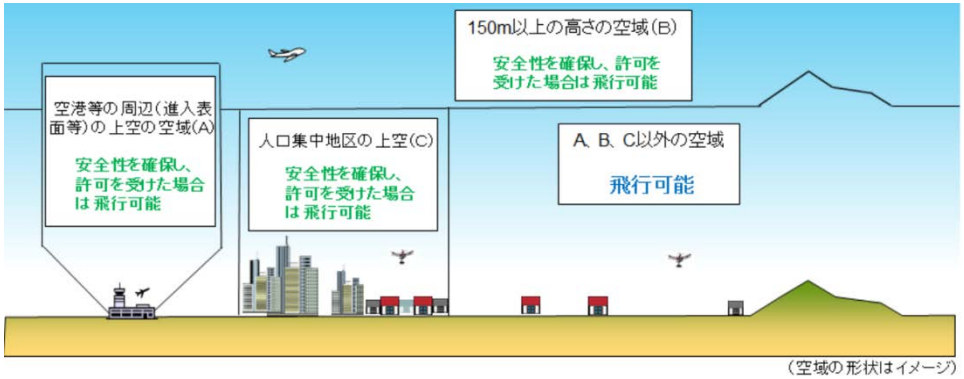
■飛行マニュアル

UAVの飛行は航空法等関係法令・規定を遵守する。

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
国交省航空局ホームページHP ↑
（無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール）

＜無人航空機の飛行の許可が必要となる空域＞

以下の空域では、国土交通大臣の許可を受けなければUAVを飛行できません
（航空法第132条）





※人口集中地区（DID地区）上空

DIDの範囲や空港等の周辺空域は、地理院地図で確認できます
http://maps.gsi.go.jp/

＜承認が必要となる飛行の方法＞

UAVを飛行させる際は、国土交通大臣の承認を受けた場合を除いて、以下の方法により飛行させることが必要です
（航空法第132条の２）



3.2.1 無人航空機（UAV）

留意事項②

■関係法令により許可・承認が不要なもの

許可・承認が不要な飛行であっても、「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」許可要件に準じた飛行マニュアルを作成して、施工計画に添付する必要がある。

「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」が掲載されている国交省HP：http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html
「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」概要：http://www.mlit.go.jp/common/001110414.pdf
「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」本文：http://www.mlit.go.jp/common/001110202.pdf

■UAV運航の安全基準

UAVの運航に関しては、UAV安全基準に基づき実施すること。なお、同基準は以下項目で構成されている。

①使用するUAVに関する条件
②UAVを使用した測量作業を行う場合に必要な体制
③情報管理やその体制
④あらかじめ準備等が必要な事項
⑤運航前に行うことが必要な事項
⑥運航するに当たっての留意事項

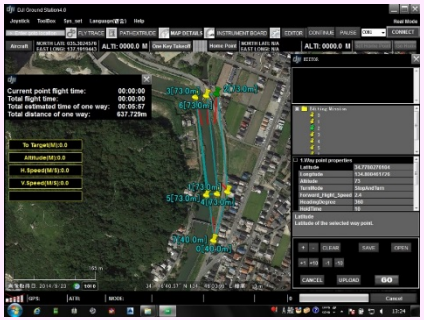




■運航の現場条件

UAVを運航する上で現場条件も重要となってくる。以下を例として確認し、施工計画書に記載すること。

①作業範囲内、付近に第三者の建物及び第三者の車両などの物件の有無。
②磁場の強い鉄板、鉄橋など磁気を帯びやすいもの、高い構造物、高圧電線、携帯電話のアンテナの有無。
③離着陸が行える水平な箇所の有無
④上空視界が開け、GPSの受信が可能か確認する（離着陸する場所もGPSの受信が良好な場所にする）
⑤安全誘導員の必要性と必要な場合の配置位置の確認



3.2.1 無人航空機（UAV）

留意事項③

■UAVの事故情報の共有

航空局ではUAVの事故事例について以下のとおり公開しているため運航に際しては参考とすること。

●平成27年度 無人航空機に係る事故等の一覧（国土交通省に報告のあったもの
http://www.mlit.go.jp/common/001125882.pdf

●平成28年度 無人航空機に係る事故等の一覧（国土交通省に報告のあったもの）
http://www.mlit.go.jp/common/001132992.pdf

■保険加入

受注者は、UAV測量作業における万一の事故に対応できるよう、事故が発生した損害を補える保険に加入し、保険内容について施工計画書に記載すること。

■運航の天候条件

予期せぬ突風などによりUAVがコントロール不能となり第三者を巻き込む事故に 発展する可能性もあるため、風速を含めた天候状況における、具体的な運航条件について施工計画に記載する必要がある。

■風速条件（目安）

災害協定等では風速10mまでがUAVの飛行可能な条件とされる場合が多いようである。
風速10mを緊急時における航行の限界風速と理解し、風速計等を備えさせた上で運用を定めること。

■保守点検記録

・1回/1年の点検

新品購入から1年未満の場合はその証明書類をもって、保守点検記録証明書類に換えることができる。

・メーカーの定期点検

メーカーによっては定期点検のサービス行っていないものもあるため、保守点検記録については、製造元あるいは代理店等による定期点検でも可とする。

3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.2 デジタルカメラ

起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

○実施項目

デジタルカメラに関して以下の資料を施工計画書に添付する。

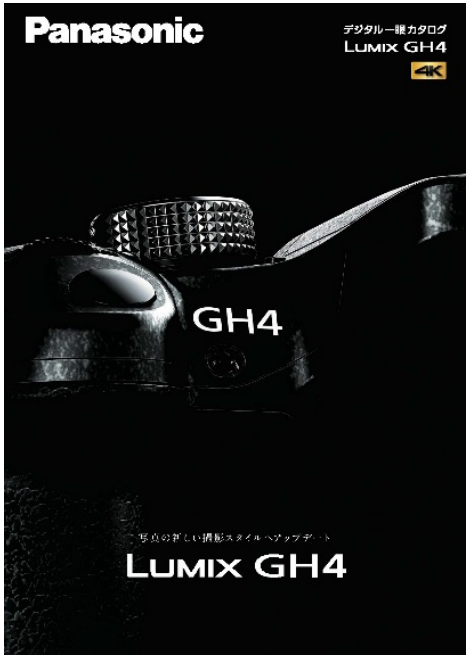
・以下の計測性能及び測定精度
  ◇計測性能：地上画素寸法が１cm／画素以内
  ◇測定精度：±５cm以内　・・精度確認試験を行う
  ◇撮影方法：インターバル撮影または遠隔でシャッター操作が出来る
・機能維持のための点検記録
  メーカー等によるセンサの清掃及び機能確認等の点検記録
・デジタルカメラの機能・性能を確認できる資料

留意事項

■機能維持の為の定期点検

新品購入から1年未満の場合はその証明書類をもって、点検記録証明書類に換えることができる。

デジカメカタログ



デジカメの性能（画素の根拠）

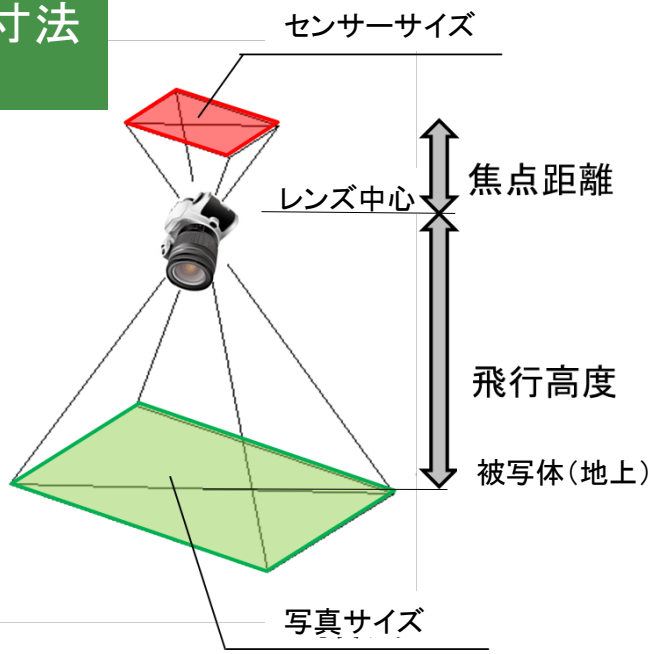
■ルミックス GH4シリーズの主な定格 ★印の機能を使用するためには Ver2.5 以上へのア

型式	型式		レンズ交換式デジタル一眼カメラ
	記録媒体		SDXCメモリーカード / SDHCメモリーカ
	レンズマウント		マイクロフォーサーズマウント
撮像素子	形式		4/3型Live MOSセンサー
	カメラ有効画素数/総画素数		1605万画素 / 1720万画素
	アスペクト比/カラーフィルター方式		4:3 / 原色カラーフィルター
	撮像素子防塵対応		スーパーソニックウェーブフィルター(SS
	画像ファイル形式	静止画	JPEG(DCF/Exif2.3準拠)、RAW、M
		動画	MP4 / MOV / AVCHD Progressive
		音声	MP4: リニアPCM 2ch/AAC 2ch 、M
	システム周波数		59.94Hz、50.00Hz、24.00Hz
	画像横縦比		4:3、3:2、16:9、1:1
	記録画素数(静止画)		[4:3] 4608×3456(L)、3264×24 [3:2] 4608×3072(L)、3264×21 [16:9] 4608×2592(L)、3840×21 [1:1] 3456×3456(L)、2448×24
	色空間		sRGB / Adobe RGB

3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.2 デジタルカメラ

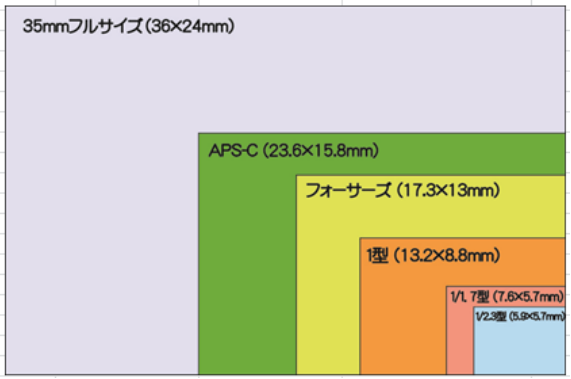
地上画素寸法の考え方

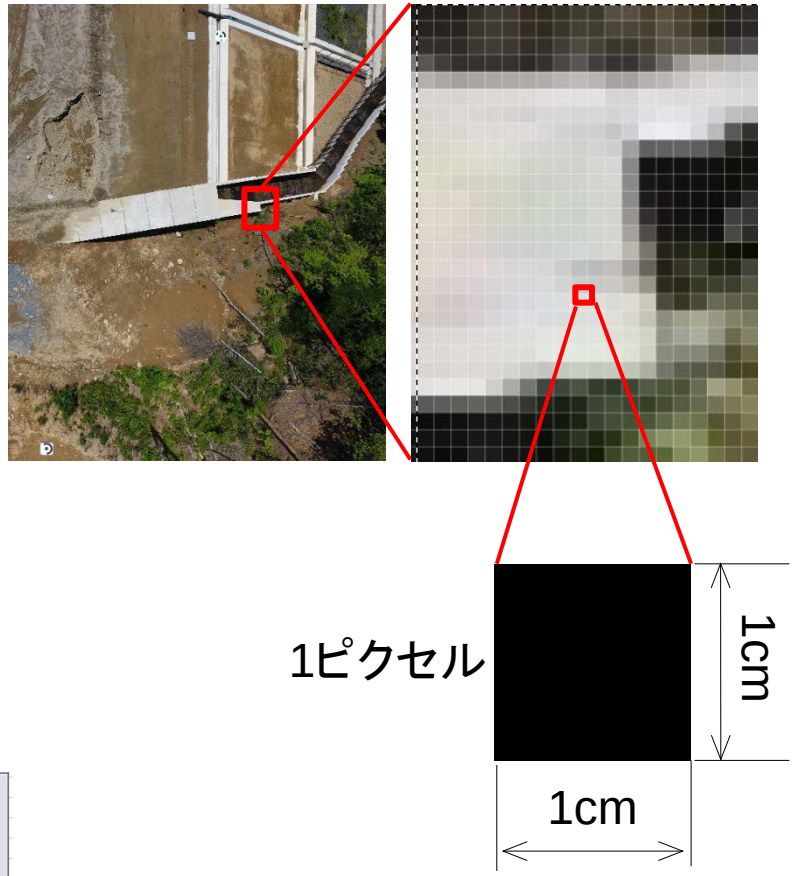


$$\frac{\text{センサーサイズ}}{\text{焦点距離}} = \frac{\text{写真サイズ}}{\text{飛行高度}}$$

$$\frac{\text{写真サイズ}}{\text{カメラ解像度}} = \text{地上解像度}$$

センサーサイズ





地上画素寸法が1cm／画素とは、1ピクセルの大きさが、地上の1cm四方となっていること。

3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.2 デジタルカメラ

地上画素寸法の計算

事例1

カメラ名	Sony α6000
センサーサイズ	23.6×15.8mm
カメラ解像度	6000×4015
焦点距離	30mm



※地上画素寸法=地上解像度

飛行高度（m）	撮影幅:横（m）	撮影延長:縦（m）	地上画素寸法:横（mm）	地上画素寸法:縦（mm）	判定【<10mm】
65	51.1	34.2	8.5	8.5	○
70	55.1	36.9	9.2	9.2	○
75	59.0	39.5	9.8	9.8	○
80	62.9	42.1	10.5	10.5	×
85	66.9	44.8	11.1	11.1	×

事例2

カメラ名	Panasonic GH-4
センサーサイズ	17.3×13.0mm
カメラ解像度	4608×2592



飛行高度（m）	撮影幅:横（m）	撮影延長:縦（m）	地上画素寸法:横（mm）	地上画素寸法:縦（mm）	判定【<10mm】
10	15.69	12.96	3.4	5.0	○
20	31.39	17.66	6.8	6.8	○
29.36	46.08	25.92	10.0	10.0	○
30	47.08	26.49	10.2	10.2	×
40	62.77	35.31	13.6	13.6	×

計算例1

撮影幅:横 = 飛行高度 × (センサーサイズ / 焦点距離)
= 75(m) × (23.6(mm) / 30(mm))
= 59.0(m)

計算例2

地上画素寸法:横 = 撮影幅:横 / カメラ解像度
= (59.0(m) ×1,000) / 6,000
= 9.8(mm)

3. 施工計画書（起工測量編）

3.2.3 ソフトウェア

〇実施項目

ソフトウェアに関して以下の資料を施工計画書に添付する。

・メーカーカタログ又はソフトウエア仕様　等

（必要な性能を有することを証明するもの）

施工計画に必要な書類（UAV ）

◆ソフトウェア

出来形管理要領に対応する機能を有するソフトウェアであることを示す<u>メーカカタログあるいはソフトウェア仕様書を添付</u>します。

写真計測ソフト「Photoscan」



3D点群処理ソフト「トレンドポイントver.3」



3D設計データ作成ソフト「SiTECH 3D」



3. 施工計画書（起工測量編）

3.3 撮影計画（UAV）

○実施項目

以下に留意し撮影計画をまとめ、施工計画書に添付する。

①以下の所定のラップ率、地上解像度が確保できる飛行経路及び飛行高度の算出結果

◇進行方向のラップ率は90%

◇隣接コースとのラップ率は60%

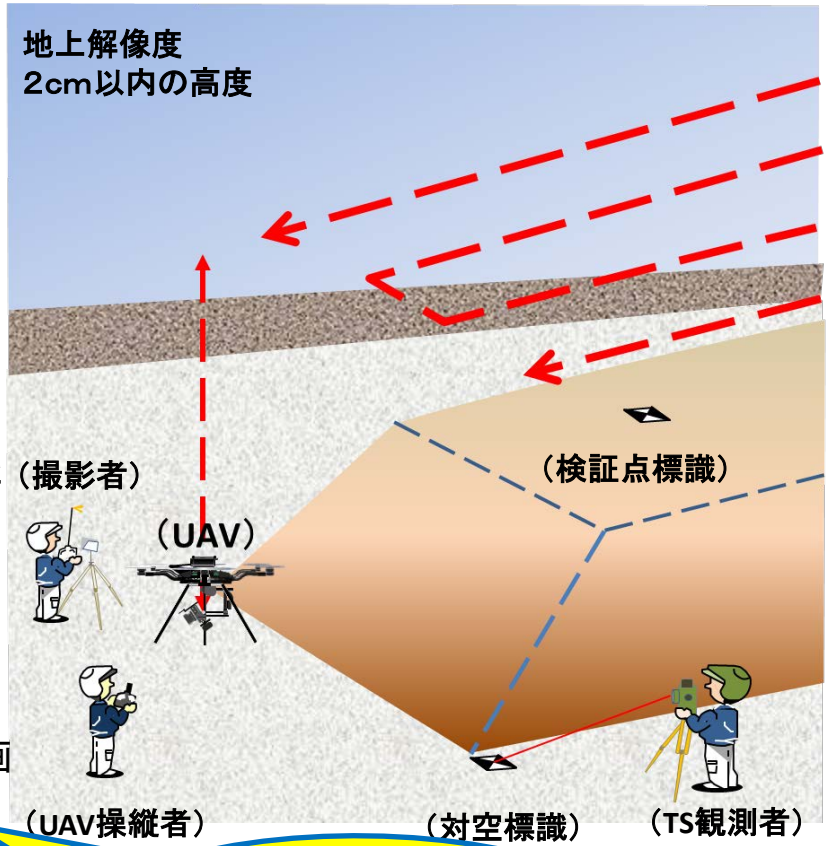
②算出に使用するソフトウェアの名称

③標定点の外観及び設置位置、標定点位置の測定方法を示した設置計画

④同一コースは、直線かつ等高度の撮影となるようした計画する

⑤撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上とする

⑥対地高度は、50m程度を標準とし、要求精度を満足する地上画素寸法を確保出来、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求める。



起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

留意事項

■撮影計画の注意点（補足）

・長大法面がある場合など、現場に高低差があり、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。

・山間部の場合、GNSS電波の補足ができないこともあるため、自動航行ができなくなることから、手動航行の準備をすること。

・UAVの揚重能力、バッテリーの持続時間も計画に大きく影響するため留意すること。

3. 施工計画書（起工測量編）

3.3 撮影計画（UAV）

留意事項

■3次元計測範囲

土工部分を周囲に5m程度広げた範囲を基本とし、施工エリア全体としてもよい。

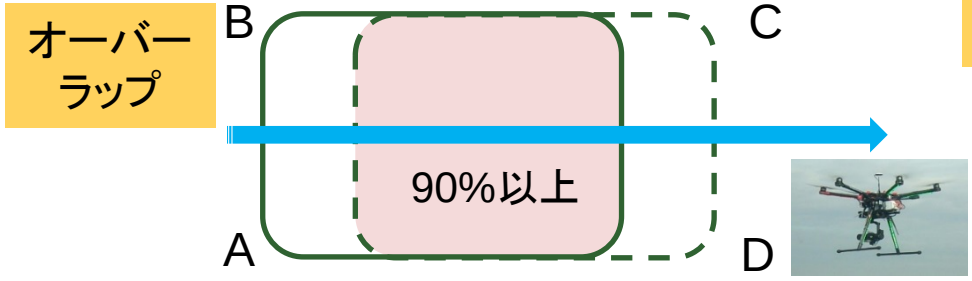
しかし、隣接地域の飛行制約等の理由により最小限の計測範囲とする場合もある。

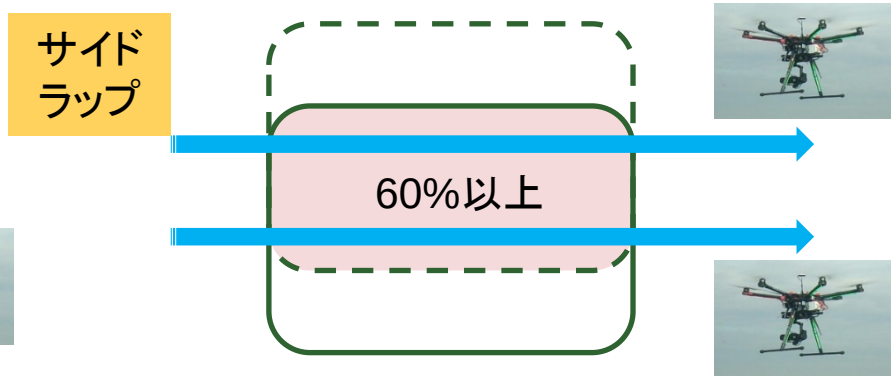
国総研HPのQA

■ラップ率を確認する資料について

写真測量ソフトウェアでラップ率を確認することは出来ないこともあり、ラップ率を確認する資料について、受注者に提出の義務は無い。

ラップ率と飛行速度について（UAVによる起工測量）





フルサイズのセンサーカメラで、以下の条件であれば、

・レンズ焦点距離：28mm

・画素数:3,600万画素（7360×4912ピクセル）

・撮影高度：50m

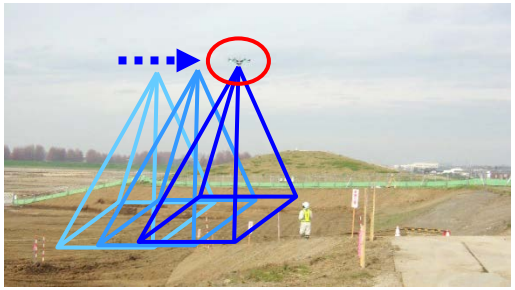
地上でのAB間：42,857mm(約42.9m)、AD間：64,285mm(約64.3m)

オーバーラップを90%以上確保するために、シャッター間隔を2秒と仮定すると

ABCDの面積：2,758.47m^2 → ABCDの10%の面積：275.847m^2

2 秒間で、275.847 / 64.3 = 4.28m 進むことになる。 → 速度：2.14m / s = 7.7km / h

⇒ 7.7km / h 以下でフライトすれば、90%以上のラップ率が確保できる。



3. 施工計画書（起工測量編）

3.3 撮影計画（UAV）

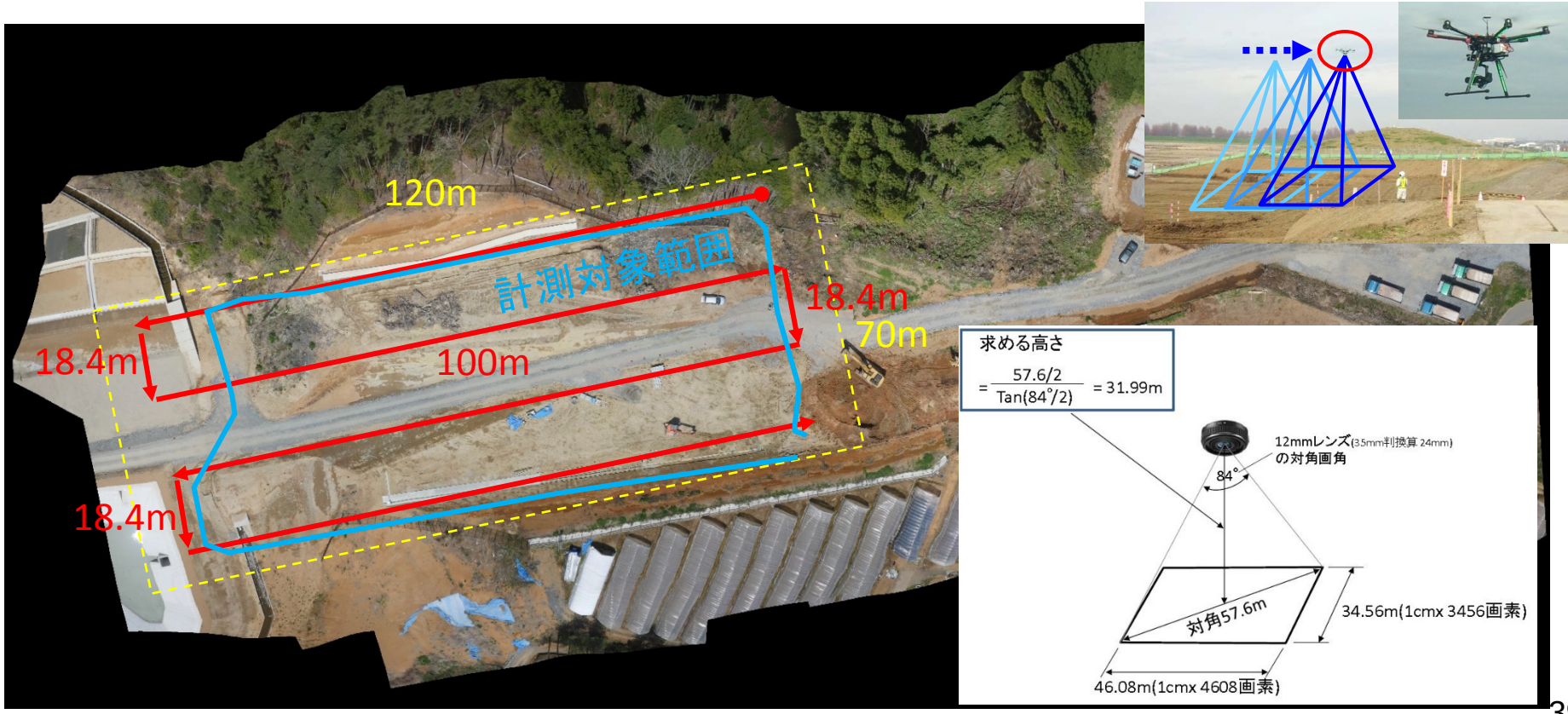
起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

施工計画書　添付資料例

- **空中写真測量の撮影コース及び重複度等を記載します。**
  - 1)撮影方法　UAV　S900による空中撮影　(延長120m×幅員40m)　ラップ率90%×60%
  - 2)計測性能

地上画素数	**1cm/1画素（カメラ画素数1600万画素）で飛行高度32mの場合**

  - 3)安全管理　飛行マニュアルに基づく



3. 施工計画書（起工測量編）

3.3 撮影計画（UAV）

UAVによる3次元測量を
測量会社に外注した場合の一例①

0.5 日 → 0.5 日 → 1.0 日

撮影依頼
- 撮影箇所
- 撮影条件
- 付帯業務有無
の連絡

飛行可否の検討（社内）
- **法規制の確認**
  Google Earthで
  現地確認
  法規制状況の確認
- **天候確認**
  気象庁HPにて撮影
  日の天候確認
- **範囲周囲確認**
  建物・道路・鉄塔
  など撮影規定に適
  合を確認
- **撮影条件確認**
  撮影精度、撮影条
  件等の確証を確認

各項目の条件設定
確認後撮影可否を連絡

飛行計画の策定（社内）
- **撮影実施決定**
  撮影計画作成
- **使用機材**
  条件適合
  機材準備
- **機材事前確認**
  機材状態確認

現地移動

撮影計画作成（現地）
- **天候状況**
  天候・風速を
  確認
- **現地状況**
  撮影ロケーショ
  ン確認

撮影写真は、現場で納品

カメラキャリブレーション実施

UAV空撮

セルフキャリブレーション実施

撮影中止
安全確保出来ない為、
撮影中止

3. 施工計画書（起工測量編）

3.3 撮影計画（UAV）

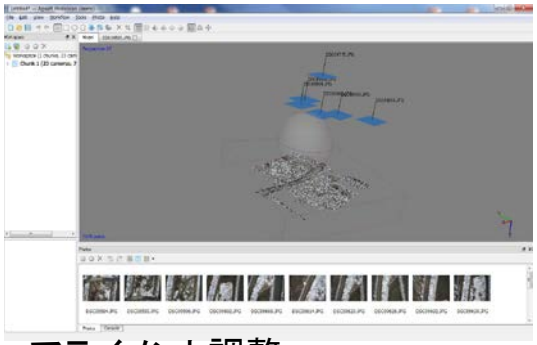
UAVによる3次元測量を
測量会社に外注した場合の一例②

6時間（一晩） → 1～2 日 → 3～6 日

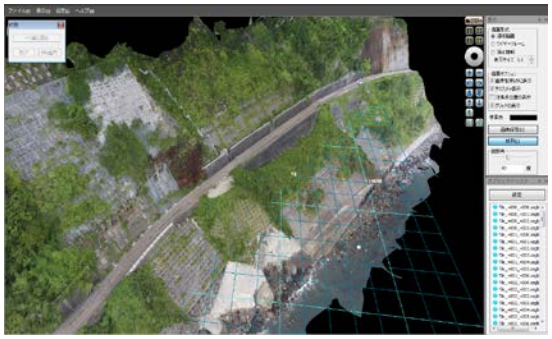
3Dモデル納品(速報版)

約2週間で、測量成果納品

3次元モデル作成

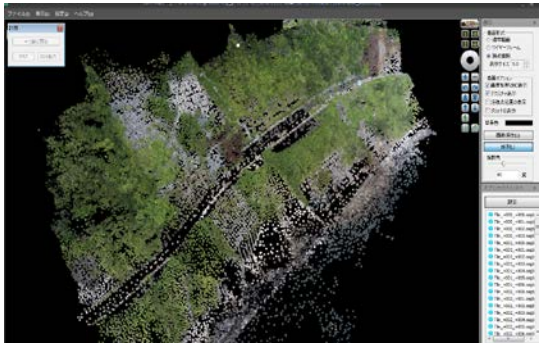


・アライメント調整



・検証点の確認

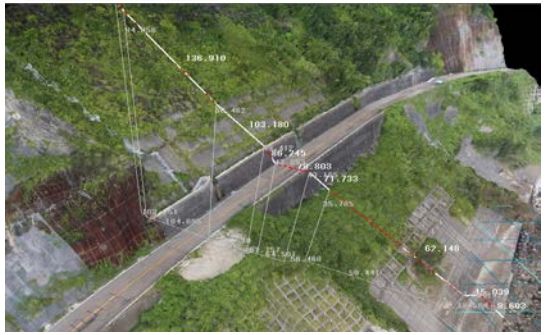
点群データ編集

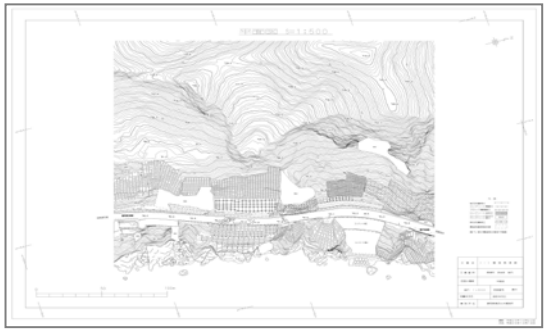


・樹木や重機等の不要点群の除去（手動）

・点密度の減少（間引き）

平面図・縦横断図作成
土量算出





※座標、長さ、面積等の簡単な計測が可能

3. 施工計画書（起工測量編）

3.4 適用（LS）

〇実施項目

受注者は、以下に留意し施工計画をまとめる。

・適用工種　　・適用区域（３次元計測範囲、出来形管理を行う範囲）
・出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値、出来形管理写真基準
・使用機器・ソフトウエア（計測性能　等）

