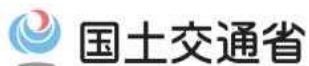


ICT活用工事(土工)について

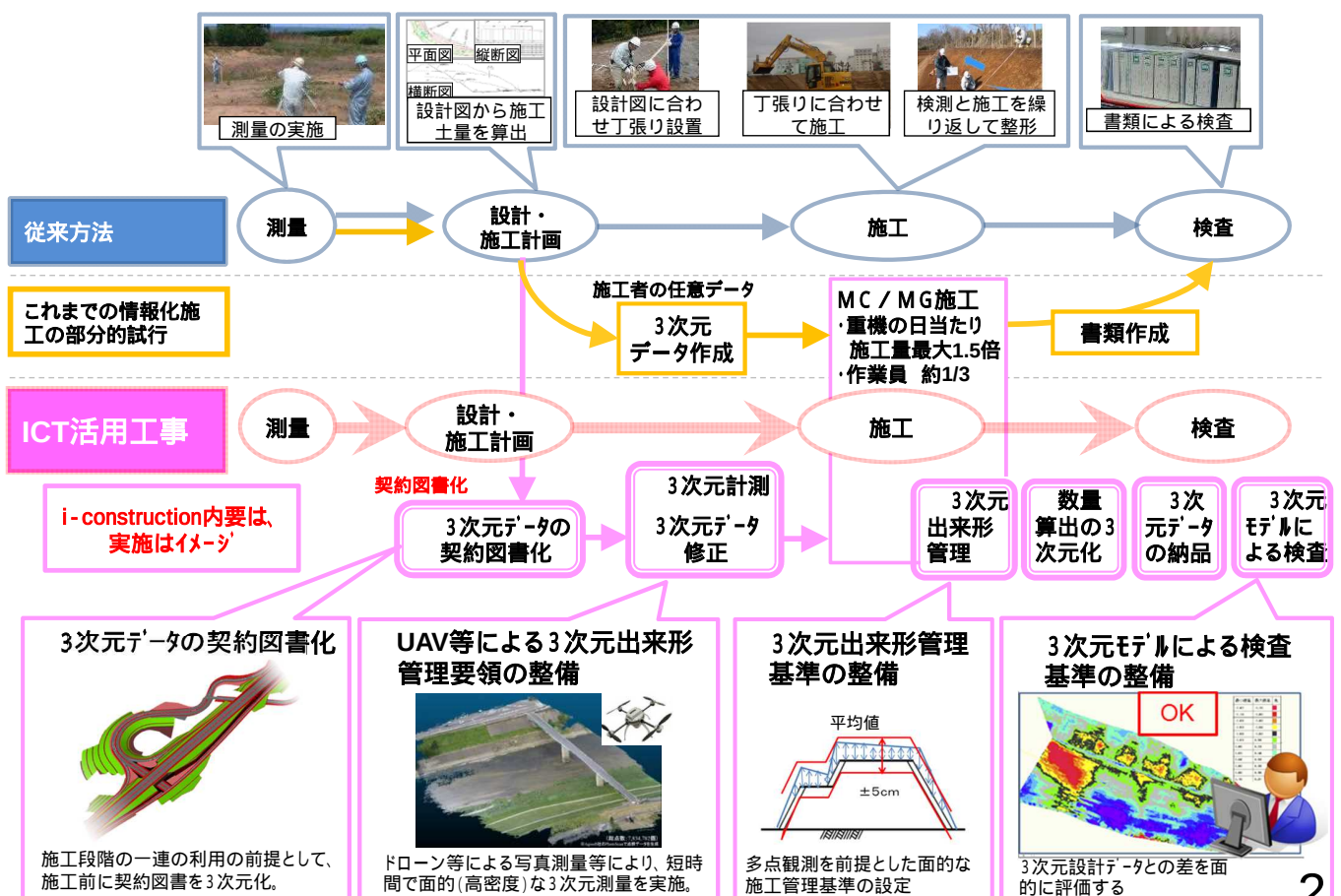
平成28年11月



