

実践アイコンストラクション A：情報化施工のための基礎知識

協力：日立建機株式会社、日立建機日本株式会社

株式会社PCT

〒100-0005

東京都千代田区丸の内1-8-3 丸の内トラストタワー本館2階

TEL：03-3286-6555 FAX：03-3286-6556

<https://www.pctc.co.jp/>



A：情報化施工のための基礎知識	<ul style="list-style-type: none"> ・ i-constructionの基礎知識
B：ICT施工の現場準備	<ul style="list-style-type: none"> ・ TS、GNSSローバーによる座標・基準点計測 ・ TS後方交会設置、GNSS基準局設置 ・ 測量知識の基礎 ・ 簡単な3次元現況計測実習
C：写真測量と点群生成	<ul style="list-style-type: none"> ・ UAV写真測量の原理 ・ ドローンの飛行計画 ・ 実際の飛行と撮影 ・ SfMソフトによる点群作成等
D：3次元設計データ作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計図書の理解 ・ 専用ソフトによる作成 武蔵CAD：2次元図書から3次元設計データへ TRENDPOINT：UAVで撮影した写真を点群データへ ・ 汎用ソフトによる作成
E：ICT建機操作	<ul style="list-style-type: none"> ・ ICT建機稼働までの準備 ・ 作成したデータをICT建機に取り込み ・ MC/MG操作時の特徴理解と操作体験 ・ 135USXで、インフィールドによる平面設計とMC掘削 ・ 3次元設計データによるMC法面掘削と整形 ・ PATブレードでインフィールド設計とMC敷き均し



	始	～	終	所要時間 (分)	講習内容
1	13:00	～	13:05	0:05	オリエンテーションと導入
2	13:05	～	13:15	0:10	建設業の課題とICTの必要性
3	13:15	～	13:35	0:20	従来の施工方法
4	13:35	～	13:50	0:15	起工測量 ～「点」から「面」の測量への転換～
	13:50	～	14:00	0:10	休憩10分
5	14:00	～	14:15	0:15	2次元図面から3次元設計データへ
6	14:15	～	14:25	0:10	丁張設置⇒施工⇒計測に 代わる「ICT建機」
7	14:25	～	14:30	0:05	出来形管理・検査、3次元データの納品
8	14:30	～	14:35	0:05	現状の課題と対策
10	14:35	～	14:55	0:20	確認テスト
11	14:55	～	15:00	0:05	全体の振り返り、質疑応答・アンケート

※カリキュラムは、都合により変更になる場合があります。

● 建設産業が抱える主な課題

① 担い手不足

労働人口の減少と、若年層離れ

② 労働災害の多発

危険作業の代表格か？

③ 労働生産性の低迷

“土木作業員”の人力に頼る現状？

④ 品質の不均一

品質管理を行う箇所は決まっている

⑤ 働き方改革への対応

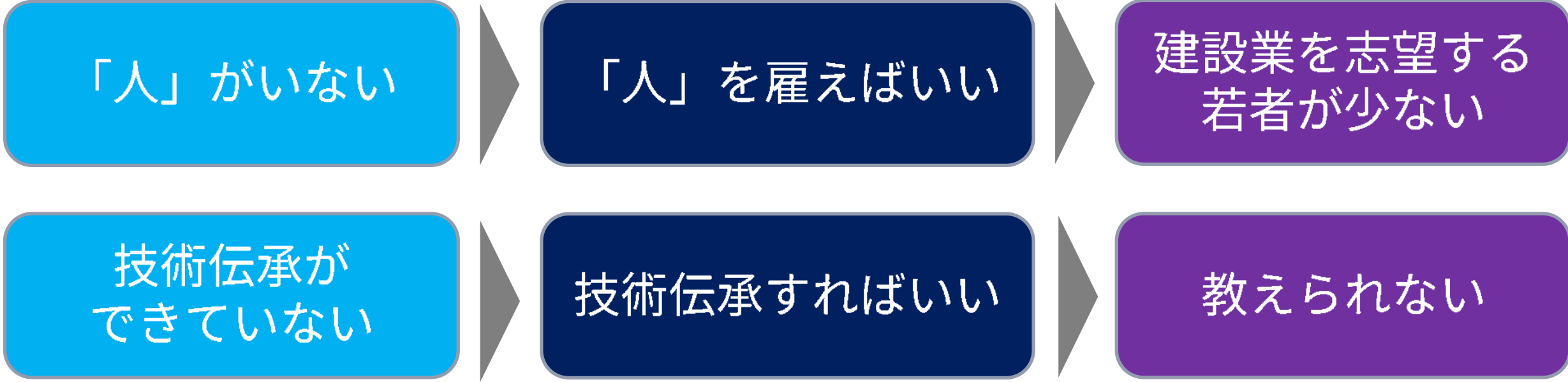
自由に残業させていた業界

i-Construction とは？

建設業は、社会資本の整備の担い手であり、我が国の国土保全上**必要不可欠な「地域の守り手」**

建設業の**賃金水準の向上**や、**休日の拡大**等による働き方改革とともに、生産性向上が不可欠

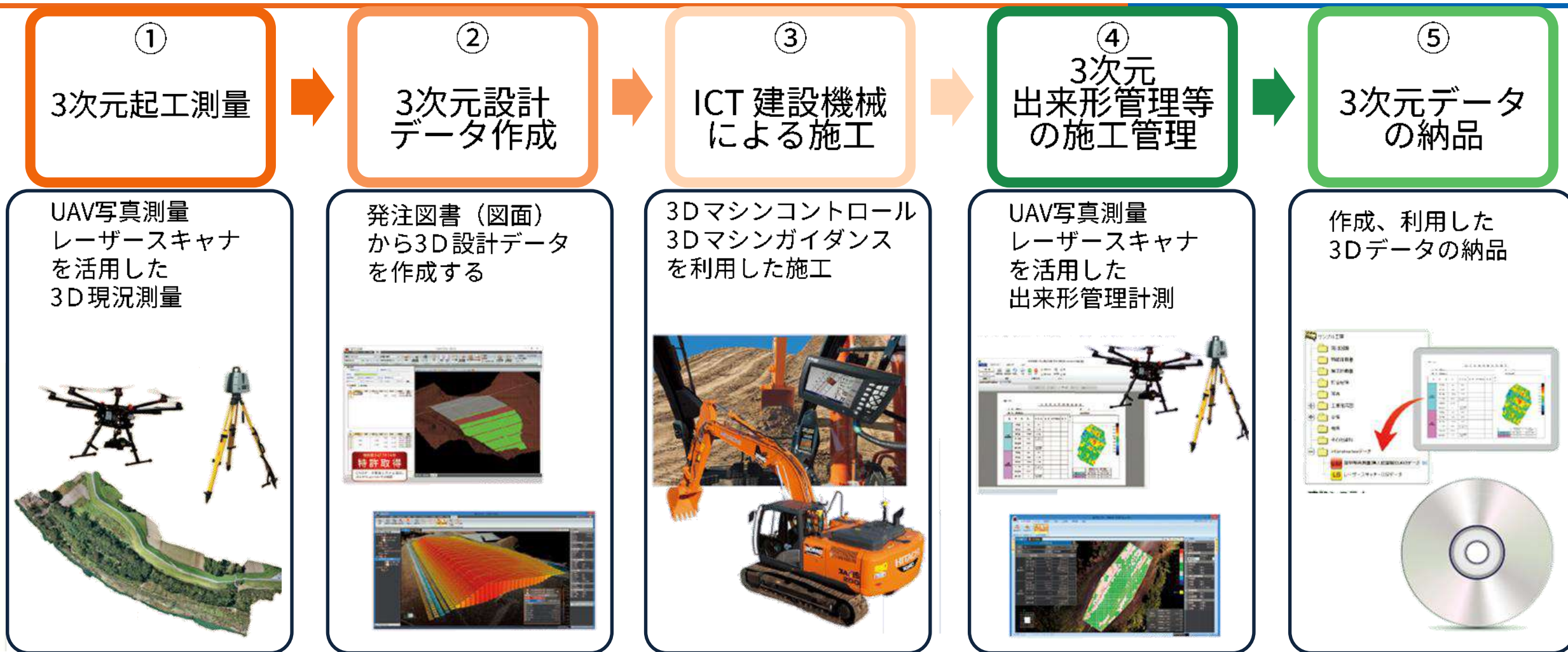
調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を**2025年度までに2割向上を目指す！**