監督員は、受注者から提出された施工計画書を受理し、確認する。

国総研HPのQA

■適用工種

・適用工種に該当する工種については、LS出来形管理要領2-1-1「道路土工」のみならず2-2-1「河川・海岸・砂防土工」も該当する（要領の記入漏れ）。

留意事項

■適用範囲

・本手引き1.2.に基づき、適用工種、適用区域、出来形計測箇所及び使用する出来形管理基準類を記載する。

カタログ（例）

ソフトウェアのカタログ



3. 施工計画書（起工測量編）

3.5.1 レーザスキャナ（LS）

○実施項目

LSに関して以下の資料を施工計画書に添付する。

・以下の測定精度に関する資料

◇測定精度：計測範囲内で±２cm以内

・・精度確認試験を行う

◇色データ：色データの取得が可能なこと

・精度管理ための点検記録

メーカー推奨定期点検を実施した記録

・LSの機能・性能を確認できる資料

精度確認試験については、LSの精度確認試験実施手順書（案）に基づき実施し、以下を作成する。

・精度確認試験結果報告書

精度確認試験結果報告書（例）

取得したデータの信頼度を担保します



起工測量と出来形管理では、求められる計測性能が違う

③差の確認（測定精度）
３Ｄレーザー抽出間距離（L'）− テープ実測距離（L）
17.071m−17.070m　＝ 0.001m（1mm）　；合格（基準値20mm以内）

留意事項

■測定精度

・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を確認する。

■点検記録

・利用前6ヶ月以内に上記手順書と同様の手法で定期点検を実施している場合、実施した確認結果を提出する。

添付する書類

LS計測精度	現場で精度確認を実施し、結果報告書を作成し添付
LS精度管理	メーカ推奨の定期点検を実施
ソフトウェア	「メーカーカタログ」または「ソフトウェア仕様書」

3.5.2. ソフトウェア（LS）

○実施項目

ソフトウェアに関して以下の資料を施工計画書に添付する。

・メーカーカタログ又はソフトウエア仕様　等

（必要な性能を有することを証明するもの）

4. 工事基準点の設置

- 工事基準点設置時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
基準点の指示		・基準点等の指示
工事基準点の設置	・既設の基準点の検測 ・工事基準点の設置	・工事基準点が基準点をもとにして設置されたことと精度確認が適正であることを把握する。

- **監督員は、**基準点等（三角点・水準点）の**指示**をおこなう。
- **受注者は、**発注者の指示した基準点を使用して**工事基準点を設置**する。
- 起工測量・出来形管理で使用する工事基準点は測量成果、設置状況と配置箇所を**監督員に提出**する。
- 工事基準点の精度管理は4級基準点、3級水準点（山間部では4級水準点を用いても良い）と同等以上。
- UAVおよびLSによる起工測量・出来形管理では、精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。
- （1）TSの設置位置から工事基準点までの距離（TS設置時）
- （2）TSの設置位置から標定点までの距離
- （3）TSの設置位置から検証点までの距離
- **監督員は、**工事基準点が指示した基準点をもとにして設置したものであること、また精度管理が適正におこなわれていることを把握する。

4. 工事基準点の設置

4.1 工事基準点の指示

○実施項目

監督員は、請負者に工事で使用する基準点（三角点、水準点）を受注者に指示する。

観測手簿

観　測　手　簿

Page 1
世界測地系（測地成果2011）
15 年 9 月 1 日

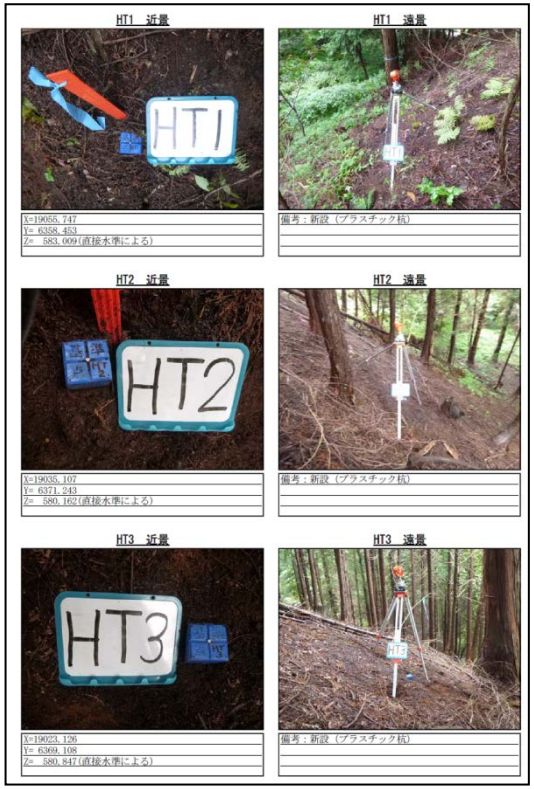
測　点：　138 (S4-62)　　B = P = C　　天　候：曇 無風
器械高i：1.577　　器械高g：1.577　　観 測 者：杉叶
測　器：SK-103　　気　温：20.0 ℃　　気　圧：920.0 hPa
測器No：Z80173　　器械定数：　　気象補正：30.0 ppm
開始時刻：11 時 27 分　　終了時刻：11 時 30 分　　備　考：

目盛	望遠鏡	番号	点名	水平角	結果	倍角差	観測差	水平角（平均値）
0	r	1	137 (S4-61)	0-01-00	0-00-00			0-00-00
		2	2921 (HT1)	321-13-03	321-12-03	4	3	321-12-01
	1	2		141-13-23	321-11-59			
		1		180-01-24	0-00-00			
90	1	1		270-00-59	0-00-00			
		2		231-13-00	321-12-01	1		
	r	2		51-12-39	321-12-02			
		1		90-00-37	0-00-00			

望遠鏡	点番	名称	目標高	鉛直角		結果	高度定数差
			m				
r	137	(S4-61)	1.525	59-38-41	ZZ =	119-17-10	
1				300-21-31	Z =	59-38-35	
				360-00-12	α =	30-21-25	2
r	2921	(HT1)	1.301	65-22-14	ZZ =	130-44-14	
1				294-38-00	Z =	65-22-07	
				360-00-14	α =	24-37-53	

点番	名称	目標高	測定距離		セット内較差	セット間較差	測定距離（平均）反射鏡定数
		m	m	m	mm	mm	m
137	(S4-61)	1.525	37.782	37.782	0	0	37.782
			37.782	37.782	0		
2921	(HT1)	1.301	17.127	17.127	0	0	17.127
			17.127	17.127	0		

基準点写真



基準点座標一覧



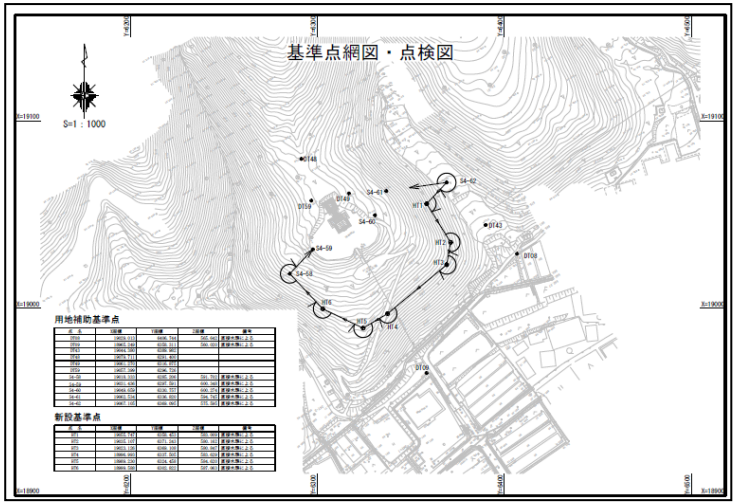
Page 1
世界測地系（測地成果2011）

基準点座標一覧

現場名：平成27年度　中部縦貫上切坊方整備工事（中切4起工測量）

No	点番	点名	X 座標	Y 座標	Z 座標	備考
1	28	DT08	19029.0130	6406.7440	565.642	標高は直接水準による。
2	29	DT09	18965.2490	6358.3110	560.020	標高は直接水準による。
3	63	DT43	19044.3800	6389.9820		
4	68	DT48	19079.7110	6291.4000		
5	69	DT49	19061.2700	6316.8750		
6	79	DT59	19057.3990	6296.7260		
7	134	S4-58	19018.3330	6285.2060	591.702	標高は直接水準による。
8	135	S4-59	19031.4360	6297.5910	600.348	標高は直接水準による。
9	136	S4-60	19049.6590	6330.7570	600.274	標高は直接水準による。
10	137	S4-61	19062.5340	6336.8200	594.745	標高は直接水準による。
11	138	S4-62	19067.1050	6369.0950	575.595	標高は直接水準による。
12	2921	HT1	19055.7470	6358.4530	583.009	標高は直接水準による。
13	2922	HT2	19035.1070	6371.2430	580.162	標高は直接水準による。
14	2923	HT3	19023.1260	6369.1080	580.847	標高は直接水準による。
15	2924	HT4	18996.9930	6337.5050	583.629	標高は直接水準による。
16	2925	HT5	18989.2300	6324.4580	584.620	標高は直接水準による。
17	2926	HT6	18999.5880	6302.8220	587.063	標高は直接水準による。

基準点網図・点検図



4. 工事基準点の設置

4.2.1 工事基準点の設置【UAVの場合】



○実施項目

・受注者は、発注者の指示した基準点を使用して工事基準点を設置する。

・起工測量・出来形管理で使用する工事基準点は測量成果、設置状況と配置箇所を監督員に提出する。

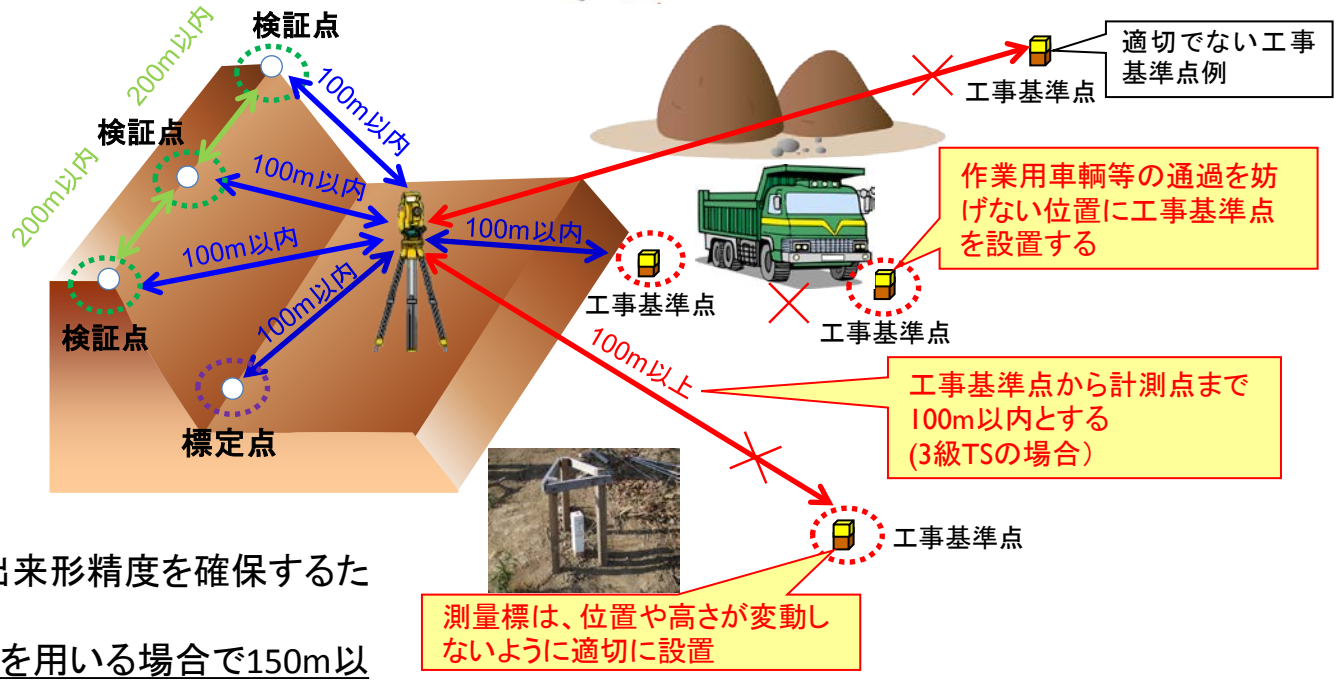
・工事基準点の精度管理は4級基準点、3級水準点（山間部では4級水準点を用いても良い）と同等以上。

・UAVによる出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

（1）TSの設置位置から工事基準点までの距離（TS設置時）

（2）TSの設置位置から評定点までの距離

（3）TSの設置位置から検証点までの距離



標定点とは

・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。

・基準点あるいは、工事基準点といった既設点や、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。

検証点とは

・空中写真によって取得した位置座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。

・検証点におけるUAV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。

ワンポイント

・標定点および検証点は工事基準点、あるいは工事基準点から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。

4. 工事基準点の設置

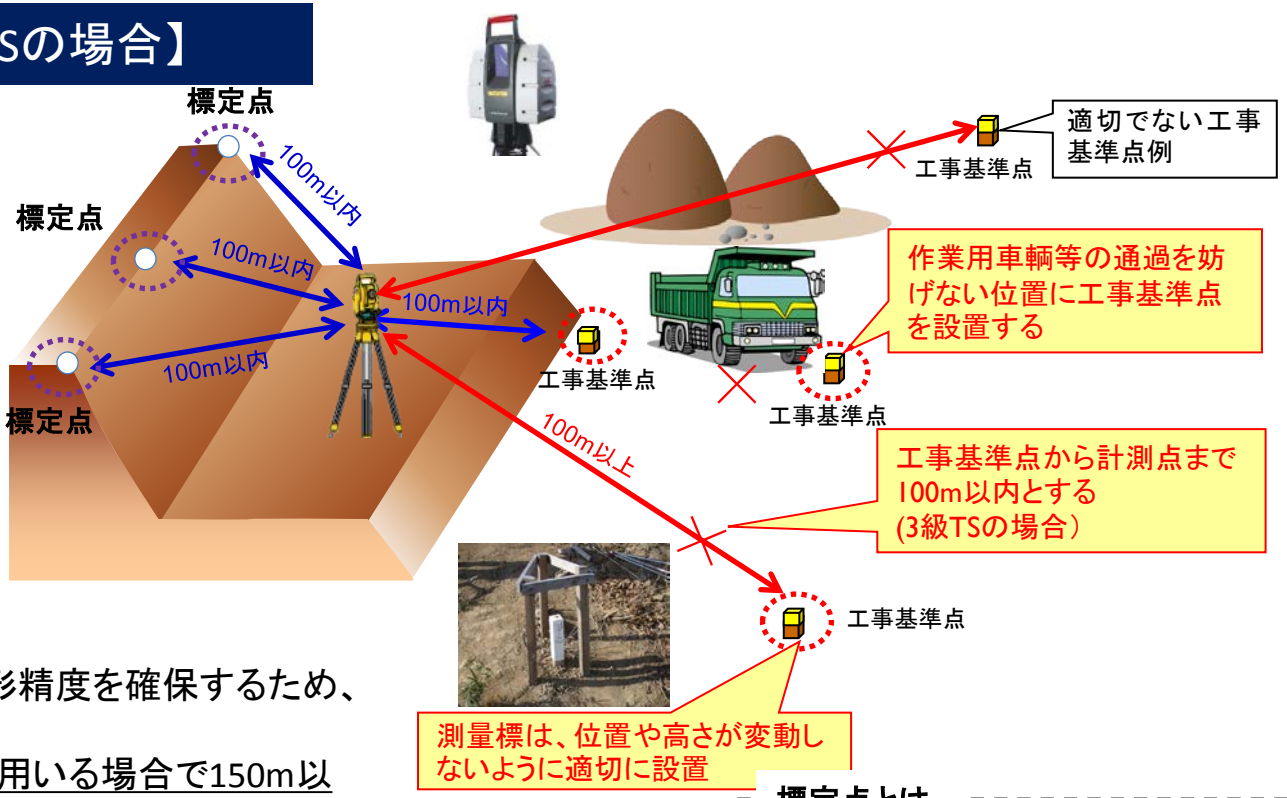
4.2.2 工事基準点の設置【LSの場合】

○実施項目

・受注者は、発注者の指示した基準点を使用して工事基準点を設置する。

・起工測量・出来形管理で使用する工事基準点は測量成果、設置状況と配置箇所を監督員に提出する。

・工事基準点の精度管理は4級基準点、3級水準点（山間部では4級水準点を用いても良い）と同等以上。



・**LS**による出来形管理では、出来形精度を確保するため、次の斜距離が3級TSを用いる場合で100m以内、2級TSを用いる場合で150m以内でなければならない。

（1）TSの設置位置から工事基準点までの距離（TS設置時）

（2）TSの設置位置から評定点までの距離

標定点とは

・LSで計測した相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点。

・基準点あるいは工事基準点と対応付けするために、基準点あるいは工事基準点からTS等によって測量する。

留意点

LSによる出来形管理で利用するTS（2級TSか3級TS）を確認して、工事基準点を配置します。

・LS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法（P50参照）による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測できます。この場合、ターゲットは基準点あるいは工事基準点上に設置します。

4.2. 工事基準点の設置

留意事項

■法線設置完了時の段階確認

築堤・護岸における「法線設置完了時」の段階確認については、UAV監督検査要領及びLS監督検査要領の参考資料－2（3次元設計データチェックシート及び照査結果資料1-1　河川土工）の平面図（チェック入り）（例）に示す法線の中心点座標（チェック入り）等の資料を使用して、机上により監督員が確認することで段階確認とみなす。

監督員による「確認」と「把握」（参考）

確認・・・・契約図書に示された事項について、監督員等が臨場若しくは請負者が提出した資料により、監督員がその内容について契約図書との適合を確かめ、請負者に対して認めることをいう。

把握・・・・監督員等が臨場若しくは請負者が提出又は提示した資料により施工状況、使用材料、提出資料の内容について、監督員が契約図書との適合を自ら認識しておくことをいい、請負者に対して認めるものではない。

「三重県建設工事監督要領」より

5. 起工測量実施及び成果作成

- 測量成果簿時の作成の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
起工測量 測量成果簿の作成	・現況地盤の確認 ・施工量の算出 ・3次元起工測量の成果品の作成	・測量成果簿の受理・確認 工事基準点の精度管理状況の確認 工事基準点の配置状況の確認 ・起工測量の成果品の受理・確認
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の作成	・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の作成	・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の受理・確認

【UAVを用いた測量の場合】

- **受注者は、**TSにより対空標識を使った**標定点および検証点を設置**する。
- **★監督員は、**標定点や検証点が指示した基準点あるいは工事基準点をもとにして設置したものであること、また精度管理が適正におこなわれていることを**把握する。**
- **受注者は、**撮影飛行の留意点等に配慮して、UAVを用いた**起工測量を実施**する。
- **受注者は、**撮影した空中写真、標定点座標及びデジタルカメラのキャリブレーション結果を元に、写真測量ソフトを用いて**計測点群データの作成**をおこなう。
- **受注者は、**計測点群データを作成する際、計測点群データ上の検証点の座標と、計測した検証点座標の真値を比較し、x,y,zそれぞれ**要求精度±10cm以内であることを確認**する。
- **受注者は、**計測点群データを元に、点群処理ソフトを用いて不要点を削除し、TINで表現される**起工測量計測データを作成**する。

【LSを用いた測量の場合】

- **受注者は、**計測対象範囲の最外周部に、**標定点をTSを用いて4箇所以上設置**する。
- **★監督員は、**標定点が指示した基準点あるいは工事基準点をもとにして設置したものであること、また精度管理が適正におこなわれていることを**把握する。**
- **受注者は、**必要計測精度を確保した**LSによる起工測量を実施**する。
- **受注者は、**計測点群データを元に、点群処理ソフトを用いて不要点を削除し、TINで表現される**起工測量計測データを作成**する。
- **受注者は、起工測量の成果を提出し、完成時には電子成果品として納入**すること。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.1.1 標定点及び検証点の設置（UAV）

〇実施項目

受注者は、TSにより以下のとおり、対空標識を使った標定点および検証点を設置する。

・要求精度：最大誤差0.1m以内

(1)外部標定点：撮影区域外縁に100m
(2)内部標定点：天端上に200m
(3)検証点　　：天端上に200m

} 左記以内の間隔で適宜決定

標定点、検証点の精度管理は4級基準点、3級水準点と同等以上。左記以内で適宜決定

留意事項

■標定点、検証点について

・標定点及び検証点の設置についてはUAV出来形管理要領、UAV測量マニュアルに記載はあるが、当面は国総研HPのQA に示される設置方法に従う。設置するポイントは以下となる。

◇検証点は外部、内部の違いはない。
◇起工測量と出来形管理で要求精度が違うが、標定点距離は変えない。

標定点・検証点の配置については国総研HP↓参照（次項に掲載）
http://ccwww.nilim.go.jp/lab/pfg/bunya/cals/pdf/kensyouten.pdf

■天端

・工事着手前には天端が無い場合もあるため、起工測量時の内部標定点及び検証点は将来の天端付近のなるべく平らな箇所に設置する。

■検証点 ※国総研HPのQAによる

・既存の基準点や工事基準点を使用しても良い
・検証点は標定点と兼ねることは出来ない
・標定点と検証点の設置間隔が適正であれば、標定点と検証点を入れ替えてもよい

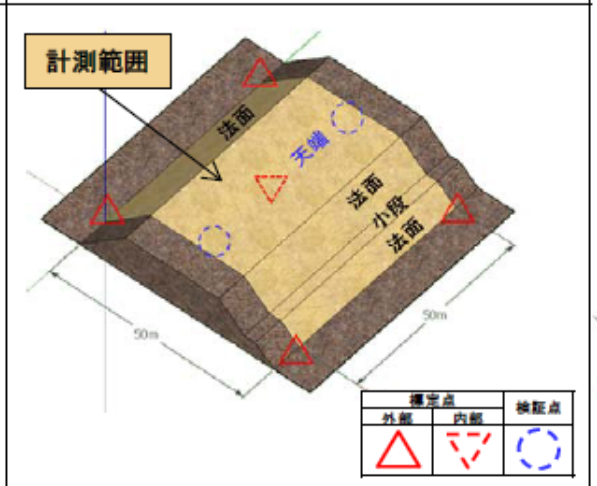
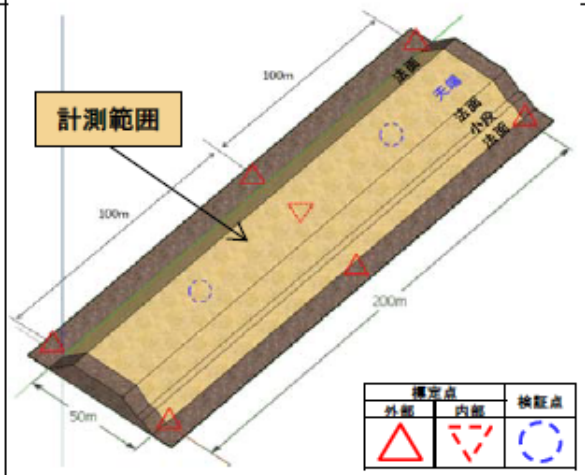
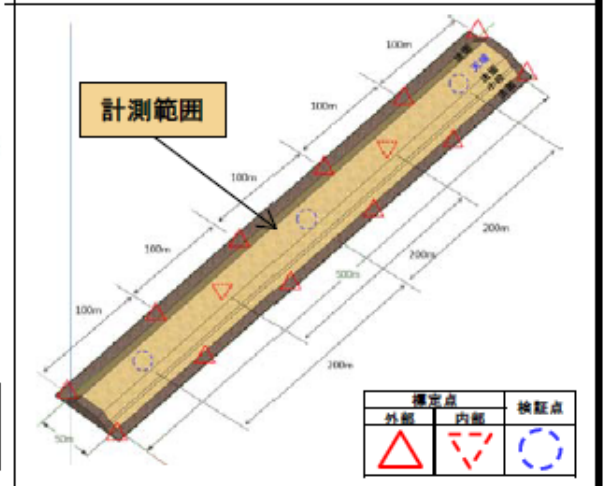
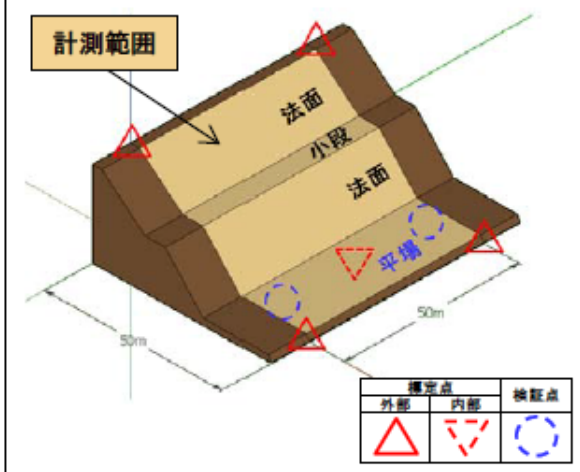
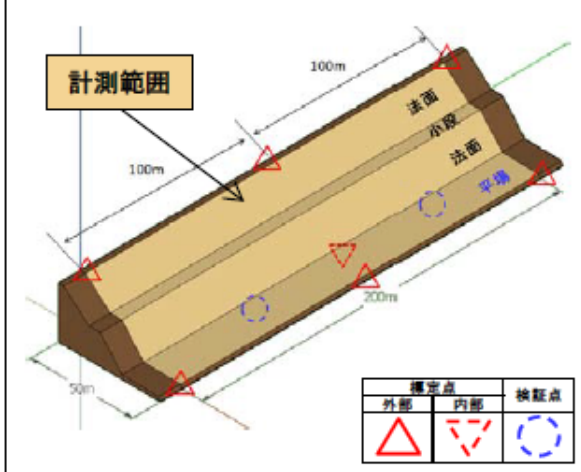
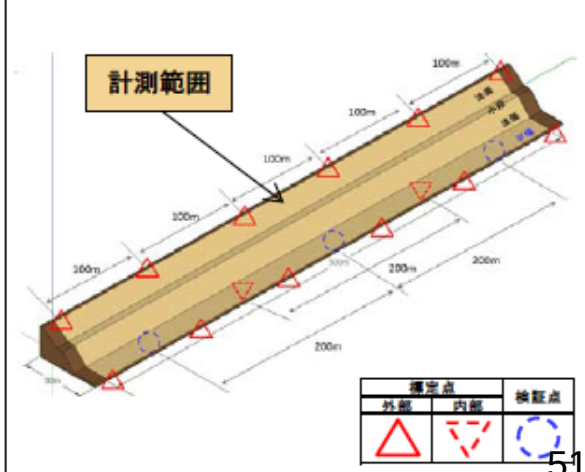
5. 起工測量実施及び成果作成

空中写真測量(UAV)による出来型計測　標定点及び検証点設置例

2016.6.2 国総研

標定点・検証点設置の留意点

外部標定点：撮影区域外縁に100m以内の間隔に設置
内部標定点：天端上に200m間隔程度を目安に設置
検証点(外部・内部)：天端上に200m以内の間隔に設置

工種	施工面積		
	50x50m	50x200m	50x500m
盛土			
切土			

5. 起工測量実施及び成果作成

5.1 標定点及び検証点の設置

留意事項②

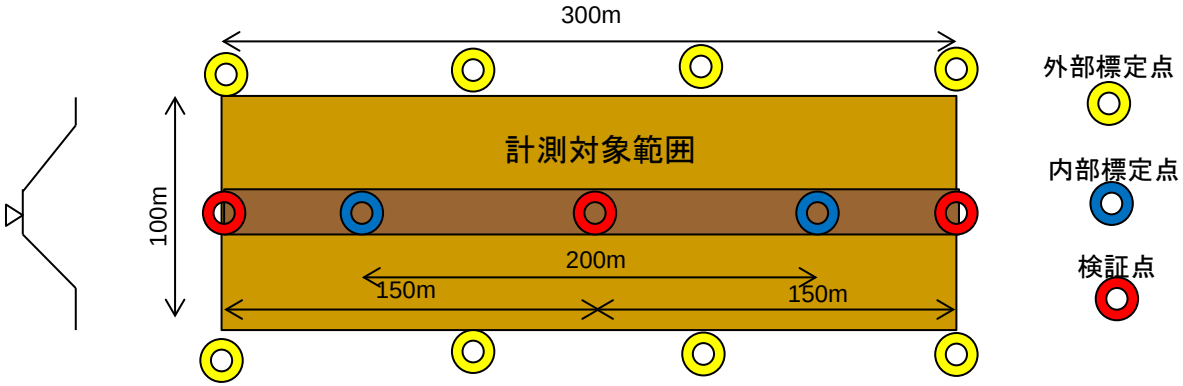
■対空標識

・対空標識の大きさについてはUAV測量マニュアル56条に、「辺長は5画素以上」とあり、1cm/1画素精度の場合では5cm四角以上でいいとされているが、5cmでは小さすぎて見落とす可能性があり、センターも判りづらいため、最低15cm四角以上、2cm/1画素精度の場合で、最低30cm四角以上が必要という意見もあり、ラミネート加工のしやすいA3サイズ(420mm×297)を考慮して25cm四角くらいが妥当。 ・工事着手前には天端が無い場合もあるため、起工測量時の内部標定点及び検証点は将来の天端付近のなるべく平らな箇所に設置する。

（国土交通省（OCFメンバーからの確認事項））

対空標識(標定点、検証点)の例



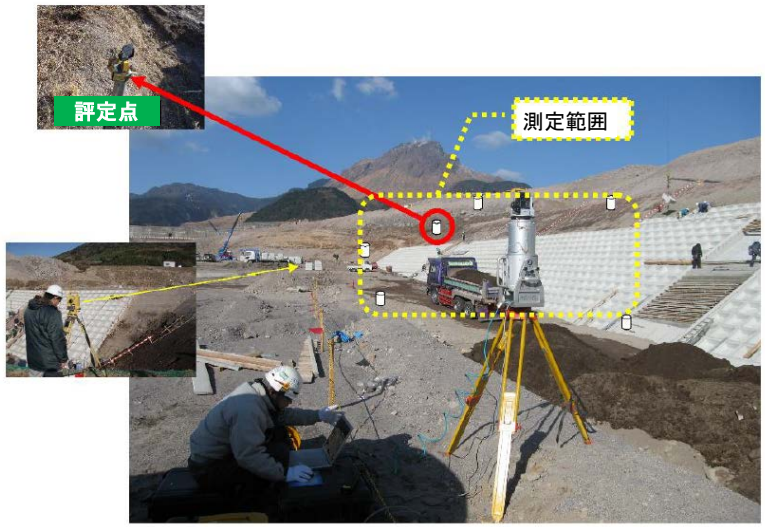


5. 起工測量実施及び成果作成

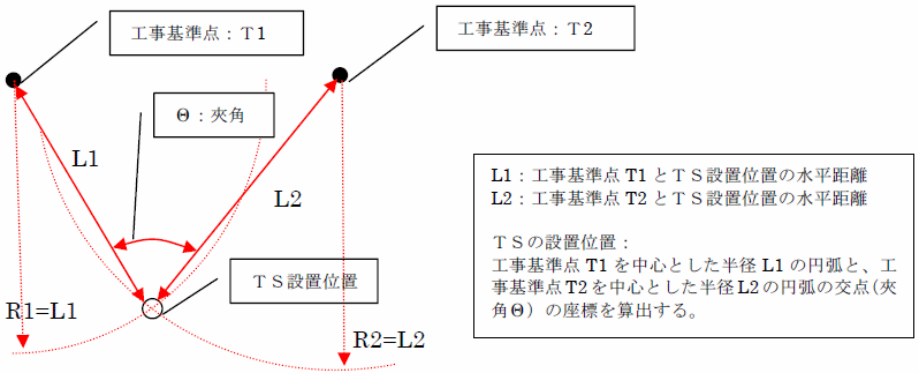
5.1.2 標定点の設置(LS)