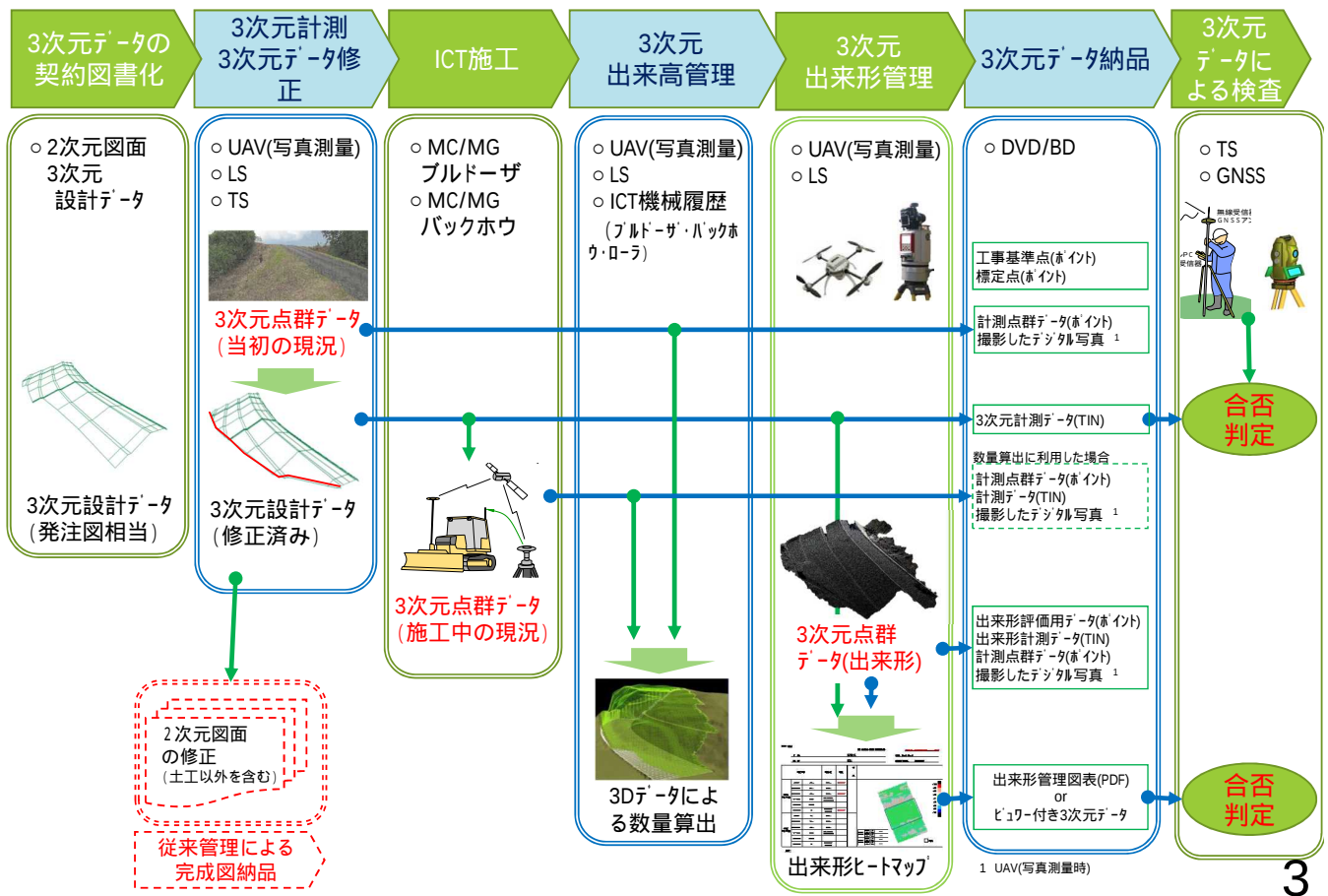
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

ICT技術の全面的な活用(土工)