「人」の課題と、「技術不足」の課題の両方を同時に解決するソリューション

i-Construction

国土交通省の「i-Construction」の実施フロー



ICT活用工事とは上記5つのステップすべてにおいて、ICTを活用する工事のことです。

簡易型ICT活用工事とは？（監督職員と協議）



①3次元起工測量 と ③ICT建機による施工 は、必須ではない！ 選択できます。

従来施工

ICT土工の活用効果 N=296



主に測量計測・丁張設置・管理にて効果あり

起工測量～工事完成
約**30%**縮減

ICT施工



■ 起工測量 ■ 3D設計 ■ 施工 ■ 出来形管理 ■ 出来形検査 ■ 電子納品

※ R2.3.31時点

出典元：国土交通省



UAV測量

ICT建機

検査・納品

従来手法

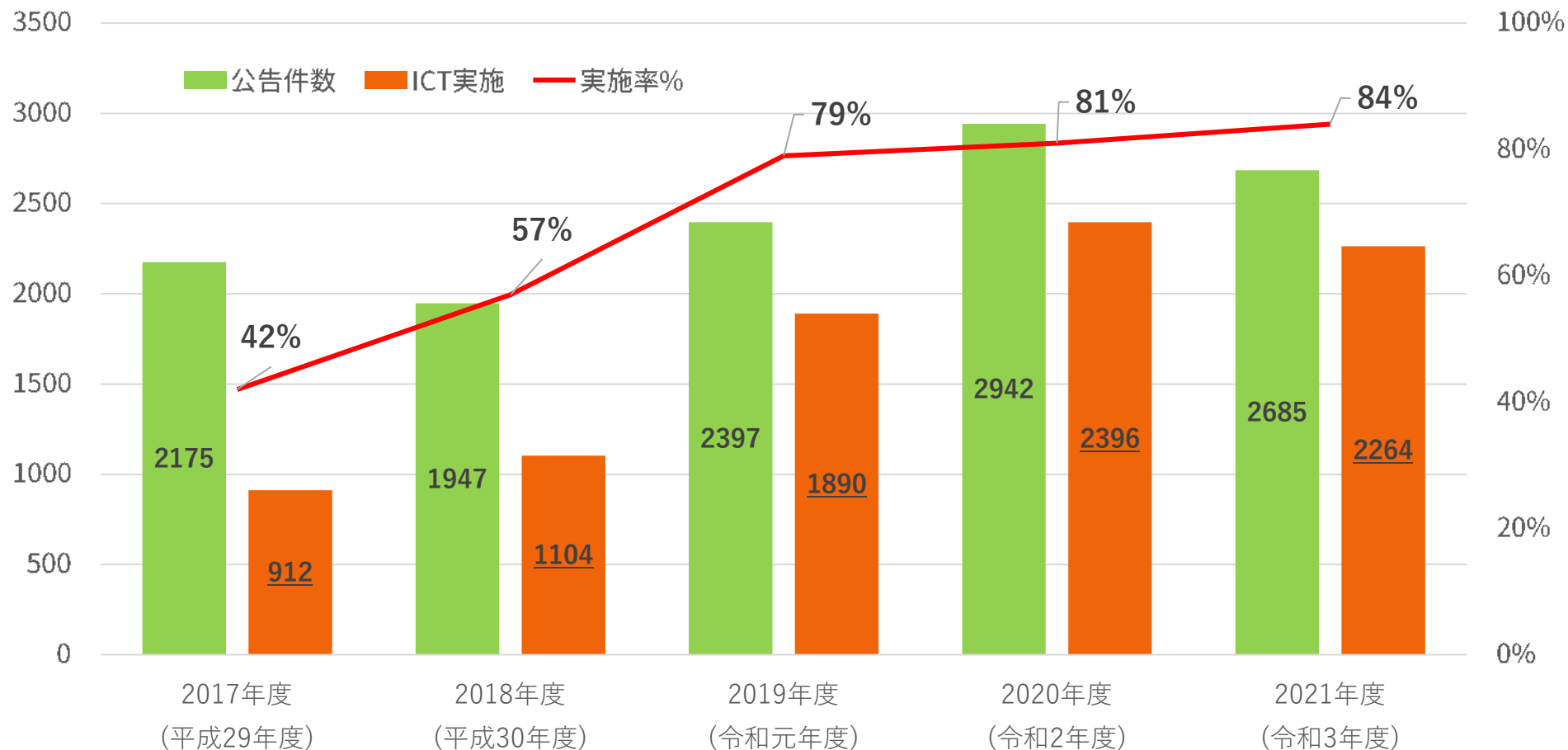
平均日数 **170.3**人日

ICT施工

平均日数 **111.0**人日

i-Construction の傾向

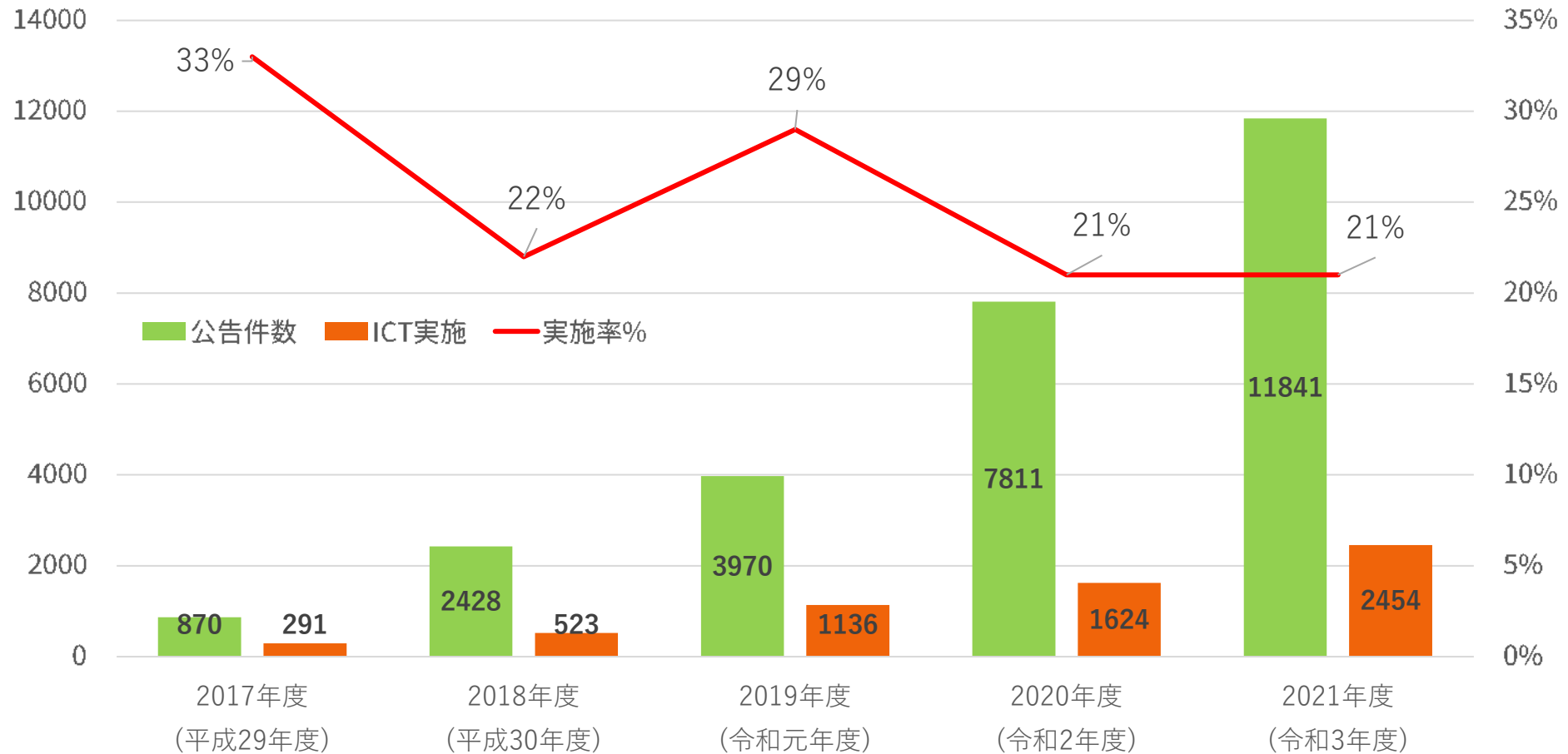
ICT施工の実施率（国土交通省発注工事）



公告件数、ICT実施件数 = **増加**
2021年度公告件数 = 84%で実施

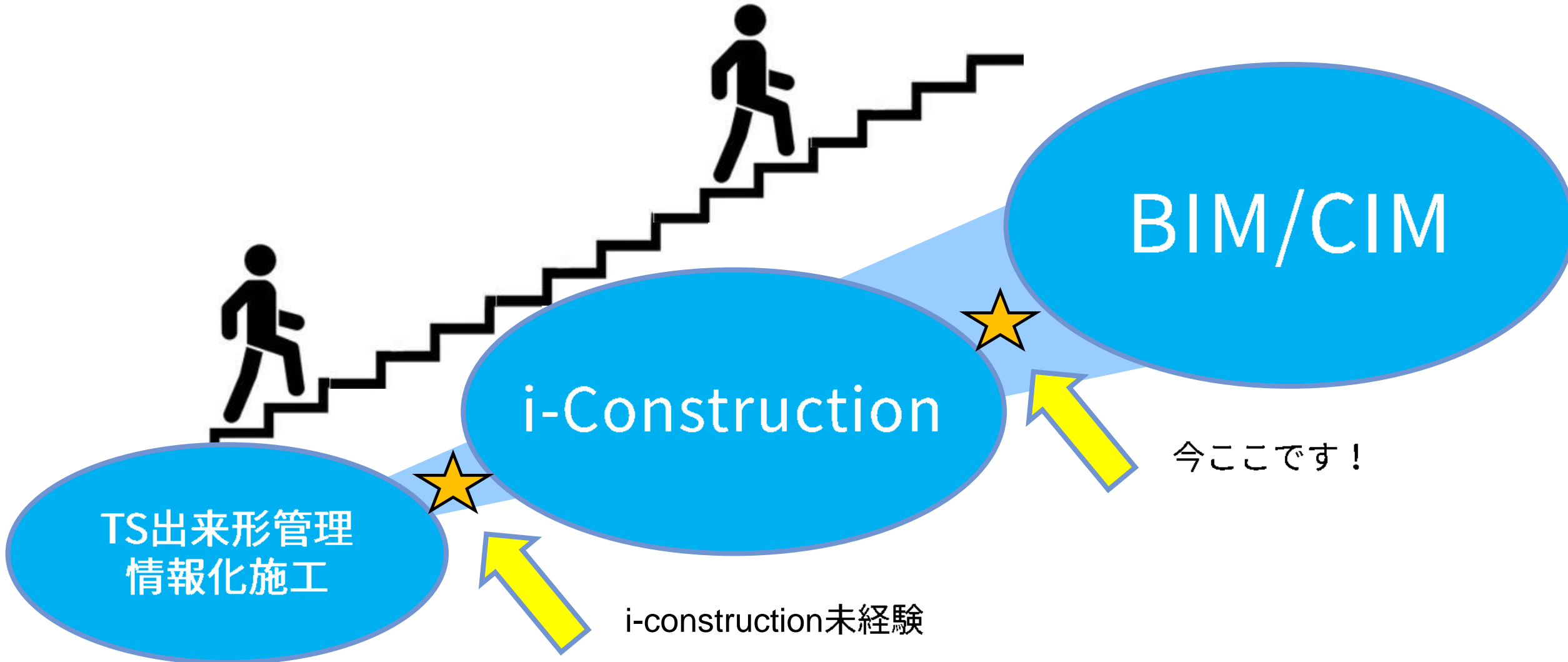
出典元：国土交通省ICT施工の普及拡大に向けた取組001631708.pdf (mlit.go.jp) を基にPCTがグラフ化