○実施項目

受注者は、計測対象範囲の最外周部に、標定点をTSを用いて4箇所以上設置する。
標定点の精度管理は、4級基準点及び3級水準点(山間部では4級水準点を用いても良い)と同等。



LSと標定点の配置例



TSを使った後方交会法による位置決めの例

留意事項

■LSの標定点とは、

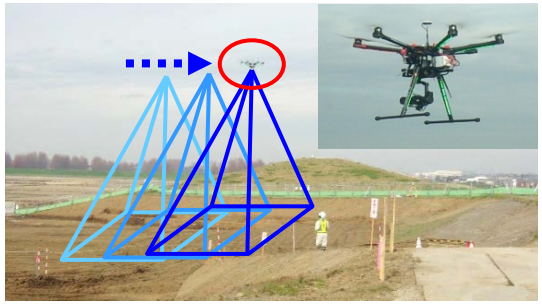
・LSで計測した相対形状を3次元座標に変換する際に用いる座標点。
・基準点あるいは工事基準点と対応付けするために、基準点あるいは工事基準点からTS等によって測量する。

■LSの特性

・LS本体にTSと同様にターゲット計測による後方交会法による位置決め機能を有している場合は、標定点を設置せず計測できる。この場合、ターゲットは基準点あるいは工事基準点上に設置する。
・LSは機種により、計測可能距離が、100m～1000mまで差がある。
・標定点は、複数回の計測結果を合成する際に標定点が必要な場合に用いる。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2 UAVによる起工測量の実施



○実施項目

受注者は、以下に留意しUAVによる起工測量を実施する。

(1)計測密度：0.25m2(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上

(2)要求精度：最大誤差0.1m以内

↓

(3)地上画素寸法：2cm/画素以内（適宜決定）

5.2.1 空中写真測量の実施（UAV）



○実施項目

受注者は、以下のとおりUAVを用いた起工測量を実施する。

(1)撮影飛行の留意点

地形面が露出している状況での計測を行う。

また、以下の条件では適正な計測が行えない

- 強風や突風の恐れのある気象条件
- 写真が鮮明に撮れないなど暗い場合
- 日差しが強く影部が鮮明に撮れない場合
- 草や木などで地面が覆われている場合

(2)自動航行を行わない場合の留意点

計測精度を確保するための条件は以下。

- 同一コースは、直線かつ等高線の撮影となるように飛行する
- 撮影区域を完全にカバーするため、撮影コースの始めと終わりの撮影区域外をそれぞれ最低1モデル（2枚の空中写真の組み合わせ）以上形成できるように飛行する

留意事項

■UAV安全基準

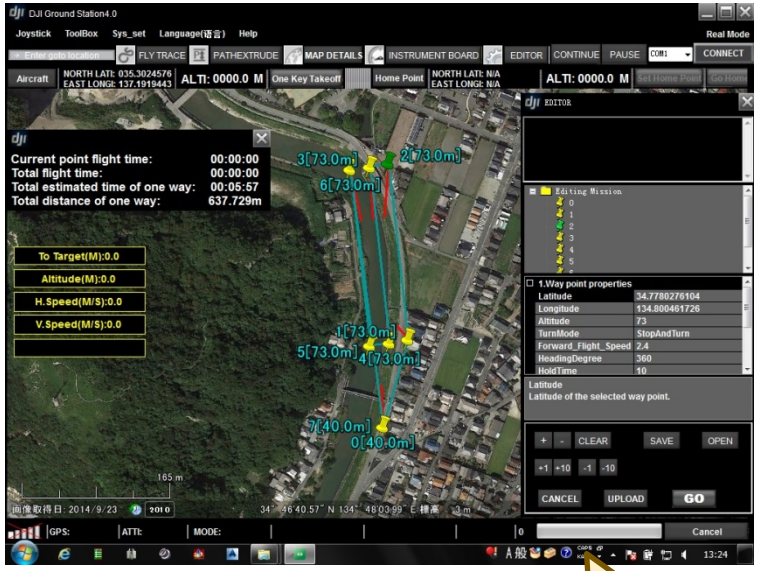
UAV安全基準に基づき測量を実施する。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2.1 空中写真測量の実施（UAV）

自動航行による撮影方法（UAVによる起工測量）

・撮影計画より自動操作を行うための設定をおこなう。
・自動操作によるUAVは、設定情報に沿って飛行する為、経路上の地点情報(緯度と経度)が重要となる。

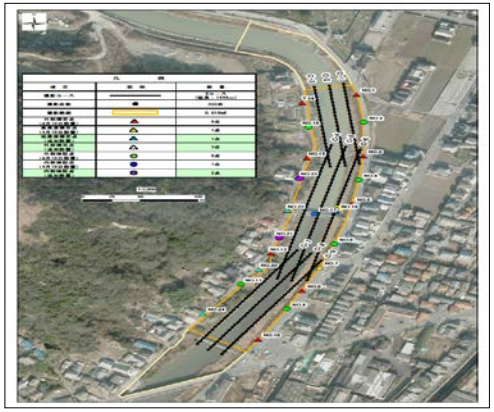




風速計で飛行可能か否かの確認を行う。



自動航行時でもプロポを着陸時及び緊急時に使用



フライトコントロール（PC）による自動航行



※使用するバッテリーに合わせた無理の無い飛行計画を立てる必要がある。
（バッテリーの余裕が必要）

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2.2 計測点群データ作成（UAV）

〇実施項目

・受注者は撮影した空中写真、標定点座標及びデジタルカメラのキャリブレーションを元に、写真測量ソフトを用いて計測点群データの作成をおこなう。計測点群データを作成するに際し、UAVの飛行ログデータを使用したデータ処理が行える場合は利用可能。
カメラキャリブレーションには以下の2つを用いることができる。

(1)独立したキャリブレーション
(2)セルフキャリブレーション

カメラキャリブレーションとは

・レンズのひずみや焦点距離によって画像にひずみが現れるものを補正すること。
（例：四角いものを撮っても四角く写らないものを補正すること）。
※元々、航空写真測量においても、キャリブレーションは実施されていたが、従来は高額で精度の良い専用カメラを使用し、専門の技術者が実施してきたため、特に問題とならなかった。しかし、UAVによる空中写真測量では汎用性カメラを使用することなどから、カメラキャリブレーションが重要としている。



留意事項

■UAVの飛行ログデータ

UAVの飛行ログデータを使って写真に位置座標を付与することで、撮影位置を推定し、計算効率を高めることができるが、写真測量ソフトによってはそれが無ければ計算がうまくいかないものもある。

国総研HPのQA

セルフキャリブレーション

・写真測量ソフトにセルフキャリブレーションの機能がある場合、カメラメーカーから“ずれ”の最大値の情報が提供される等、合理的にカメラの性能が適切であると推定できる場合はセルフキャリブレーションに換えることが出来る。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2.3 精度確認（UAV）

〇実施項目

受注者は、計測点群データを作成する際、計測点群データ上の検証点の座標と、計測した検証点座標の真値を比較し、x,y,zそれぞれ要求精度±10cm以内であることを確認する。

精度確認の結果、必要な精度を満たさない場合は、写真測量ソフトでの処理を再度実施するなどの前のステップに戻って再度実施する。

精度確認については、空中写真測量（UAV）の精度確認試験実施手順書（案）に基づき実施し以下を作成する。

・カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

★監督員は同報告書を把握する。

★検査員は同結果を確認する。

国総研HPのQA

■標定点の残差について

UAV測量マニュアル第72条に標定点の残差についての記述があるが、UAV出来形管理要領で実施する起工測量及び出来形管理に関しては、標定点の残差の確認は不要。

留意事項

■要求精度

・起工測量と出来形管理では要求精度が違う

・よって手順書の精度確認基準も違うため注意する。

カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

平成　年　月　日

工　事　名：

受注会社名：

作　成　者：　　印

カメラキャリブレーションおよび精度確認試験結果報告書

・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　年　月　日
作業機関名	
実施担当者	
使用するデジタルカメラ	メーカ　：(製造メーカー名) 測定装置名称：(製品名、機種名) 測定装置の製造番号：(製造番号)

・精度確認試験結果（概要）

精度確認試験実施年月	平成　年　月　日
作業機関名	
実施担当者	
測定条件	天候　晴れ 気温　8℃
測定場所	（株）ＵＡＶ測量 〇〇工事現場
検証機器（検証点を計測する測定機器）	ＴＳ　：3級ＴＳ以上 □機種名（級別〇級）
精度確認方法	検証点の各座標の較差

「独立したキャリブレーション」を実施した場合は作業機関名を記入。
・「セルフキャリブレーション」を実施した場合は、作業を担当した者(下請会社等)を記入。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2.3 精度確認（UAV）

現場における空中写真測量（UAV）の測定精度を確認するために、現場に設置した2箇所の既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標と既知点座標を比較し精度確認試験を行う。

【測定精度】
各座標値の較差±10cm以内

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



実施時期

・写真測量ソフトウェアから計測点群データを算出する際に行います。

・本精度確認は、空中写真測量（UAV）による計測ごと行います。

実施方法

・現場に設置した既知点を使用し、空中写真測量から得られた計測点群データ上の検証点の座標を計測します。

検証点の設置

・真値となる座標は、基準点 あるいは、工事基準上などの 既知点の座標値や、基準点および工事基準点を用いて測量した座標値を利用する 。

評価基準

・空中写真による計測結果を既知点などの真値と比較し、その差が適正であることを確認します。

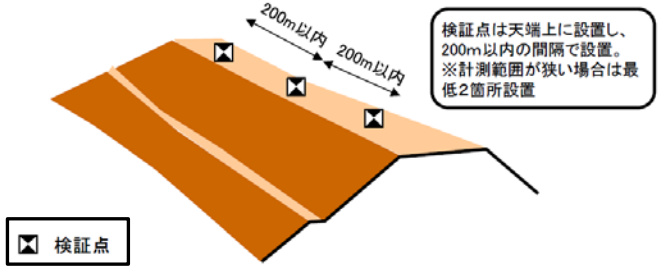


図 4－1 精度確認試験の配置イメージ図

5. 起工測量実施及び成果作成

5.2.4 起工測量計測データの作成（UAV）

○実施項目

受注者は計測点群データを元に、点群処理ソフトを用いて以下の不要点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成する。

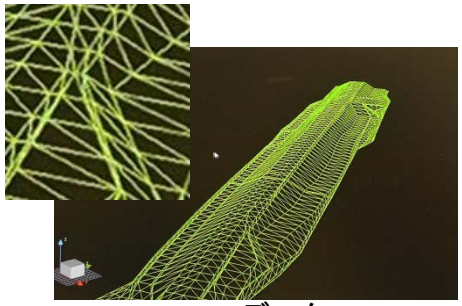
①対象範囲外のデータ削除（フィルタリング）

◆被計測対象物以外の構造物データを削除する。

◆除去する3次元座標はその後の作業に影響するため注意が必要。

②点群密度の変更（データの間引き）

◆計測密度0.25m2(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上を限度に点群密度を減らしても良い。



TINデータ

点群処理データソフトにより自動でTINを配置した時、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更しても良い。※1

管理断面間隔より狭い範囲において、点群座標が存在しない場合は、TINで補完しても良い。※2

留意事項

■※1：点群～しても良い。とは？

→例えば四角形の対角線を繋いで四角形の中に三角形を2つ作る場合（⊠←この様にTINを作る場合）、どの対角線を繋ぐかによって2通りの方法がある。自動でTIN作成したものが、現地の地形を現していない場合は手作業によってTINを作り直すことも可能という意味。

■※2：管理～しても良い。とは？

→例えば重機などのシルエットをフィルタリングして点群データを削除した場合、穴が開いた状態では不都合であるため、回りのTINから補完すること。

■主要なSfMソフトウェア

①ContextCapture（Acute3D社 フランス）
②Pix4D mapper（ Pix4D社 スイス）
③PhotoScan（Agisoft社 ロシア）

SfMとは

・複数枚の画像の対応点の抽出を自動化し、画像の撮影位置や被写体の三次元形状復元を容易にした技術。
カメラのレンズキャリブレーションも自動化。

これら点群処理ソフト（写真測量ソフト）の自動処理アルゴリズムは公開されていない（＝ブラックボックス）。

CIMに強いソフトは自動で間引きをさせた際に、起伏の多い部分（構造物周り）については高密度で点群を残すなどソフトによって自動処理方法に特性がある。

5. 起工測量実施及び成果作成

5.3.1 LSの設置（LS）

○実施項目

受注者は、以下のとおりLSを用いた起工測量を実施する。

(1)計測精度

・計測密度：0.25m2(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上

・要求精度：最大誤差**±10cm以内**

(2)LSは以下に留意して設置する。

・効率的にデータ取得できる

・レーザーと被計測対象物ができるだけ正対した位置関係

・急傾斜地や軟弱地を避け振動のない地盤上

(3)LS計測の注意点

・LSの入射角が著しく低い場合は精度低下する

・1回の計測で不可視となる範囲がある場合は補完できる計測位置を選定

・計測密度を不用意に上げると作業効率が落ちる

留意事項

■LSの入射角

実証実験結果では・・・

200mで入射角が10度の場合、水平精度±20mm、高さでは±50mm程度の精度の低下が見られる。

よって、入射角が小さくなる場合は、LSの設置位置を高くする、LSの位置を変更するなどの配慮が必要。

5.3.2 LS測量の実施（LS）

○実施項目

受注者は、以下のとおりLSを用いた起工測量を実施する。

(1)測定時の留意点

可能な限り地形面が露出している状況での計測を行う。

また、以下の条件では適正な計測が行えない。

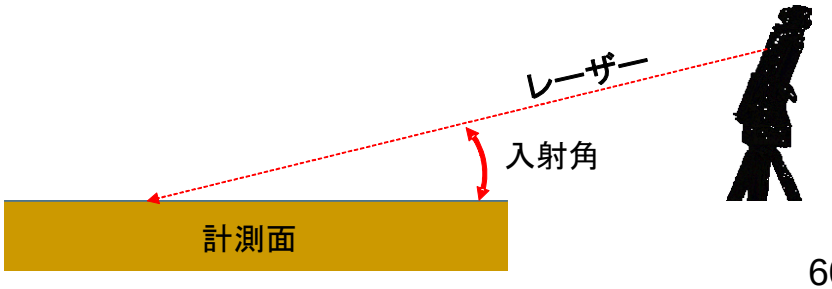
- 雨や霧、雪などレーザーが乱反射してしまう様な気象
- 計測対象範囲とレーザー光の入射角が極端に低下する場合
- 強風などで土埃などが大量に舞っている場合
- 草や木などで地面が覆われている場所

LS計測で利用するレーザークラスに応じた使用上の対策を講じるとともに、安全性に十分考慮する。

留意事項

■LSの使用条件

LSはUAVに比較して立木があっても計測が可能であるが、立木の密度が多い場合は利用しない方がよい。



5. 起工測量実施及び成果作成

5.3.3 起工測量計測データの作成（LS）

○実施項目

受注者は計測点群データを元に、点群処理ソフトを用いて以下の不要点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成する。

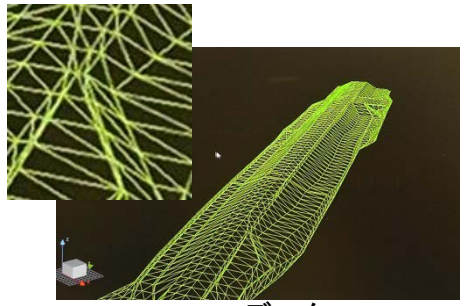
①対象範囲外のデータ削除（フィルタリング）

◆被計測対象物以外の構造物データを削除する。

◆除去する3次元座標はその後の作業に影響するため注意が必要。

②点群密度の変更（データの間引き）

◆計測密度0.25m2(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上を限度に点群密度を減らしても良い。



TINデータ

点群処理データソフトにより自動でTINを配置した時、現場の地形と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更しても良い。※1

管理断面間隔より狭い範囲において、点群座標が存在しない場合は、TINで補完しても良い。※2

留意事項

■※1：点群～しても良い。とは？

→例えば四角形の対角線を繋いで四角形の中に三角形を2つ作る場合（☒←この様にTINを作る場合）、どの対角線を繋 ぐかによって2通りの方法がある。自動でTIN作成したものが、現地の地形を現していない場合は手作業によってTINを 作り直すことも可能という意味。

■※2：管理～しても良い。とは？

→例えば重機などのシルエットをフィルタリングして点群データを削除した場合、穴が開いた状態では不都合であるため、回りのTINから補完すること。



5. 起工測量実施及び成果作成

5.4 起工測量の成果

〇実施項目

受注者は起工測量の成果として以下を提出し、完成時には電子成果品として納入すること。

①UAVによる起工測量

(1)起工測量計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(起工面TIN))
(2)計測点群データ(CSV,LandXML等のポイントファイル(生点群データ))
(3)工事基準点及び標定点データ(CSV, LandXML等のポイントファイル)
(4)空中写真測量(UAV)で撮影したデジタル写真(jpg)
(5)工事基準点及び標定点、検証点を表した網図
(6)その他資料(例:使用機器の利用状況写真、飛行計画に沿って撮影したことの証明資料)等

②LSによる起工測量

①の項目に全てに対し、以下項目のみ読み替える
(4')起工測量の状況写真
(6')その他資料(例:使用機器の利用状況写真)等

★監督員は工事基準点等の設置状況を把握

国総研HPのQA

■UAV出来形管理要領に基づく成果品

UAV出来形管理要領に基づき実施する起工測量及び出来形管理で納品が必要となる成果とは、同要領に定められたもののみでよく、UAV測量マニュアルで示す成果品は必要無い。また、標定点・検証点について測量成果報告書の提出も不要。

留意事項

■監督員の把握内容

工事基準点のみならず、標定点、検証点が指示した基準点あるいは工事基準点を元にして設置したものであることを確認する。

6. 3次元設計データ

- 3次元設計データの作成時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
3次元設計データの作成	・3次元設計データの作成	
3次元設計データの確認	・3次元設計データの確認	
3次元設計データの作成の成果品作成	・3次元設計データの作成の成果品作成	・3次元設計データの作成の成果品の状況の受理・確認

- **受注者は、**以下の手順で3次元設計データ作成ソフトを使用して、2次元設計から**3次元設計データの作成**をおこなう。
  ①準備資料：設計図書の平面図、縦断図、断面図、中心点座標リスト（線形計算書）
  ②3次元設計範囲
  ③3次元設計データの要素データ作成
  ④要素データ→3次元設計データ（TIN）の作成
  ⑤起工測量計測データの合成
  ⑥数量算出：出来高の数量算出ソフトを使用して土量計算をおこなう
  ⑦積算区分の境界情報：土の積算区分についても算出する

- **受注者は、**3次元設計データの作成後に元設計と照合し、監督員に**3次元設計データチェックシートを提出**する。
- **受注者は、**監督員からチェックシートを確認するための資料の請求があった場合は**資料を速やかに提出**する。

- **★監督員は、**3次元設計データチェックシートについて**確認**する。
- **★監督員は、**状況によっては上記根拠資料についても**確認**する。

6. 3次元設計データ

6.1 3次元設計データの作成

○実施項目

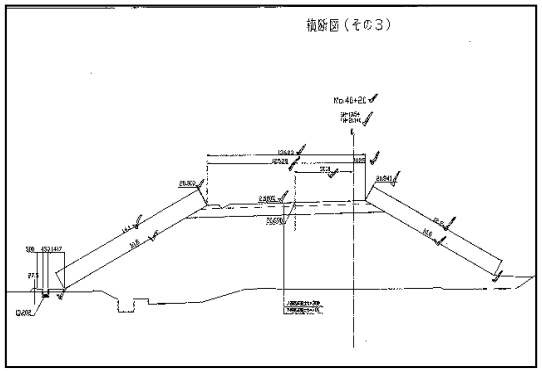
受注者は以下の手順で3次元設計データ作成ソフトを使用して、2次元設計から3次元設計をおこなう。

①準備資料

・設計図書の平面図、縦断図、断面図、中心点座標リスト（線形計算書）

②3次元設計範囲

・中心線については起終点より外縁に線形要素がある場合はその範囲まで
・横断図は構造物と地形の接点まで

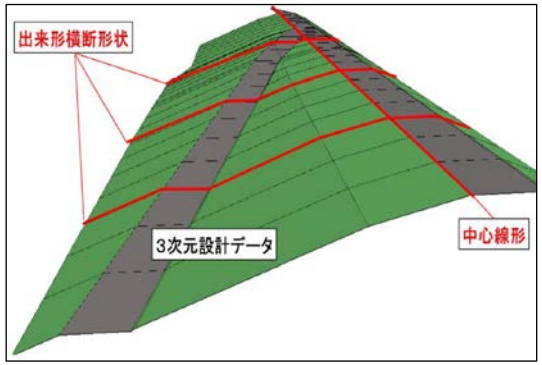


③3次元設計データの要素データ作成

・工事基準点等の入力
・①の幾何形状要素をソフトに入力
（中心線座標、R、クロソイドパラメータ、縦断曲線長、横断形状等）
・作成する横断図は全ての管理断面及び断面変化点
（管理断面：測点横断、断面変化点：拡幅部の起終点、切盛変化点等）

④要素データ→3次元設計データ（TIN）の作成

・曲線部分は管理断面間を細分化した補完断面データを作成の後、TIN化



⑤起工測量計測データの合成

・④に対して地形データを合成
・現場不一致が生じた場合は発注者と協議する

⑥数量算出

・出来高の数量算出ソフトを使用して土量計算をおこなう

⑦積算区分の境界情報

・土の積算区分についても算出する

留意事項

■３次元設計する対象

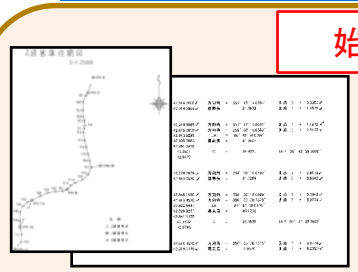
本手引き1.2.2. ３次元設計データ作成●留意事項ア）による。

6. 3次元設計データ

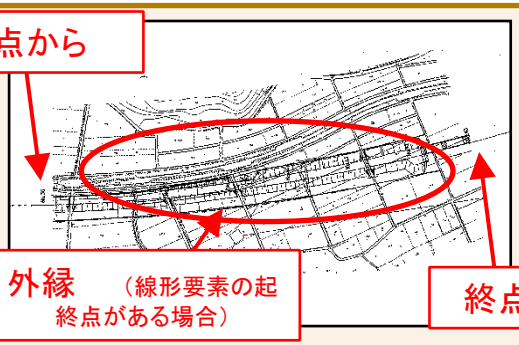
6.1 3次元設計データの作成

設計図書（平面図、縦断図、横断図等）や線形計算書等を基に、3次元設計データを作成する。

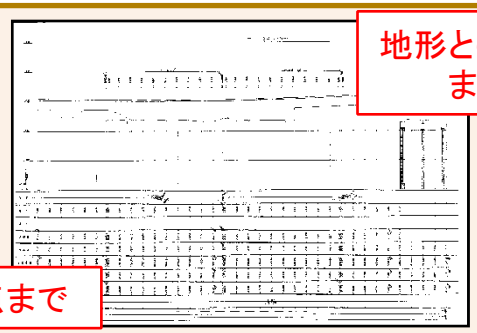
準備する資料



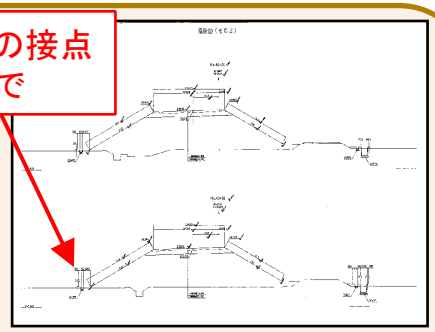
座標点リスト
線形計算書



平面図



縦断図



横断図

3次元設計データの要素データ作成

・設計図書と線形計算書に示される情報から幾何形状の要素を読み取って、作成する。

3次元設計データ（TIN）の作成

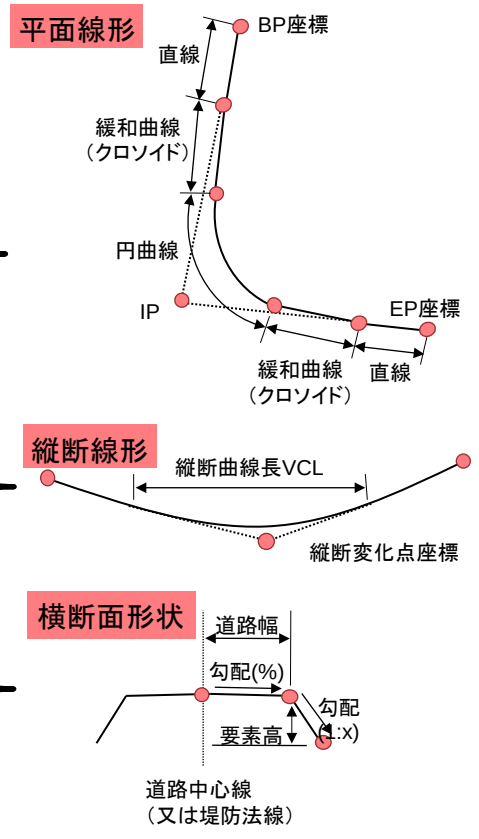
・入力した要素データを基に面的な3次元設計データ（TIN）を作成する。
・線形の曲線区間においては、必要に応じて横断形状を作成した後にTINを設定する。
（例えば、間隔5m毎の横断形状を作成した後にTINを設定する）。

6. 3次元設計データ

6.1 3次元設計データの作成

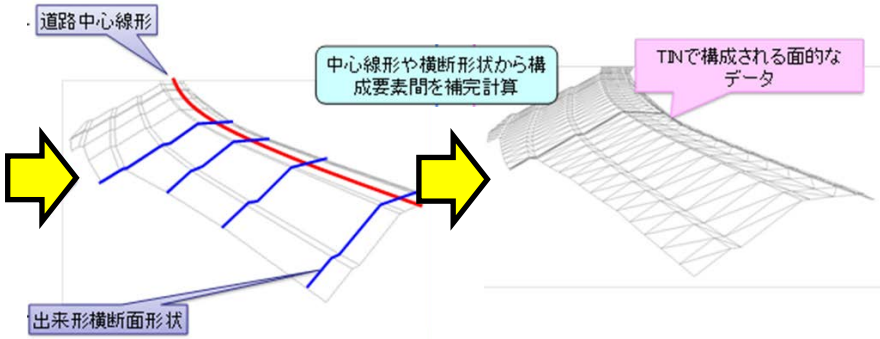
3次元設計データの作成手順とデータイメージ

①座標系入力
↓
②工事基準点入力
↓
③平面線形入力
（測点座標、曲線要素）
↓
④縦断線形入力
（勾配変化点要素）
↓
⑤横断面形状入力
（横断面要素）
↓
3次元設計データの照査



【3次元設計データ作成時に準備する資料】
- ●測量結果サンプル（基準点網図）
- ●平面図
- ●縦断図
- ●横断図

3次元設計データイメージ



※作成方法の詳細は、次ページ以降を参照してください。

参考 道路中心線形データが詳細設計等で納品されている場合について

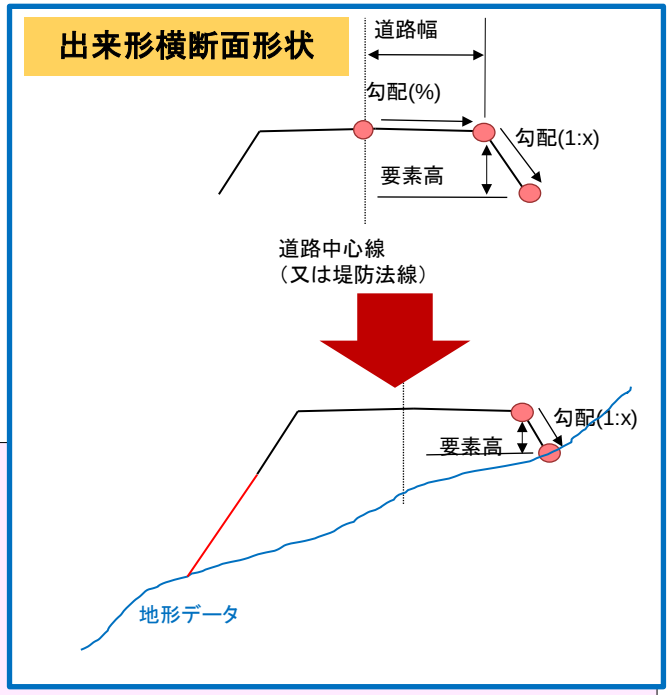
・3次元設計データ作成ソフトウェアは道路中心線形データの読み込みが可能です。
・道路中心線形データを読み込む場合、平面線形入力作業および縦断線形入力作業の簡略化が可能です。

6. 3次元設計データ

6.1 3次元設計データの作成

起工測量成果の取込イメージ

- 3次元起工測量で取得した地形データを取込ます。
- 横断図を参照し、地表面の位置似合わせて横断面形状（幅、基準高、法長）を調整します。
- 必要に応じて、小段の延伸や縮小、すりつけなどを調整します。



留意事項

■施工要素データの入力支援機能

3次元設計データ作成ソフトによっては、入力を簡素化する以下の機能を有するものもある。

・線形データ（SIMAデータ）の取込機能

SIMAデータがあれば座標を手入力する必要はない

・CAD図面の取込機能

既に座標データを持っている2次元CADデータを読み込めば、図面を構成している線種や点をマウス操作で認識させることにより読み込みが可能

■補完断面

従来の2次元設計図では、測点（20mピッチ）毎に横断図（管理断面）があったが、3次元設計データ作成ソフトでは、管理断面以外に断面変化点等に対して、出来形横断面形状を作成する必要がある。

管理断面以外で作成が必要な断面変化点（道路の例）

◇道路の幅員、横断勾配の変化点

◇法面形状の変化点（切り盛り境、構造物との接合部）

曲線区間については、Rの大きさや法面の長さによって、間隔を考慮の上で、補完断面を追加挿入する必要がある。

6.2 3次元設計データの確認

○実施項目

受注者は３次元設計データの作成後に以下について元設計と照合し、監督員に３次元設計データチェックシートを提出する。

①基準点および工事基準点（全点）
②平面線形（全延長）
③縦断線形（全延長）
④出来形横断面形状（全ての元設計断面）
・出来形管理項目である幅、基準高、法長を対比確認する
・確認方法は以下の２点
◇３次元設計についてソフトウェアの画面上と、設計図書（２次元）を比較
◇３次元設計から該当部分の横断図を作成し、設計図書（２次元）と比較
⑤３次元設計データ（全延長）
・３次元データの入力要素（中心線形データ等）と３次元設計データ（TIN）を重畳し同一性を確認

また、監督員からチェックシートを確認するための資料の請求があった場合は以下の資料を速やかに提出する。

・工事基準点リスト（チェック入り）
・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）
・３次元ビュー（ソフトウェアによる表示あるいは印刷物）

※これら以上にわかりやすいものがあれば、これに換えることができる。

★監督員は３次元設計データチェックシートについて確認する。状況によっては上記根拠資料についても確認する。

留意事項

■チェック欄の記入

3次元設計については、作成する受注者の責任においてチェックをおこない、その確認のために、チェックシートのチェック欄に○を記入する。根拠資料のチェック記入に関しても同様。

