



i-Constructionについて

平成30年12月



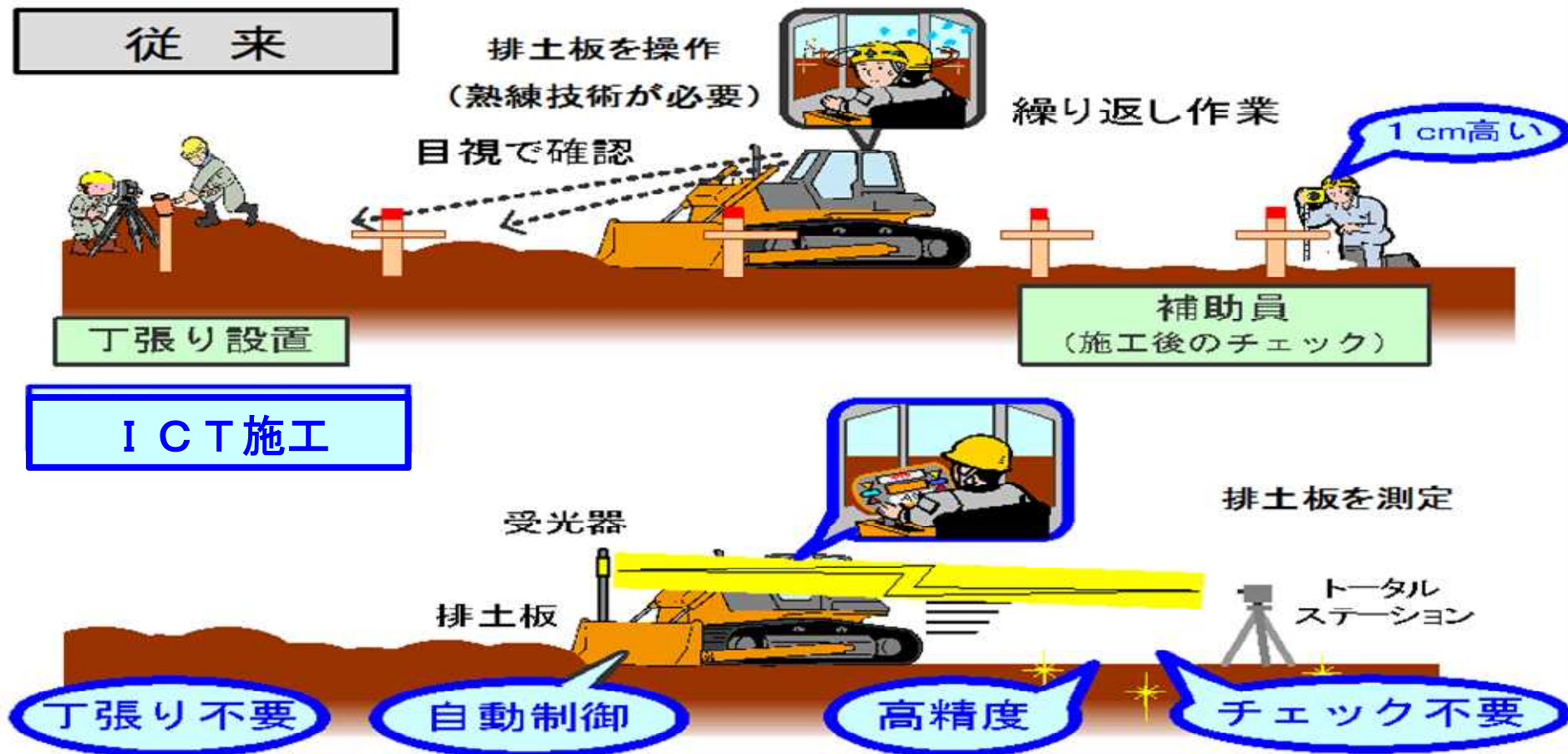
北陸地方整備局 企画部

※本資料は、国土交通省本省及び北陸地方整備局が作成した資料等により構成されています。

ICT施工の基礎知識

従来施工とICT施工の比較（建設機械自動制御）

TSやGNSSを用いて、排土板の位置・標高をリアルタイムに取得し、3次元データとの差分に基づき、建設機械（排土板など）を制御するシステム。



※主な導入効果

①施工効率の向上、仕上げ面の平坦性 ②検測作業の省力化、丁張り設置省略 ③熟練オペレータ不足対応。

「GPS」と「GNSS」

GPS: Global Positioning SystemGNSS: Global Navigation Satellite System

- 人工衛星を用いて3次元の位置と時間(x,y,z,t)を計測するシステム
- GPSは米軍が開発し、民生用に利用されている衛星測位システム
- GPS(米国)の他、ロシアのGLONASS、欧州等のGALILEO等も含む、人工衛星を利用した測位システムの総称がGNSS

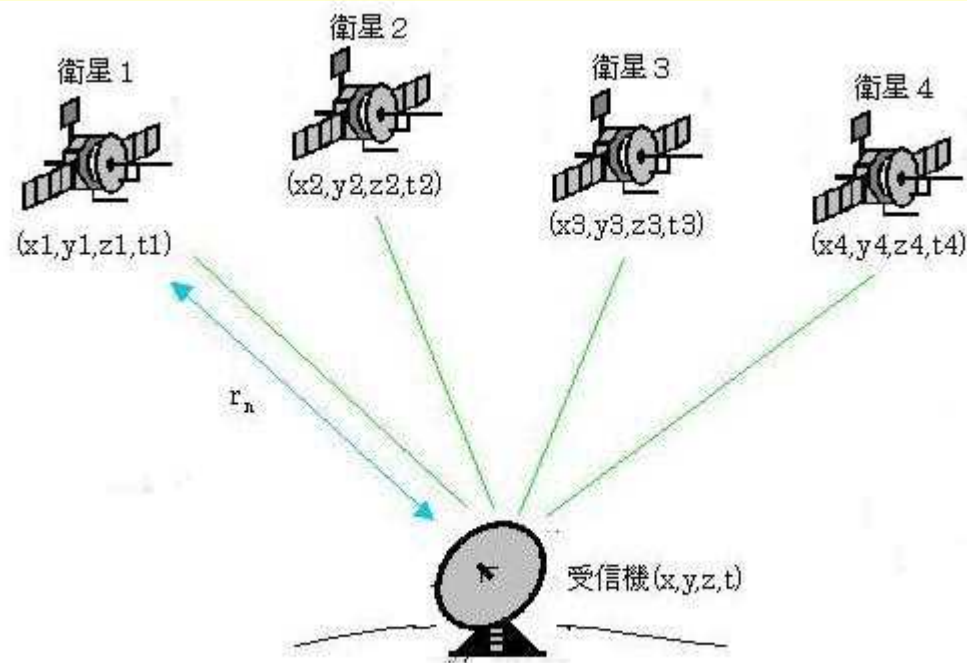
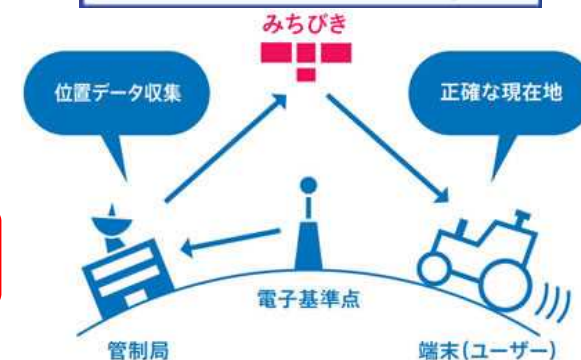