ICT施工の実施率（地方自治体・政令市発注工事）



公告件数 = **11841件**に**増加**
実施件数 = **増加**

出典元：国土交通省ICT施工の普及拡大に向けた取組001631708.pdf (mlit.go.jp) を基にPCTがグラフ化





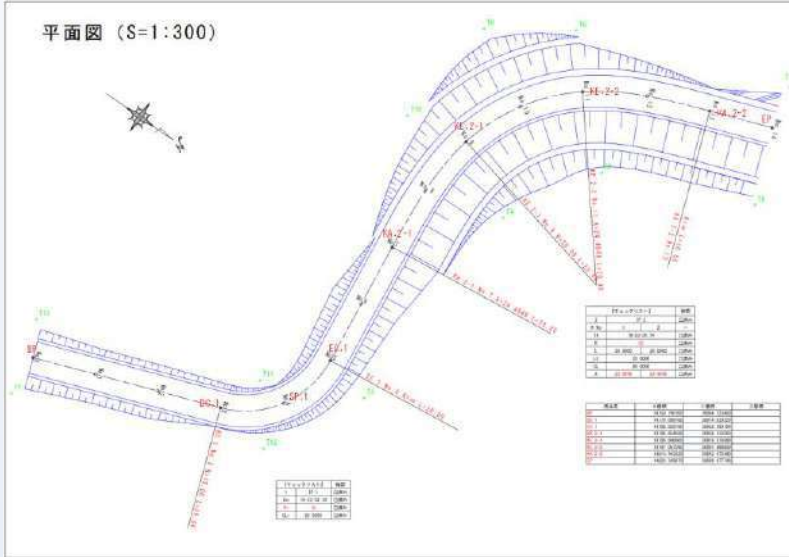
従来の施工方法

着工前測量から納品まで

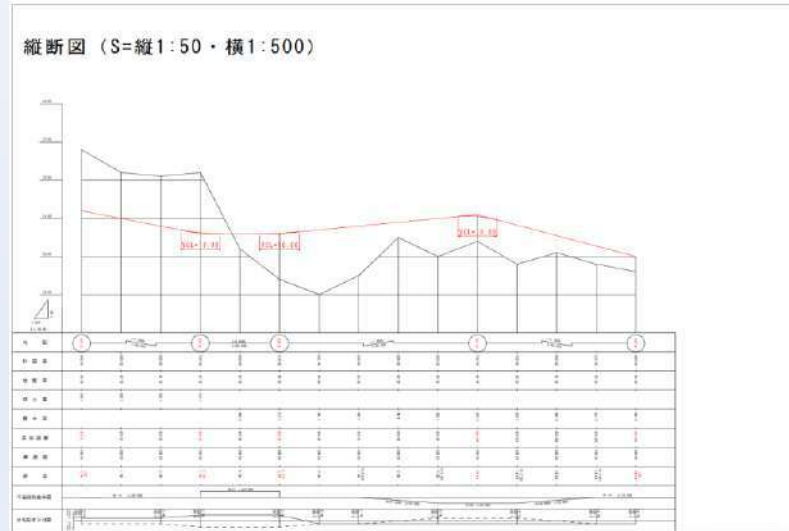
従来は・・・①着工前測量 設計図書から完成を想像する



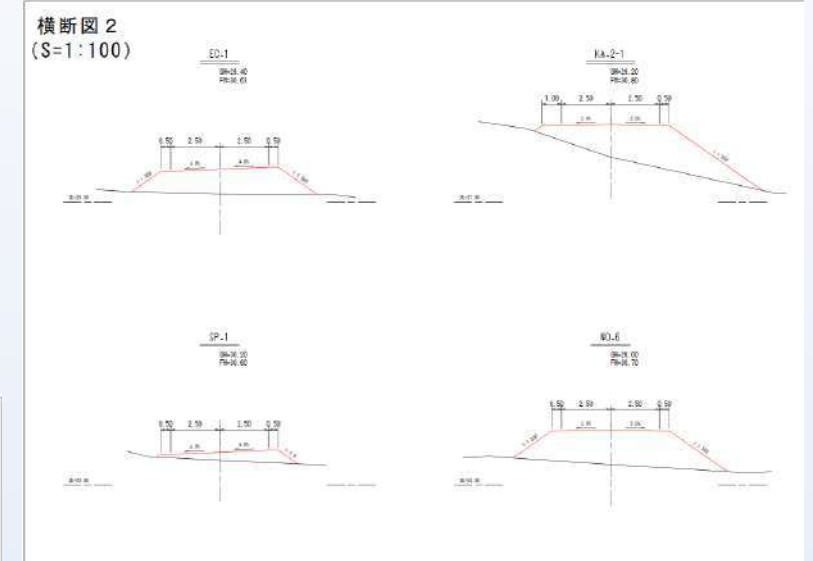
まずは受領図面から現場での位置を特定する



平面図



縦断面図



横断面図

図面には位置を特定できる記号が存在する

◆ 道路の線形用語 ◆

- BP (Beginning Point) 線形の始点
- EP (End Point) 線形の終点
- BC (Beginning Curve) 単曲線の始まり
- EC (End Curve) 単曲線の終わり
- IP (Intersection Point) BCとECの接線方向角の交点
- KA (Klothoiden Anfangspunkt) クロソイド曲線の始まり
- KE (Klothoiden Endpunkt) クロソイド曲線の終わり

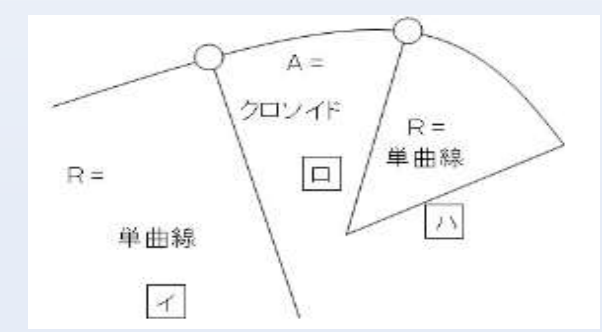
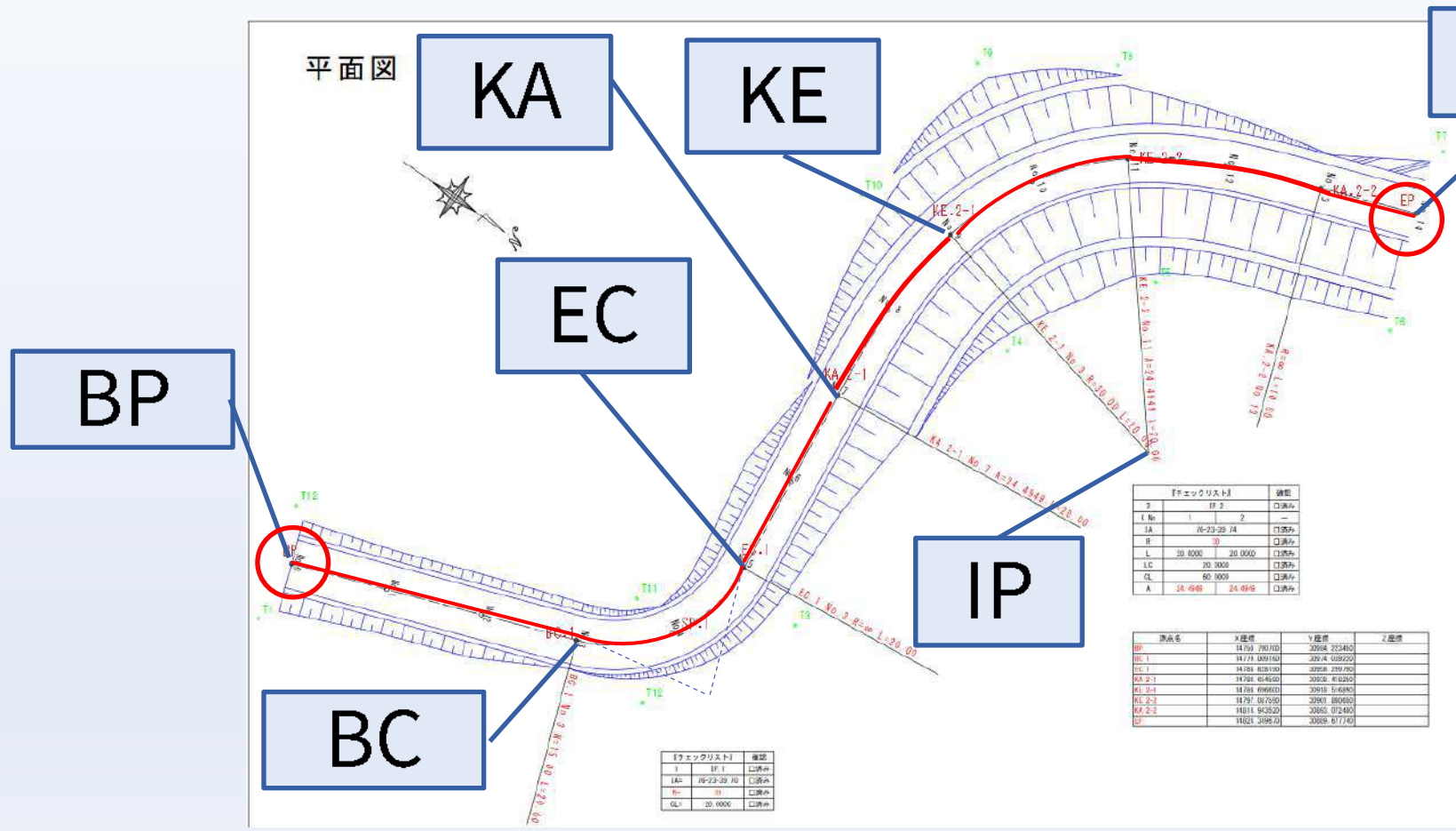
※クロソイド曲線とは
車の速度を一定とし
ハンドルを一定の
角速度で回した時に
車が描く軌跡