6. 3次元設計データ

6.2. 3次元設計データの確認

基準点及び工事基準点

・工事基準点は、事前に監督員に提出している工事基準点の測量結果と対比し、確認します。

平面線形

・平面図及び線形計算書と対比し、確認します。

縦断線形

・縦断図と対比し、確認します。

出来形横断面形状

・ソフトウェア画面と対比し、設計図書の管理項目の箇所と寸法にチェックを記入します。
・3次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせて確認します。

3次元設計データ

・3次元設計データの入力要素と3次元設計データ(TIN)を重畳し、同一性が確認可能な3次元表示した図を提出します。

・3次元設計データと設計図書の照合に用いた資料は整備・保管し、監督員から資料請求があった場合には、速やかに**提示**します。

3次元設計データチェックシートの提出の留意点-1

(様式－1)

平成　　年　　月　　日

工　事　名：
受注会社名：
作　成　者：　　印

3次元設計データのチェックシート

項　目	対　象	内　容	チェック結果
1) 基準点及び工事基準点	全点	・監督員の指示した基準点を使用しているか？	
		・工事基準点の名称は正しいか？	
		・座標は正しいか？	
2) 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？	
		・各測点の座標は正しいか？	
3) 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？	
4) 出来形横断面形状	全延長	・作成した出来形横断面形状の測点、数は適切か？	
		・基準高、幅、法長は正しいか？	
5) 3次元設計データ	全延長	・入力した2)～4)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　受注者が監督員に様式－1を提出した後、監督員から様式－1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに**提示**するものとする。
・工事基準点リスト(チェック入り)
・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)
・3次元ビュー(ソフトウェアによる表示あるいは印刷物)
※ 添付資料については、上記以外にわかりやすいものがある場合は、これに替えることができる。

発注者は「○」が付記されていることを確認します。

6. 3次元設計データ

6.2 3次元設計データの確認

3次元設計データの確認イメージ

- 設計図書と3次元設計データとを照合し、設計図書の不備および入力ミス等がないかを確認します。（UAVやLSによる出来形管理では、3次元設計データに不備があると、出来形計測値の精度管理ができなくなります。）



紙図面・2次元CADデータ上で
記載内容を目視確認



比 較

データの整合性
を確認



基本設計データ作成ソフトウェア上で
入力データを目視確認

留意事項

■3次元ビューでも確認

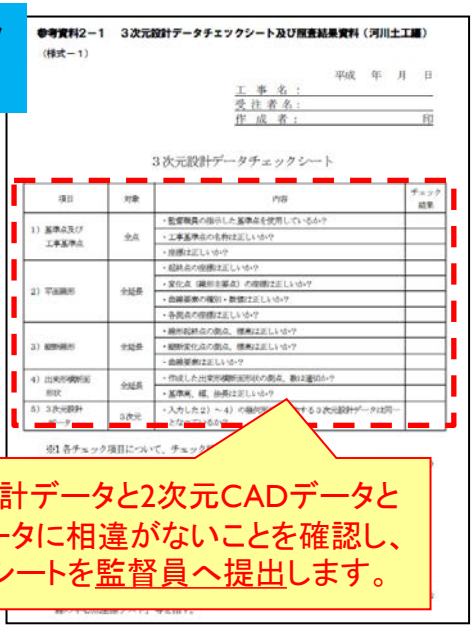
3次元設計データ作成ソフトでは、入力結果を立体視することが可能（ビューア機能）となっている。このため、本機能を活用することにより3次元設計データが正しく入力されているか目視により確認が可能。

ソフトメーカーからは、無償ビューア付ファイルを作成するソフトが販売されている。

■補完断面の確認

受注者は、元設計（2次元設計）には無かった出来形横断面（横断図）を作成するが、土工の変化点◇道路の幅員、横断勾配の変化点、◇法面形状の変化点（切り盛り境、構造物との接合部）に関しては、構造上の問題点とならぬよう十分検討の上作成する必要がある。

チェック
シート



3次元設計データと2次元CADデータとの各データに相違がないことを確認し、チェックシートを監督員へ提出します。

6. 3次元設計データ

6.2 3次元設計データの確認

確認方法1：基準点の確認（例）

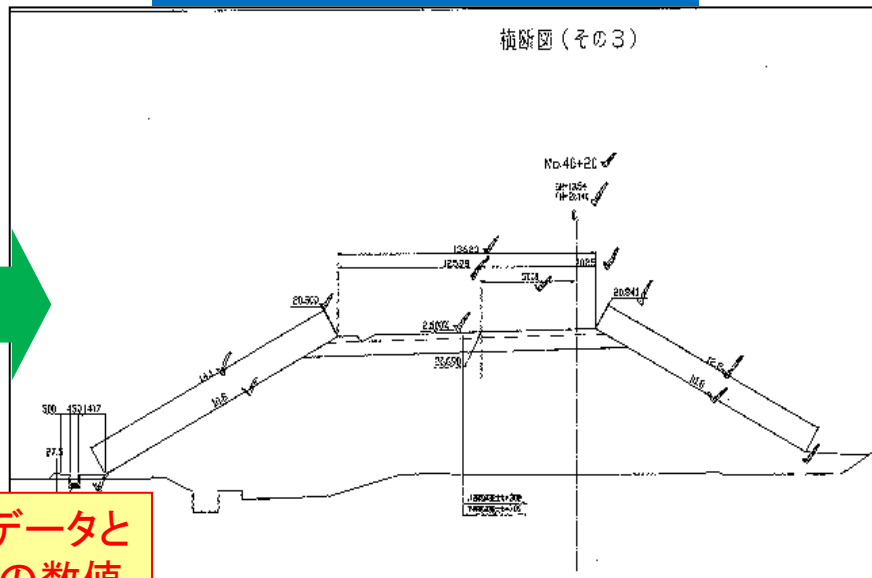
基準点成果表

世界測地系

測点名	X座標	Y座標	備考	測点名	X座標	Y座標	備考
千4	-103592.645	-53971.965	2級基準点	TF4	-104073.411	-53943.604	4級基準点
千5	-106133.790	-55192.361	〃	TF5	-104222.811	-53911.981	〃
KP6/6L	-102566.552	-53805.858	3級基準点	TF6	-104371.743	-53878.598	〃
KP0/7L	-102897.874	-53908.500	〃	TF7	-104511.791	-53845.280	〃
KP6/8R	-104477.348	-53669.206	〃	TF8	-104665.056	-53902.104	〃
KP4/9L	-104993.148	-54307.238	〃	TF9	-104780.424	-54013.042	〃
KP2/10L	-105230.181	-54987.389	〃	TF10	-104853.023	-54154.538	〃
KP8/10L	-105811.653	-55214.489	〃	TF11	-104914.141	-54238.118	〃
KP4/11L	-106294.412	-55308.723	〃	TG1	-105038.052	-54392.649	〃
TE1	-102958.485	-53948.860	4級基準点	TG2	-105043.204	-54539.888	〃
TE2	-103102.553	-54001.759	〃	TG3	-105069.858	-54688.396	〃
TE3	-103279.147	-54006.884	〃	TG4	-105138.964	-54823.046	〃
TE4	-103416.596	-53999.420	〃	TH1	-105267.033	-55067.216	〃
TE5	-103497.830	-53978.296	〃	TH2	-105361.017	-55160.314	〃
TF1	-103671.867	-53983.149	〃	TH3	-105486.259	-55218.934	〃
TF2	-103757.779	-53993.677	〃	TH4	-105675.217	-55221.966	〃
TF3	-103925.787	-53973.651	〃	TJ1	-105975.513	-55186.171	〃

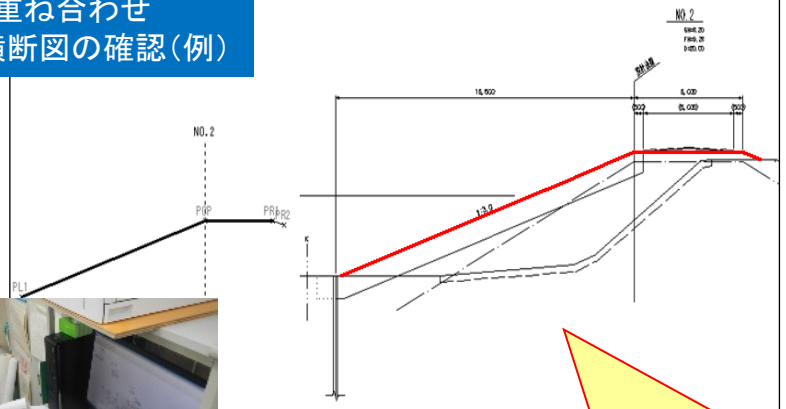
チェック

確認方法2：横断図の確認（例）



入力したデータと設計図面の数値をチェック

確認方法3：データ重ね合わせによる横断図の確認（例）

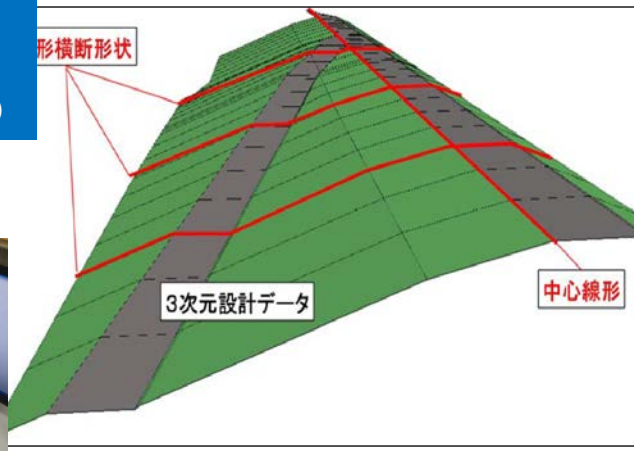




作成したデータと図面の形状を重ねてチェック

確認方法4：ソフトウェアによる表示あるいは印刷物の3次元ビューの確認（例）

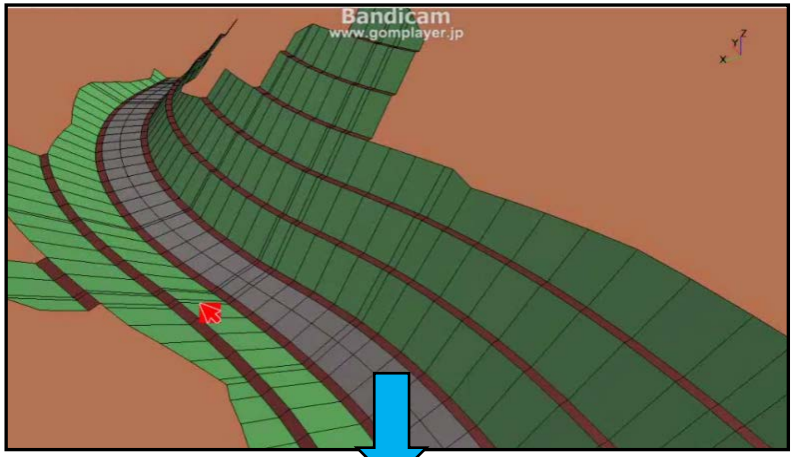




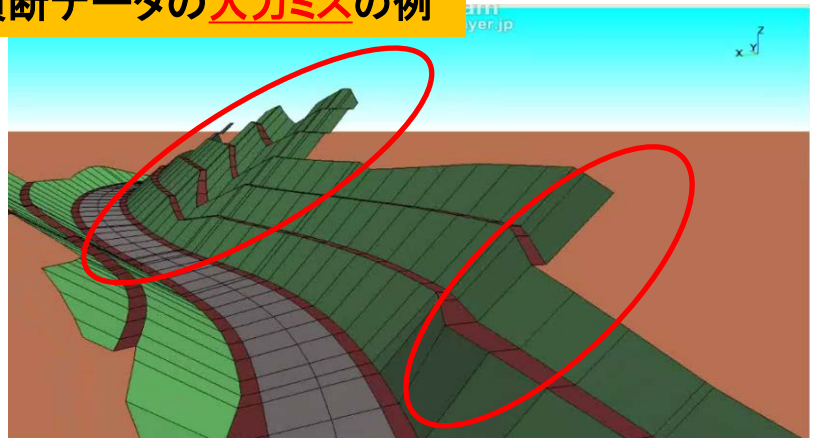
6.2 3次元設計データの確認

3次元ビューでの確認例

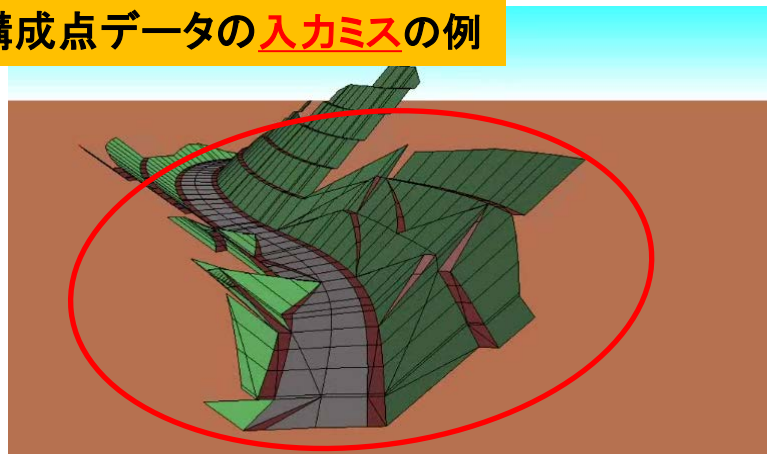
- 3次元設計データ作成ソフトには、入力結果を立体視することが可能（ビューア機能）となってます。
  このため、本機能を活用することにより3次元設計データが正しく入力されているか確認が可能です。
- 3次元設計データ作成ソフトメーカーからは、無償ビューア付ファイルを作成するソフトが販売されています。



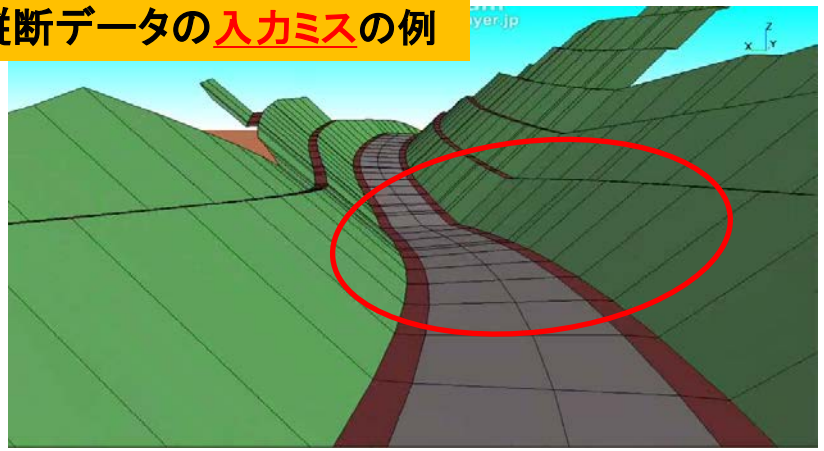
横断データの入力ミスの例



構成点データの入力ミスの例



縦断データの入力ミスの例



7. 設計図書の照査

- 設計図書の照査時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
		・設計図面（線形計算書・平面図・縦断図・横断図）の貸与 ・3次元設計データの貸与 ※3次元設計データを発注者から提供する場合のみ
設計図書等の照査	・従来の設計図書の照査 ・当該工事現場の仕上がり形状の確定 ・当該工事現場の出来形管理箇所の確定	・受注者による設計図書の照査状況の受理・確認

- **受注者は**作成した3次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせるなどし、不備や不整合が無いことを**照査し、結果を報告**する。

- **★発注者は、**その照査結果を**確認する**。

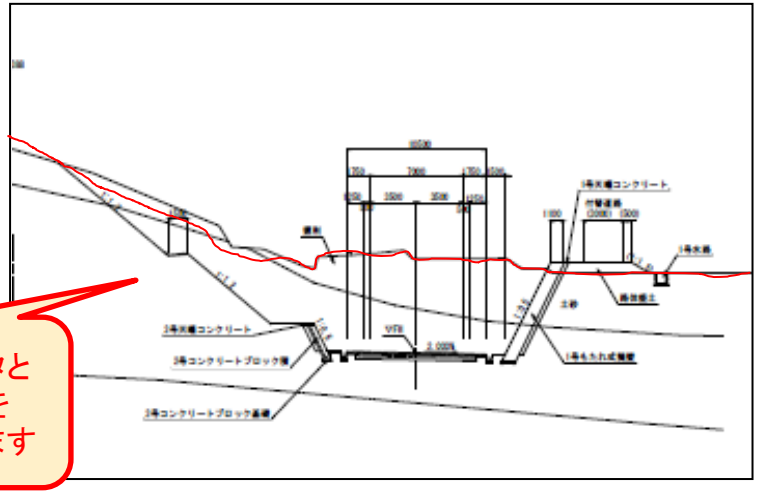
7. 設計図書の照査

〇実施項目

受注者は作成した３次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせるなどし、不備や不整合が無いことを照査し、結果を報告する。

★発注者はその照査結果を確認する。

データ重ね合わせによる
横断図の確認イメージ（例）



3次元設計データから横断図を作成し照査するイメージ

3次元設計データから横断図を作成し、設計図書と重ね合わせて照査します。

- 現地盤線の横断形状が一致しているか？
- 工事で構築する横断形状が一致しているか？

留意事項

■照査報告と確認

受注者は、起工測量データを合成した結果、現場不一致が生じた場合は、従来通り設計照査の一環 として監督員に 関連資料を紙データで提出し、確認を受ける。

ICT活用工事では従来施工とは違い、3次元設計化した段階で測点間も含めた、全ての現場不一致があることに留意する。

■現場不一致→修正設計

以下を例とする比較的大きな設計修正が予測される場合は、発注者は直ちに方針を決定する必要がある。

- **用地境界等を犯す可能性があるもの**
- **擁壁などの構造物が必要となる、あるいは既設計構造物の形状が変わる**
- **小段が増えるなどして、排水計画が変わる**

発注者は早急に設計方針を示す必要があり、設計に時間がかかるなど、方針決定に時間がかかる場合は、結果が出るまでの一時的な方針等も早い段階で示すこと。

11. 設計変更協議

- 実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
土工の数量算出	・数量計算の方法の協議	・数量計算の方法の受理・確認
変更設計積算	・3次元設計データ及び設計数量の協議	・3次元設計データ及び設計数量の受理・確認
部分払い用出来高数量の算出		

- 受注者は、従来の平均断面法または、UAV，LS等による計測点群データを基に3次元CADソフトウェア等を用いた方式により数量算出を行うことができる。
- ICT活用工事においては、以下3つの施工プロセスについて設計変更の対象とする。
  ①3次元起工測量　②3次元設計データ作成　③ICT建設機械による施工

11.1 ICT土工の数量算出

〇実施項目

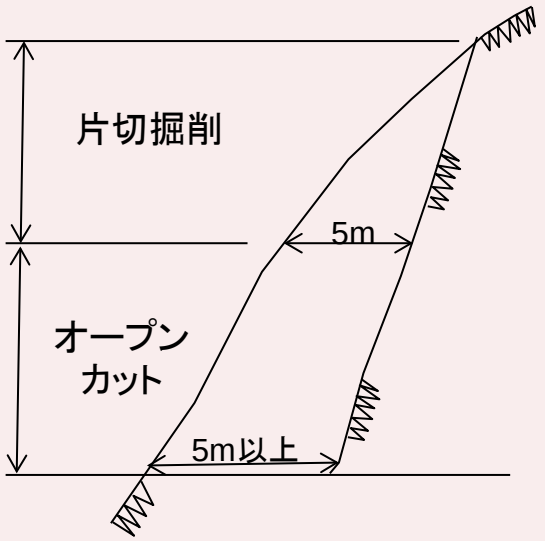
- 受注者は、従来の平均断面法または、ＵＡＶ，ＬＳ等による計測点群データを基に３次元ＣＡＤソフトウェア等を用いた方式により数量算出を行うことができる。
- なお、後者については以下の数量算出方法について監督員と協議する。
  １）点高法　２）ＴＩＮ分割等を用いた求積　３）プリズモイダル法

留意事項

数量算出方法

現時点の3次元CADソフトウェアでは、積算上の作業区分（片切・オープンカット等）について自動算出できないため、土量の数量算出については、従来通り土木工事数量算出要領（案）に基づく、横断図による平均断面法を用いて算出する必要がある。

なお、片切掘削・オープン掘削や盛土の施工幅員などの区分別に土工数量を算出する必要がない場合は、同要領（案）に基づく3次元CADソフト等を用いた方式で算出した数量をそのまま使用してよい。



精算方法

岩線区分の図面への反映については設計図面の作成であり、変更図面の作成が必要であれば受注者が作業して付加的業務として精算する。

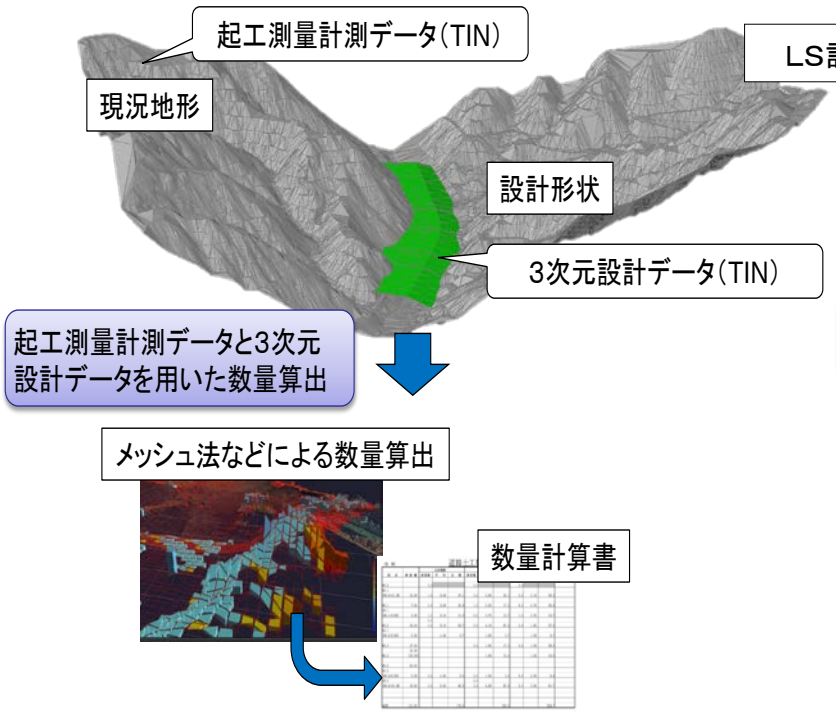
作業区分けによる積算土量の算出については、数量計算書の根拠資料の作成であり、受注者が行うのであれば同様に付加的業務として精算する。

11. 設計変更協議<ICT土工の数量算出>

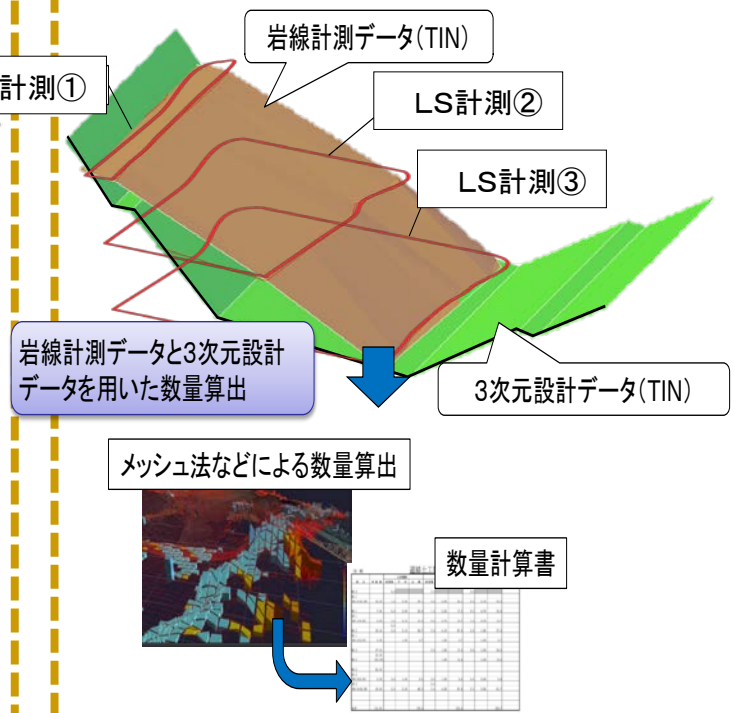
11.1 土工の数量算出

・取得した起工測量計測データ，岩線計測データ（どちらもTINデータ）と、3次元設計データ（TINデータ）から数量算出を行う。
・数量の算出方法は、平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方法がある。

設計照査のための数量算出イメージ



設計変更（岩区分）のための数量算出イメージ

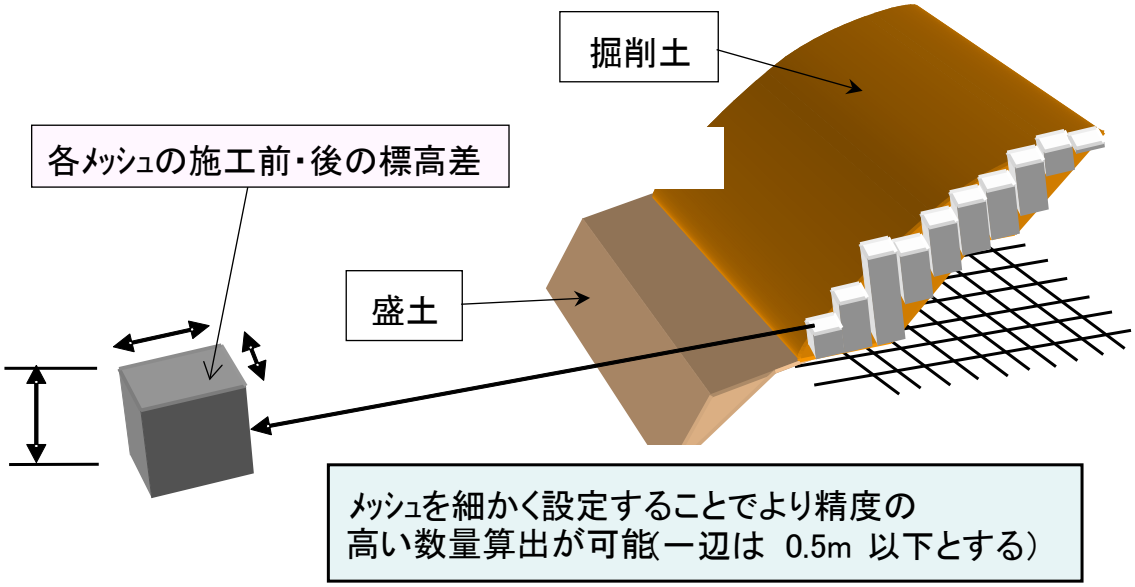


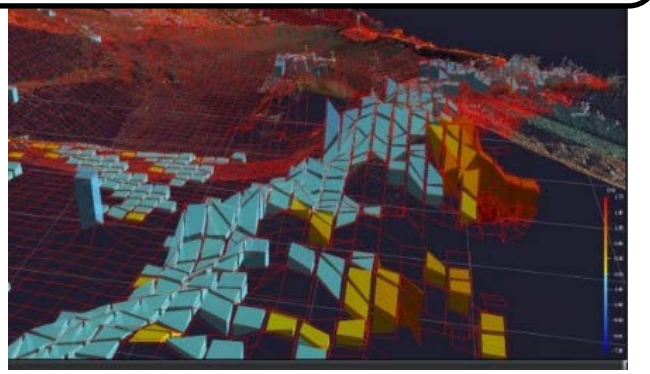
11. 設計変更協議<ICT土工の数量算出>

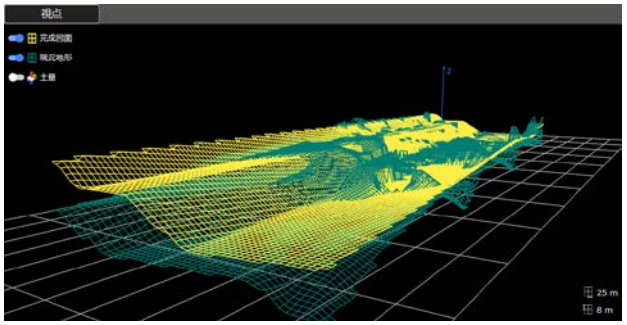
11.1 土工の数量算出

・出来形計測と同位置において、施工前あるいは事前の地形データがLS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、UAVやLS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。

点高法による数量算出の条件と適用イメージ







受注者は、UAVやLSによる計測点群データを基に平均断面法または、3次元CADソフトウェア等を用いた方式により数量算出を行うことができます。

ワンポイント

・数量計算方法については、監督員と協議を行います。
※体積算出方法は① 点高法、② TIN分割等を用いた求積、③ プリズモイダル法
・土量の計算根拠は、ソフトウェアの計算結果の打ち出しを提出。
・無い場合はPrintScreenのアウトプットでも可。

11. 設計変更協議<ICT土工の数量算出>

11.1 土工の数量算出

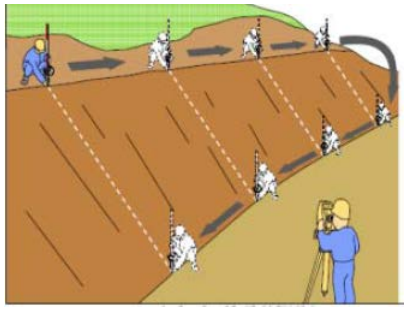
留意事項

＜従来＞

寸法の計測

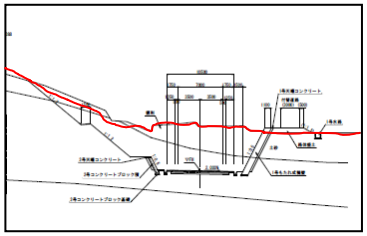
管理断面毎に寸法（高さ、長さ、幅）を計測

※工事を止めて計測



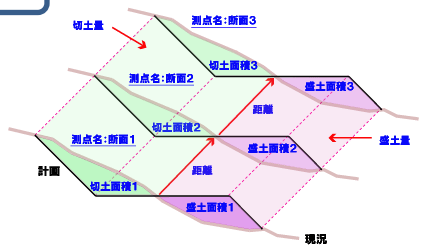
横断図の作成

断面積を算出するため計測結果を基に横断図を作成



数量計算

＜平均断面法＞
断面積の平均×延長＝出来高



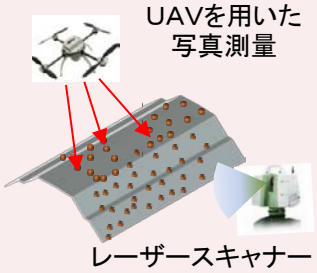
変更

＜i-Construction＞

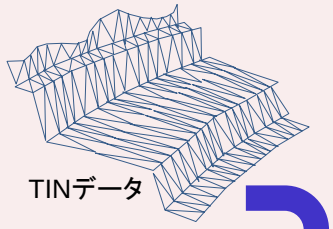
3次元測量

3次元測量：起工測量、岩線計測

UAVを用いた写真測量



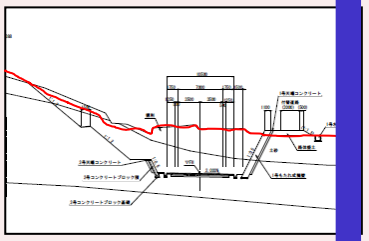
レーザースキャナー



TINデータ

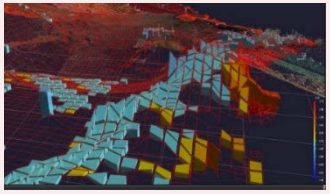
変更横断図の作成

3次元測量結果と3次元設計データを元に、3次元CAD等により各測点の横断図を作成
当初図面を修正



変更数量計算

①平均断面法
②3次元CADソフトウェア等を用いた方式
・点高法
・TIN分割等を用いた求積
・プリズモイダル法



11.2 変更設計積算

〇実施項目

- ICT活用工事においては、以下３つの施工プロセスについて設計変更の対象とする。
  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