ICT施工技術の活用推進



ICT活用工事の流れ



3

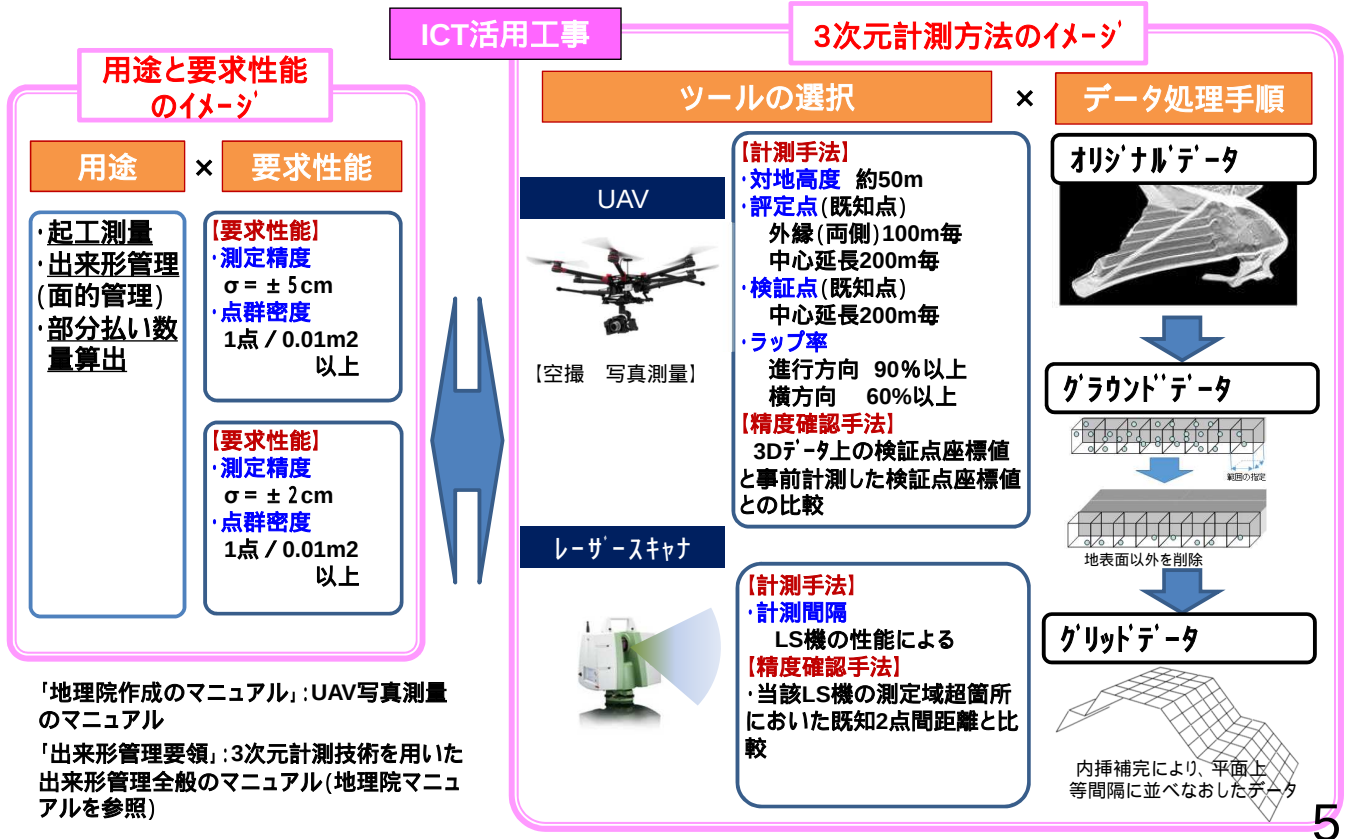
ICT活用工事の流れと主な関連基準類

	3次元データの契約図書化	3次元計測(現況)	ICT施工	3次元出来形管理	3次元出来高管理	3次元データ納品	3次元データによる検査
UAVを用いた公共測量マニュアル(案)		○		○	○		
工事完成図書の電子納品要領						○	
LANDXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準(案) Ver.1.0							
ICTの全面的な活用の実施方針	○	○	○	○	○	○	○
土木工事施工管理基準(案) 出来形管理基準及び規格値 土木工事共通仕様書 施工管理関係書類(帳票)				○			○
土木工事数量算出要領(案) 既済部分検査技術基準(案) 及び同解説 部分払いにおける出来高取扱い方法(案)					○		○
空中写真測量を用いた出来形管理要領(案) 空中写真測量を用いた出来形管理の監督・検査要領(案)	○	○		○	○	○	○
LSを用いた出来形管理要領(案) LSを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)	○	○		○	○	○	○
土木工事検査技術基準(案) 工事成績評定要領の運用について							○
施工履歴データによる土工の出来高算出要領(案) ICTバックホウの情報化施工管理要領(案) ICTブルドーザの情報化施工管理要領(MC/MG編)(案) TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領(案) TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領(案)					○		○
番号は、国土交通省HPで公表されている15基準の番号、又は15の基準類には掲載されていないが、出来高管理時に遵守する要領(案)							

4

3次元出来形管理要領の整備

施工者の自主管理等で事例のあるUAV写真測量または地上型レーザースキャナ測量を出来形管理に使用できるように要領を整備する。 計測手法、精度、データの処理手順等の規定。



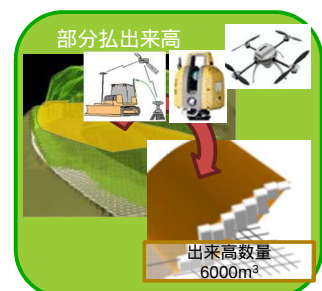
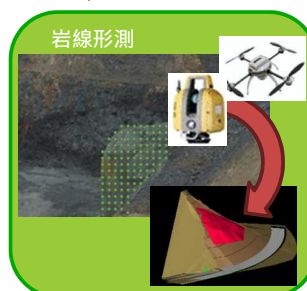
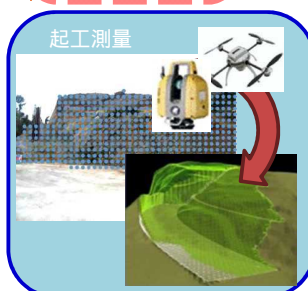
5