図2 単独測位法式

- を放送予定

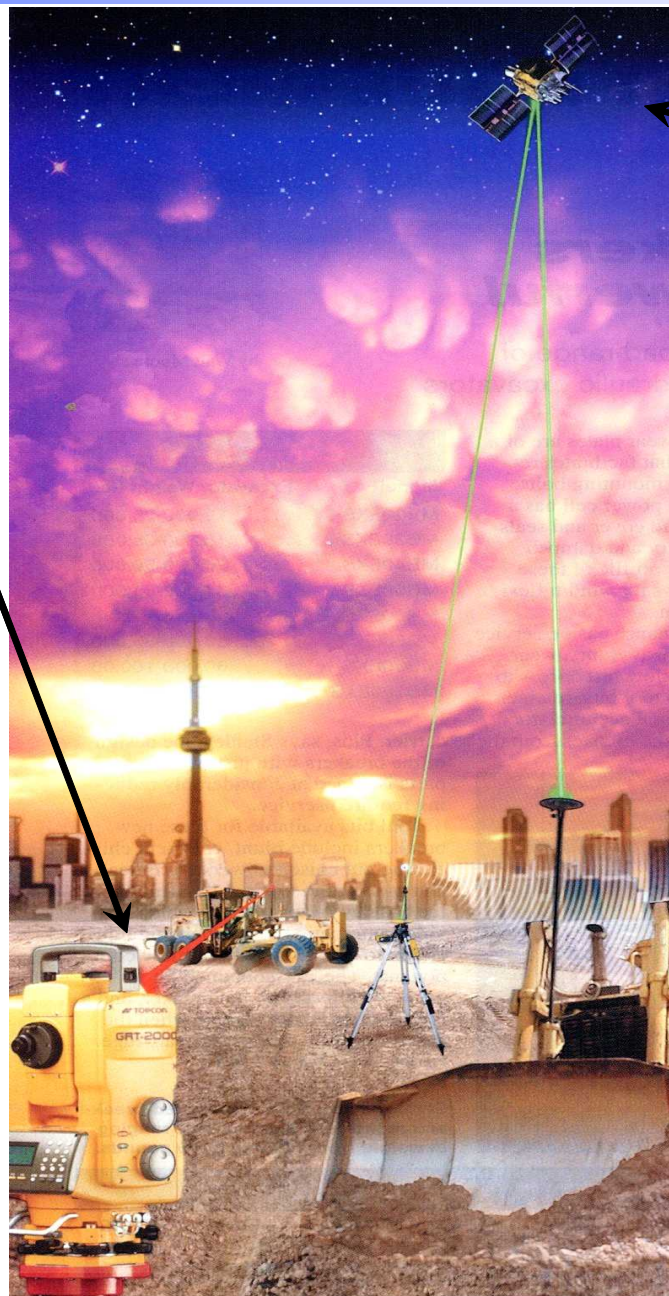
準天頂軌道



TS

〈特徴〉

- ・精密な測位
- ・制御情報の伝達
- ・測量機器として活用
- ・有効半径の制限
- ・1対1制御
- ・天候による使用制限



GNSS

〈特徴〉

- ・単独での測位
- ・複数機器での運用
- ・現場間のデータ共有
- ・測量精度の限界
- ・衛星状態による制限
- ・外国衛星頼み
- ・基地局の設置必要

【3次元起工測量】

■現地盤形状を取得する

空中写真測量
(UAV)



連続写真



- 連続写真から、対応点を探索
- 既知点座標を入力し3次元図化



ソフトによる点群復元

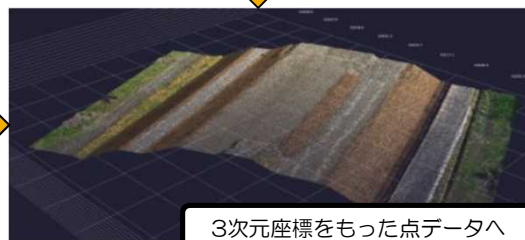


3次元図化

レーザスキャナ



直接計測



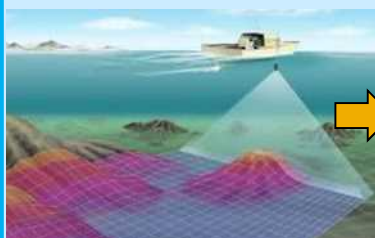
3次元座標をもった点データへ

ナローマルチビームとは？

ナローマルチビーム



- ・マルチビーム (multi beam) とは、ナロー (細かい) マルチ (複数の) ビームによる測深が名前の由来で、ナローマルチビーム測深のこと。
- ・従来のシングルビーム測深 (1 素子) が海底を送受波器直下の水深情報を線で計測しているのに対して、ナローマルチビーム測深は面的に詳細な海底地形を計測するもの。

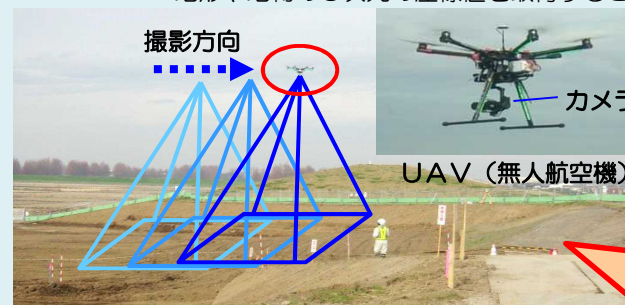


テトラポッド

六稜ブロック

UAVとは？

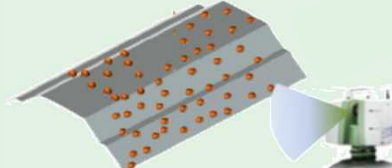
- ・ 英語：Unmanned Aerial Vehicle / Drone
- ・ 日本語：無人航空機 / ドローン
- 自律制御や遠隔操作により飛行することができる。デジタルカメラを搭載することで、空中写真測量に必要な写真の撮影ができる。
- ・ 空中写真測量
 - 航空機などを用いて上空から撮影された連続する空中写真を用いて、対象範囲のステレオモデルの作成や地上の測地座標への変換等を行い、地形や地物の3次元の座標値を取得すること。



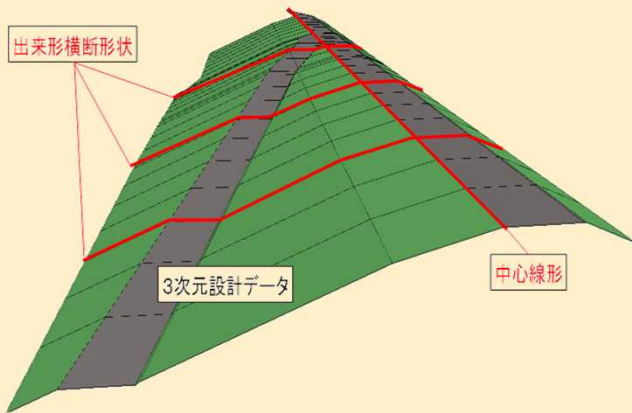
- 高密度・広範囲に、短時間で撮影することが可能。
- 点群データ化の処理にはデータ処理時間が必要

TLSとは？

- ・ 英語：Terrestrial Laser Range Scanner / 3D scanner
- ・ 日本語：地上型レーザスキャナ / 測域センサ
- ・ 計測対象に触れることなく地形や構造物の3次元データを取得可能なノンプリズムの計測機器。
(デジタルカメラの各画素に対して、XYZ座標が得られる)
- ・ トータルステーションと同様に、光波測距儀と測角器械を用いて、距離と角度を計測する。
- ・ TLS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。

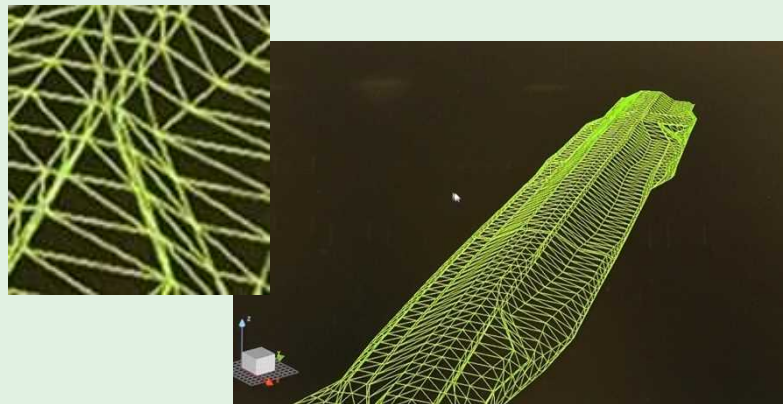


- 面的な点群データを、高密度・広範囲に、短時間で取得する。



- **3次元設計データの構成要素**

- 平面線形、縦断線形・横断面形状を構成要素とし、面的な補完計算を行ったもの。



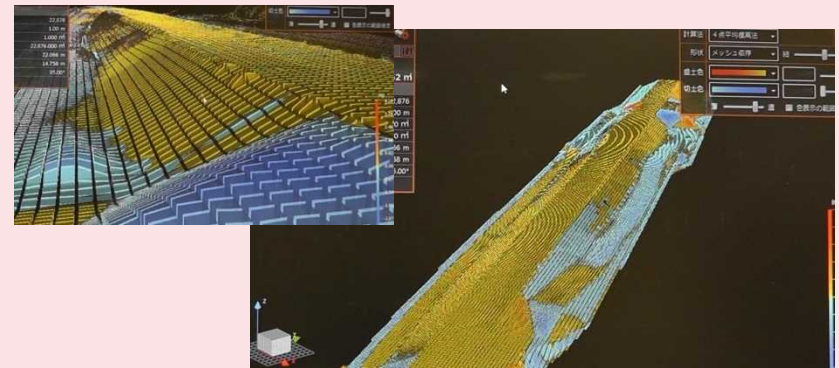
- **TINデータ**

- 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。



- **計測点群データ**

- 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。



- **出来形管理図(ヒートマップ)**

- 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。

MC・MGとは？

MC: マシンコントロール
Machine Control

作業機の位置を計測し
システムが油圧を制御し
作業機を自動でコントロール



フルオート

MG: マシンガイダンス
Machine Guidance

作業機の位置を計測し
表示・誘導するシステム
(オペレータの操作をサポート)