留意事項

ア）3次元起工測量
本マニュアル1.2.1.3次元起工測量（UAVによる写真測量等）の協議内容に基づき精算変更する。
積算基準による変更となる。

イ）3次元設計データ作成
本マニュアル1.2.2. 3次元設計データ作成の協議内容に基づき精算変更する。
積算基準による変更となる。

ウ）ICT建機による施工
本マニュアル1.2.3. ICT建設機械による施工（ICT施工機械での施工）の協議内容に基づき精算変更する。標準積算がある工種に関しては、積算基準による変更となる。

i-Construction

ICT活用工事の手引き④

三重県県土整備部整備部　技術管理課

※本資料は「H29生産性向上(i-Construction)研修（中部地方整備局企画部）」を参考に作成しています。

ICT活用工事の手引き④

第8章　施工計画書（工事編）

第9章　ICT建設機械による施工

8. 施工計画書(工事編)

- 施工計画書(工事編)の作成の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
施工計画書(工事編)の作成	**・施工計画書(工事編)の作成** **・設計図書の照査、起工測量結果の反映**	・施工計画書(工事編)の受理、確認

- 受注者は、ICT建設機械に関する事項(掘削・敷均し計画、バケット等位置の計測精度確認計画、盛土の締固め回数管理)ついて施工計画書に記載する。

8. 施工計画書(工事編) <施工計画書(工事編)の作成>

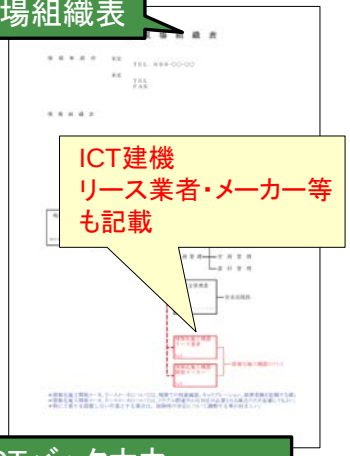
8. 施工計画書(工事編)

○実施事項 :受注者は、以下について施工計画書にまとめる。

・ICT建設機械に関する事項

(MC・MGシステムの機器構成と提供情報、バケット等位置の計測精度確認計画、盛土の締固め回数管理)

現場組織表



ICT建機
リース業者・メーカー等
も記載

指定機械



備考欄等への
MC・MGの該当を記載

主要船舶・機械

フローチャート(施工方法)

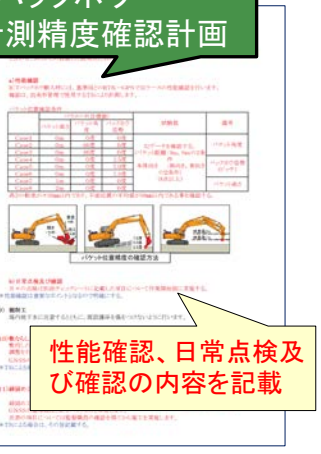


ICTバックホウの搬入



ICTバックホウに
用いる機器及び
提供情報を記載

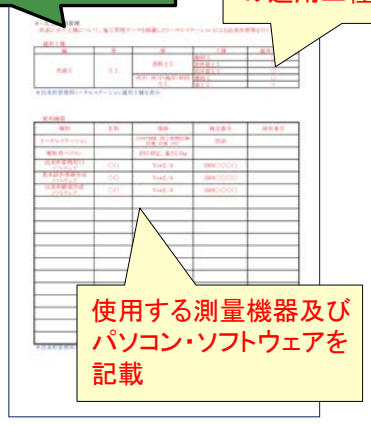
ICTバックホウ
の計測精度確認計画



性能確認、日常点検及
び確認の内容を記載

出来形管理

UAVによる出来形管理
の適用工種を記載

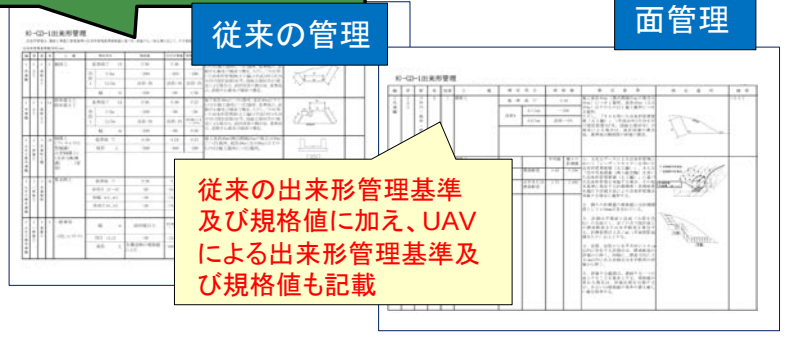


使用する測量機器及び
パソコン・ソフトウェアを
記載

出来管理基準及び規格値

従来の管理

面管理



従来の出来形管理基準
及び規格値に加え、UAV
による出来形管理基準及
び規格値も記載

施工計画記載例(建設ICT総合サイト)
:http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/ict-proposal.html#04

8. 施工計画書(工事編)

ICT建設機械に関する事項の留意事項

MC・MGシステムの機器構成と提供情報

- MC、MGの使用機器構成、システムから提供される情報内容について施工計画書に記載する。
- 具体的な記載内容は、ICTバックホウ要領、ICTブルドーザ要領、締固め回数管理要領、及び建設ICT総合サイトの「建設ICT工事の施工計画書の記載例(http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/ict-proposal.html#04)」を参照。

7) ICTバックホウの搬入 *ICTバックホウ

ICTバックホウに用いる機器及び提供情報は次表のとおりです。

マシンガイダンス機器

機種名	○○○社製 △△△-□□□					
機器		計測データ	機器規格検定等	仕様	台数	摘要
①	GNSS受信機	本体位置(3次元座標)	1級GPS,2衛星対応 ○年△月□日メーカー検定済み	GNSS受信機、GNSSアンテナ、マスト、ブラケット一式	1台	堅牢タイプ(耐衝撃性、防塵性、防滴性)
		本体向き(機軸に対する回転角)	1級GPS,2衛星対応 ○年△月□日メーカー検定済み	GNSS受信機、GNSSアンテナ、マスト、ブラケット一式	1台	
				方位センサ	1台	
		GNSS補正情報【基準局】	1級GPS,2衛星対応 ○年△月□日メーカー検定済み	GNSS受信機、GNSSアンテナ、マスト、ブラケット一式、充電器一式	1台	標準タイプ(防塵性、防滴性)
②	傾斜センサ	本体ピッチング、ローリング	計測精度:±0.2°(ロール) 計測精度:±0.2°(ピッチ) 出力頻度:50Hz 耐衝撃性:1.5G	センサ、ブラケット(本体用)	1台	
③	変位センサ	シリンダストローク(作業機装置支点角度に変換)	全抵抗値:2K±20%Ω 出力直線度(単独):±0.3% 有効電気角:5VDC	センサ、ブラケット(アーム、ブーム、バケット用)	3台	
	傾斜センサ	作業機装置支点角度	分解能:14ビット 16,384分割,0.022°(1'19.1")			
			保護構造:IP67			
④	コントロールユニット及びモニタ	設計とバケット位置との差異等	保護構造:IP67	演算・描画処理装置、センサユニット、モニタ	1台	

*開発メーカーにより詳細が異なるので注意

既存システムから提供される情報

機能			情報※1	備考
3次元設計データ保存機能			3次元設計データ	
掘削操作支援	電子丁張り提供		平面、断面形状	
	本体操作支援情報の提供	移動操作支援	設計上の位置	
		掘削方向誘導	法面との正対	設計面(法面・基面)、法肩・法尻線等のトリガ選択※2
	作業機操作支援情報の提供	切り出し位置誘導	法肩、法尻線との差分値	
		バケット操作支援	設計との標高差分値	
			設計勾配	

※1 上表に示す情報が全てが1つの支援画面から提供されるものではない。
※2トリガとして選択するデータは開発メーカーにより異なる。

バケット・ブレード位置の計測精度確認計画

- バケット位置精度の確認計画について施工計画書に記載する。
- 具体的な記載内容は、ICTバックホウ要領、ICTブルドーザ要領、及び建設ICT総合サイトの「建設ICT工事の施工計画書の記載例」を参照。

a)性能確認

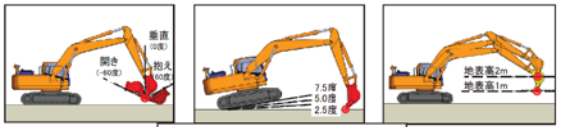
ICTバックホウ搬入時には、基準局とのRTK−GPSで32ケースの性能確認を行います。

確認は、出来形管理で使用するTSにより計測します。

バケット位置確認条件

	パラメータ(目標値)			試験数	備考
	バケット高さ	バケット角度	バックホウ姿勢		
Case1	0m	0度	0度	32データを確認する。(バケット距離:3m, 6mの2条件 本体向き :南向き, 東向きの2条件)(8点以上)	バケット角度
Case2	0m	−60度	0度		
Case3	0m	60度	0度		
Case4	0m	0度	2.5度		バックホウ姿勢(ピッチ)
Case5	0m	0度	5.0度		
Case6	0m	0度	7.5度		
Case7	1m	0度	0度		バケット高さ
Case8	2m	0度	0度		

高さの較差が±50㎜以内であり、平面位置の平均値が50㎜以内である事を確認する。



バケット位置精度の確認方法

b)日常点検及び確認

日々の点検は別添チェックシートに記載した項目について作業開始前に実施する。

*性能確認は重要なポイントとなるので明確にする。

盛土の締固め回数管理

- 使用するシステムメーカ、型番、機器構成等を施工　計画書に記載する。
- 具体的な記載内容は、ICTバックホウ要領、ICTブルドーザ要領、及び建設ICT総合サイトの「建設ICT工事の施工計画書の記載例」を参照。

現場組織表

- ICT建機開発メーカ，リースメーカについては、施工体制台帳に記載しないため、ICT機器のトラブル時に速やかな対応が必要な場合は、「現場組織表」に記載する。(従前と同様)

9. ICT建設機械による施工

- 施工段階の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
ICT建設機械による施工	・基準局の設置（RTK-GNSSの場合） ・ローカライゼーション ・バケット・ブレード位置精度の確認 ・3次元データのICT建機への搭載 ・施工期間中の日常点検	・精度確認結果の把握

- 受注者は、RTK－GNSSを用いたICT建設機械を使用する場合は、施工着手前に基準局を設置する。
- 受注者は、施工着手前に、バケット・ブレード位置の計測精度を確認する。
- 発注者は、精度確認結果を把握します。（計測較差±50mm 以下）
- 受注者は、ICT建設機械による施工期間中、バケット・ブレード位置の取得精度などを、原則として日々確認し、確認結果を記録する。

9. ICT建設機械による施工

〇実施項目

受注者は、ICT建設機械に関して、以下に留意して施工する。

- ・GNSS基準局の設置、ローカライゼーションの実施
- ・ICT建設機械のバケット、ブレード位置精度の確認
- ・日常点検の実施
- ・掘削時の土質条件

監督員は、精度確認結果を把握する。（較差±50mm 以下を目安）

留意事項

・ICT建設機械による施工を行う範囲は、本マニュアル「1.2.3　ICT活用工事対象範囲等の協議（ICT建機による施工）」による。

9. ICT建設機械による施工



チルトセンサ（アーム）
角度を測定。



コントロールボックス
3D施工データの読込。
油圧ショベルの切盛、
バケットの傾きを表示。



チルトセンサ（ブーム）
角度を測定。



無線機
基地局からの
補正情報を受信。



移動局（GNSS受信機）
GPS+GLONASSの受信機。
油圧ショベルの3次元位置や
向きをリアルタイムに測定。



チルトセンサ（バケット）
角度を測定。



常時ツメ先の3次元座標を把握



ピッチセンサ（本体）
油圧ショベルの
車体の傾きを測定。



基地局（GNSS受信機）
補正情報発信

9. ICT建設機械による施工

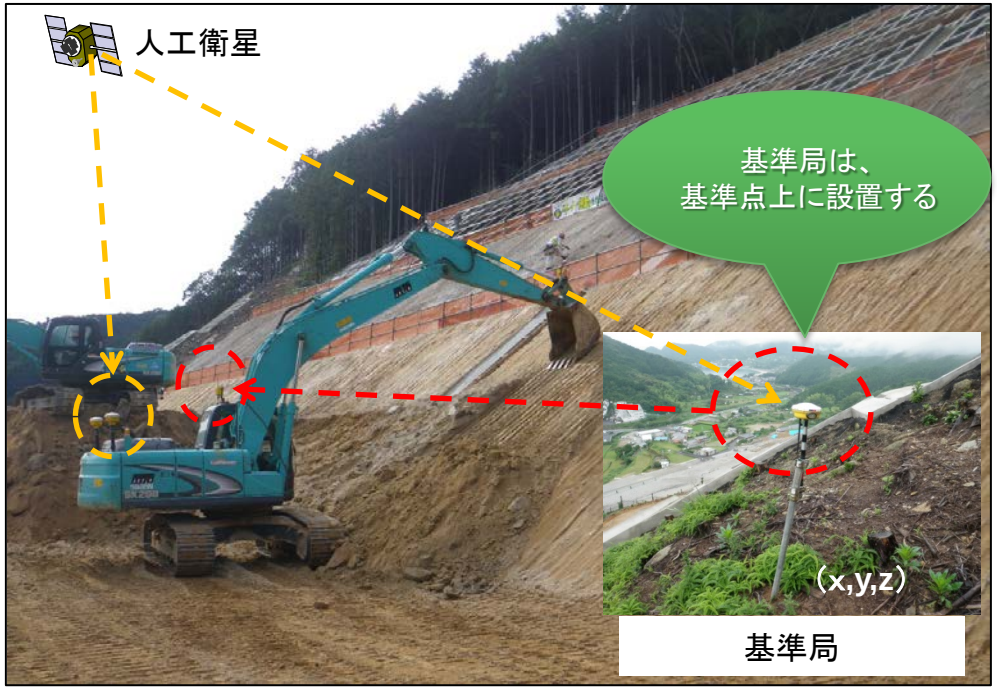
留意事項

RTK－GNSS基準局の設置

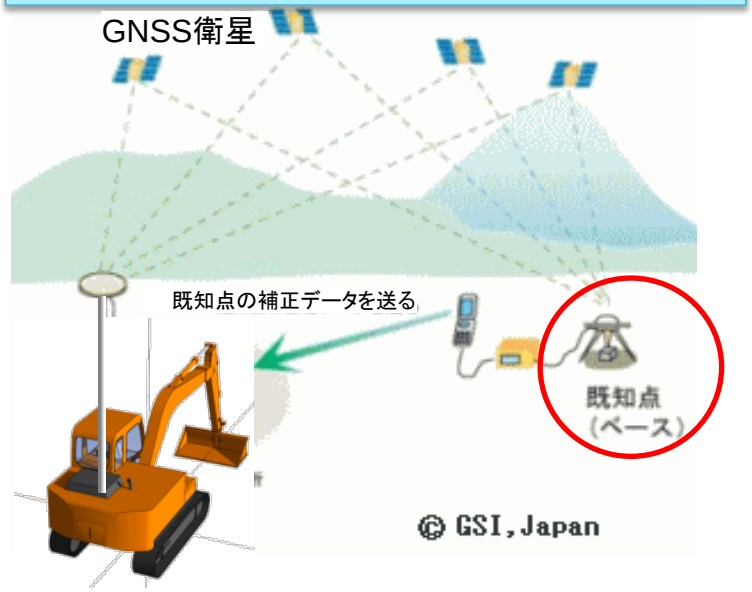
- RTK－GNSSの基準局は、基準点（4級基準と3級水準（山間部では4級水準を用いても良い）若しくはこれと同等以上）に設置する。（ネットワーク型RTK－GNSS測位は基準点の設置は不要）

ローカライゼーションの実施

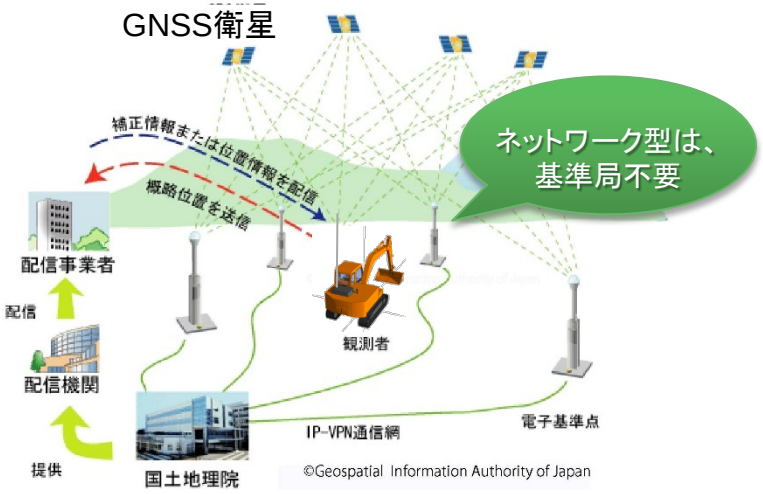
- GNSS系の座標を現地座標系変換することをローカライゼーションという。
- GNSS取得値が現地に整合して、精度の良い施工が可能となる。



RTK－GNSS



ネットワーク型RTK－GNSS



9. ICT建設機械による施工

留意事項

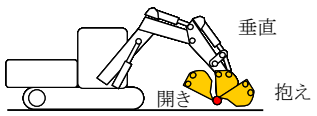
バケット・ブレード位置精度の確認（着手前）

- ICT建設機械による施工精度を確保するため、施工着手前にバケット・ブレードの位置精度の確認を行う。
- 全ての条件で較差が標高で±50mm以下であれば、所要の性能を確保していると判断する。
- 受注者は、精度確認結果を監督員に提示できるよう、資料として整備・保管する。

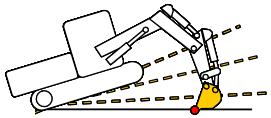
バックホウの場合
バケット角度×バックホウ姿勢×バケット高さの組合せを考慮した32ケースを確認する

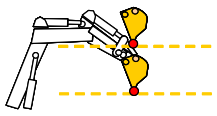
バケット位置の確認条件

	パラメータ（目標値）※			試験数	備考
	バケット標高位置	バケット角度	バックホウ姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上（バケット距離：2条件、本体向き：2条件とすると全32データ）	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		
Case 4	0m	0度	2.5度		バックホウ姿勢（ピッチ）
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		
Case 7	1m	0度	0度		バケット高さ
Case 8	2m	0度	0度		



(a)Case1～3


(b)Case4～6


(c)Case7、8

MC・MGのモニタから提供されるバケット位置と、TSにより取得されるバケット位置の較差を算出



MC，MGモニタに表示される3次元座標

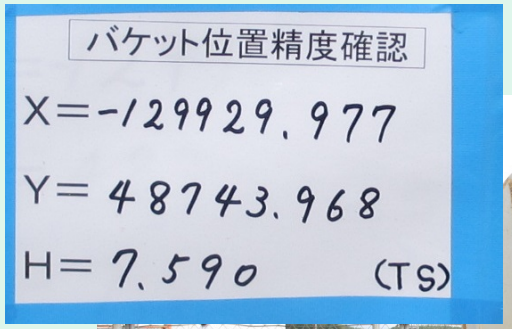
9. ICT建設機械による施工

留意事項

バケット位置精度の確認（日々）

バケット等の位置精度は、連続的な作業による作業装置の摩耗、機械ガタの変化等により、精度が低下する可能性がある。このため、施工間中は原則として日々『バケット位置精度の確認』を実施する。
精度確認の方法は、3次元座標を持つ現地杭に作業装置をあわせる方法がある。

受注者は、バケットブレード位置精度の確認（日々）の点検結果を監督員に提示できるよう資料として整備・保管する。





作業装置の摩耗、機械ガタの変化等により、精度が低下するため、日々『バケット位置精度の確認』を実施する。



較差が50mm以内かを確認

9. ICT建設機械による施工

留意事項

機器類の点検

MC・MG技術を構成するセンサ、ケーブル等は、連続的な掘削及び敷均し作業により、取り付けネジの緩み、損傷等のトラブルの発生が想定されるため、日常的にこれらの状態を確認する必要がある。
受注者は、機器類の点検結果を監督員に提示できるよう資料として整備・保管する。

日常点検のチェック項目（対象技術；３Ｄバックホウ）

		チェック実施日	年　月　日		年　月　日		年　月　日		年　月　日		年　月　日	
		確　認　者	印		印		印		印		印	
対象項目	確認箇所	内　　容	チェック結果		チェック結果		チェック結果		チェック結果		チェック結果	
1）GNSS	・基準局	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？										
		・アンテナ，マストの変形はないか？										
		・ＧＮＳＳは正しく 起動しているか？（電力供給、バッテリ充電量）										
		・無線装置は正しく起動しているか？（電力供給、バッテリ充電量）										
2）GNSS	・上部旋回体後方	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？										
		・アンテナ，マストの変形はないか？										
3）センサ	・バケット部 ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	・ブラケット（ねじ）の緩みはないか？ ・センサの変形はないか？										
4）ケーブル	・バケット部～アーム部 ・アーム部～ブーム部 ・ブーム部～本体 ・GNSS～本体　等	・ケーブルの緩みはないか？ ・ケーブルの損傷はないか？										
5）データ確認		既知点	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差
	・X座標											
	・Y座標											
	・標高											
			確認		確認		確認		確認		確認	

・測定較差が±50mm以内か？

バケット位置精度や機器類の点検結果を監督員に提示できるよう資料として整備・保管する。

注）「ICT建設機械による施工」の実施事項は、「ICTバックホウ要領、ICTブルドーザ要領」の規程に基づき実施するもの。
「ICTバックホウ要領、ICTブルドーザ要領」は、i-Conに関連した改定は行われておらず、従来の運用を変更するものではない。
よって、従来と比較して、提出書類が増えるものではない。

9. ICT建設機械による施工

ICT建設機械の掘削は土砂のみ
岩（軟岩）掘削ができない

留意事項

ICT建設機械による掘削時の土質条件

- 一般的にICTバックホウ、ブルドーザによる掘削では土砂を標準としている。
- 軟岩等が確認された場合には、ICT建設機械で掘削ができない。（軟岩Ⅰの法面整形工には対応）
- 設計面をICT建機で施工できない場合には、3次元出来形管理が適用できなくなり、従来の出来形管理を行う必要がある。

現場での注意事項

- MC、MGを過信したり、モニタを注視しすぎて周囲への注意が散漫ならないように注意する。
- MC、MGともにモニターを見続ける必要はない。



3次元データのみに頼った施工では、大きな手戻りが発生する可能性

i-Construction

ICT活用工事の手引き⑤

三重県県土整備部整備部　技術管理課

※本資料は「H29生産性向上(i-Construction)研修（中部地方整備局企画部）」を参考に作成しています。

ICT活用工事の手引き⑤

第10章　出来形管理

第12章　電子成果品

第13章　検査

10. 出来形管理

- 出来形管理時の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
出来形計測	・UAVによる出来形計測 ・LSによる出来形計測 ・データ処理	・精度確認結果報告書の受理・確認 ※UAVの場合
↓ 出来形管理帳票の作成	・出来形管理帳票の作成	・出来形管理帳票の受理・確認
↓ 出来形管理写真の撮影	・出来形管理写真の撮影	
岩線計測	・岩線計測データの作成	・岩線計測データの受理・確認

- 受注者は、UAV、LS、その他の3次元計測技術により出来形を計測し、3次元点群データ作成する。
- 受注者は、3次元設計データと出来形評価用データを用いて、出来形管理図表を作成し、監督員に提出する。
- 監督員は、出来形管理図表を用いて出来形管理状況を把握する。
- UAV要領を用いた施工管理では、法長、幅の撮影項目については、空中写真測量（UAV）で撮影した写真を納品することで、現行の「写真管理基準（案）」で求められる写真に代えることができる。
- LS出来形管理を実施する場合、現行の「写真管理基準（案）」と比較して、撮影頻度の変更、黒板への記載項目の軽減が異なる。
- 受注者は、設計変更のために必要な場合は、岩区分の境界を把握するための岩線計測を、面的な地形計測が可能なUAVやLSを用いて実施する。UAVやLSで計測した岩線の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される岩線計測データを作成する。

10. 出来形管理

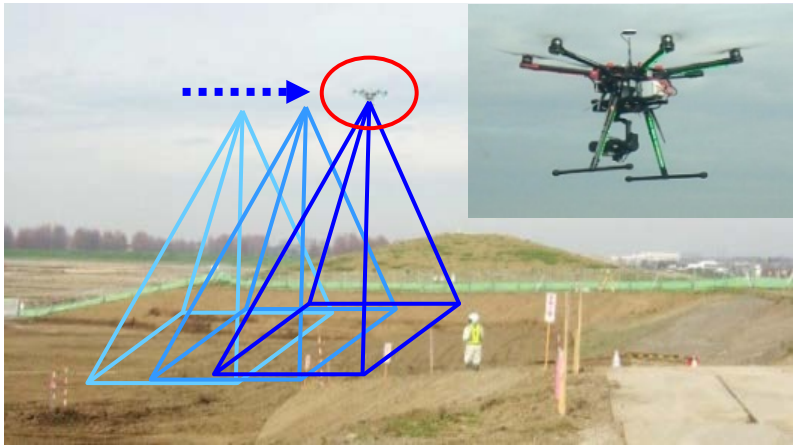
10.1　出来形計測

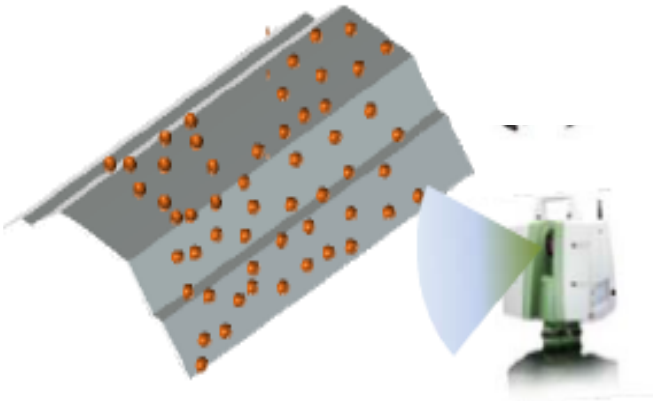
〇実施項目

・受注者は、UAV、LS、その他の3次元計測技術により出来形を計測し、3次元点群データを作成する。

留意事項

・出来形計測の対象範囲は、本手引き1.2 ICT活用工事対象範囲の協議による。





10.1 出来形管理の流れ

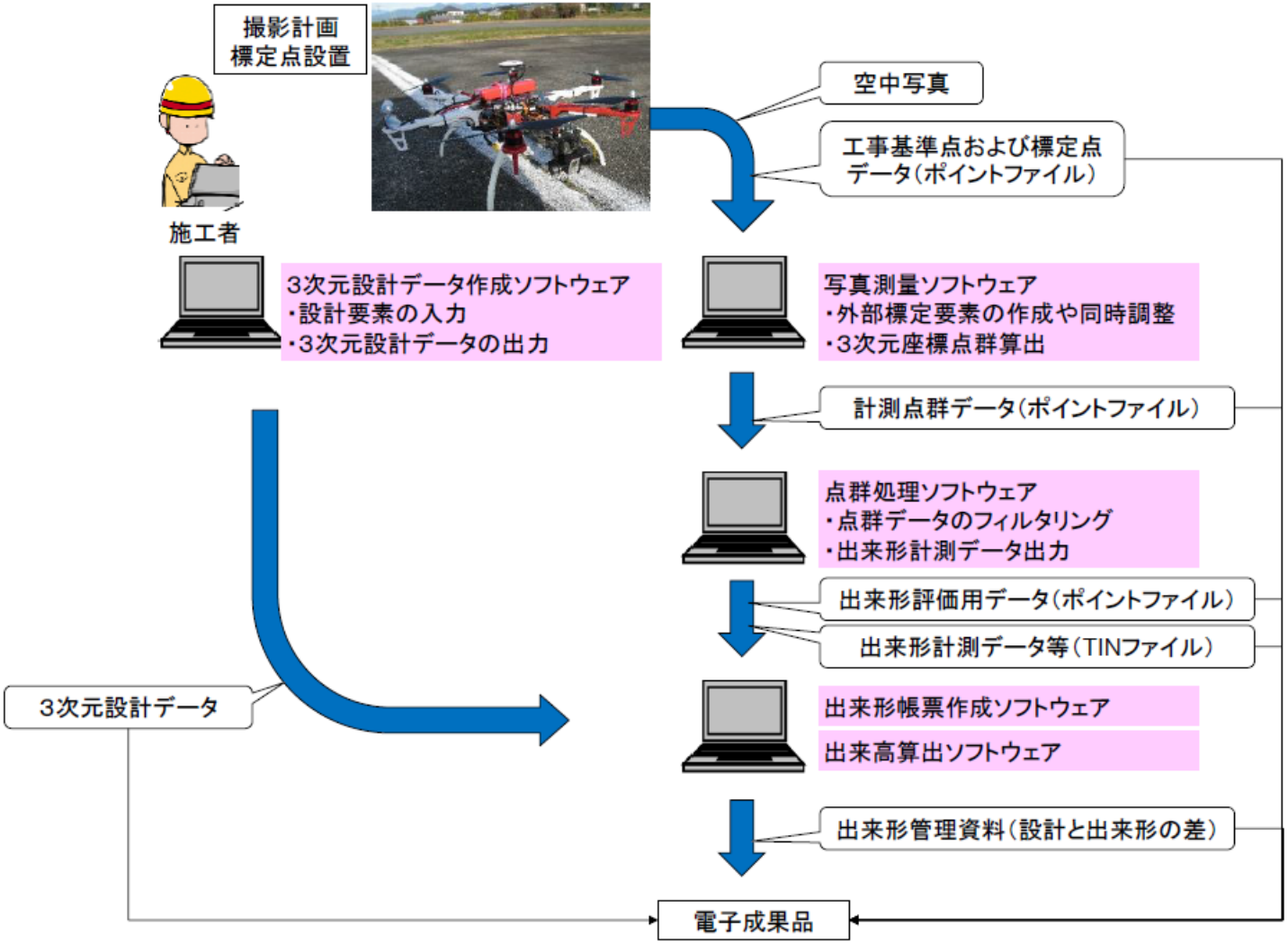


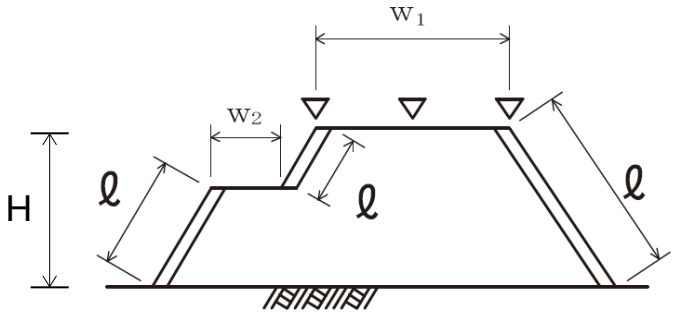
図 1-3 空中写真測量（ＵＡＶ）を用いた出来形管理のデータの流れ

10. 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

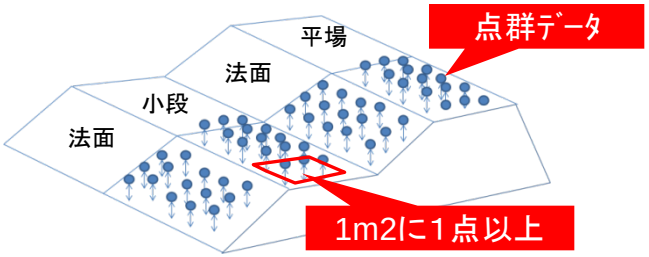
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