4. 施工計画書【参考】 UAV・LSの計測精度

日本建設機械施工協会作成資料より JCOMA

利用場面ごとに要求される計測精度が異なる。

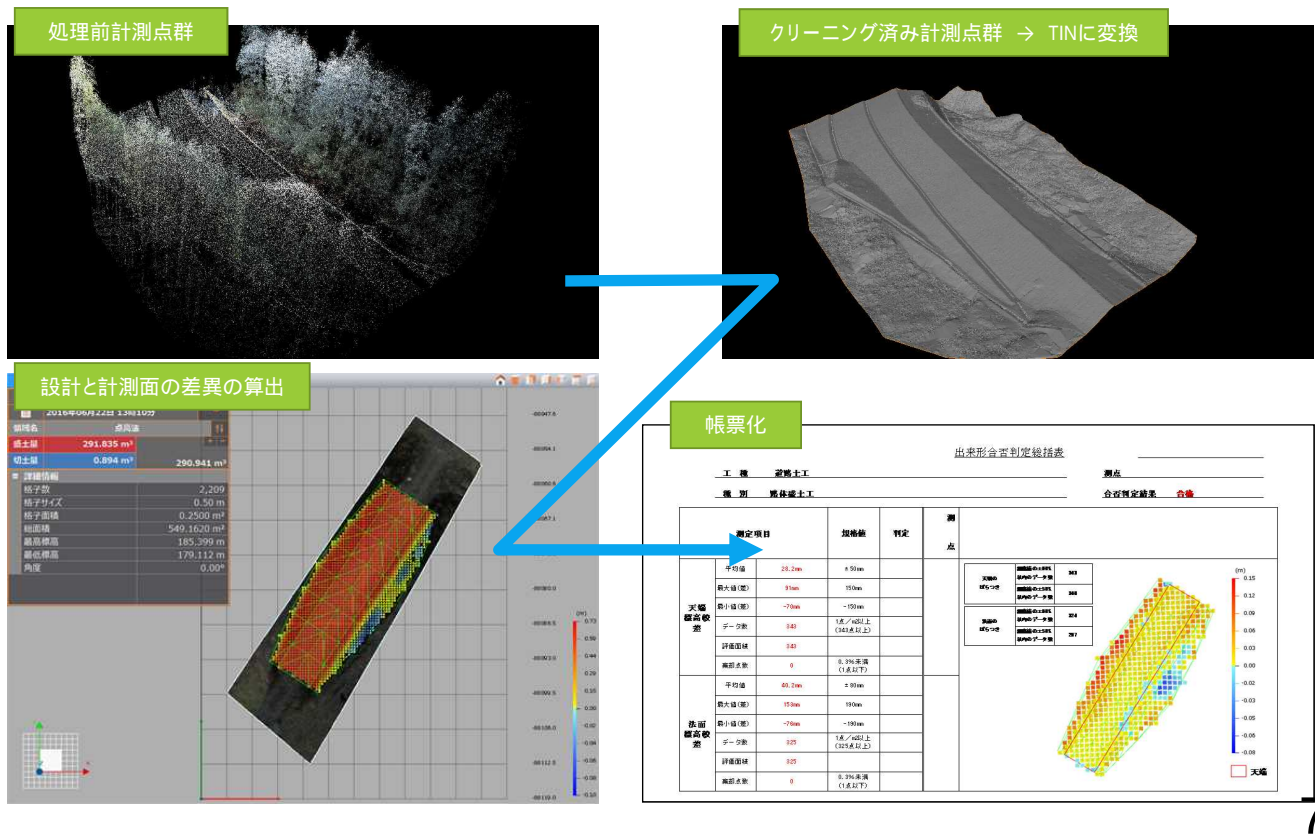
工種別	UAV		レーザースキャナ		評価に必要な点群密度 (メッシュの大きさ)
	要求精度 精度確認	地上画素寸法	要求精度 精度確認	計測最大距離	
出来形計測	± 5cm以内	1cm/画素以内	± 20mm以内	精度確認試験 の 測定距離以内	1点以上 / 1m ² (1m × 1m) 出来形計測時は1点以上 / 0.01m ² (10cm × 10cm) にて実施
起工測量	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内		1点以上 / 0.25m ² (50cm × 50cm) 計測密度は上記以上を確保する設定
岩線計測	10cm以内	2cm/画素以内	10cm以内		1点以上 / 0.25m ² (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 / 0.25m ² (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、「UAV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、「UAV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。

6

点群データ取得からデータ処理の流れ

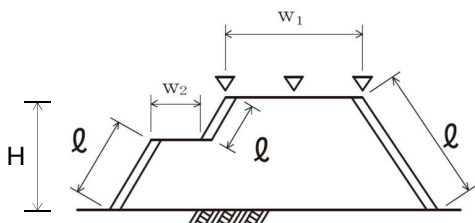


3次元データによる出来形管理基準の整備

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

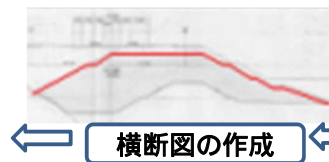
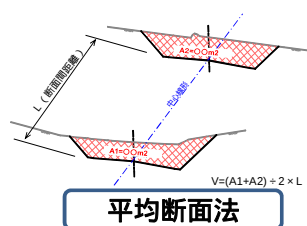
従来と同等の出来形品質を確保できる面的な測定基準・規格値を設定

3次元点群データを活用した数量(出来高)算出

従来の管理断面にこだわらず、計測された点群(多数の点)の標高データ利用した数量算出要領を作成する。点群から面を作成し、面の比較(標高差)により数量を算出する。

従来

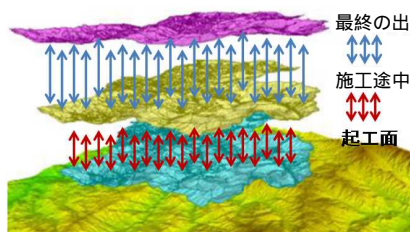
従来は平均断面法による体積計算、三斜法による面積計算が標準として利用されている。