マニュアル

マシンコントロール (MC) 概要



GNSS アンテナ
GNSS (GPS・GLONASS) からの
信号を受信する
アンテナ



GNSS 受信機

GNSS 受信機
GNSS受信機はGNSS (GPS・
GLONASS) からの信号を処理して、
リアルタイムに車体(アンテナ)の
位置を検出する。



ICTセンサコントローラ
ストロークセンサ付きシリンダ
とIMU(慣性)センサからの信
号を演算用加工し、バケッ
ト刃先の位置を作業機コント
ローラに伝達する。

作業機コントローラ
刃先の現在位置・設計面から
必要な動作量を制御する。
後述の自動整地アシスト、自
動停止を制御する。

コントロールボックス
マシンコントロール用の大画
面モニター、タッチスクリーン
操作になっている。



マシンガイダンス (MG) 概要

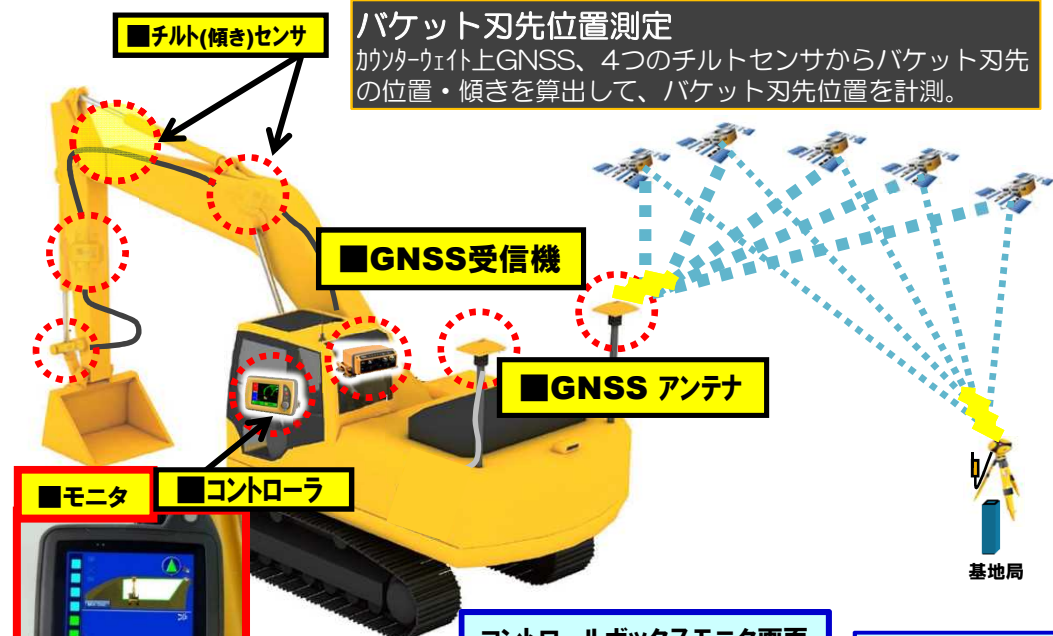


マシンガイダンス機能は、GNSSにより車両位
置・方向を測位し、各種センサにより刃先の位置を
測位して、設計データとの差分をモニターに表示する。

オペレータはモニタの
設計面と刃先の位置を
確認しながら操作する。



【MC・MGバックホウ】



バケット刃先位置測定

かつりーウェイト上GNSS、4つのチルトセンサからバケット刃先
の位置・傾きを算出して、バケット刃先位置を計測。

■モニタ



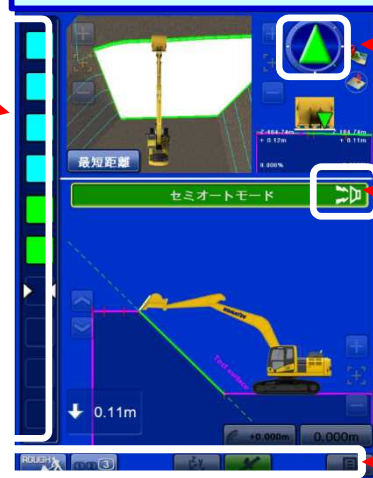
■コントローラ

マッピング表示
GNSSアンテナと
車両センサを用いて、
バケット軌跡で
仕上り面をモニター
で確認が可能。

ライトバー

目標面に対するバケッ
ト刃先位置を色でナビゲート。
画面左側に大きく表示さ
れ、レバー操作しながら確認
でき効率良く作業が可能。

コントロールボックスモニター画面



正対コンパス

目視では合わせにくい目標面
に対するバケット刃先の正対度を、
矢印の向きと色でナビゲート。
正対させるのが簡単に面施工
で特に威力を発揮。

サウンドガイダンス

目標面に対するバケット刃先位
置を音でナビゲート。
刃先を注視する作業などライ
トバーを見ることができない状況
で有効。

イメージしやすい
3D表示

車体・設計面とも実写に近い
3Dで表示可能。

アイコン操作

階層の深いメニュー操作でなく、
よく使うメニューをアイコン表示
し、直感的な操作が可能。

3D-MGバックホウを活用
した受注者の感想

水中部など、目視が困難な箇所
で有効な技術。また、機械の施工精
度も高い。

モニターに合わせて施工するため、
オペレータの技量に左右されない。
効率もアップした。

【MC・MGブルドーザ】

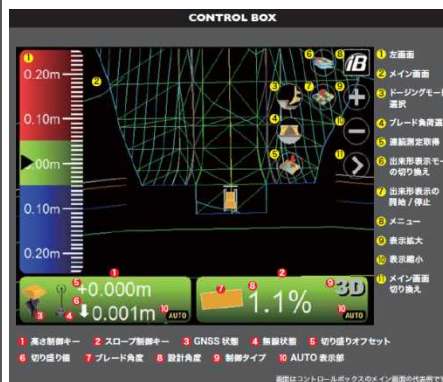
MCブルドーザ

オペレータは、車両の前後左右の操作のみを行い、ブレードは自動で設計面に合わせて上下する。



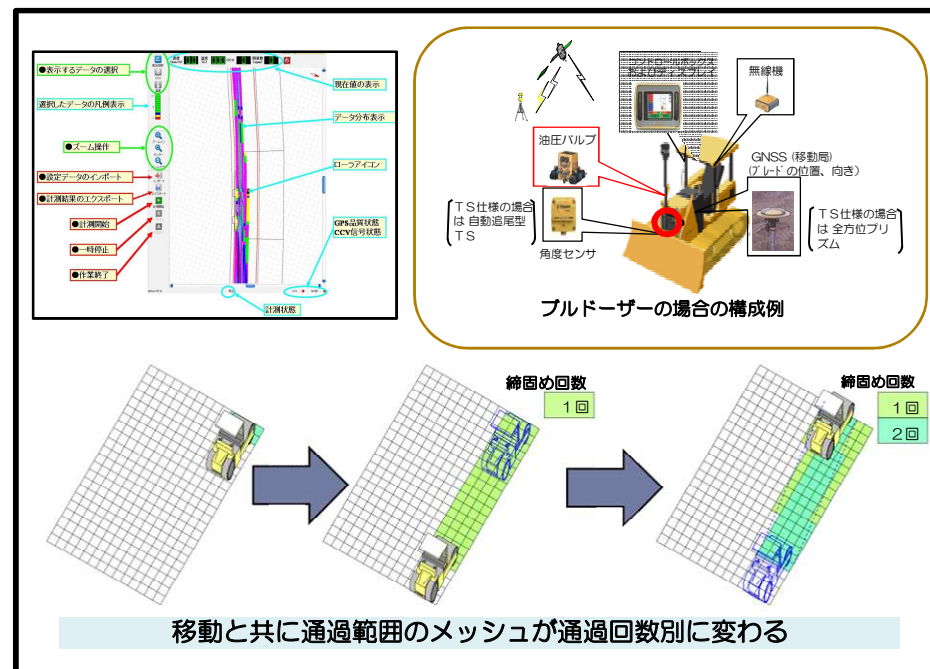
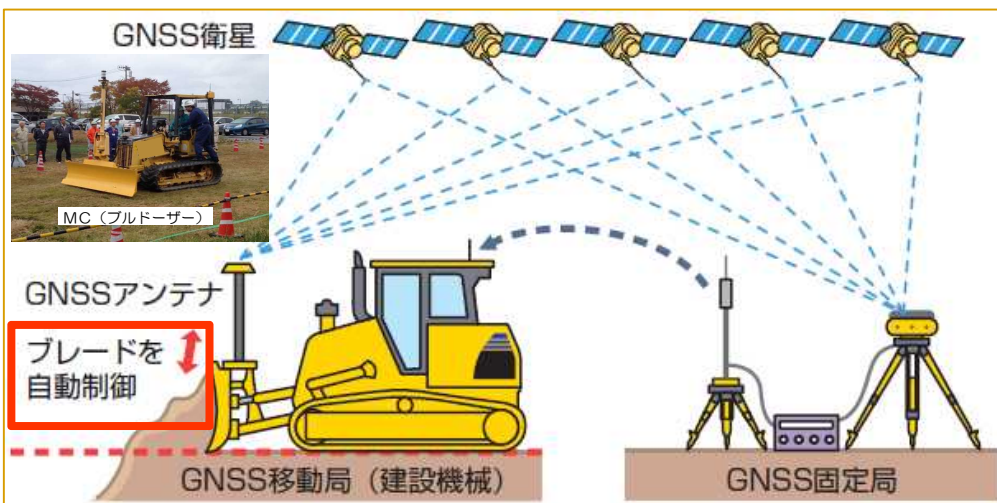
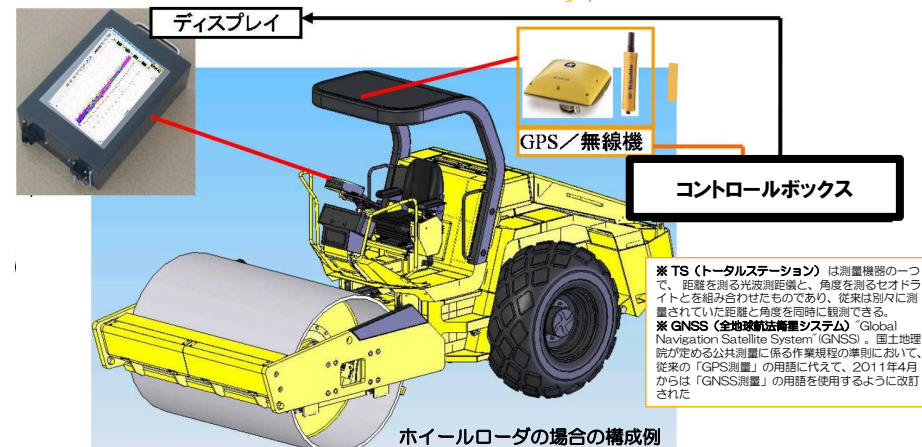
MGブルドーザ