＜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



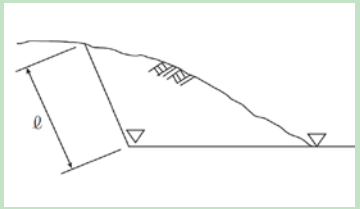
＜例：道路土工（盛土工）＞
測定基準：測定密度は1点/m²以上、評価は平均値と全測点
規格値　：設計面との標高較差（設計面との離れ）
　　平場　平均値：±5cm　全測点：±15cm
　　法面　平均値：±8cm　全測点：±19cm
※法面には小段含む

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

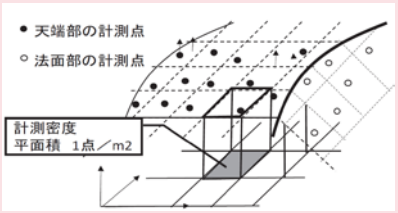
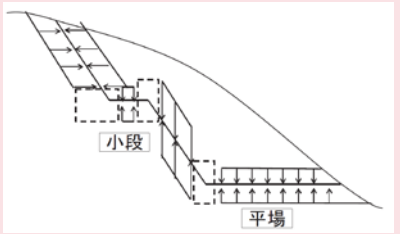
10. 出来形管理 <出来形計測>

出来形管理基準（掘削工）

従来の管理の場合

工種	測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
掘削工	基準高 ▽		±50	施工延長40m（測点間隔25mの場合は50m）につき1箇所、延長40m（又は50m）以下のものは1施工箇所につき2箇所。 ただし、「TSを用いた出来形管理要領（土工編）」（平成24年3月29日付け国官技第347号、国総公第85号）の規定による場合は、設計図書の測点毎。基準高は掘削部の両端で測定。	
	法長ℓ	ℓ＜5m	-200		
		ℓ≧5m	法長-4%		

面管理の場合

工種	測定項目		規格値		測定基準	測定箇所
掘削工 （面管理の場合）			平均値	個々の計測値	1. 3次元データによる出来形管理において「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）」，または「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）」に基づき出来形管理を実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。 3. 計測は平場面と法面（小段を含む）の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または水平較差を算出する。計測密度は1点/m2（平面投影面積当たり）以上とする。 4. 法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。 5. 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。	 
	平場	標高較差	±50	±150		
	法面（小段含む）	水平または標高較差	±70	±160		

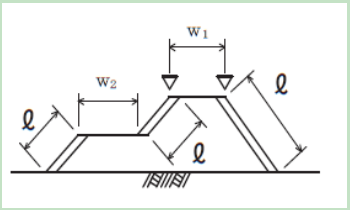
社内規格値、社内目標値は、従来どおり設定できる。

＜測定基準＞
・計測は平場面と法面（小段を含む）の全面
・全ての点で設計面との標高較差を算出
・計測密度は1点/m2以上

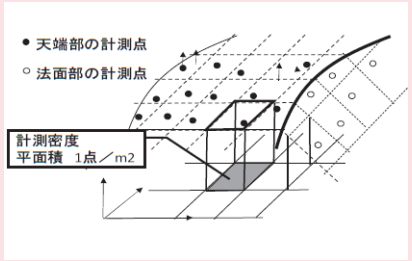
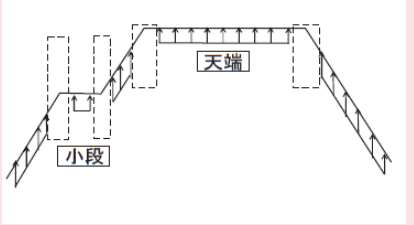
10. 出来形管理 <出来形計測>

出来形管理基準（河川土工）

従来の管理の場合

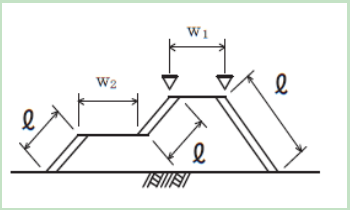
工種	測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
盛土工	基準高 ▽		-50	施工延長40m（測点間隔25mの場合は50m）につき1箇所、延長40m（又は50m）以下のものは1施工箇所につき2箇所。 ただし、「TSを用いた出来形管理要領（土工編）」（平成24年3月29日付け国官技第347号、国総公第85号）の規定による場合は、設計図書の測点毎。基準高は各法肩で測定。	
	法長ℓ	ℓ＜5m	-100		
		ℓ≧5m	法長-2%		
	幅 w1,w2		-100		

面管理の場合

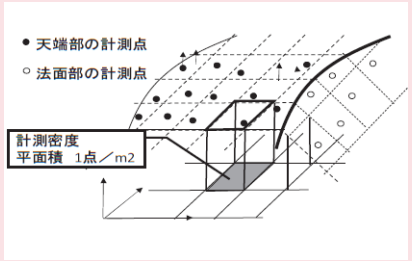
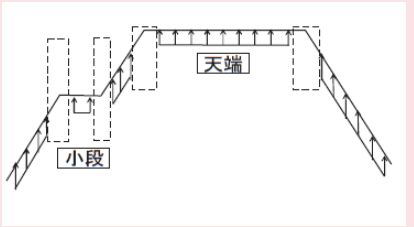
工種	測定項目		規格値		測定基準	測定箇所
盛土工 （面管理の場合）			平均値	個々の計測値	1. 3次元データによる出来形管理において「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）」，または「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）」に基づき出来形管理を実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。 3. 計測は平場面と法面（小段を含む）の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または水平較差を算出する。計測密度は1点/m2（平面投影面積当たり）以上とする。 4. 法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。同様に、標高方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除く。 5. 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。	 
	天端	標高較差	-50	-150		
	法面 4割＜勾配	標高較差	-50	-170		
	法面 4割≧勾配 （小段含む）	標高較差	-60	-170		

出来形管理基準(路体盛土工・路床盛土工)

従来の管理の場合

工種	測定項目		規格値	測定基準	測定箇所
路体盛土工 路床盛土工	基準高 ▽		±50	施工延長40m(測点間隔25mの場合は50m)につき1箇所、延長40m(又は50m)以下のものは1施工箇所につき2箇所。 ただし、「TSを用いた出来形管理要領(土工編)」(平成24年3月29日付け国官技第347号、国総公第85号)の規定による場合は、設計図書の測点毎。基準高は各法肩で測定。	
	法長ℓ	ℓ<5m	-100		
		ℓ≧5m	法長-2%		
	幅 w1,w2		-100		

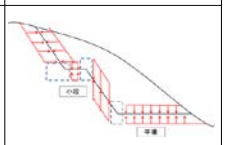
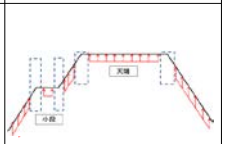
面管理の場合

工種	測定項目		規格値		測定基準	測定箇所
路体盛土工 路床盛土工 (面管理の場合)			平均値	個々の計測値	1. 3次元データによる出来形管理において「レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)」, または「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)」に基づき出来形管理を実施する場合、その他本基準に規定する計測精度・計測密度を満たす計測方法により出来形管理を実施する場合に適用する。 2. 個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれている。 3. 計測は平場面と法面(小段を含む)の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または水平較差を算出する。計測密度は1点/m2(平面投影面積当たり)以上とする。 4. 法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。 5. 評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用する。	 
	天端	標高較差	±50	±150		
	法面 (小段含む)	標高較差	±80	±190		

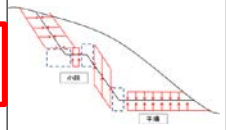
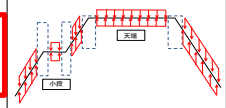
10. 出来形管理 <出来形計測>

出来形管理基準及び規格値の留意点

河川土工

工種	測定箇所		測定項目	規格値(mm) 平均値	規格値(mm) 個々の計測値	測定基準	測定箇所
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		
盛土工	天端		標高較差	-50	-150	注1、注2、注3、注4	
	法面	4割<勾配※	標高較差	-50	-170		
	法面(小段含む)	4割≧勾配※		-60	-170		

道路土工

工種	測定箇所	測定項目	規格値(mm) 平均値	規格値(mm) 個々の計測値	測定基準	測定箇所
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		

注1：個々の計測値の規格値には計測精度として±50mmが含まれています。
注2：計測は天端面（掘削の場合は平場面）と法面（小段を含む）の全面とし、全ての点で設計面との標高較差または、水平較差を算出する。
計測密度は1点／m²（平面投影面積当たり）以上とします。
注3：法肩、法尻から水平方向に±5cm以内に存在する計測点は、標高較差の評価から除く。
同様に、標高方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除きます。
注4：評価する範囲は、連続する一つの面とすることを基本とする。規格値が変わる場合は、評価区間を分割するか、あるいは規格値の条件の最も厳しい値を採用します。
※ここでの勾配は、鉛直方向の長さ1に対する水平方向の長さXをX割と表したものです。

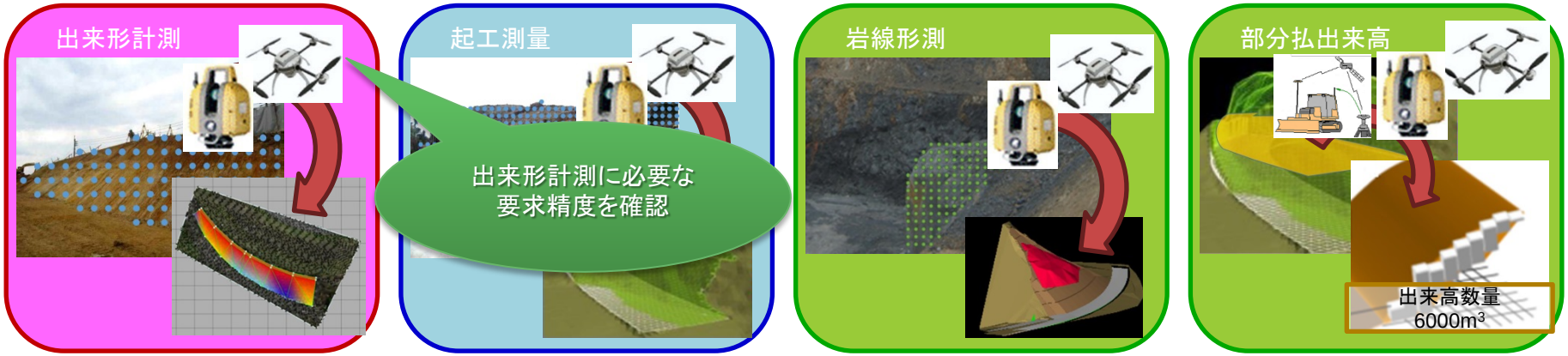
出来形管理基準及び規格値に示される「個々の計測値」は、すべての測定値が規格値を満足しなくてはならない。管理要領におけるすべての測定値が規格値を満足するとは、出来形評価用データのうち、99.7%が「個々の計測値」の規格値を満たすものをいう。

ワンポイント

- 測定箇所は、平場面、天端面、法面の全面の標高較差または、水平較差とします。（現行の土木工事施工管理基準に定められた基準高、法長、幅とは異なる）
- 法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±5cm以内に存在する計測点は標高較差の評価から除きます。
- 同様に鉛直方向に±5cm以内にある計測点は水平較差の評価から除きます。

（参考）利用場面ごとに要求される計測精度が異なる。

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		1点以上／1㎡（1m×1m） ※出来形計測時は1点以上/0.01㎡（10cm×10cm）にて実施
起工測量	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内	精度確認試験の測定距離以内	1点以上／0.25㎡（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／0.25㎡（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／0.25㎡（50cm×50cm） ※計測密度は上記以上を確保する設定



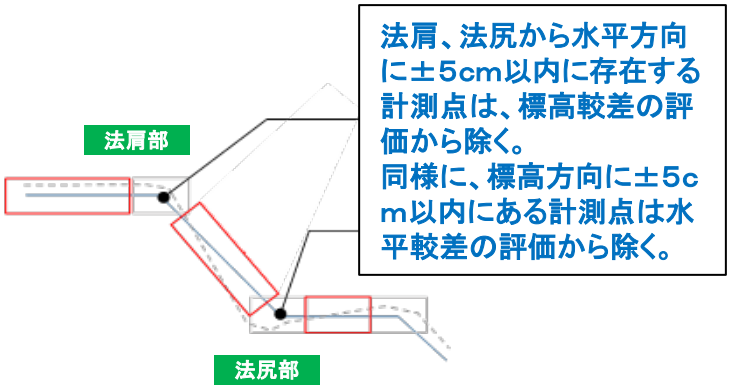
10. 出来形管理 <出来形計測>

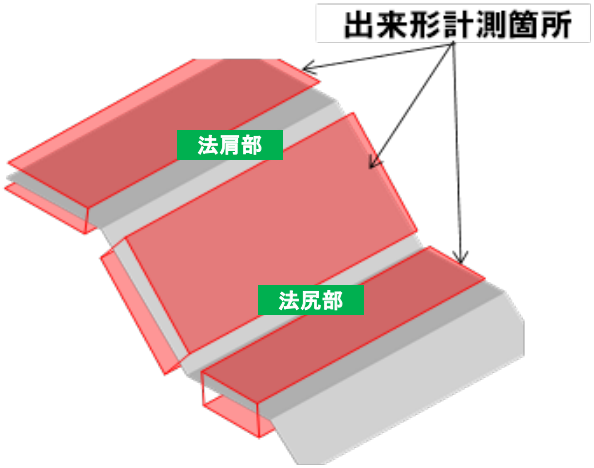
10.1 出来形計測

出来形計測箇所の留意点

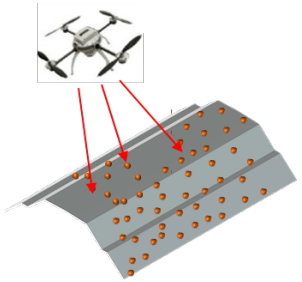
計測誤差により、実際には法面を捉えている計測値を、規格値が厳しい平場として評価してしまう可能性があるため

- 法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±5cm以内に存在する計測点は評価から除く。

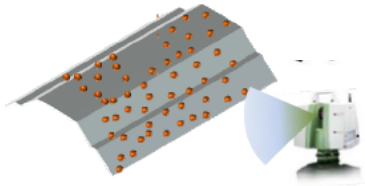




UAVによる出来形計測



LSによる出来形計測



- LSによる出来形管理で計測する3次元座標は、天端面、法面の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成します。
- 法面の小段部に、側溝工などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができます。

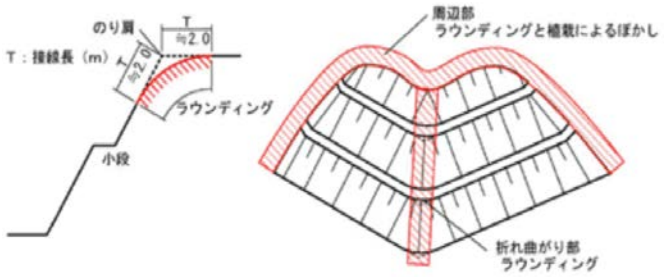
ワンポイント

・計測範囲は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で10cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得します。

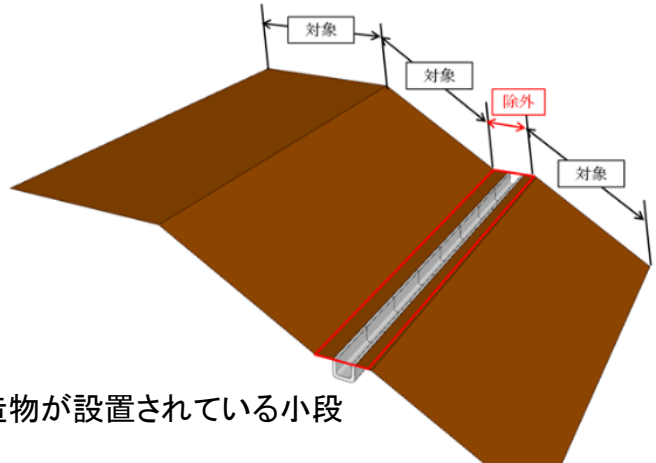
10. 出来形管理 <出来形計測>（改訂）

面管理が困難な個所の除外規定

●ラウンディングについては、3次元設計データでは面の変曲点としてしか作成しておらず、出来形管理（面管理）をすると不合格となる恐れ
⇒ラウンディング周辺の出来形管理は省略可



●小段部に側溝などの構造物が設置され、土工面が露出しておらず、かつ小段部に設置する工種の出来形管理がなされている場合
⇒小段自体の出来形管理は省略可



構造物が設置されている小段

【旧】

2－1－3　LSによる出来形計測箇所
　LSによる出来形管理における出来形計測箇所は、下図に示すとおりとし、法肩、法尻から水平方向にそれぞれ±5cm以内に存在する計測点は評価から外しても良い。計測範囲は、3次元設計データに記述されている管理断面の始点から終点とし、全ての範囲で10cmメッシュに1点以上の出来形座標値を取得すること。

【解説】
　上図に示すとおり、LSによる出来形管理で計測する3次元座標は、平場面、天端面、法面（小段含む）の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。
　また、法面の小段部に、側溝工などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができる。

【新】

2－1－3　TLSによる出来形計測箇所
　TLSによる出来形管理における出来形計測箇所は、（略）
　3次元データによる出来形管理において、土工部の法肩、法尻や変化点または現地地形等の摺り合わせが必要な箇所など土木工事施工管理基準（出来形管理基準及び規格値）によらない場合は、監督員と協議のうえ、対象外とすることができる。

【解説】
　上図に示すとおり、TLSによる出来形管理で計測する3次元座標は、平場面、天端面、法面（小段含む）の全ての範囲で3次元座標値を取得し、出来形計測データを作成する。
　また、法面の小段部に、側溝工などの構造物が設置されるなど土工面が露出していない場合、小段部の出来形管理は、小段部に設置する工種の出来形管理基準及び規格値によることができ小段自体の出来形管理は省略してもよい。
　このとき小段を挟んだ両側の法面は連続とみなしてもよいし、別の法面として評価してもよい。

10. 出来形管理 <出来形計測>

10.1 出来形計測

留意事項

その他の3次元計測技術

・出来形管理を複数回に分けて実施するなど、狭い範囲を計測する場合は、監督員と協議し、以下に示す方法で計測しても良い。

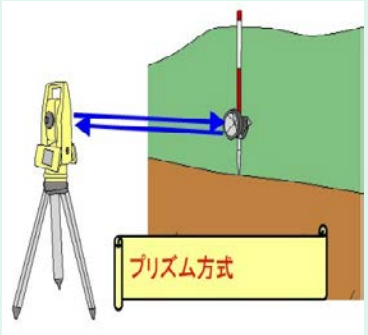
1. 計測精度　±50mmとする。
2. 計測技術
   - 1）TS（プリズム方式）
     施工計画書に以下の根拠資料を添付する。
     ⅰ）計測性能：国土地理院認定3級以上の機種の証明（書類、カタログ等）（3級以上の機種であれば精度確認は省略できる）
     ⅱ）精度管理：校正証明書、検査成績書等、適正な精度管理が行われていることを証明する書類（有効期限内）
   - 2）TS（ノンプリズム方式）
     計測範囲内で鉛直精度±20mm、平面精度±20mm以内の性能の機器を利用、施工計画書に以下の根拠資料を添付する。
     ⅰ）計測性能：別添様式3による精度確認試験結果　計測精度の方法・要求精度は、LS要領と同様。
     ⅱ）精度管理：校正証明書、検査成績書等、適正な精度管理が行われていることを証明する書類（有効期限内）
   - 3）RTK法、ネットワーク型RTK法
     施工計画書に以下の根拠資料を添付する。
     ⅰ）計測性能：国土地理院認定機種であることが分かる書類、カタログ（1級（2周波）と同等以上の性能を有する機器を使用）
     ⅱ）精度管理：校正証明書、検査成績書等、適正な精度管理が行われていることを証明する書類（有効期限内）
3. 計測方法（点密度）
   ・出来形評価用データ：1点／（1m×1m）以内。
   出来形計測データの取得を経ず、出来形評価表データを直接計測して良い。
   ・完成数量算出に用いる出来形計測データ：1点／（10cm×10cm）以内
   ・数量算出に用いる起工測量データ等：1点／（50cm×50cm）以内
4. 計測方法（計測距離）
   ・TS（プリズム）：3級TS相当は100m、2級TS相当は150m
   ・TS（ノンプリ）：計測距離は、精度確認試験の確認距離以内
   ・RTK法、ネットワーク型RTK法：　基準局から3,000m以内、RTK法の場合は計測毎に点検が必要



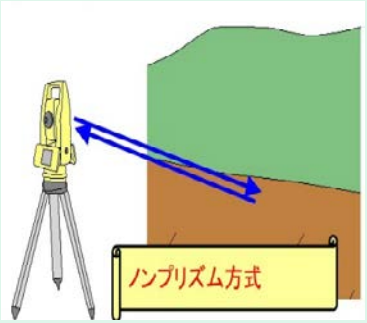
10.1 出来形計測

その他の3次元計測技術による出来形管理②

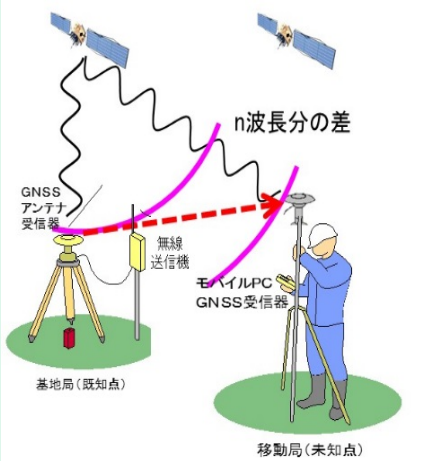
【TS（プリズム方式）】
トータルステーションを用いた計測手法のうち、被計測箇所にターゲットとなるプリズムを設置して計測する方法のこと。



【TS（ノンプリズム方式）】
トータルステーションを用いた計測手法のうち、ターゲットとなるプリズムを利用せず被計測対象からの反射波を利用して測距する方法。



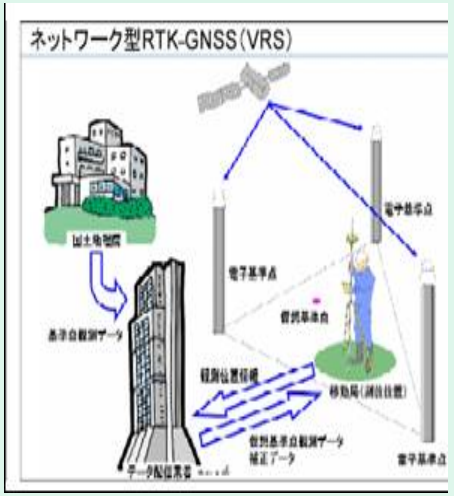
【RTK-GNSS】
RTKとは、リアルタイムキネマティック（RTK）の略で、衛星測位から発信される搬送波を用いた計測手法である。
既知点と移動局にGNSSのアンテナを設置し、既知点から移動局への基腺ベクトル解析により、リアルタイムに移動局の座標を計算することができる。



nを確定させるために、５つの衛星の搬送波を同時に解析する。

【ネットワーク型RTK-GNSS】
RTK-GNSSで利用する基地局を仮想点として擬似的に作成することで、基地局の設置を削減した計測方法のこと。

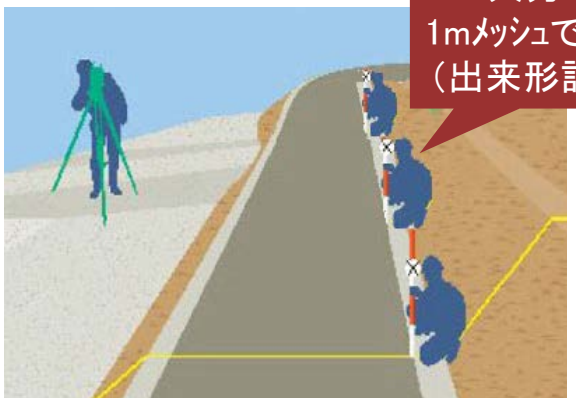
全国に設置された電子基準点のデータを元に、移動局の近隣に仮想的に基地局を作成し、基地局で受信するデータを模擬的に作成する。これを移動局に配信することでRTK-GNSSを実施可能となる。このため、既知点の設置とアンテナは不要だが、仮想基準点の模擬的な受信データ作成とデータ配信、通信料に関する契約が別途必要となる。



参考：その他3次元計測技術の一例（TSを用いた出来形管理）

■ レーザースキャナー等の面管理の規定と比べて計測密度を緩和（単点観測技術であるため）

計測密度の規定



出来形計測の場合、点密度で1m間隔以内（1点/㎡以上）で概ね等間隔で得られるよう計測する。



このような器具と自動追尾TSを用いれば比較的短時間で面管理のための計測が可能

【旧】

1－3－4（1－4－6として残存） 出来形管理用TSによる出来形計測

2）出来形計測
出来形計測の実施にあたっては、出来形管理用TSから出来形計測点までの斜距離を3級TSは100m以内（2級TSは150m以内）とする。

2－2－3（2－1－3として残存） 出来形計測箇所

（中略）計測する横断面は、基本設計データに記述されている管理断面とし、各横断面の全ての出来形計測対象点について3次元座標値を取得

【新】

1－4－6 出来形管理用TSによる出来形計測

2）出来形計測
（中略：旧1－3－4の規定がそのまま残存。）
面管理の場合の出来形計測は、1m2（平均投影面積）あたり１点以上
の出来形評価用データを**直接計測**する。

他の要領だと、出来形計測データを0.01m2あたり1点以上取得したうえで、出来形評価用データとするが、ここではそれを不要とした。

2－1－4 出来形計測箇所（面管理の場合）

（略）計測範囲は、3次元設計データに記述されてる管理断面の始点から終点とし全範囲で1mメッシュに１点以上の出来形座標値を取得すること。（中略）なお、出来形評価を経ずに出来形計測結果を数量算出に用いる範囲においては、1mメッシュに１点以上の計測に加えて、**法肩尻の変化点を追加的に計測**すること。

出来形評価しない箇所の数量算出を出来形評価データから行う場合

10.2 出来形管理帳票の作成

〇実施項目

- 受注者は、３次元設計データと出来形評価用データを用いて「出来形管理図表」を作成する。
- 監督員は、「出来形管理図表」を用いて出来形管理状況を把握する。

留意事項

- 従来のTS出来形管理では、1工事1回、監督員が立会により把握していましたが、UAV（LS）監督検査要領では、「監督員は、受注者の実施した出来形管理結果（出来形管理図表）を用いて出来形管理状況を把握する」と規定されており、現地での立会は必要ありません。
- UAV（LS）出来型管理要領では、出来形管理資料は監督員に「提出」することと規定されていますが、実運用では従来どおり監督員から請求があった場合に提示すればよいものとします。
- 出来形管理の社内規格値、社内目標値については、従来どおり設定できます。
- 従前の横断的管理とは異なる考え方であり、幅・法長などを管理するものではない。
- 出来形管理対象範囲において、転石が発現する等、施工途中のやむを得ない理由により規格値を満足できない場合は、監督員と協議し、範囲を指定して出来形管理対象範囲から除外して良い。

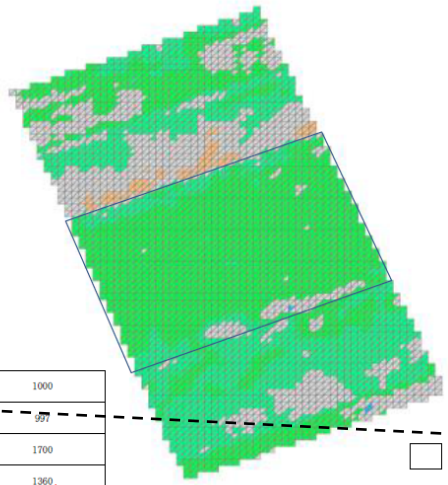
10.2 出来形管理帳票の作成

- **UAVまたはLSを用いた出来形管理に係わる「出来形管理図表」の確認**
  - ✓ 出来形管理図表について、出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか確認
  - ✓ バラツキについては、各測定値の設計との離れの規格値に対する割合をプロットした分布図及び計測点の個数から判断
  - ✓ 80%または50%以内のデータ数が、8割以上か否かで判定

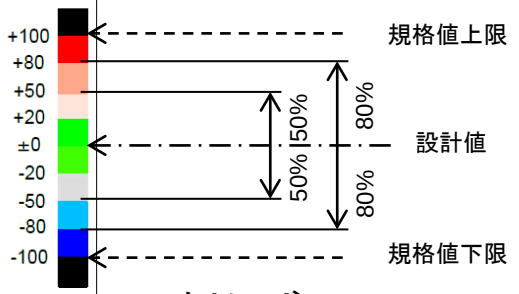
出来形合否判定総括表　　~~ソフトウェア要求仕様書Ver.　　対応~~

工　種		道路土工	測点　No.1～No.3
種　別		盛土	合否判定結果

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／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)		
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／m2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



例えば
ばらつきが50%以内に収まる点数の割合
＝1360/1700≒8割

天端のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	1000	10割
	規格値の±50%以内のデータ数	997	10割
法面のばらつき	規格値の±80%以内のデータ数	1700	10割
	規格値の±50%以内のデータ数	1360	8割

評価面積に対し、1点/m2以上のデータ数（計測頻度）か？

異常値が表示（規格値外）されていないか？

棄却点数はデータ数の0.3%未満か？

10. 出来形管理 <出来形管理写真の撮影>

10.3.1 UAVによる出来形管理の写真管理

出来形写真管理基準の留意点（UAVによる出来形管理）

区分		写真管理項目		
		撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
施工状況	図面との不一致	図面と現地との不一致の写真	撮影毎に1回[発生時]	写真測量に使用したすべての画像

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回 [掘削中]	代表箇所　各1枚
	法長（法面）	撮影毎に1回 [掘削後]	写真測量に使用したすべての画像
[道路] 路体盛土工 路床盛土工 [河川] 盛土工	巻出し厚	200mに1回 [巻出し時]	代表箇所　各1枚
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に 1回 [締固め時]	
	法長（法面） 幅（天端）	撮影毎に1回 [施工後]	写真測量に使用したすべての画像