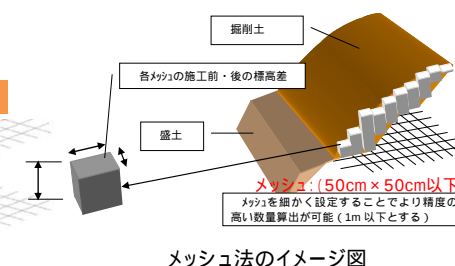
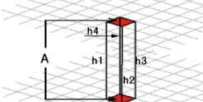
ICT活用工事

UAVの空中写真測量等により計測した施工前後の3次元データを3次元CADで比較して施工土量を算出。

<多点群から作成した面>



メッシュ法のイメージ



メッシュ法のイメージ図

数量算出のイメージ

9

3次元データでの納品

取得した3次元施工データをそのまま利用できる納品方法を実現する。
3次元設計データと3次元管理結果(画面設計)、計測データの納品仕様を定めた。

従来

紙面での判断が容易な整理形式(帳票:PDF)

様式-31 出来形管理図表

工種		種別	
測点			
設計値との差			
測定項目	規格値	測定値	差
平均値			
最大値			
最小値			
データ数			
標準偏差			

ICT活用工事

規格値が平場と法面で2種類あるため、2枚となる。

様式-〇

出来形管理図表

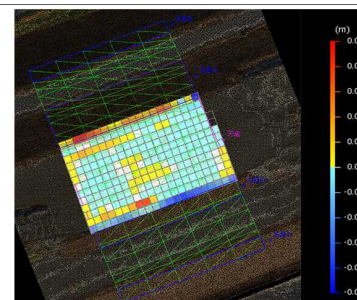
工種 河川・海岸・砂防土工

測点 NO.15~NO.16

種別 盛土工

合否判定結果 合格

測定項目	規格値	判定
平均値	-5mm	-50mm
最大値(3σ)	17mm	-100mm
最小値(3σ)	-10mm	-100mm
データ数	268	1点/40以上(300点以上)
評価面積	209m ²	
基準点数	0	0.5%未満(1点以下)
平均値		
最大値(3σ)		
最小値(3σ)		
データ数		
評価面積		
基準点数		



尺例:

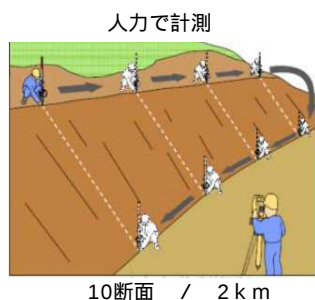
出来形管理図表の折れ線グラフに相当する、設計との差を可視化したヒートマップ(出来形展開図に代わる物)

10

ICT検査(1/2)

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

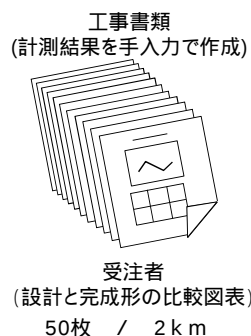


GNSSローバーまたはTSで計測

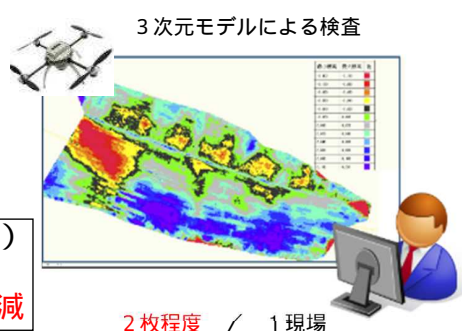


監督・検査要領（土工編）（案）等の導入により、
検査にかかる日数が約1/5に短縮
（2kmの工事の場合 10日→2日へ）

検査書類が大幅に削減



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



11

ICT検査(2/2)

国土交通省

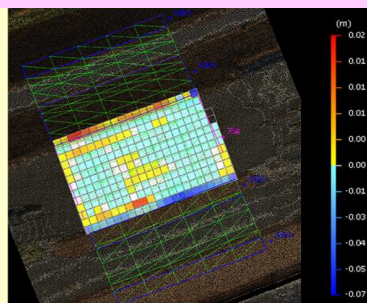
表 出来形計測に係わる実地検査の検査頻度

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



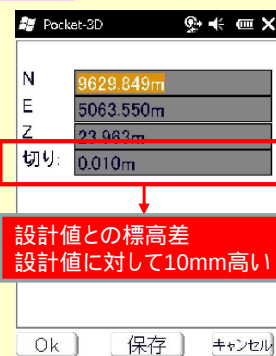
施工者より提出された出来形帳票の確認



検査官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

12

GNSSローバー 製品例

gnss

GPS受信機とTSターゲットが一体化。2つのセンサーを1つのコントローラで自在に切り替え

VRS観測の移動局とサーボトータルステーションのターゲットを一体化。Trimble S6のターゲットボールにGPS受信機とTrimble S6の着脱式コントローラを取り付ければ、そのままVRS観測が行えます。