オペレータは、モニタに映し出される設計データと現地データとの差分を確認して操作を行う。設計面を削ろうとすると車体及びブレードの動作に制限がかかる。



【TS・GNSSによる締固め管理】

TS・GNSSを用いた締固め管理技術の構成例
(RTK-GNSSを用いた場合の構成例)



ICT活用工事(土工)の流れ

ICT活用工事の流れ

①起工測量

②3Dデータ作成

③ICT建機準備

④出来形管理

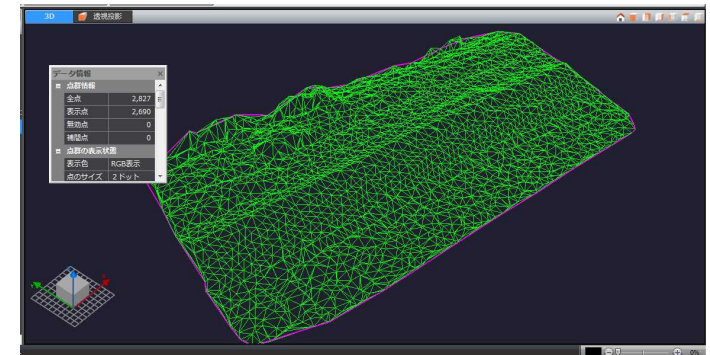
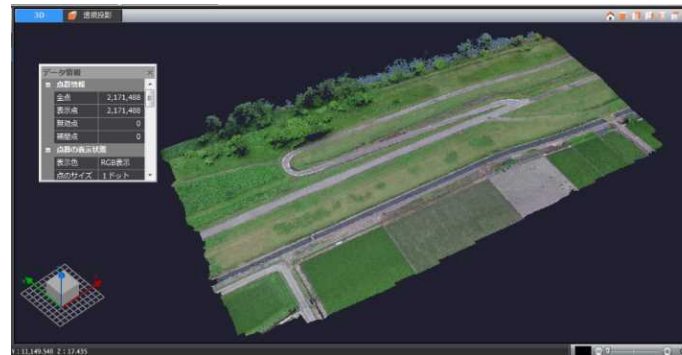
⑤完成検査