これらの「点」に座標が存在します。

従来は・・・③着工前測量 割り出した位置情報から路線をくむ

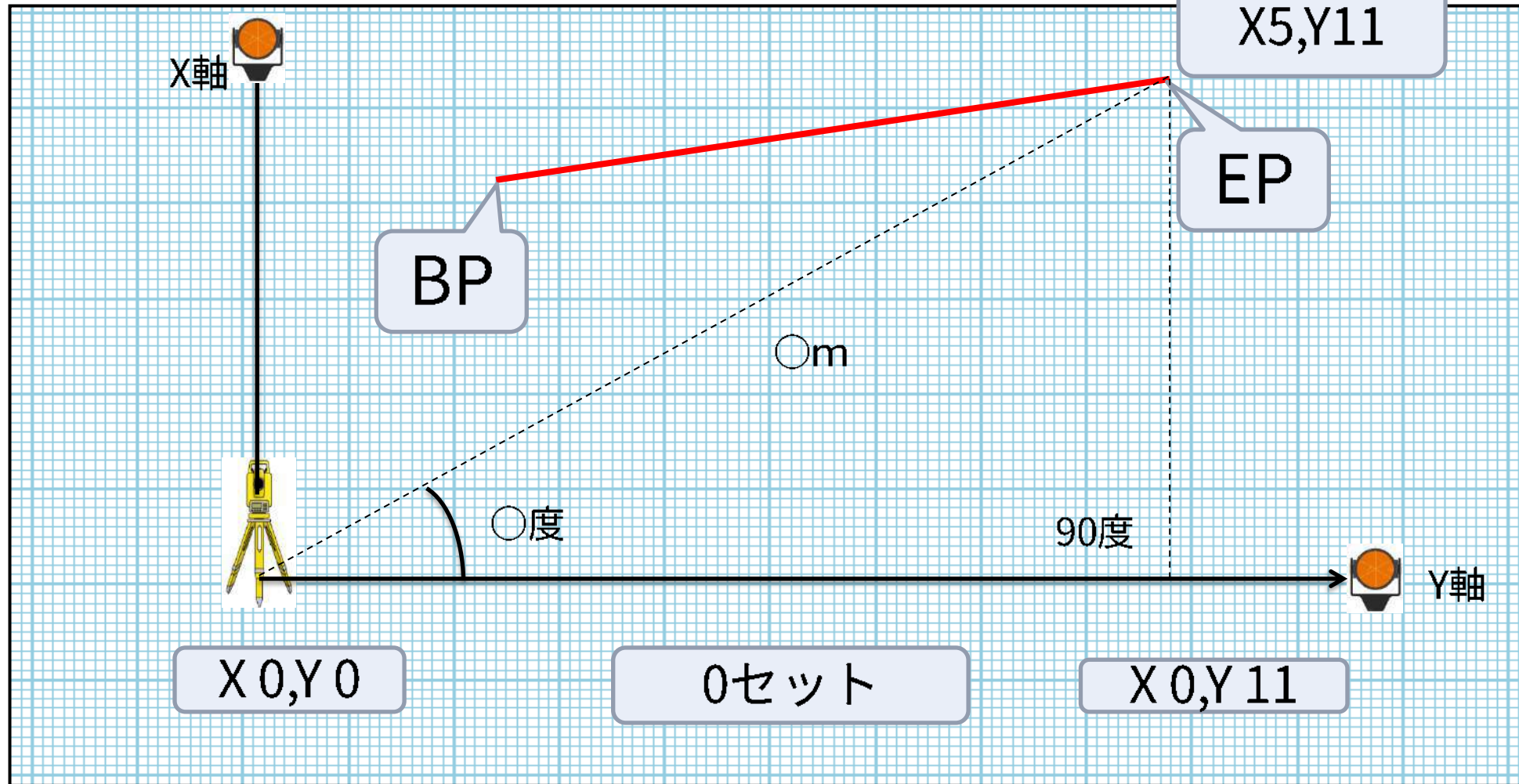


道路は**直線**・**単曲線**・**クロソイド曲線**で構成される！

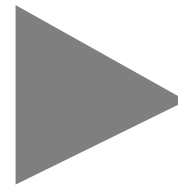
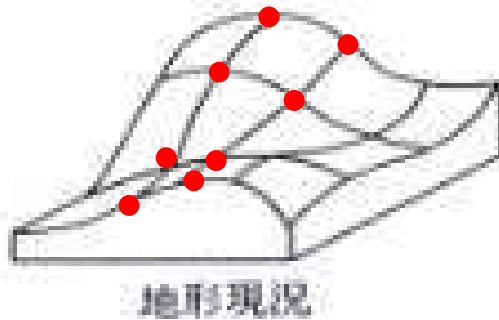
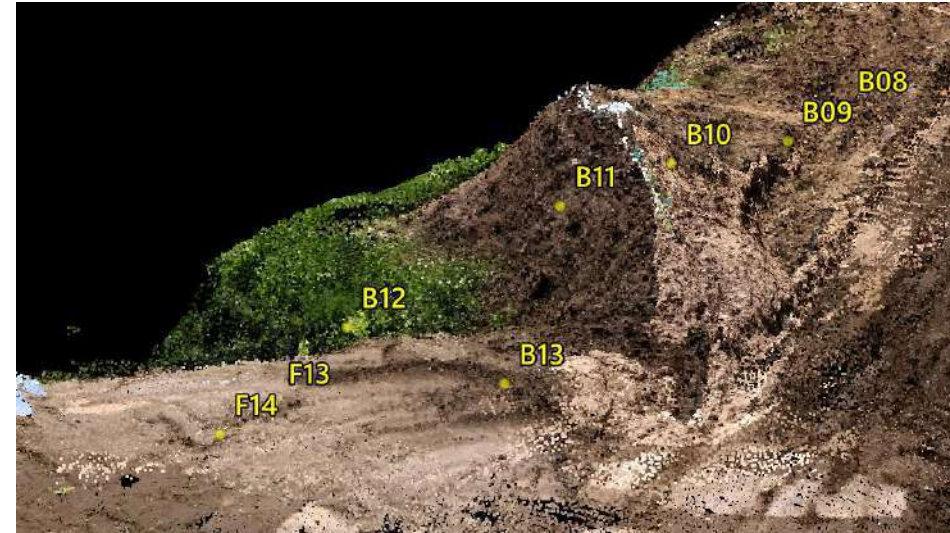


従来は・・・④着工前測量 角度・距離から丁張の位置をだす

三角形は、1辺の長さや2つの角度がわかれば・・・



現況の地形の変化点を1点1点測量機で計測しながら記録し、平均的な高さから長さから土量を計算する「**平均断面法**」と呼ばれる方法で土量算出をしていました



ここで算出した土量と設計の土量との差異をもって、設計変更手続きを行う

道路起点や幅杭・法尻・法肩の位置などを、あらかじめ計算してから角度と距離を求め、ミラーマン（プリズムを持つ人）がTSの正面に立って計測する。

難点①ミラーマンがTSの正面に立ち、望遠鏡の十字の中心に合わせるのが難しい。

そこで計測すると、距離が分かるので、今度は距離の調整を行う。

難点②前後の動きで、当然左右もぶれる可能性がある。

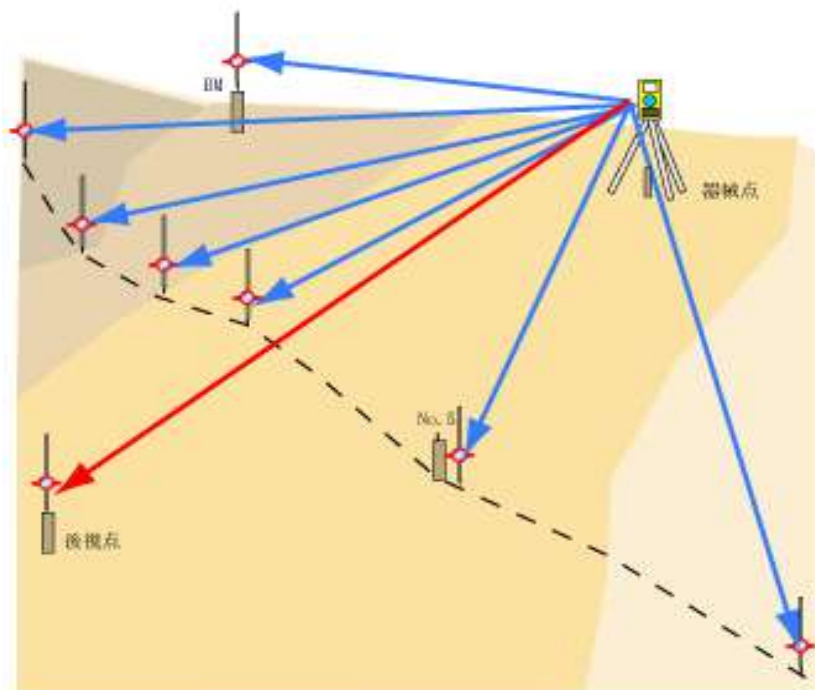
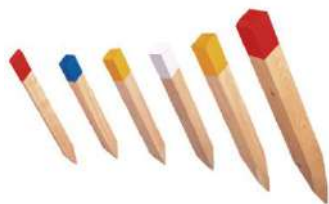
これを繰り返し、求点を探す。