- フィールドソフトウェア「efit+ for TCU」を搭載。Trimble S6もGPS受信機も、同じ操作性での観測を実現。
- 観測データを一元管理。GPS観測による世界測地系座標データをそのままトータルステーション観測に利用可能。
- データの一元管理で、フィールドから成果作成までの測量作業効率がアップ。
- 「efit+ for TCU」の平板観測アプリケーションは、VRS観測とTrimble S6（ロボティック仕様）がワンタッチで切替可能。現場の状況に応じて両者の使い分けが出来ます。
- 「efit+ for TCU」GPS観測アプリケーションには「シンプルモード」搭載。ウィザード形式画面で、初めての方でも正確にVRS観測スタート。
- I.S. ローバーでの観測をすぐスタートできるセットもご用意。

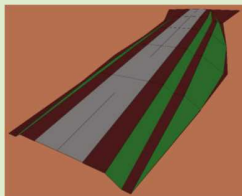
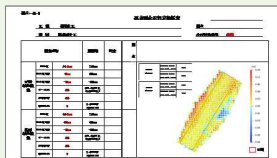
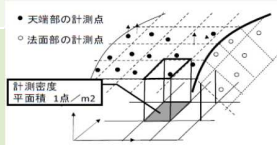
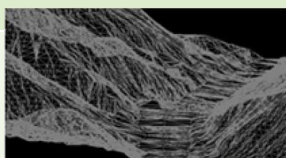


13

ICT活用工事の電子納品

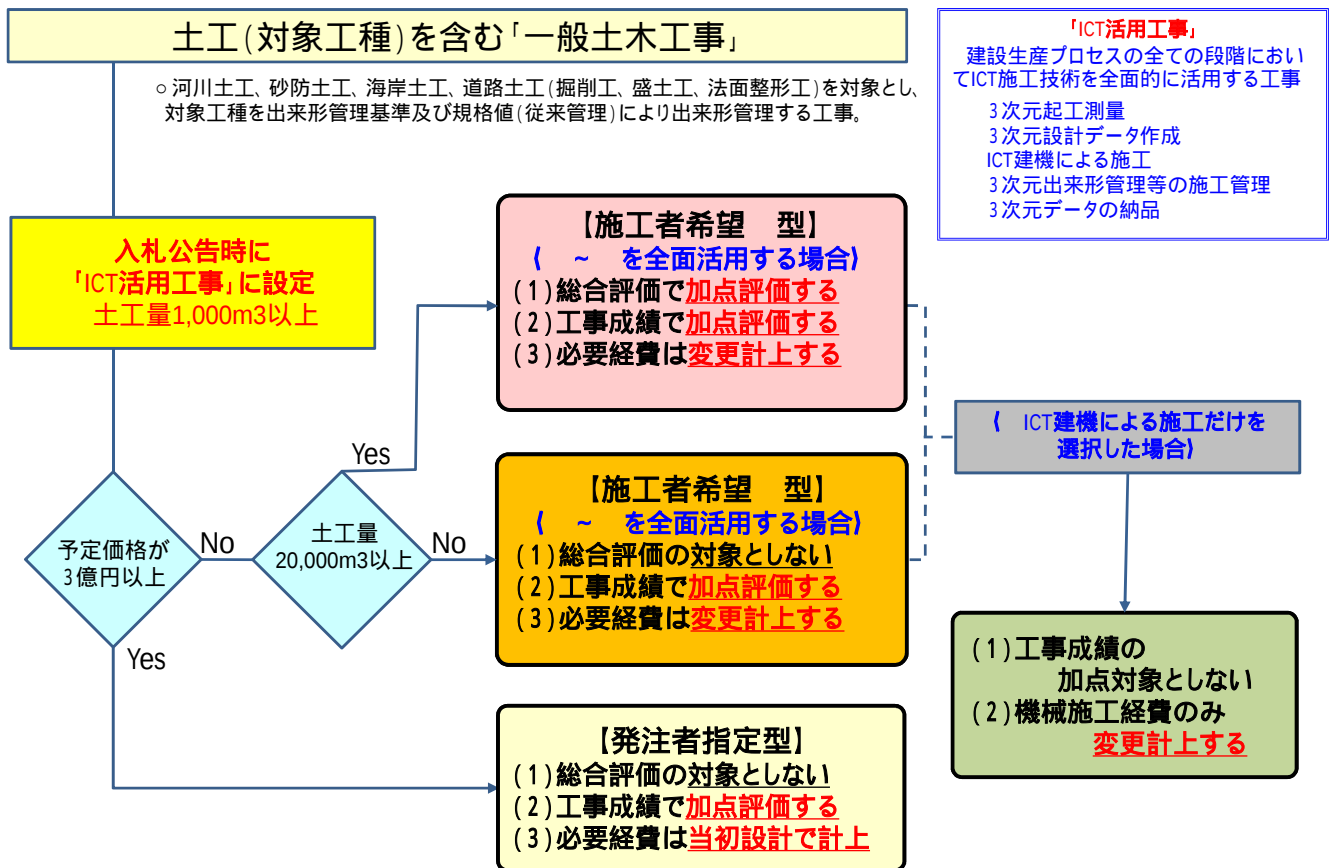


ICT活用工事における納品データ形式が定められた。

データ名	概要	データのイメージ
3次元設計データ	道路中心線経又は法線（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））	