◎UAV空中写真測量 or レーザースキャナ（TLS）による3次元起工測量

起工測量は、
工事着手前の現況地形を把握することを目的として、
測量したデータから面データを作成する。

計測方法は

- ・UAV空中写真測量
- ・TS、TS（ノンプリ）
- ・LS、LS搭載UAV
- ・その他の3次元計測技術併用する事も可能



①起工測量

②3Dデータ作成

③ICT建機準備

④出来形管理

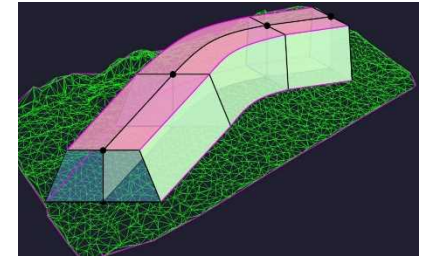
⑤完成検査

◎ 発注図書を基に3次元設計データを作成

3次元設計データは目的に応じて複数作成する場合がある。

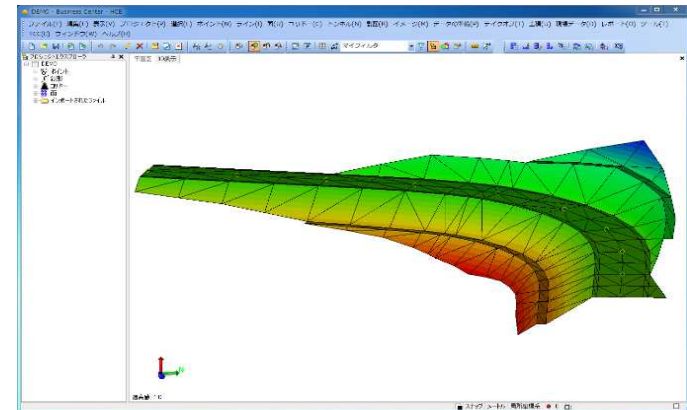
1. 設計照査を行うための3D設計データ

設計図書とおりの形状を3Dデータ化して起工測量データと重ね、設計内容、数量を確認すると共に、必要に応じて設計変更を実施する



2. ICT建機用の設計データ

設計照査用の3D設計データは最終形状（工事完成形状）なので、ICT建機の作業内容に合わせた3Dデータを作成する



ICT活用工事の流れ

①起工測量

②3Dデータ作成

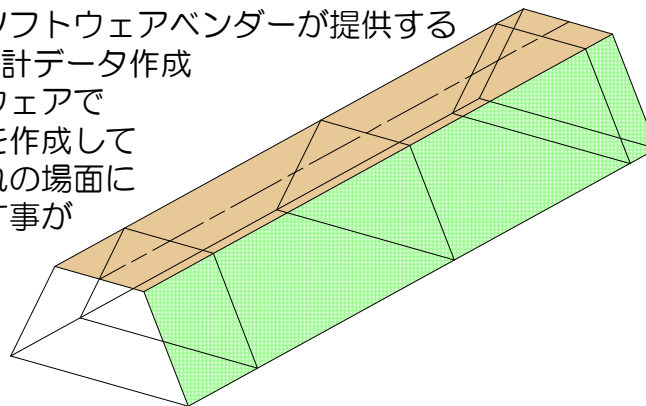
③ICT建機準備

④出来形管理

⑤完成検査

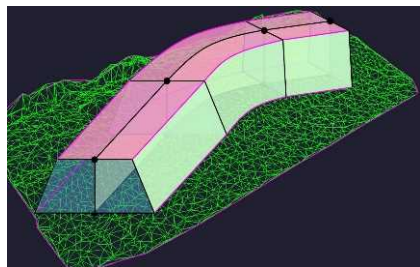
3次元設計データ

建設系ソフトウェアベンダーが提供する
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



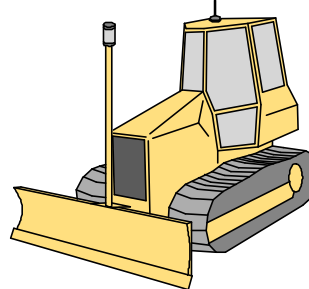
設計照査、変更

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



ICT建機の施工

3次元ICT活用工事
を行うための
マシン搭載データ



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



ICT活用工事の流れ

①起工測量

②3Dデータ作

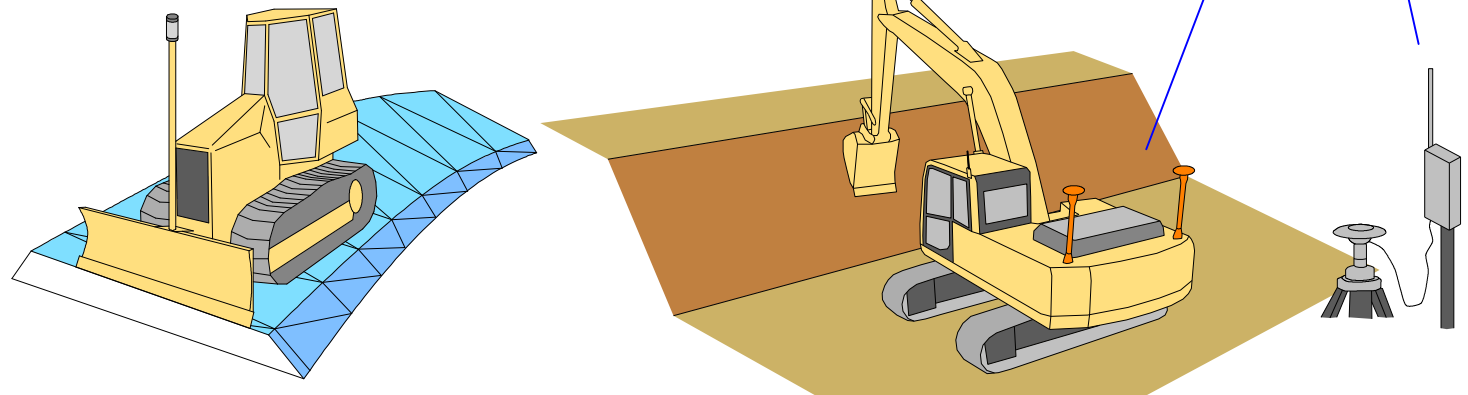
③ ICT建機準備

④出来形管理

⑤完成検査

◎ 3DMC, 3DMG等を活用した施工

1. 3D・MC/MGブルドーザ
盛土まき出し、敷き均しを実施
盛土面の3D設計データが必要
2. 3D・MC/MGバックホウ
掘削、法面整形等を実施
掘削、整形面の3D設計データが必要
3. 締め固め管理
締め固め面の2D/3D設計データが必要



ICT活用工事の流れ

①起工測量

②3Dデータ作成

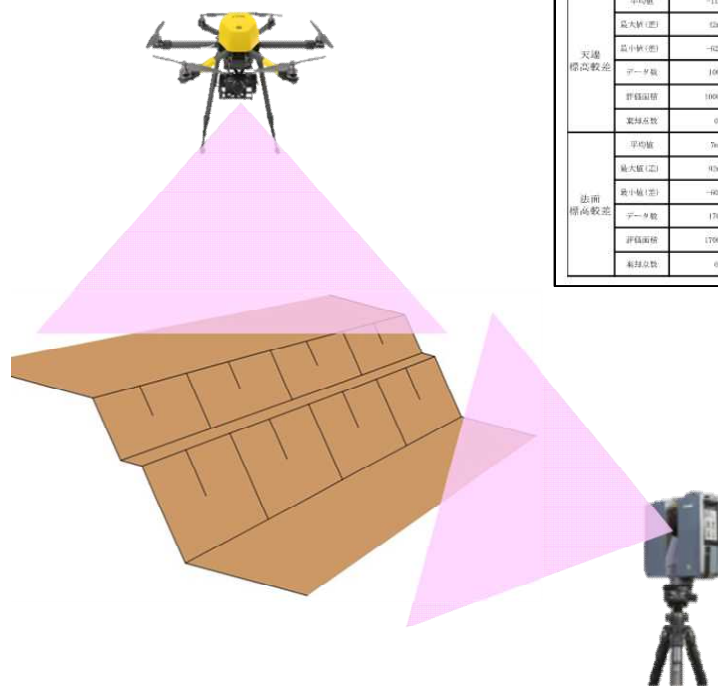
③ICT建機準備

④出来形管理

⑤完成検査

◎ ICT活用工事の出来形管理

出来形計測は、工事完成後の出来形形状を把握することを目的として、計測したデータから面データを作成し、3D設計データと対比して出来形管理帳票を作成する。



様式-31-2

出来形合算判定総括表

測点 No.1~No.3

合算判定結果

異常発生

工 種		道路土工		
種 別		盛土		
測定項目		規格値	判定	
天端 標高較差	平均値	-11mm	±30mm	異常発生
	最大値(正)	0mm	±100mm	
	最小値(正)	-62mm	±100mm	異常発生
	データ数	1000	1点/㎡以上 (1000/0.11, 1.1)	
	評価箇所	(1000)点		
累積点数	0	0.3%未満 (0.0/0.11, 1.1)	異常発生	
法面 標高較差	平均値	7mm	±30mm	
	最大値(正)	40mm	±140mm	
	最小値(正)	-40mm	±140mm	
	データ数	1700	1点/㎡以上 (1700/0.11, 1.1)	
	評価箇所	(1700)点		
累積点数	0	0.3%未満 (0.0/0.11, 1.1)		

天端の
ばらつき

法面の
ばらつき

評価値(1000点)

0

0

0

0

0

天端

+100

+80

+50

+20

+0

-20

-50

-80

-100

計測結果の“点群”密度は、
1点当り 0.01m^2 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)
帳票作成時は“出来形評価用データ”を
1点当り 1m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) に調整する

ICT活用工事の流れ

①起工測量

②3Dデータ作

③ ICT建機準備

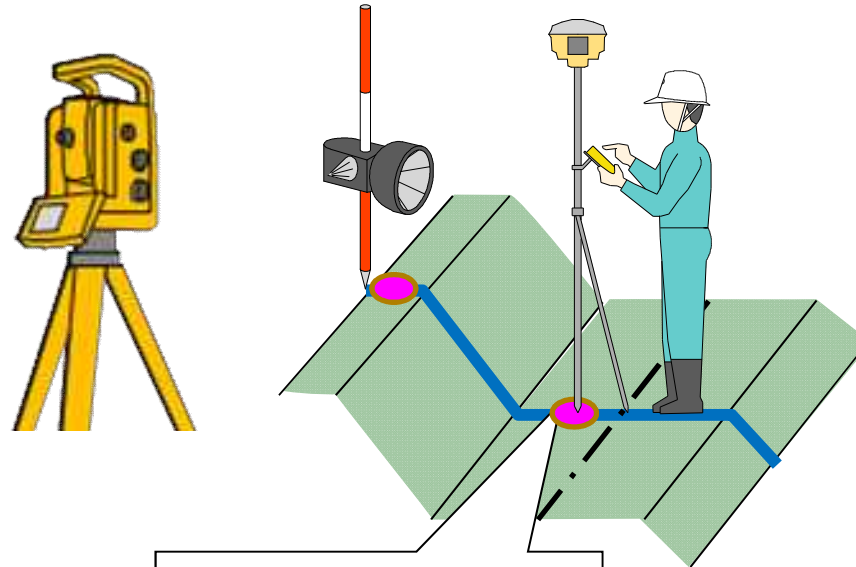
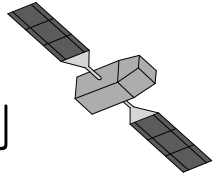
④出来形管理

⑤完成検査

◎ 3次元計測による実地検査

3D設計データを搭載したTS、GNSSローバーを利用して、検査官が指定する位置（断面）の計測を実施し、計測結果と3D設計データとを比較した結果を確認する

TS、またはGNSSローバーによる計測



この辺りの、横断面上
(i-Conでは、
任意の位置)

監督職員が指定する
横断面上の
平場、天端の任意点



ICT活用工事（舗装工）の流れ

- ICT土工同様、起工測量・各層の出来形管理を3次元計測すること、ICT建設機械で施工
- ICT建設機械のターゲットは路盤の敷均し作業のみで、路盤の締固めや舗装は対象外