出典元：国土交通省 TS（ノンプリズム方式）を用いた出来形管理の監督・検査要領（土工編）(案)

従来は・・・②丁張りの位置だし(逆打ち) 目串・杭をうつ

プラスチック目串 50本入れ



角度と距離から出したいポイント
に木杭を設置

従来は・・・③丁張設置 スラントを測り、木杭をうつ

道路は20mピッチ、河川は25mピッチで設置、
変化点があればそこも追加で設置。
それを両サイドなので×2。
高低差があればどれだけ大変か。

丁張は、施工及び確認の目印
これを間違ると・・・
設計と違うものが出来上がる



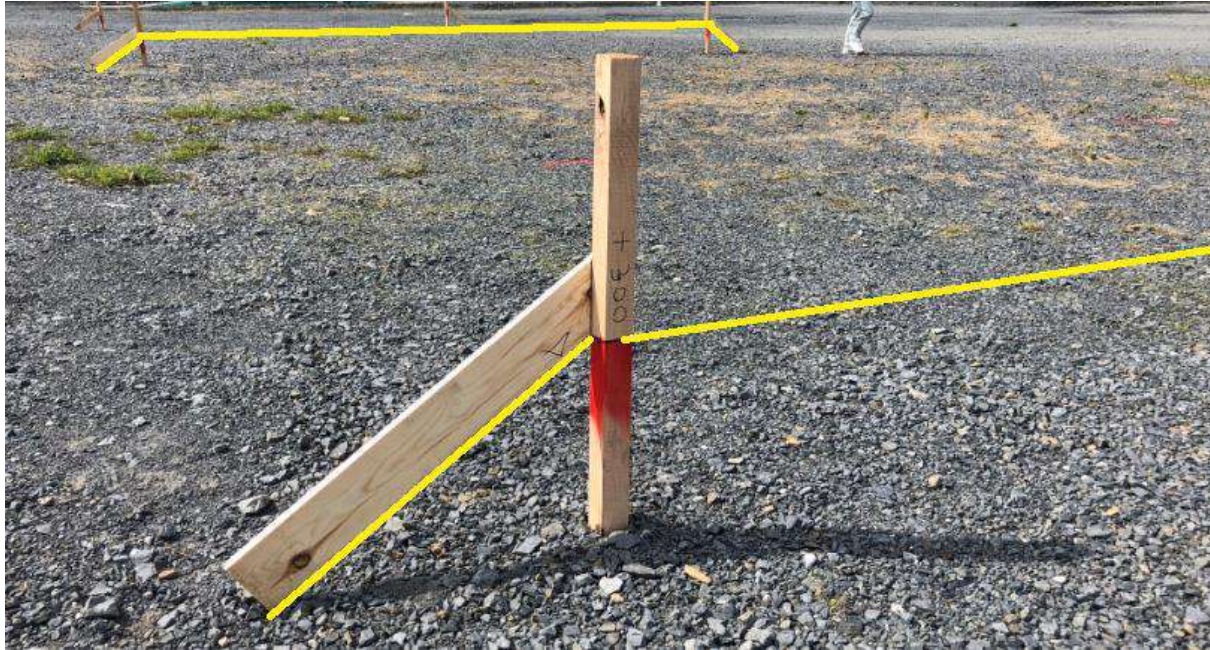
従来は・・・④丁張の役割 施工するための大事な目印



SL(Slope Length)=法長5.94
1:1.0=勾配 (45度)
h=掘削高さ4.20
EL=標高



従来は・・・⑤盛土の丁張



従来は・・・⑥ブルドーザの動きと難易度



ブルはクローラ（履帯）の上がり下がりによって併せて、排土板を操作する必要があります

非常に難しい技術を要する

丁張は施工中に建機が壊してしまうこともある。その時は再設置をしなければならない。

丁張の目印をめぐらして粗で仕上げる



従来は・・・⑦施工状況確認のための水系

丁張・水系・手均しの確認作業の繰り返しは、「人手」がかかる！



水系を張ることで、
管理断面（丁張設置断面）間の
対計画比をチェック

例) 左写真のように、下がり11cm
だと、あと1cm盛土が不足



水系からの10cm下がりまでの調整は手作業になる

このように、**丁張設置⇒施工⇒計測**を繰り返しながら設計に近づけていく。

みてのとおり、重機オペレータの技術次第でその工程の反復回数の増減が決まるので、