14

ICT活用工事【土工】の実施方針



ICT活用工事設定していない一般土木工事(1,000m3未満等)についても協議によりICT活用工事の設定が可能¹⁵

ICT活用工事【土工】の実施方針

○活用可能なICT施工技術

段階	技術名	対象作業	建設機械	適用工種		監督・検査 施工管理	備考
				河川土工	道路土工		
3次元測量	空中写真測量(無人航空機)による起工測量	測量	-	○	○	、 、 、	
	レーザースキャナーによる起工測量	測量	-	○	○	、	
ICT建設機械による施工	3次元マシンコントロール(ブルドーザ)技術 3次元マシンガイダンス(ブルドーザ)技術	まきだし 敷均し 掘削 整形	ブルドーザ	○	○		
	3次元マシンコントロール(バックホウ)技術 3次元マシンガイダンス(バックホウ)技術	掘削 整形	バックホウ	○	○		
3次元出来形 管理等の 施工管理	空中写真測量(無人航空機)による出来形管理技術(土工)	出来形計測 出来形管理	-	○	○	、 、 、	
	レーザースキャナーによる出来形管理技術(土工)	出来形計測 出来形管理	-	○	○	、	
	TS・GNSSによる締固め管理技術	締固め回数 管理	ローラー ブルドーザ	○	○	、	

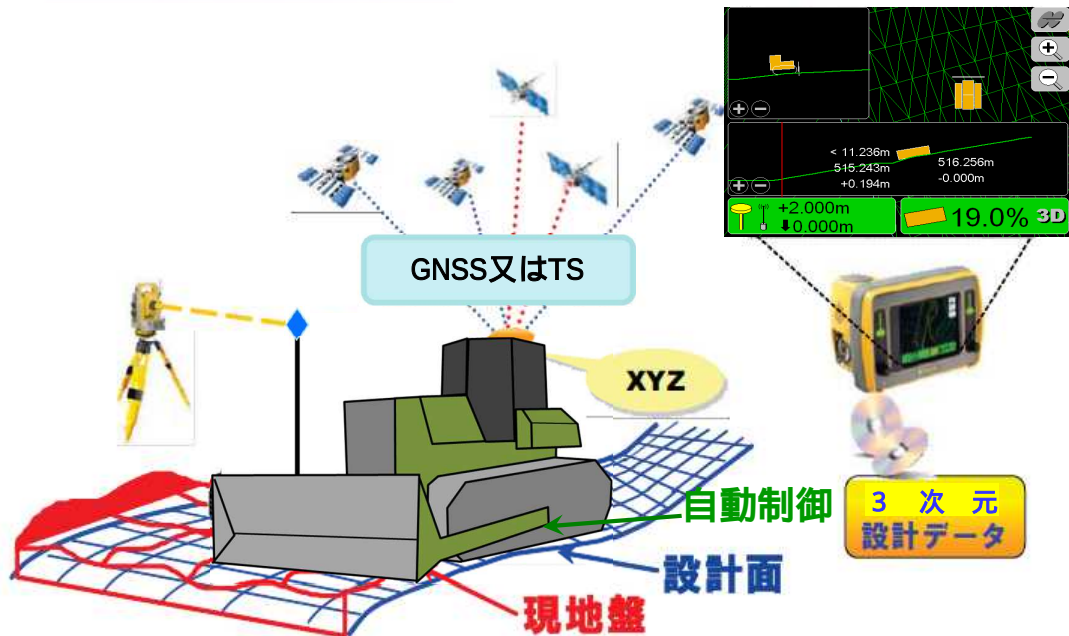
【凡例】 ○:適用可能、 :一部適用可能、 -:適用外

【要領一覧】

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)
 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)
 無人飛行機の飛行に関する許可・承認の審査要領
 レーザースキャナーを用いた出来形管理要領(土工編)(案)
 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)
 TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領
 TS・GNSSを用いた盛土の締固めの監督・検査要領
 UAVを用いた公共測量マニュアル(案)

ICT建設機械の概要

- ・ICT建設機械とは、MC/MG (Machine Control system/Machine Guidance system) マシンコントロール/マシンガイダンス・システムを搭載した建設機械。
- ・建設機械に3次元設計データを取り込み、排土板の機械操作ガイド(MG)、機械自動制御(MC)を行う。