3次元起工測量

地上設置レーザスキャナ・TSを活用した3D現況測量

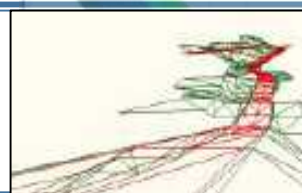


ポイント

- ・ 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を利用した路盤敷均し施工

(※)通常手法による路盤の締固め

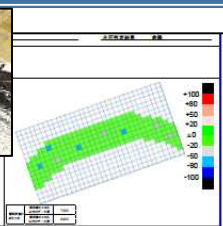


ポイント

- ・ 新たな出来形管理基準
- ・ 新たな出来形管理資料

3次元出来形管理等の施工管理

地上設置レーザスキャナ・TSを活用した施工層の出来形管理・計測

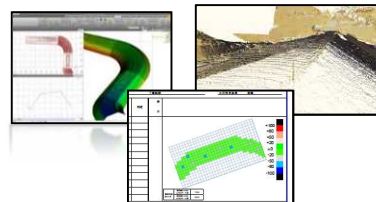


ポイント

- ・ 新たな納品形式
- ・ 書面確認事項
- ・ 実地検査の手法

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

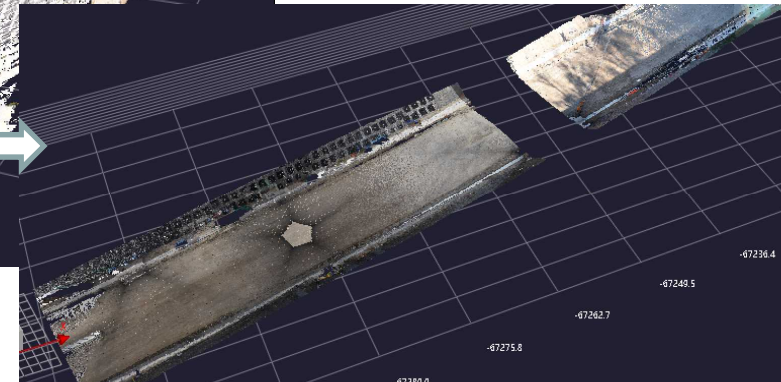
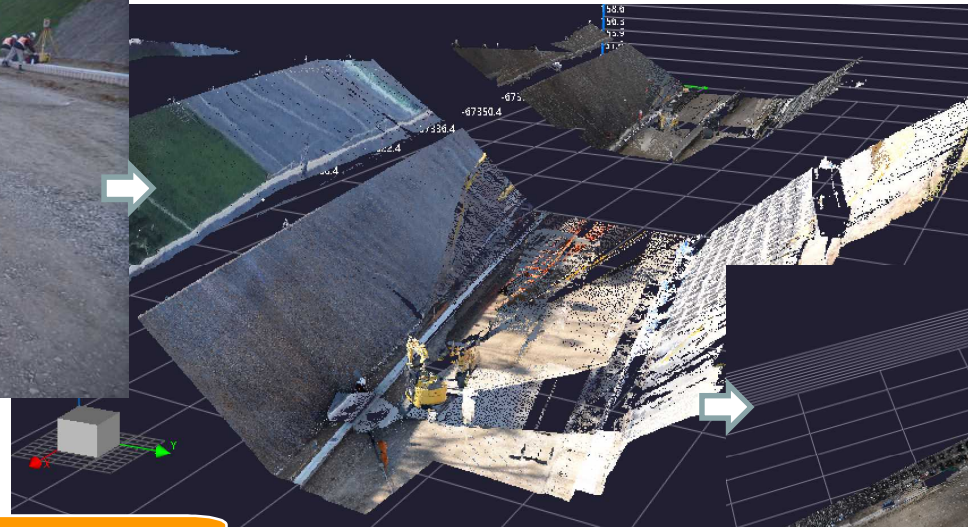


- ICT土工同様、レーザースキャナー等で面的に現況を計測、所定の点密度にフィルタリング(間引き)
- 計測結果は設計照査(現況に応じた舗装構成見直しや直上の層の数量変更)に活用

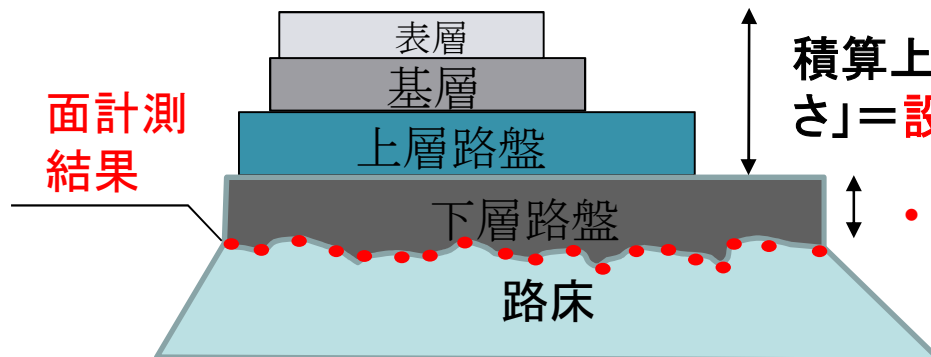
現況の面計測(レーザースキャナ等)



フィルタリング



(路床)直上の層の数量変更



積算上の「平均厚さ」=設計厚さ

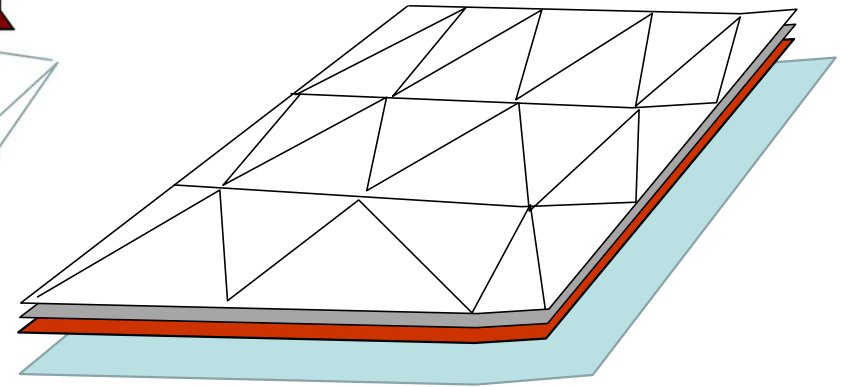
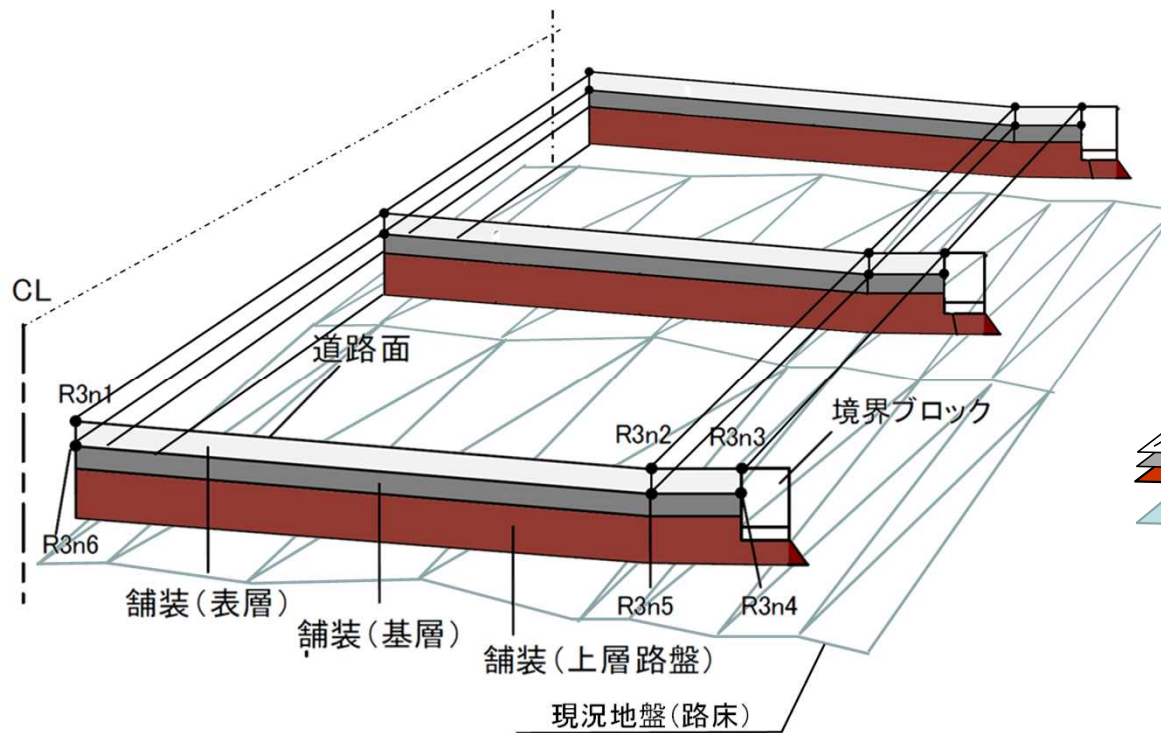
・ 積算上の「平均厚さ」=体積/面積