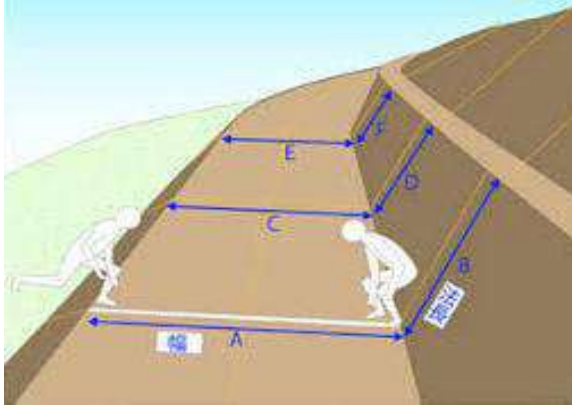
技術を有した職人が不可欠になる。

建設業の利益は、工期短縮に比例する。つまり「**職人**」は重要な要素！

従来は・・・①出来形管理 従来の写真管理 膨大なファイルの山



断面管理



幅員・法長の管理



レベルを使った高さの管理

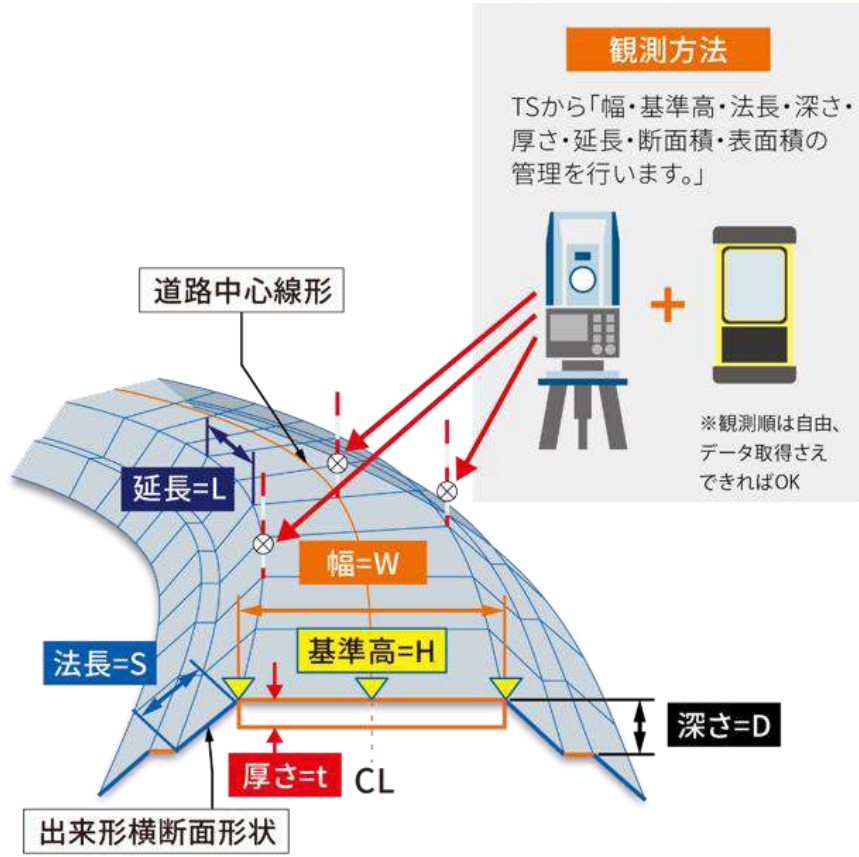
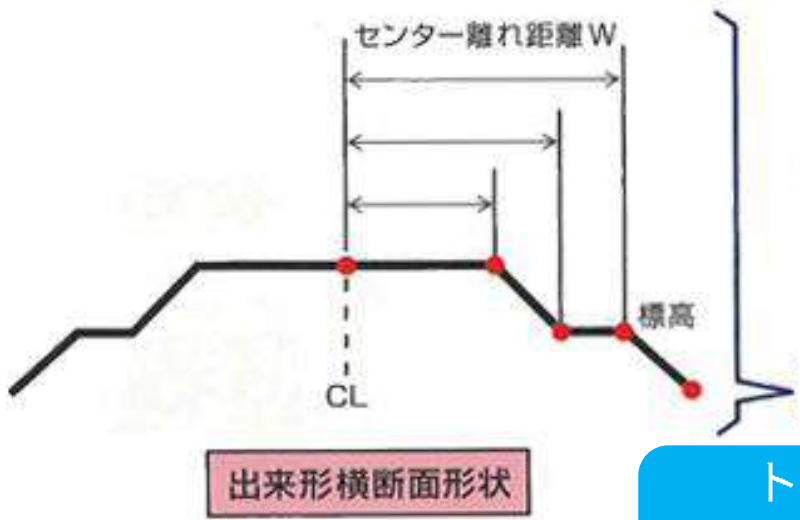


工事名 ○○道路改良工事		
工種	舗装工 下層路盤工 幅検測	
位置	Mc 150+0	
設計寸法	W=1350	
実測寸法	W=1350	
立会者		○○建設株式会社

出典元：国土交通省 中部地方整備局 i-Construction平成30年度の取り組みと令和元年度の実施方針

従来は・・・②出来形計測 TS出来形管理 離れ・高さの差を計測

TSによる出来形計測は、建設機械と電子機器、計測機器の連動を行い3次元の座標として計測することが出来る建設生産システムです。

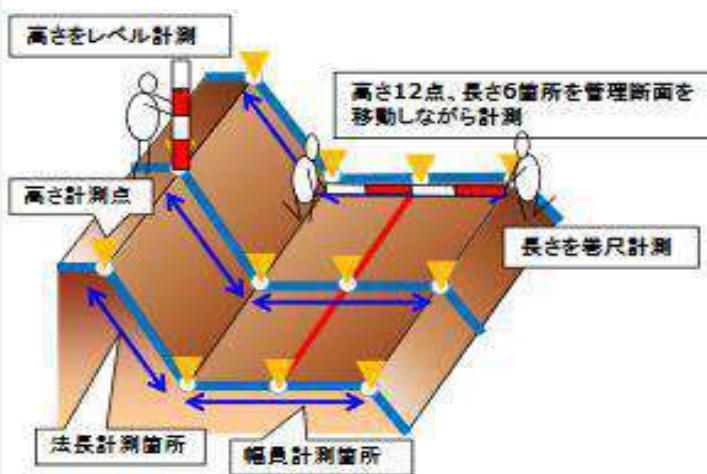


トータルステーションには、前段に説明したトラバース計算などを行うソフトが入っており、座標測定と角度・距離を同時に計測できる。

従来

断面ごとに出来形計測していたため

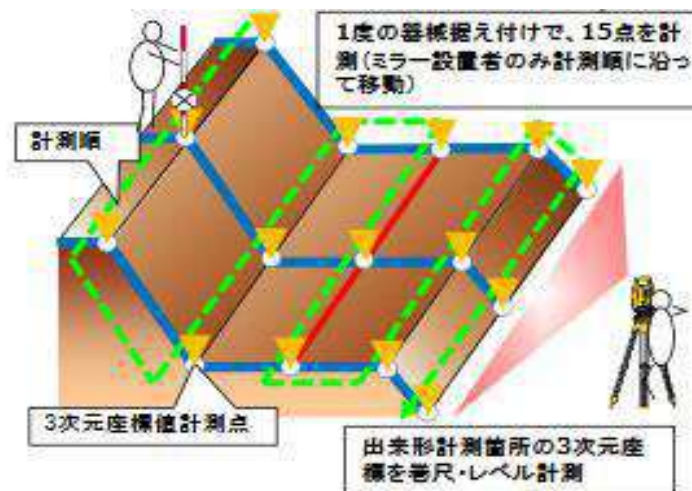
- 器械を何度も設置し直さなければならない
- 移動のため法面を崩す恐れがある
- 計測時間がかかる（テープで長さ、レベルで高さを個々に計測）（TS使用）



TS使用

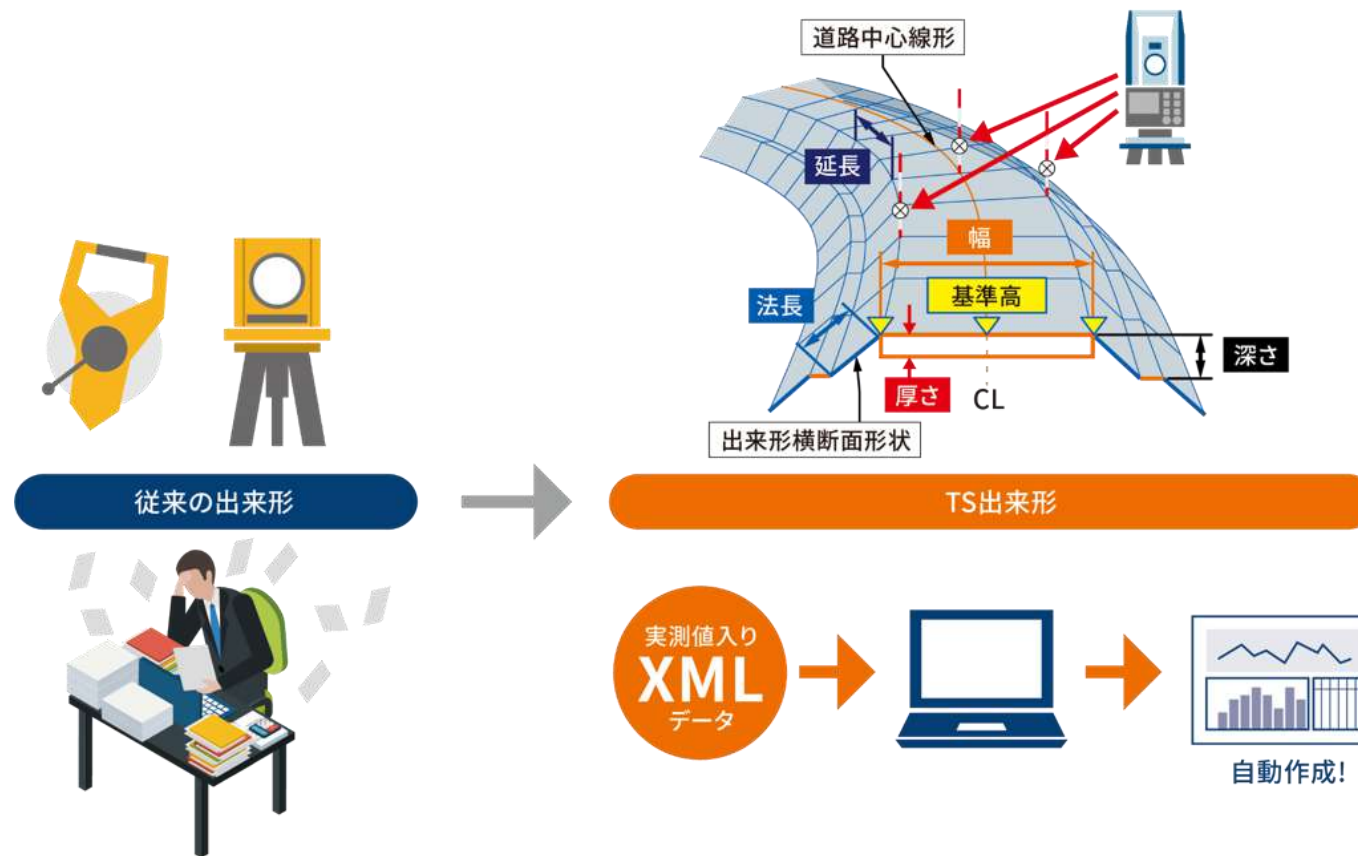
出来形管理用TSを活用することで...