UAVの撮影毎に提出

■留意事項

・撮影方法　法長、幅の撮影項目については、空中写真測量（UAV）に代えることができるため、被写体 として写し込む小黒板は不要。

写真撮影例



ワンポイント

UAV出来形管理を実施する場合、従来と比較して、以下の点が異なります。
①撮影頻度の変更
②空中写真測量（UAV）で撮影した写真の納品をもって、写真撮影に代える

10. 出来形管理 <出来形管理写真の撮影>

10.3.2 LSによる出来形管理の写真管理

出来形写真管理基準の留意点(LSによる出来形管理)

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度 [時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回[掘削中]	代表箇所 各1枚
	法長(法面)	**計測毎に1回 [掘削後]**	
[道路] 路体盛土工 路床盛土工 [河川] 盛土工	巻出し厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚
	締固め 状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回 [締固め時]	
	法長(法面) 幅(天端)	**計測毎に1回 [施工後]**	

(※左表のほか、施工状況撮影も追加あり)



黒板への記載項目の軽減

現行の「写真管理基準(案)」(国土交通省各地方整備局)では、工事写真の撮影方法として、被写 体として写しこむ小黒板に
①工事名、②工種等、③測点(位置)、④設計寸法、⑤実測寸法、⑥ 略図の必要事項
を記載することとしている。出来形管理写真では、設計寸法と実測寸法の対比を 行い、出来形の確認ができるよう撮影されている。
LSを用いた出来形管理の写真撮影方法は、
①工事名、②工種等、③出来形計測範囲(始点 測点～終点測点・左右の範囲)を小黒板に記載し、設計寸法、実測寸法、略図は省略してもよい。

ワンポイント

LS出来形管理を実施する場合、従来と比較して、以下の点が異なります。
①撮影頻度の変更
②黒板への記載項目の軽減

10.4 岩線計測

岩線計測は、土砂と岩の境界面を作成する作業で、3次元CADを使用して、土砂と岩の数量を自動算出するために必要

〇実施項目：受注者は、設計変更のために必要な場合は、岩区分の境界を把握するための岩線計測を、面的な地形計測が可能なUAVやLSを用いて実施する。

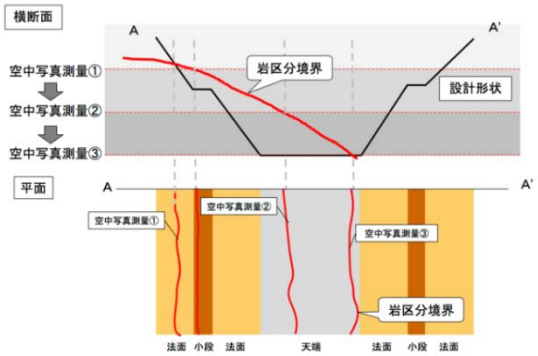
岩線計測の留意点

- 面的なデータを使用して設計変更の根拠資料とする際は、設計形状を示す3次元設計データについて、監督員との協議を行い、設計図書として位置付ける。
- 測定精度は、10cm以内とし、計測密度は0.25m^2(50cm×50cmメッシュ)あたり1点以上。

〇実施項目：UAVやLSで計測した岩線の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される岩線計測データを作成する。

岩線計測データ作成の留意点

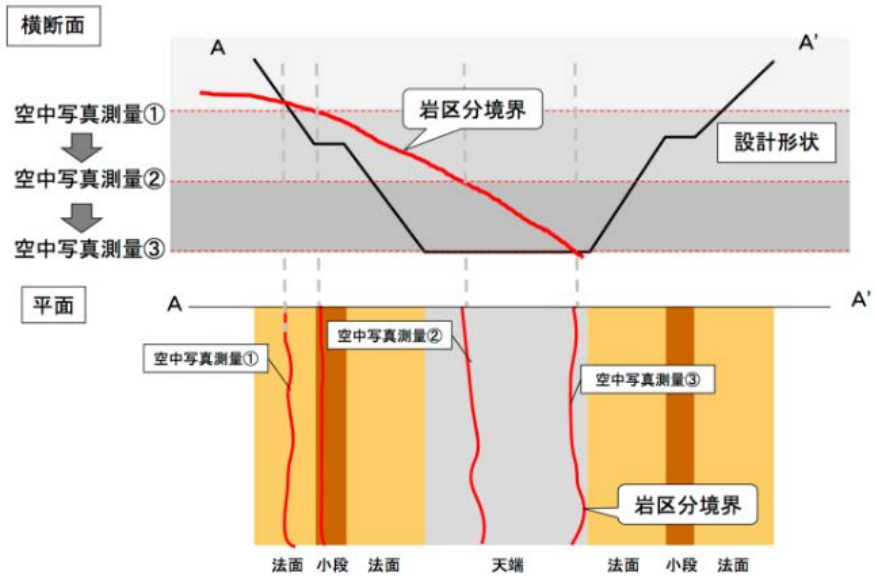
- 自動でTINを配置した場合に、現場の出来形計測と異なる場合は、TINの結合方法を手動で変更可能。
- 管理断面間隔より狭い範囲においては、点群座標が存在しない場合は、TINで補完することができる。
- 別の計測日の計測点群データをそれぞれ重畳して1つの岩線計測データを作成することもできる。



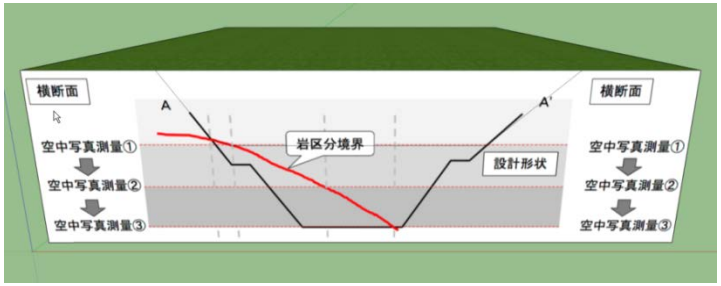
10.4 岩線計測

【取得方法の例1】

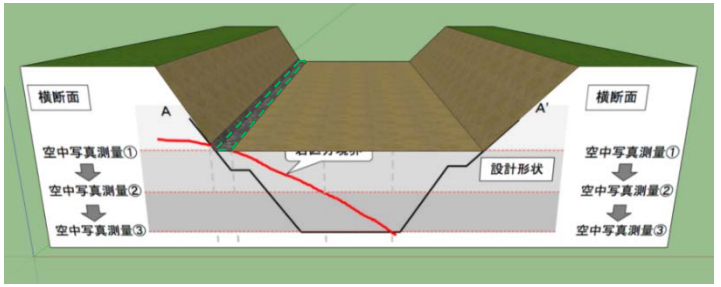
- 水平に盤下げし、その都度UAVまたはLSによる測量にて土（岩）の分類の境界線を取得
- スライス状に得られた境界線データを角（エッジ面）にしてつなぎ合わせて土（岩）の分類の境界面データを得る



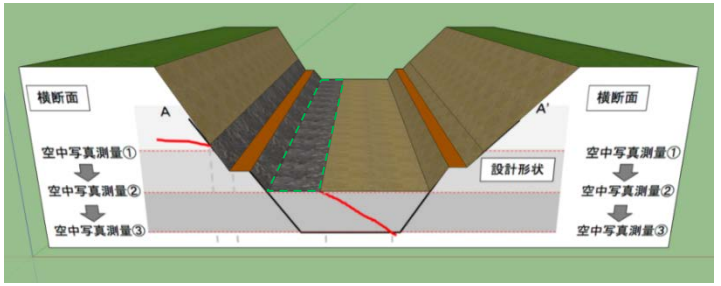
空中写真測量
起工測量



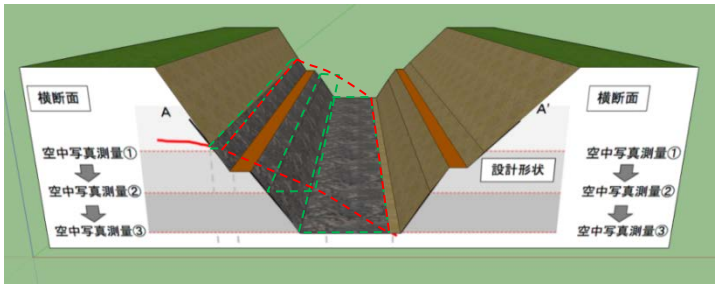
空中写真測量①



空中写真測量②

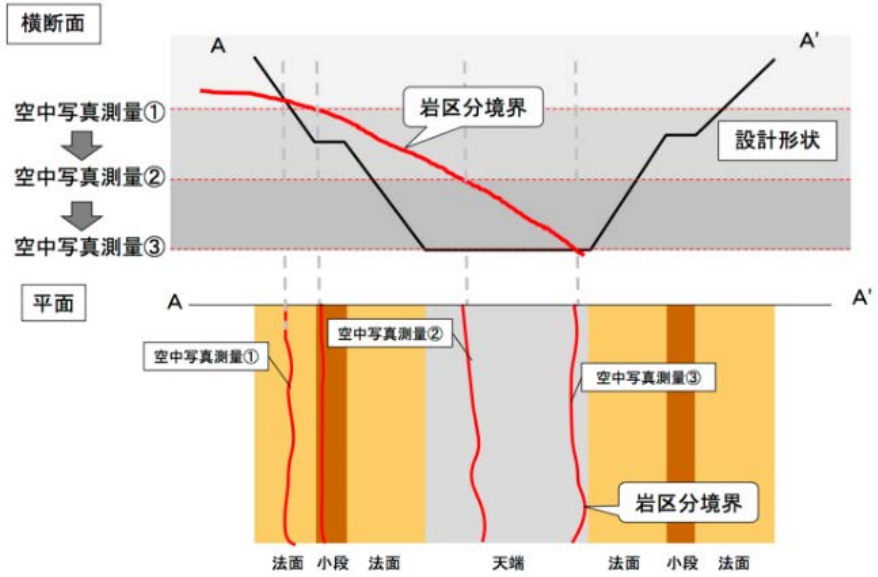


空中写真測量③

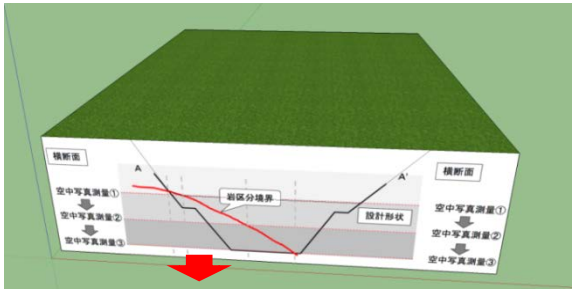


10.4 岩線計測

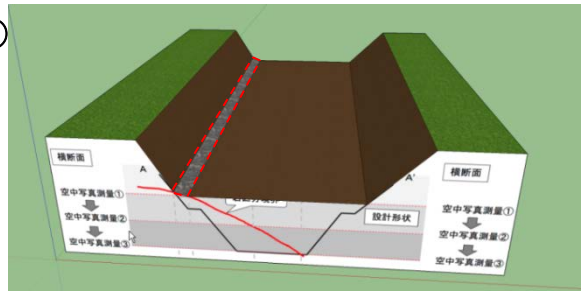
【取得方法の例2】
- 盤下げして岩面を表出し、その都度UAVまたはLSによる測量にて土（岩）の分類の境界面データを取得
- 岩面データをつなぎ合わせて一つの土（岩）の分類の境界面データを得る



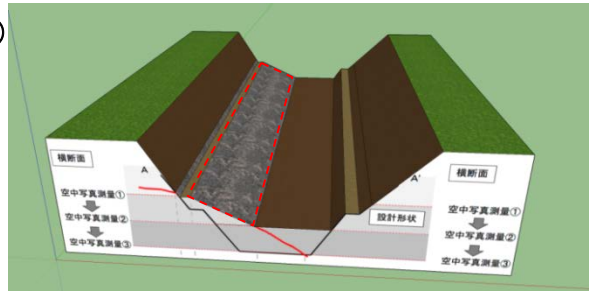
空中写真測量
起工測量



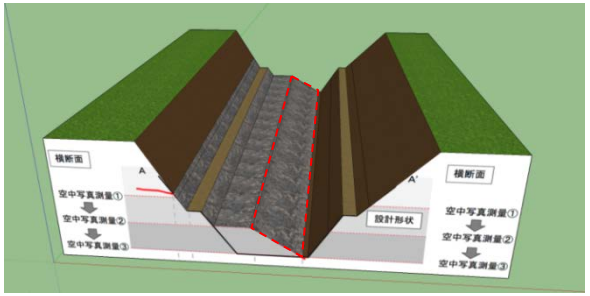
空中写真測量①



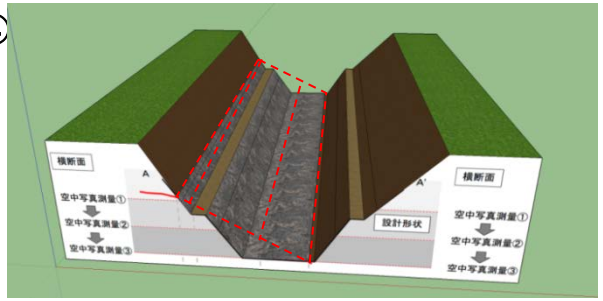
空中写真測量②



空中写真測量③



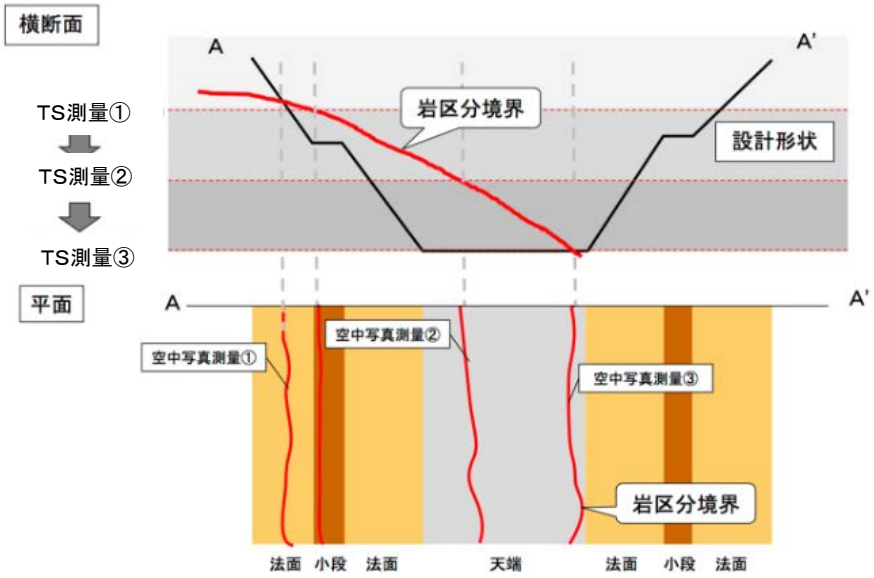
空中写真測量④



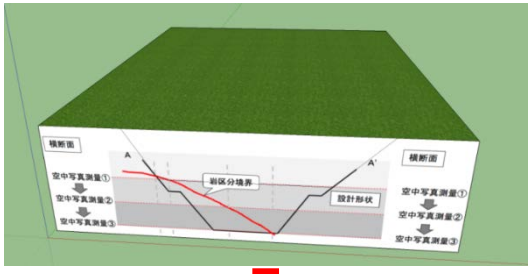
10.4 岩線計測

【取得方法の例3】

- 盤下げして岩面を表出し、その都度TS測量にて土（岩）の分類の境界面データを取得
- 岩面データをつなぎ合わせて一つの土（岩）の分類の境界面データを得る

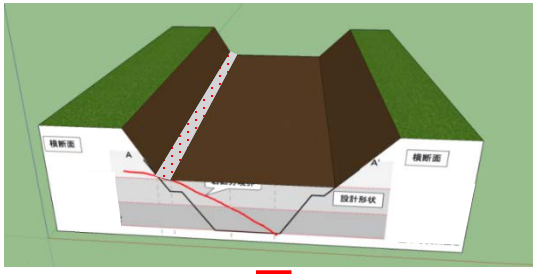


TS測量
起工測量

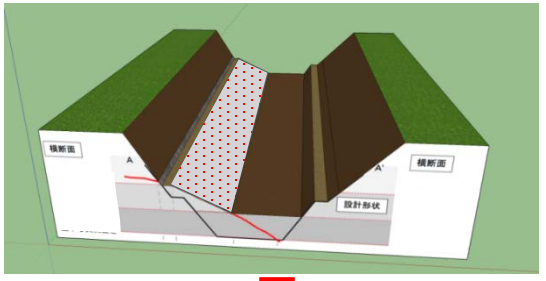


※TS測量による場合は、UAV/LS測量と同様に測定精度は10cm以内、計測密度は0.25m2（50cm×50cm）あたり1点以上です。

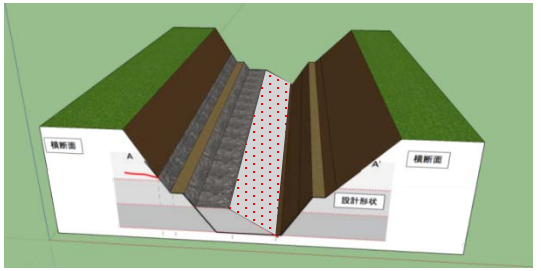
TS測量①



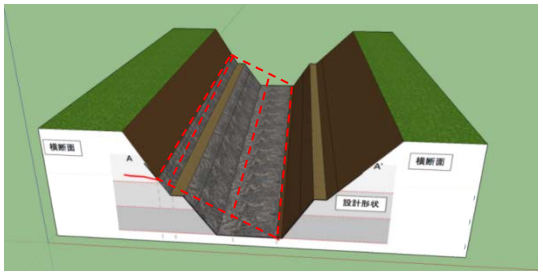
TS測量②



TS測量③



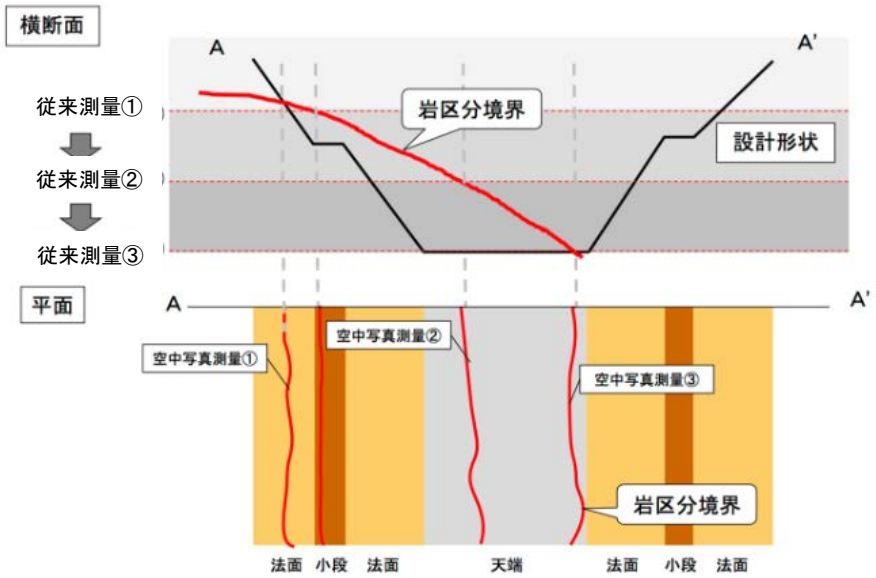
TS測量④



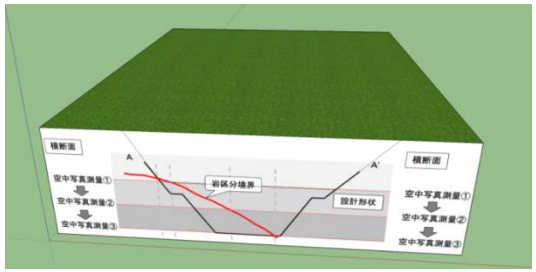
10.4 岩線計測

【取得方法の例4】

- 盤下げして岩面を表出し、その都度従来の測量方法（TSまたはレベルとテープ）で横断方向の岩線データを取得
- 横断方向の岩線データをつなぎ合わせて一つの土（岩）の分類の境界面データを得る

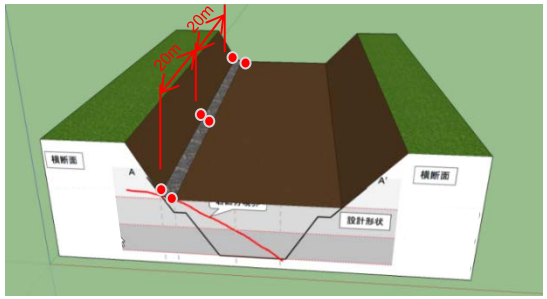


従来測量
起工測量

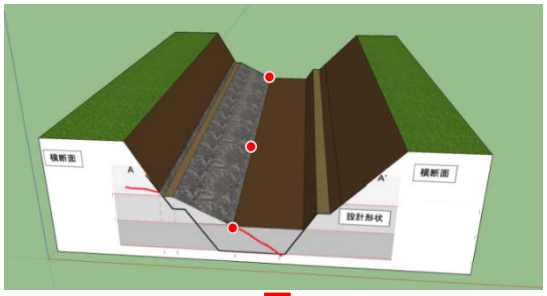


従来測量①

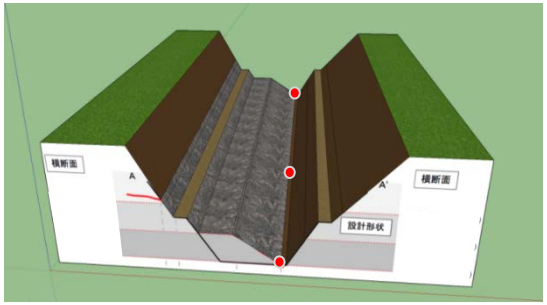
● 変化確認位置



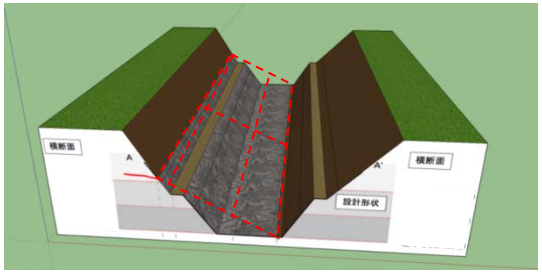
従来測量②



従来測量③



従来測量④



10.4 岩線計測

土（岩）質、変化位置確認

出典：「公共工事の監督と検査について（平成27年9月2日　四国地方整備局企画部技術検査官）」



土（岩）判定



変化位置確認（測量）



掘削（切土）施工中

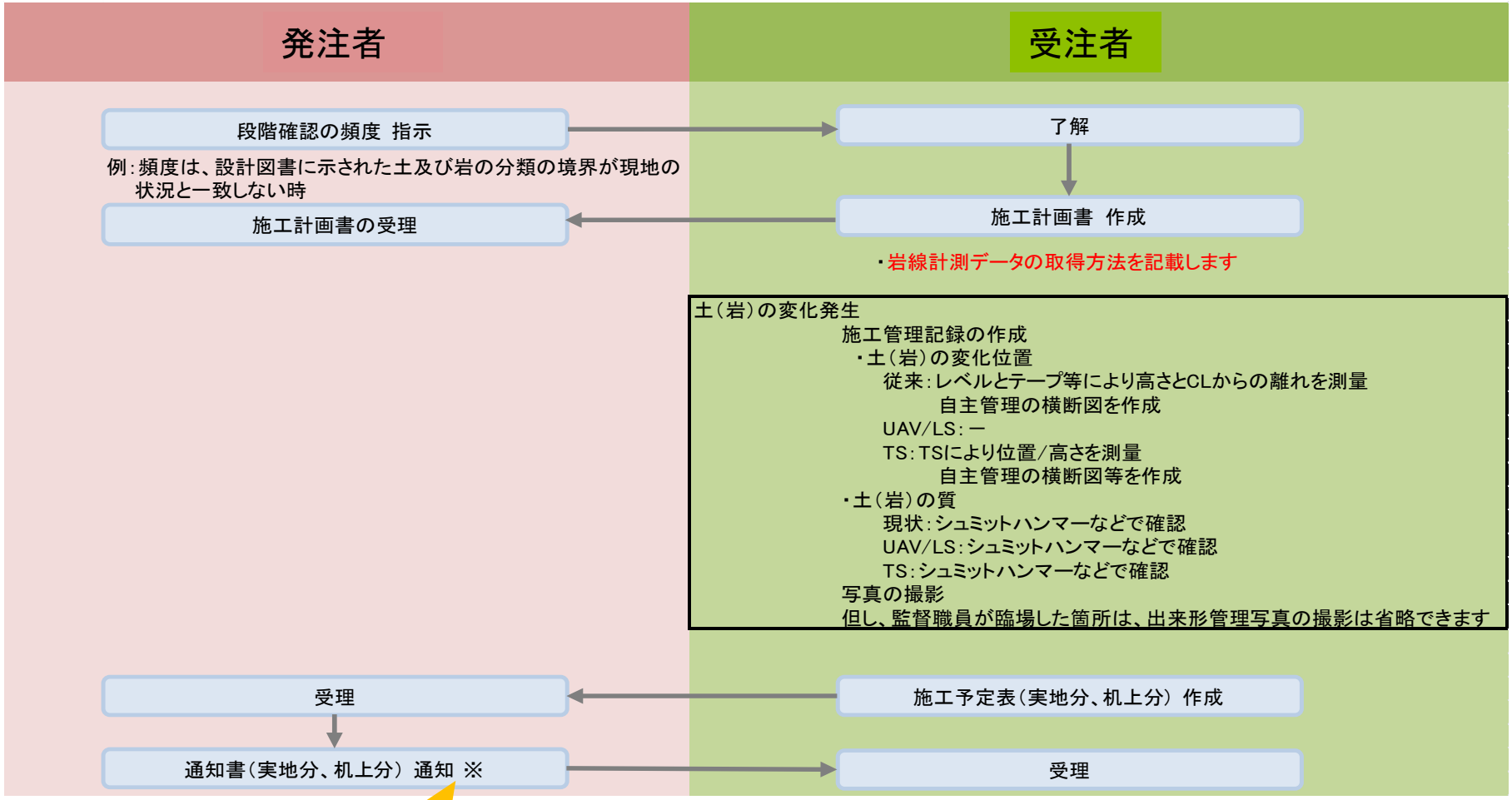
岩線計測時の留意事項

《土（岩）変化位置確認（段階確認）》

・土(岩)質の確認と、変化位置の確認箇所のマーキング方法は従来と変わり有りません。

・従来の段階確認では、臨場にて土（岩）の変化位置（TS等で計測）、土（岩）の質（シュミットハンマーなど）で確認していましたが、UAV等による計測では、変化位置の確認は、後日机上で行います。

10.4 岩線計測



ポイント
実地と机上の2回に
分けて確認

※従来並びにTS測量による場合は実地分のみの通知します。

10. 出来形管理 <数量算出（岩判定：段階確認）>

10.4 岩線計測

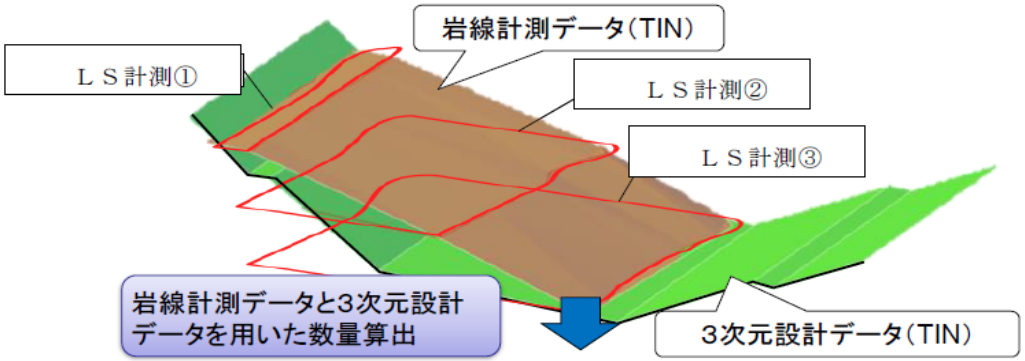
発注者	受注者
段階確認（実地） 土（岩）の変化位置を確認 従来：レベルとテープ等により高さとCLからの離れを確認 UAV/LS：確認した変化位置にマーキングを設置 TS：TSにより位置と高さを確認 土（岩）の質を確認 従来：シュミットハンマーなどで確認 UAV/LS：シュミットハンマーなどで確認 TS ：シュミットハンマーなどで確認	臨場
確認書（実地分：土（岩）の質） 通知	受理
	土（岩）の変化位置 従来：ー UAV/LS:変化位置の確認箇所のマーキングを含めて断面形状を測量 TS：－
段階確認（机上） 土（岩）の変化位置を確認 従来：ー UAV/LS：確認した変化位置のマーキングの位置・高さを含めて確認 TS：－	臨場 土（岩）の変化位置 従来：ー UAV/LS：施工管理記録、写真等の資料を提示 TS：－
確認書（机上分：土（岩）の変化位置） 通知	受理
	自主管理の横断図を出来形管理図に転用する

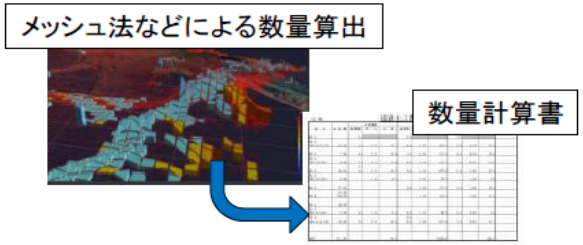
ポイント
実地確認後にUAVや
LS測量を実施

※従来並びにTS測量による場合は、段階確認（机上）を実施しません。

10.4 岩線計測

発注者		受注者
受理	←	監督職員の確認を受けた書面 提出
		最後は全てを合成して出来形管理図表を作成
受理	←	土（岩）の分離の境界不一致 協議
		設計図書に示された土及び岩の分類の境界が現地の状況と一致しない場合
設計図書の変更 指示	→	了解
受理	←	出来形管理資料（表、図面、写真） 提出





ポイント
確認結果を基に
変更設計図書化

12. 電子成果品

- 電子成果品の作成の実施内容と解説事項

フロー	受注者の実務内容	監督員の実務内容
電子成果品の作成	・電子成果品の作成	・電子成果品の受理・確認
アンケート調査票【施工後】の作成	・アンケート調査票【施工後】の作成	・アンケート調査票【施工後】の受理・確認
施工合理化調査表の作成	・施工合理化調査表の作成	・施工合理化調査表の受理・確認

- 受注者は、UAVやLSによる出来形管理では、出来形管理や数量算出の結果等の工事書類（電子成果品）が、「三重県CALS電子納品運用マニュアル」で定める「ICON」フォルダに格納して提出する。発注者はその内容を確認する。
- 電子納品要領の改訂で、協議により、Blu－rayディスクの使用が可能。
- 受注者は、アンケート調査票【施工後】や施工合理化調査表を作成し、提出する。発注者はその内容を確認し、取りまとめ担当に提出する。

12. 電子成果品 <電子成果品の作成>

12. 電子成果品

12.1 ＵＡＶによる出来形管理の電子成果品

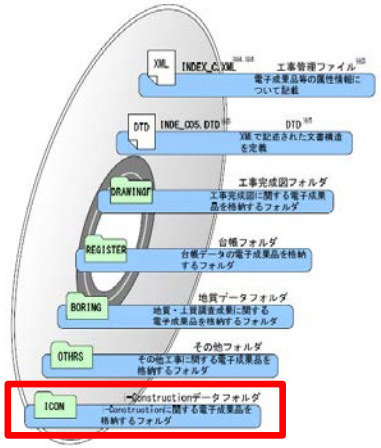
12.2 ＬＳによる出来形管理の電子成果品

〇実施項目

受注者は、UAVやLSによる出来形管理では、出来形管理や数量算出の結果等の工事書類（電子成果品）が、「三重県CALS電子納品運用マニュアル」で定める「ICON」フォルダに格納して提出する。