- 発注図面の与条件から、現況地盤の高さに応じて必要に応じて舗装構成を見直し、層毎に3次元設計データを作成

発注図から層毎の3次元設計データ作成

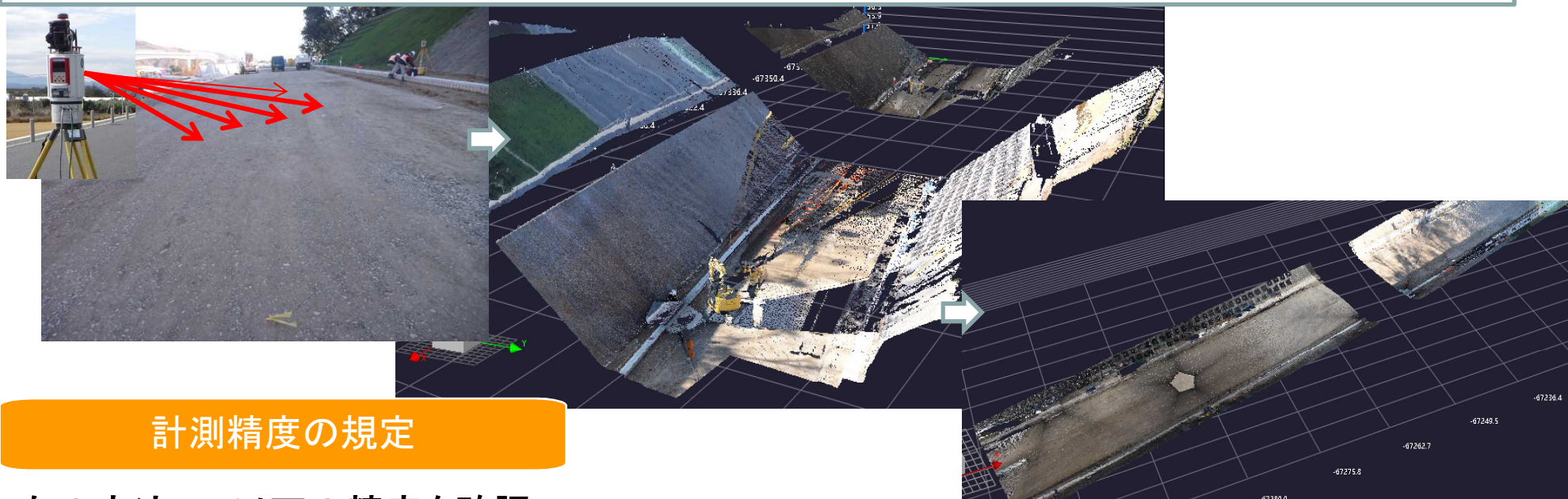


層毎のTINデータに変換



2:ICT舗装工の流れ③(3次元出来形管理-1)

- 各層毎にレーザースキャナー等で面的に現況を計測、起工測量同様にフィルタリング等の処理
- 出来形管理の計測精度については、対象層毎に20mm～4mmと設定される。
- 発注者に提出する精度確認手法は、1m²の中の計測値の標高の平均で評価



計測精度の規定

右の方法で、以下の精度を確認

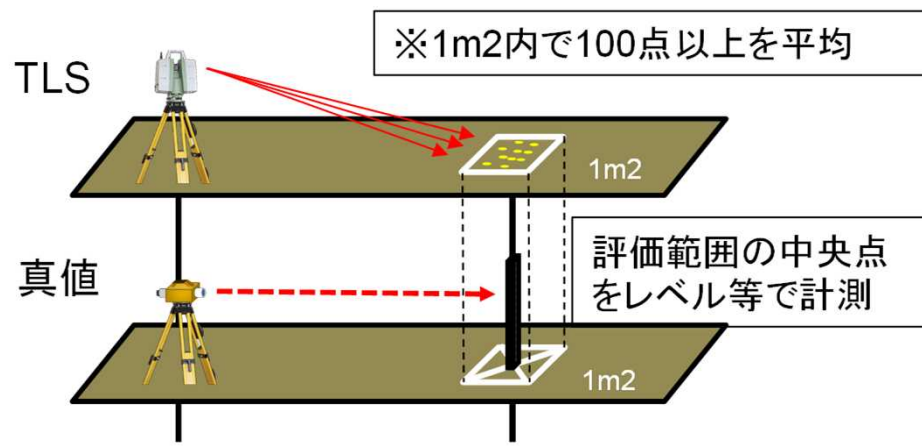
【鉛直方向】

- | | |
|------------|---------|
| ・路床表面 | ±20mm以内 |
| ・下層～上層路盤表面 | ±10mm以内 |
| ・基層～表層表面 | ±4mm以内 |

【平面方向】

±20mm以内

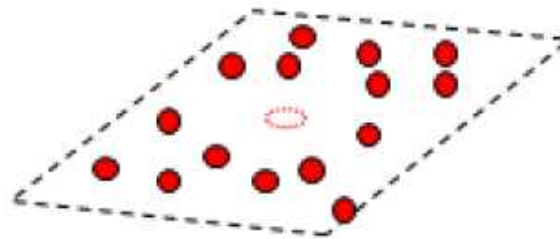
※ICT土工と同じ方法



- 地上型レーザースキャナーの計測結果をグリッド処理して評価密度(1点/m²)とする。
- 厚さの評価を採用する場合は下層のグリッド標高との比較、目標高さとの標高較差での評価を採用する場合は、設計データのグリッド標高と比較する。

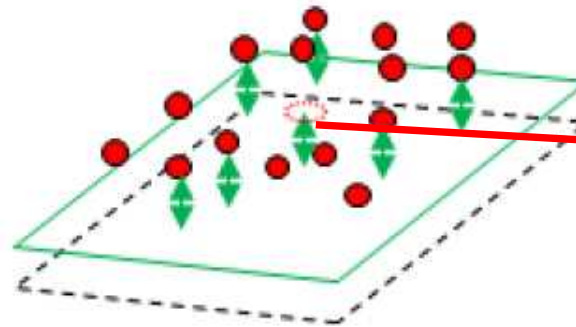
グリッドデータ化の2つの手法

1m²以内のグリッドに含まれるポイントすべての標高の平均値



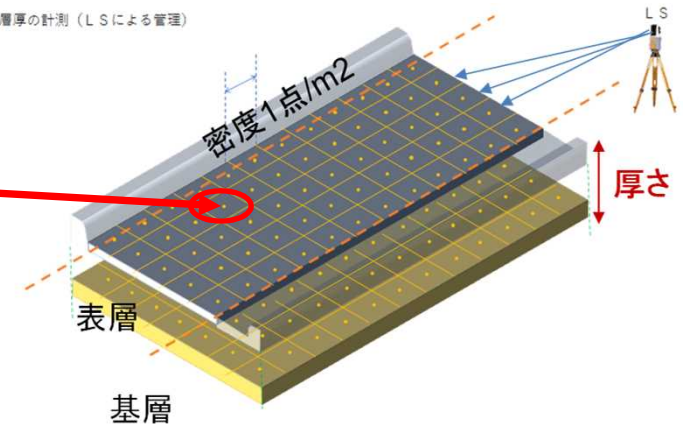
- 計測点群データ
- 出来形評価用データ

1m²以内のグリッドに含まれるポイントと設計面との差の最頻値を加えた標高



◇ 3次元設計データ

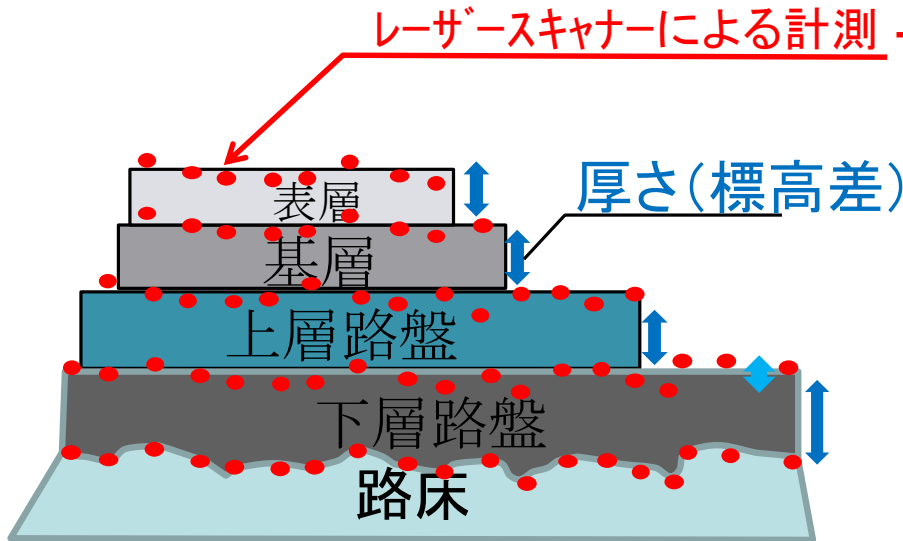
層厚の計測 (LSによる管理)



- 各層の出来形管理において、表層の管理(すなわち、表層の表面と基層の表面の計測)を除いては、レーザースキャナー以外での管理も許容される。
- 厚さは施工前後の表面の計測によりその標高差から算出されるが、厚さの代わりに設計面(＝目標高さ)との標高較差により管理することも認められる。