17

従来施工からICT施工へ

従来施工

MCブルドーザによる敷き均し

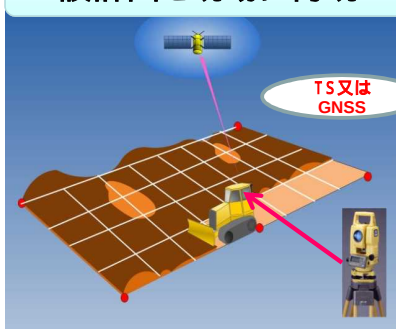


ICT活用施工

設計図を現場に再現

施工用指標不要

目安(トンボ)減少



オペに頼らず
排土板を自動制御
繰返回数も減少



18

従来施工からICT施工へ

MGによる掘削、切土

従来施工

設計図から丁張り設置



丁張りを目安に施工



丁張りを目安に検測



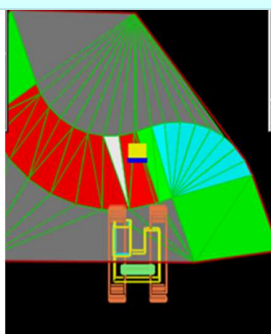
繰返す

仕上がりは、オペレータの技量に依存

施工後の出来形を断面毎計測し基準値内でなければ、オペレータに指示

ICT活用施工

設計図を現場に再現



施工用丁張りが減少

オペレータにバケット位置を明示



作業中に基準値内か判る

・丁張り不要



19

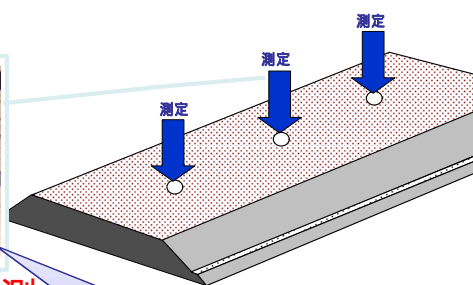
従来施工からICT施工(品質管理)へ

盛土の締固め回数管理

従来施工



施工毎 品質計測
(1000m³毎に1点)



・計測結果は記録紙
施工土量に比例し
整理に労力を要する

帳票作成

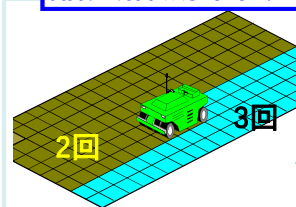
- ・盛土施工管理データ
- ・現場密度試験結果一覧
- ・・・等

書類を多数作成

・計測結果を転記
・品質管理帳票作成
施工土量に比例して増加

ICT施工

品質計測不要



締固め回数を自動記録



結果整理は自動

帳票作成

- ・走行軌跡図
- ・回数分布図
- ・・・等

書類は自動作成

施工土量に関わらず一定

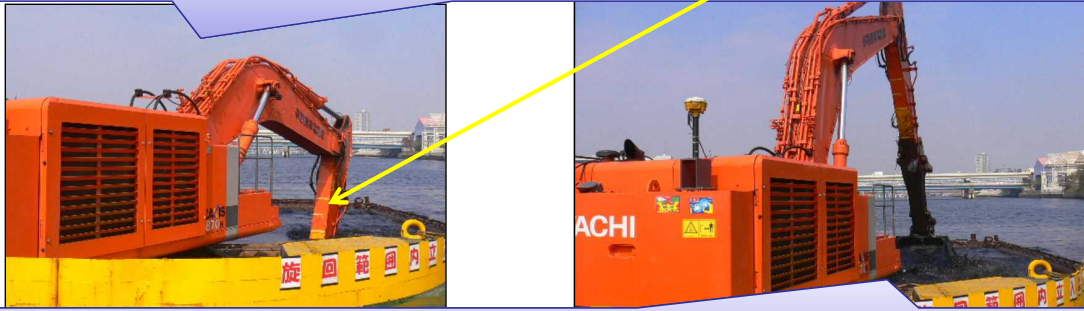
20

(参考) 情報化施工技術

従来施工

MGによる河道浚渫

丁張りが設置できない、潮位や方角を確認し、**アームの目印**を頼りに掘削



水中部は黒く濁り不可視、オペレータの技量、経験に依存

情報化施工

設計図を現場に再現

- モニターに水中のバケット位置を表示
- 施工箇所の掘削記録も表示



潮位や方角等、周囲を気にせず作業に集中出来る

勘頼みから確実な施工へ、空堀や余堀を減少出来る

21

【参考】その他



本要領に記載のない事項については、下記の要領を参照すること。

- 1) 土木工事共通仕様書 [国土交通省各地方整備局]
- 2) 土木工事施工管理基準及び規格値 [国土交通省各地方整備局]
- 3) 写真管理基準(案) [国土交通省各地方整備局]
- 4) 土木工事数量算出要領(案) [国土交通省各地方整備局]
- 5) 工事完成図書の電子納品等要領 [国土交通省]
- 6) 国土交通省 公共測量作業規程 [国土交通省]
- 7) 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領 [国土交通省]
- 8) UAVを用いた公共測量マニュアル(案) [国土交通省]