監督員は、その内容を確認する。

工事完成図書の電子納品要領



- 現状の発注者の環境では成果が確認できないため、受注者のサポートが必要。
- 完成図等は2Dも提出。

●出来形管理の電子納品時の留意事項

・協議により、Blu－rayディスクの使用が可能。

・ICT活用工事を対象とした納品物の容量は、国総研の試算では、延長1,000m×幅60mで、20GB程度と予想。（現場条件及び計測状況により増減）

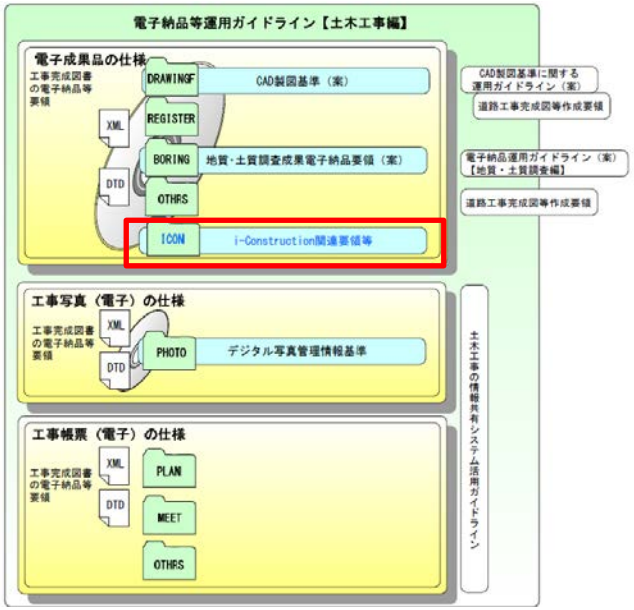
・通常の電子納品成果物と同様にチェックしエラーのないことを確認する。

12. 電子成果品 <電子成果品の作成>

12.1　ＵＡＶによる出来形管理の電子成果品

電子成果品として、

①3次元設計データ
②出来形管理資料
③空中写真測量(UAV)による出来形評価用データ
④空中写真測量(UAV)による出来形計測データ
⑤空中写真測量(UAV)による計測点群データ
⑥工事基準点および標定点データ
⑦空中写真測量(UAV)で撮影したデジタル写真



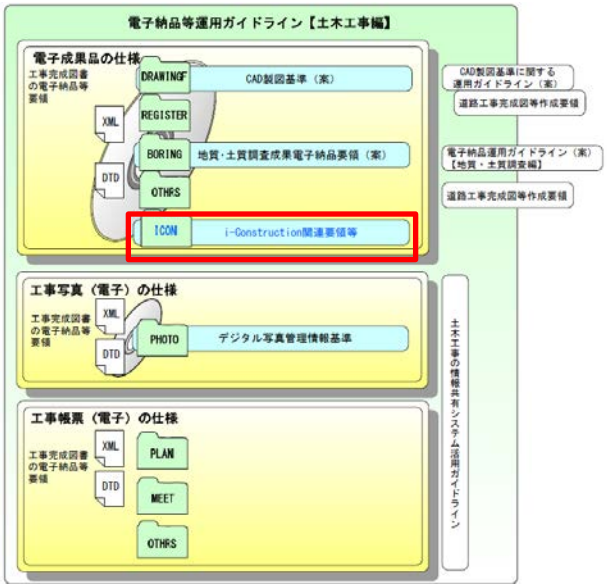
を「三重県CALS電子納品運用マニュアル」で定める「ICON」フォルダに格納する。

ファイル命名規則

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
UAV	0	DR	001～	0～Z	・３次元設計データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	UAV0DR001Z. 拡張子
UAV	0	CH	001～	—	・出来形管理資料（出来形管理図表（ＰＤＦ）または、ビュワー付き３次元データ）	UAV0CH001. 拡張子
UAV	0	IN	001～	—	・空中写真測量（ＵＡＶ）による出来形評価用データ（CSV、LandXML 等のポイントファイル）	UAV0IN001. 拡張子
UAV	0	EG	001～	—	・空中写真測量（ＵＡＶ）による起工測量計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	UAV0EG001. 拡張子
UAV	0	SO	001～	—	・空中写真測量（ＵＡＶ）による岩線計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	UAV0SO001. 拡張子
UAV	0	AS	001～	—	・空中写真測量（ＵＡＶ）による出来形計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	UAV0AS001. 拡張子
UAV	0	GR	001～	—	・空中写真測量（ＵＡＶ）による計測点群データ（CSV、LandXML 等のポイントファイル）	UAV0GR001. 拡張子
UAV	0	PO	001～	—	・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）	UAV0PO001. 拡張子

ワンポイント　・格納するファイル名は、空中写真測量(UAV)を用いた出来形管理資料が特定できるように記入します。

12.2　ＬＳによる出来形管理の電子成果品



電子成果品として、

①3次元設計データ
②出来形管理資料
③LSによる出来形評価用データ
④LSによる出来形計測データ
⑤LSによる計測点群データ
⑥工事基準点および標定点データ

を「三重県CALS電子納品運用マニュアル」で定める「ICON」フォルダに格納する。

ファイル命名規則

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
LS	0	DR	001～	0～Z	・３次元設計データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	LS0DR001Z.拡張子
LS	0	CH	001～	－	・出来形管理資料（出来形管理図表（ＰＤＦ）または、ビュワー付き３次元データ）	LS0CH001.拡張子
LS	0	IN	001～	－	・ＬＳによる出来形評価用データ（CSV、LandXML 等のポイントファイル）	LS0IN001.拡張子
LS	0	EG	001～	－	・ＬＳによる起工測量計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	LS0EG001.拡張子
LS	0	SO	001～	－	・ＬＳによる岩線計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	LS0SO001.拡張子
LS	0	AS	001～	－	・ＬＳによる出来形計測データ（LandXML 等のオリジナルデータ（ＴＩＮ）	LS0AS001.拡張子
LS	0	GR	001～	－	・ＬＳよる計測点群データ（CSV、LandXML 等のポイントファイル）	LS0GR001.拡張子
LS	0	PO	001～	－	・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）	LS0PO001.拡張子

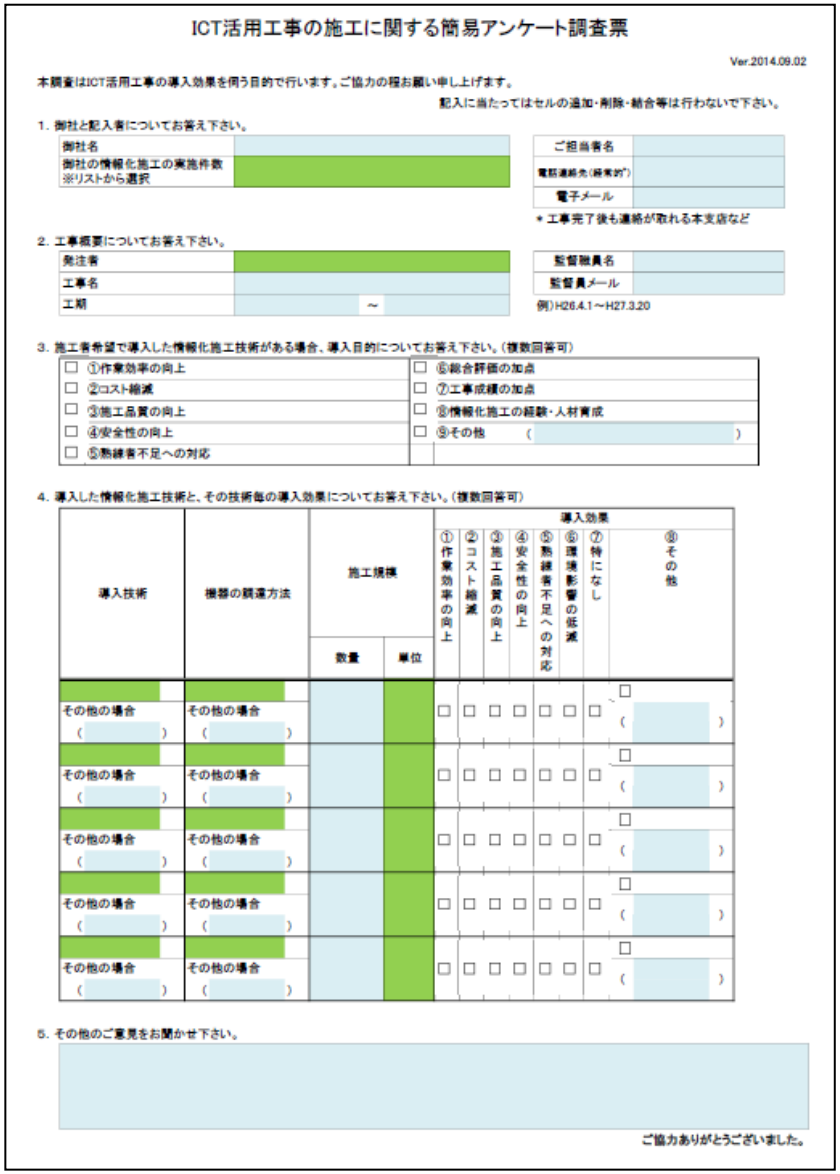
ワンポイント　・格納するファイル名は、LSを用いた出来形管理資料が特定できるように記入します。

12. 電子成果品 <アンケート調査票【施工後】>

アンケート調査票【施工後】の作成

- 受注者は、利用したICT活用技術に施工した結果のアンケート調査票【施工後】を作成し、提出します。
- 発注者はその内容を確認し、取りまとめ担当者に提出します。

アンケート調査【施工後】のイメージ



ICT活用工事の施工に関する簡易アンケート調査票

Ver.2014.09.02

本調査はICT活用工事の導入効果を伺う目的で行います。ご協力の程お願い申し上げます。

記入に当たってはセルの追加・削除・結合等は行わないで下さい。

1. 御社と記入者についてお答え下さい。

御社名		ご担当者名	
御社の情報化施工の実施件数 ※リストから選択		電話連絡先(緊急的)	
		電子メール	

＊工事完了後も連絡が取れる本支店など

2. 工事概要についてお答え下さい。

発注者		監督職員名	
工事名		監督員メール	
工期	～	例）H26.4.1～H27.3.20	

3. 施工者希望で導入した情報化施工技術がある場合、導入目的についてお答え下さい。（複数回答可）

□ ①作業効率の向上	□ ⑥総合評価の加点
□ ②コスト縮減	□ ⑦工事成績の加点
□ ③施工品質の向上	□ ⑧情報化施工の経験・人材育成
□ ④安全性の向上	□ ⑨その他 （ ）
□ ⑤熟練者不足への対応	

4. 導入した情報化施工技術と、その技術毎の導入効果についてお答え下さい。（複数回答可）

導入技術	機器の調達方法	施工規模		導入効果							
		数量	単位	①作業効率の向上	②コスト縮減	③施工品質の向上	④安全性の向上	⑤熟練者不足への対応	⑥環境影響の低減	⑦特になし	⑧その他
その他の場合（ ）	その他の場合（ ）			□	□	□	□	□	□	□	□（ ）
その他の場合（ ）	その他の場合（ ）			□	□	□	□	□	□	□	□（ ）
その他の場合（ ）	その他の場合（ ）			□	□	□	□	□	□	□	□（ ）
その他の場合（ ）	その他の場合（ ）			□	□	□	□	□	□	□	□（ ）
その他の場合（ ）	その他の場合（ ）			□	□	□	□	□	□	□	□（ ）

5. その他のご意見をお聞かせ下さい。

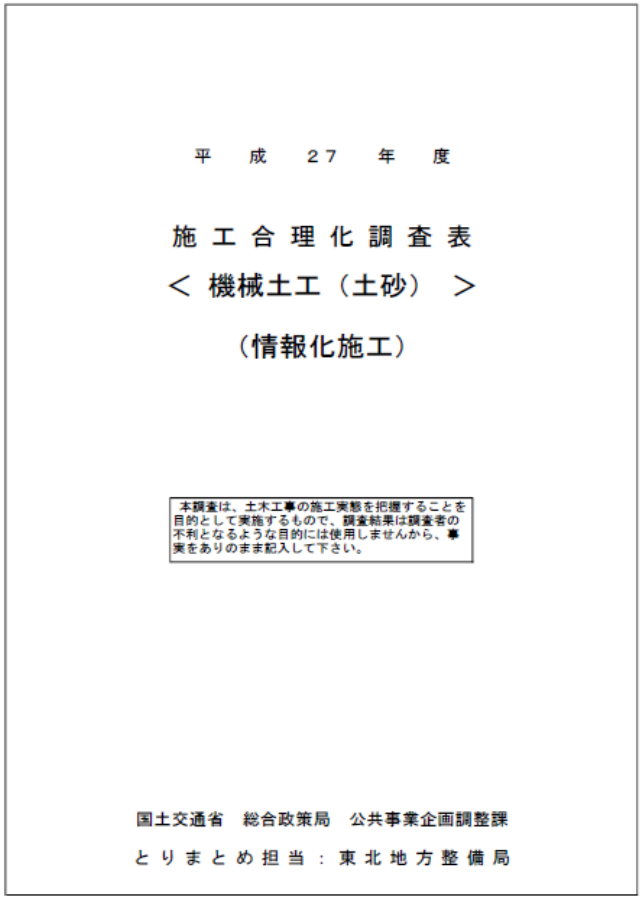
ご協力ありがとうございました。

13. 電子成果品 <施工合理化調査票>

施工合理化調査表の作成

- 発注者からは、施工合理化調査について指示が有る場合があります。
- 受注者は、指示された場合は施工合理化調査表を作成し、提出します。
- 発注者はその内容を確認し、取りまとめ担当者に提出します。

施工合理化調査表のイメージ



平　成　27　年　度

施 工 合 理 化 調 査 表

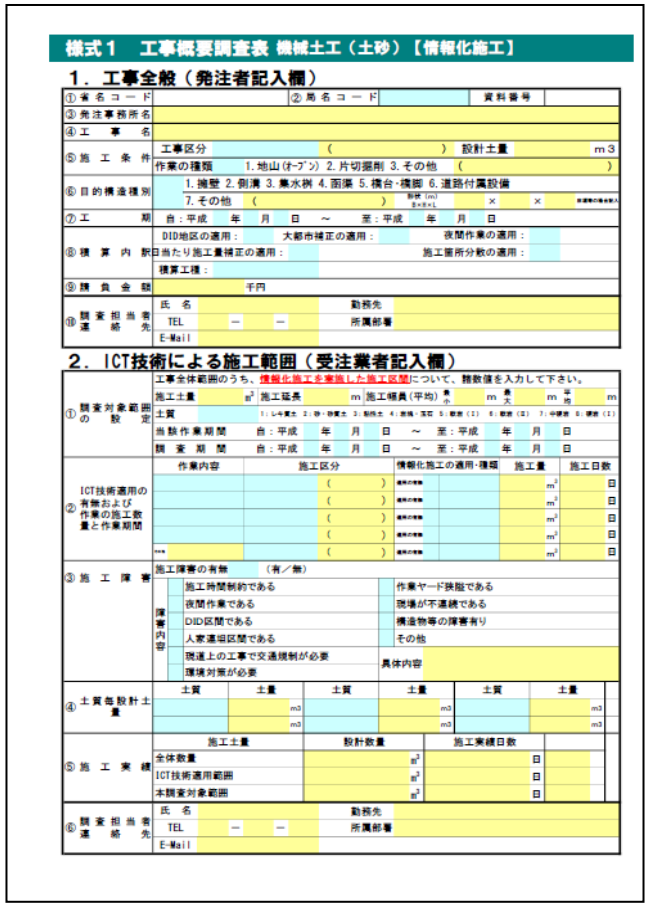
＜ 機械土工（土砂） ＞

（情報化施工）

本調査は、土木工事の施工実態を把握することを目的として実施するもので、調査結果は調査者の不利となるような目的には使用しませんから、事実をありのまま記入して下さい。

国土交通省　総合政策局　公共事業企画調整課

とりまとめ担当：東北地方整備局



様式１　工事概要調査表 機械土工（土砂）【情報化施工】

１．工事全般（発注者記入欄）

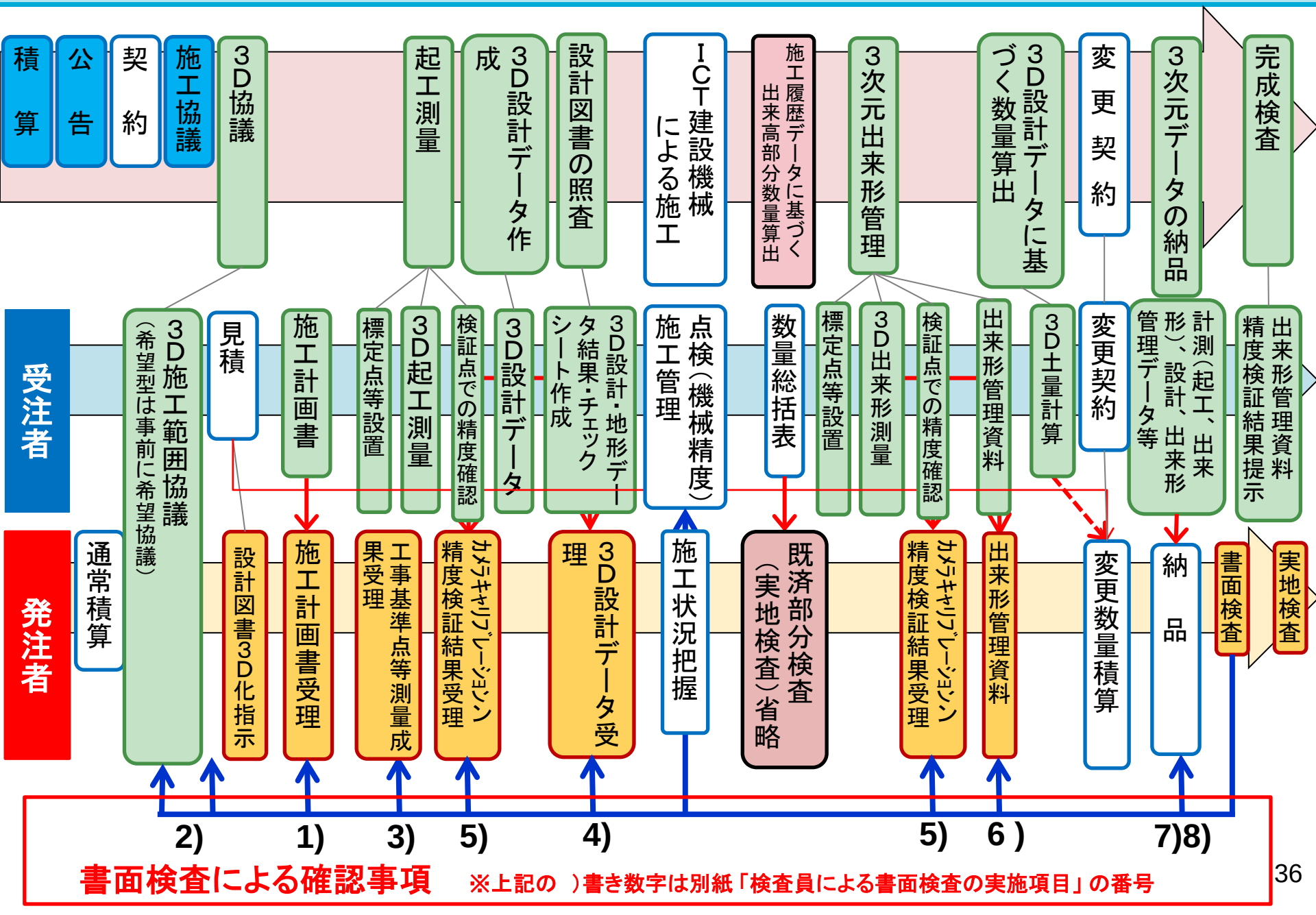
①省名コード		②局名コード	資料番号
③発注事務所名			
④工事名			
⑤施工条件	工事区分	（　　）	設計土量　m3
	作業の種類	1.地山(ほｸﾞﾘ) 2.片切掘削 3.その他（　　）	
⑥目的構造種別	1.擁壁 2.側溝 3.集水桝 4.函渠 5.橋台・橋脚 6.道路付属設備		
	7.その他（　　）	形状(m) B×H×L	× ×
⑦工期	自：平成　年　月　日 ～ 至：平成　年　月　日		
⑧積算内訳	DID地区の適用：	大都市補正の適用：	夜間作業の適用：
	1日当たり施工量補正の適用：		施工箇所分散の適用：
	積算工種：		
⑨請負金額	千円		
⑩調査担当者連絡先	氏名		勤務先
	TEL		所属部署
	E-Mail		

２．ICT技術による施工範囲（受注業者記入欄）

①調査対象範囲の設定	工事全体範囲のうち、情報化施工を実施した施工区間について、諸数値を入力して下さい。					
	施工土量　m3	施工延長　m	施工幅員(平均)　最小　m　最大　m　平均　m			
	土質　1:しも質土 2:砂・砂質土 3:粘性土 4:岩塊・玉石 5:軟岩(I) 6:軟岩(II) 7:中硬岩 8:硬岩(I)					
	当該作業期間　自：平成　年　月　日 ～ 至：平成　年　月　日					
	調査期間　自：平成　年　月　日 ～ 至：平成　年　月　日					
②ICT技術適用の有無および作業の施工数量と作業期間	作業内容	施工区分	情報化施工の適用・種類	施工量	施工日数	
		（　）		m3	日	
		（　）		m3	日	
		（　）		m3	日	
		（　）		m3	日	
	…	（　）		m3	日	
③施工障害	施工障害の有無　（有／無）					
	障害内容	施工時間制約である	作業ヤード狭隘である			
		夜間作業である	現場が不連続である			
		DID区間である	構造物等の障害有り			
		人家連坦区間である	その他			
		現道上の工事で交通規制が必要	具体内容			
		環境対策が必要				
④土質毎設計土量	土質	土量	土質	土量	土質	土量
		m3		m3		m3
		m3		m3		m3
⑤施工実績		施工土量	設計数量	施工実績日数		
	全体数量		m3	日		
	ICT技術適用範囲		m3	日		
	本調査対象範囲		m3	日		
⑥調査担当者連絡先	氏名		勤務先			
	TEL		所属部署			
	E-Mail					

【ICT(土工)活用工事の流れと検査時の確認事項】

三重県県土整備部

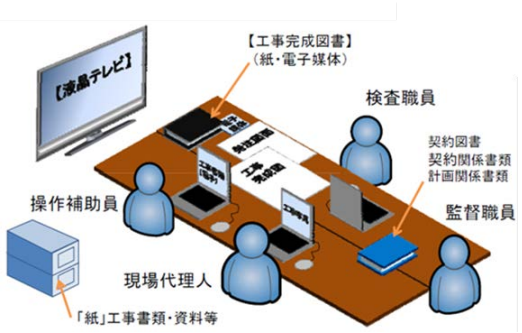


13. 検査

- 検査時の実施内容と解説事項

書面検査 → 実地検査 → 工事成績評定

- 検査員は、書面検査時には、パソコンを使って、納品された電子成果品を確認します。
- 検査員は、実地検査時には、現地に出向き設計値と実測値を計測して確認します。
- 検査終了後、監督員及び検査員により工事成績評定においてのICT活用について評価が行われます。



（国土交通省の検査体制）

☆ポイント☆
電子で検査します。

近年の検査スタイルと同じです。
・PCでの写真閲覧
・3D測量・設計・出来形が追加

◇空中写真測量（無人航空機）による出来形管理における検査員の実施項目は、「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）」の「6 検査員の実施項目」による。

◇出来形管理用LSによる出来形管理における検査員の実施項目は、「LSを用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)」の「6 検査員の実施項目」による。

検査員による書面検査の実施項目の具体

書面検査 **1)～5)は工事打合せ簿により確認**

1)施工計画書の記載内容の確認
- ①使用機器・ソフトウェアの記載内容
- ②撮影計画の確認
- ③出来形計測箇所、出来形管理基準及び規格値等
- ④施工に関する記載の確認

2)設計図書の3次元化に係る確認

3)工事基準点・標定点および検証点の測量結果等の確認

4)3次元設計データチェックシートの確認

5)カメラキャリブレーション(UAVの場合)、精度確認試験結果報告書の確認

6)「出来形管理図表」の確認

7)品質管理及び出来形管理写真の確認(納品)

8)電子成果品の確認(納品・アンケート等提出書類)

実地検査

9)出来形の確認

9）出来形の確認 <実地検査>

実地検査

○検査員は、現地で設計値と実測値を計測して確認する。

実地検査時の検査員の出来形管理の確認内容の概要

検査員は、施工管理データが搭載された出来形管理用TS等を用いて、現地で自らが指定した箇所（1工事につき1断面）の出来形計測を行い、3次元設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査します。

検査の頻度は以下のとおりです。

工　種	計測箇所	確認内容	検査頻度
河川土工	検査職員が指定する平場上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１断面

工　種	計測箇所	確認内容	検査頻度
道路土工	検査職員が指定する平場上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１断面

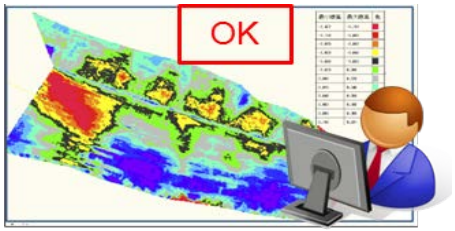
ここでいう断面とは、厳格に管理断面を示すものでなく、**概ね同一断面上の数カ所の標高を計測することを想定**しています。

9）出来形の確認 <実地検査>

実地検査時の検査員の出来形管理の確認手順（国土交通省の事例）

書面検査時

電子納品物である出来形管理データより、自らが指定した箇所（概ね1断面となる複数の平場上の点）の3次元設計データの設計面の位置（X、Y）並びに標高（Z）、受注者が計測したUAVもしくはLS出来形管理値の計測結果（Z）をメモします。





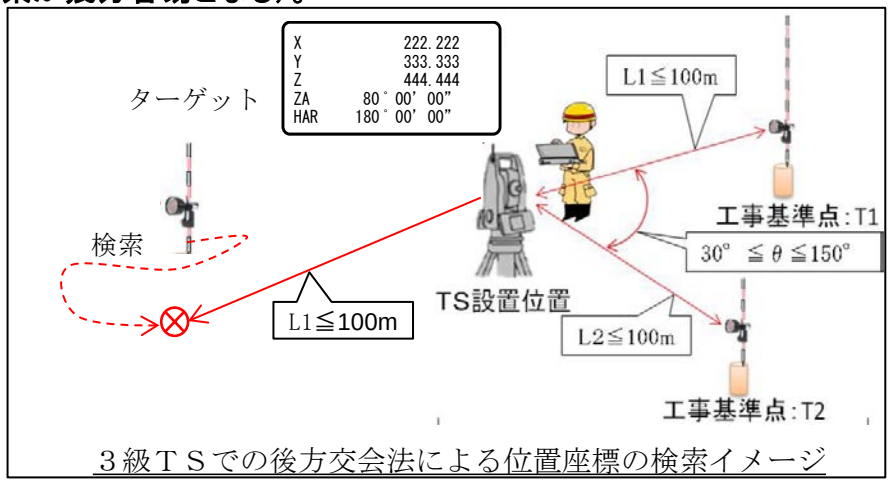
3次元データをモニターで
確認しXYZ座標値をメモ

（場合によっては確認手順が逆とする場合もあります）

実地検査時

現地でTSやGNSSローバーの誘導機能を使用し、自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設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確認します。誘導機能が無いTSの場合は探索が必要（この場合、実地検査前に自らが指定したXY座標をTSに入力してもらうと探索が幾分容易となる）。


出来形管理用TS
での計測



３級ＴＳでの後方交会法による位置座標の検索イメージ


GNSSローバー
での計測

※LandXML形式の3次元設計データを読み込むことが可能な機種があり、受注者の提供する検査機器が可能な場合は現場端末で設計との標高較差を確認します。（この場合、3次元データの事前メモは不要）

国土交通省の完成検査の事例 （書面検査）

■工事概要

工事名：平成27年度　中部縦貫丹生川西部地区道路建設工事
工事場所：岐阜県高山市丹生川町新張地内
契約額：￥180,576,000-
受注者：株式会社　新井組
工事内容：延長L=400m
ICT土量（盛土：8,900m ）

■書面検査（確認事項）

〇施工計画書の記載内容
〇設計図書の3次化に係わる確認
〇工事基準点等の測量結果等
〇3次元設計データチェックシートの確認
〇精度確認試験結果報告書の確認
〇アンケート調査結果等の確認
〇出来形管理図表の確認
〇品質管理及び出来形管理写真の確認
〇電子成果品の確認

■確認方法

〇工事打合せ簿、電子データにより確認



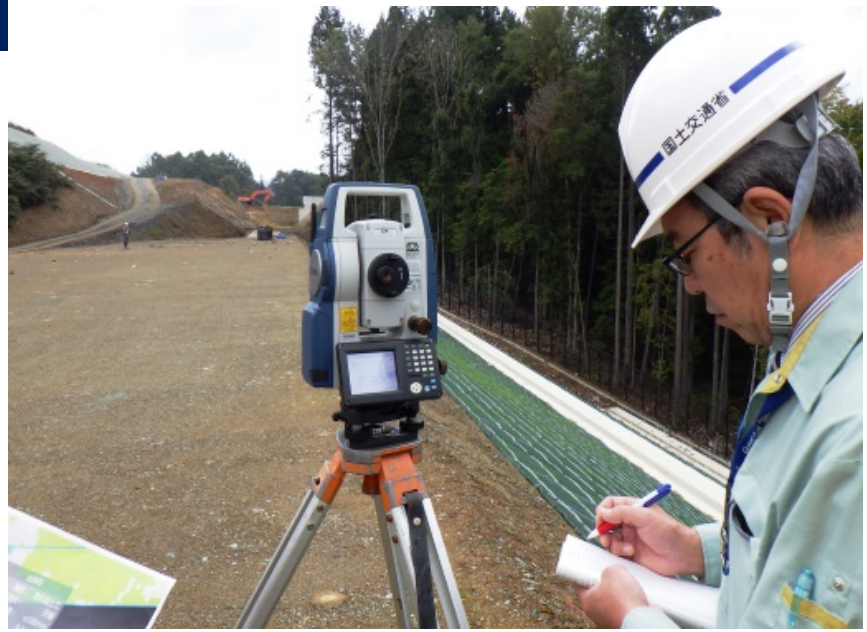
国土交通省の完成検査の事例 （実地検査）

■実地検査での確認事項

〇出来形管理の確認

■確認方法

〇TSを用いて任意断面の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確認。



特記事項等
・ヒートマップで選定する任意の点は、規格値内のうち最もバラツキの大きい地点を抽出。この地点を実地検査で確認。
（規格値±150mmに対し、実測値+86mm）
・従来の土工検査と比較し、短時間で出来形確認が可能。
・TSのセット（工事基準点からの座標確認）から立会いを実施しても、およそ10分程度で完了。