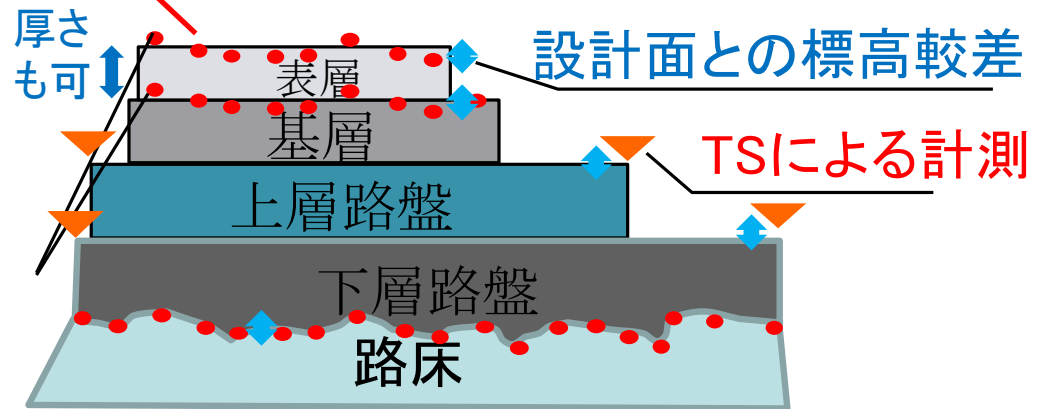
①基本的な考え方

- ・ 全て地上型レーザースキャナーで計測
- ・ 厚さは施工前後の実測の標高差で算出



②厚さを標高較差で管理

- ・ 地上型レーザースキャナーは表層及び基層の計測にのみ利用
- ・ 厚さに代え設計面との標高較差で管理

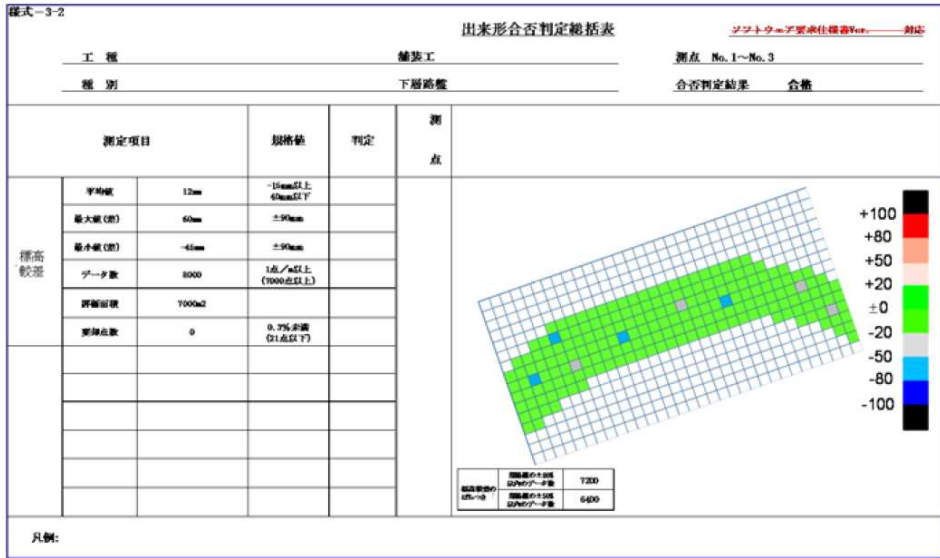


- 評価密度が格段に増えたのを受けて「個々の測定値」の規格値を見直し
- 管理項目として「幅」については、厚さの評価密度が増えたことにより省略(例外あり)

工種	計測箇所	個々の測定値		全点平均		計測密度および測定間隔	計測手法	備考
	単位 [mm]	中規模	小規模	中規模	小規模以下			
表層	厚さあるいは標高較差	-17	-20	-2	-3	1点/m2以上	TLS	・標高較差は、直下層の目標高さ＋直下層の標高較差平均値＋設計厚さから求まる高さとの差 ・個々の計測値の規格値には計測精度として±4mmが含まれている
	平坦性			2.4以下		1.5m毎	3mプロフィルメーター等	
基層	厚さあるいは標高較差	-20	-24	-3	-4	1点/m2以上	TLS	・標高較差は、直下層の目標高さ＋直下層の標高較差平均値＋設計厚さから求まる高さとの差 ・個々の計測値の規格値には計測精度として±4mmが含まれている
上層路盤	厚さあるいは標高較差	-54	-63	-8	-10	1点/m2以上	TLS	・標高較差は、直下層の目標高さ＋直下層の標高較差平均値＋設計厚さから求まる高さとの差 ・個々の計測値の規格値には計測精度として±10mmが含まれている
下層路盤	厚さあるいは標高較差	±90		-15以上 40以下	-15以上 50以下	1点/m2以上	TLS	・個々の計測値の規格値には計測精度として±10mmが含まれている。

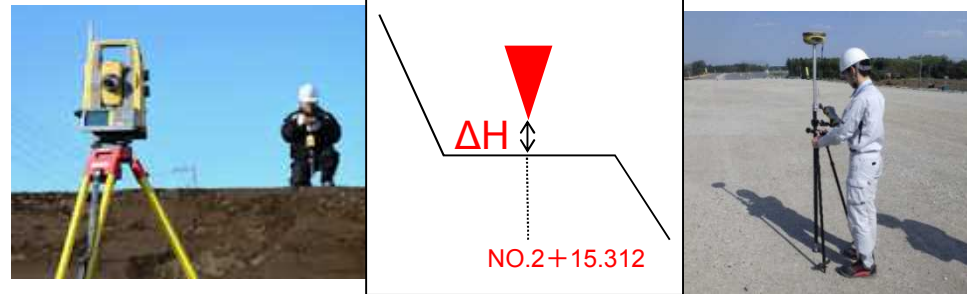
(※) 個々の測定値に対する規格値は、99.7%が規格値に入ればよいものとする。

- 出来形管理帳票については、ICT土工同様に、管理項目の処理結果とヒートマップ



実地検査の確認内容の概要

- 検査職員は、現地では出来形管理用TSやGNSSローバーの誘導機能を使用して、自らが指定した箇所の出来形計測を行い、3次元設計データの設計面と実測値との標高差が規格値内であるかを検査する。



- 【検査】 確認する書類、実地検査の内容もICT土工と同様

書面検査の確認内容の概要

- 監督職員の確認・把握内容を確認
 - ・ 施工計画書、3次元化の実施、3次元設計データチェックシート、精度確認結果報告書
- 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否かを確認
- 分布図の凡例に従いバラツキ判定(成績評定)

6-2 出来形計測に係わる実地検査

検査職員は、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の出来形計測を行い、3次元設計データの目標高さと実測値との標高差あるいは、設計厚さと実測厚さとの差が規格値内であるかを検査する。(中略) 検査頻度は表-2検査頻度のとおりとする。(中略)

工種	計測箇所	確認項目	検査密度
舗装工	検査職員の指定する任意の箇所	基準高、厚さ または標高較差	1工事 1断面

※基準高は、設計図書に表層の基準高が規定されている場合に実施
 ※厚さは、同一平面における直下層の高さとの差
 ※標高較差は、3次元設計データの設計面と実測値との標高差

i-Construction推進体制とサポートセンター

- 産学官が連携・情報共有し、各地域において建設現場の生産性向上に取り組むため、i-Construction 地方協議会を構築
- i-Constructionへの相談窓口として各地域にサポートセンターを設置

地方ブロック	i-Construction 地方協議会	サポートセンター
北海道	北海道開発局i-Construction推進本部 ICT活用施工連絡会	i-Constructionサポートセンター (北海道開発局事業振興部 011-709-2311)
東北	東北復興i-Construction連絡調整会議	東北復興プラットフォーム (東北地方整備局企画部 022-225-2171)
関東	関東地方整備局i-Construction推進本部	ICT施工技術の問い合わせ窓口 (関東地方整備局企画部 048-600-3151)
北陸	北陸ICT戦略推進委員会	北陸i-Conヘルプセンター (北陸地方整備局企画部 025-280-8880)
中部	i-Construction中部ブロック推進本部	i-Construction中部サポートセンター (中部地方整備局企画部 052-953-8127)
近畿	近畿ブロック i-Construction推進連絡調整会議	i-Construction近畿サポートセンター (近畿地方整備局企画部 06-6942-1141)
中国	中国地方 建設現場の生産性向上研究会	中国地方整備局i-Constructionサポートセンター (中国地方整備局企画部 082-221-9231)
四国	四国ICT施工活用促進部会(仮称)(H29.4予定)	i-Construction四国相談室 (四国地方整備局企画部 087-851-8061)
九州	九州地方整備局 i-Construction推進会議	i-Construction普及・推進相談窓口 (九州地方整備局企画部 092-471-6331)
沖縄	沖縄総合事務局「i-Construction」推進会議	i-Constructionサポートセンター (沖縄総合事務局開発建設部 098-866-1904)