- 器械移動回数の減少
- 移動のための法面崩壊を防止できる
- 今までに比べ計測時間がかからない
- 高精度な出来形観測が可能になる
- 従来の計測方法にも対応できる



従来比：**半減！**

従来は・・・納品書類から電子納品へ



これまでの書類作成から電子納品へ

この作業から、生産性を2割向上させるために
1人当たり1.87倍 がんばらないといけない・・・

では、国がすすめる「i-Construction」では、
どのように解決してくれるのでしょうか？

①

3次元起工測量

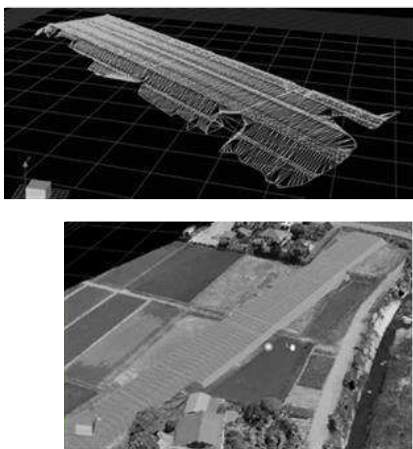
UAV写真測量、
地上型レーザスキャナ
(TLS) を活用した
3次元現況測量



②

3次元設計
データ作成

発注図書（図面）から
3次元設計データを作成
する



③

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



④

3次元
出来形管理等
の施工管理

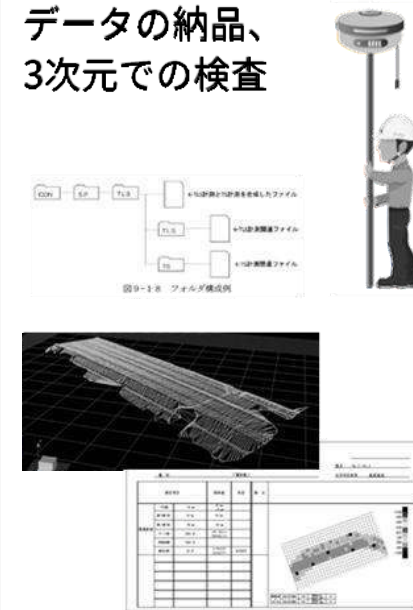
UAV写真測量地上型
レーザスキャナ
(TLS) 等を活用した
出来形管理計測



⑤

3次元データ
の納品

作成、利用した3次元
データの納品、
3次元での検査



i-Constructionのフロー

起工測量

～「点」から「面」の測量への転換～

「ICT技術の全面的な活用」で様々な計測方法が推奨されております。

①地上



②車載



③飛行



画像・広範囲

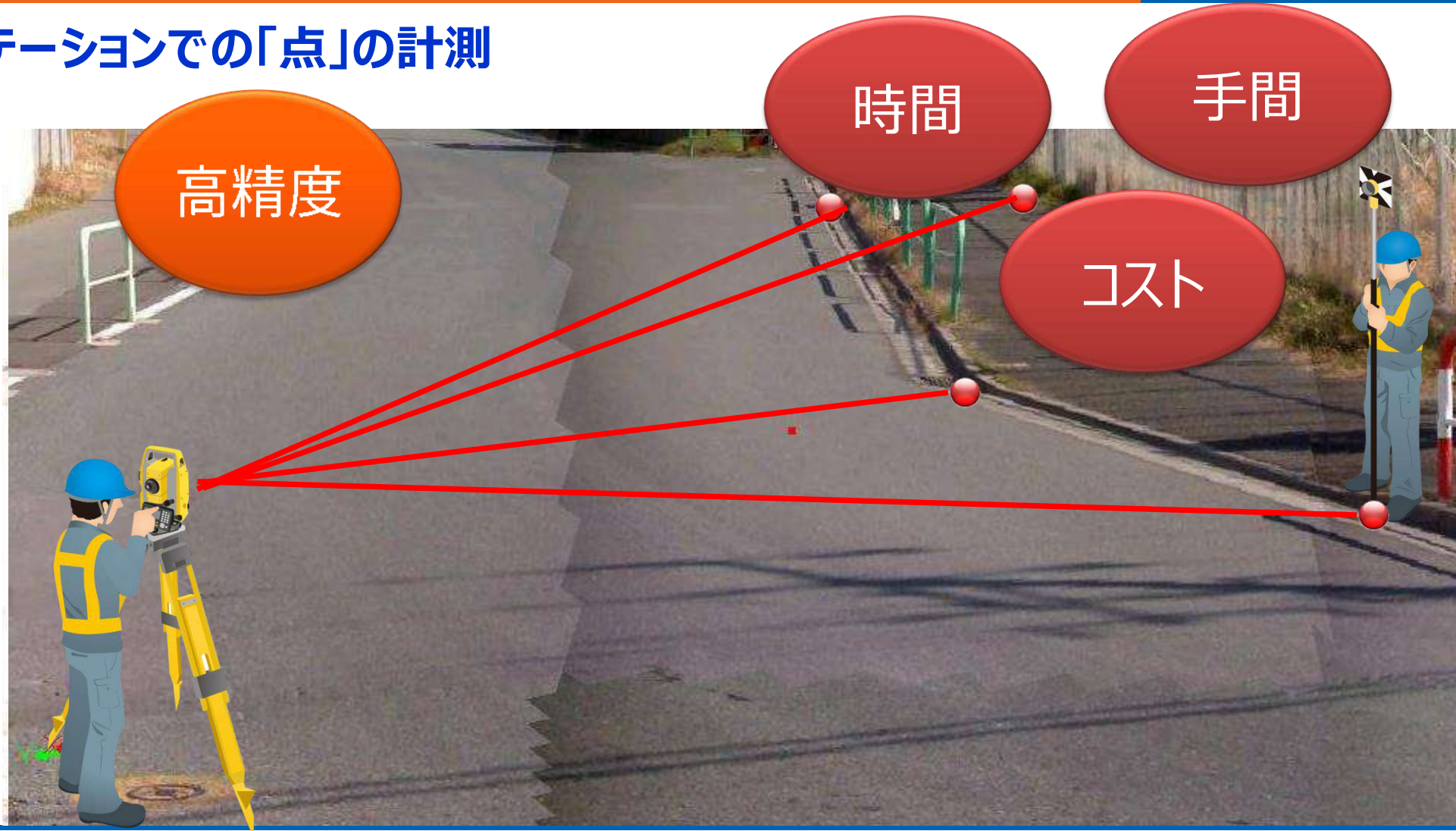
①据置②車載③飛行の3つに分けることができます。計測方法により時間・精度などが変わってきます。

高速・高密度



TSでは「点」（変化点）を1つずつ計測していた

トータルステーションでの「点」の計測



i-Conでは、「点群」をランダムに取得して「面」をつくる

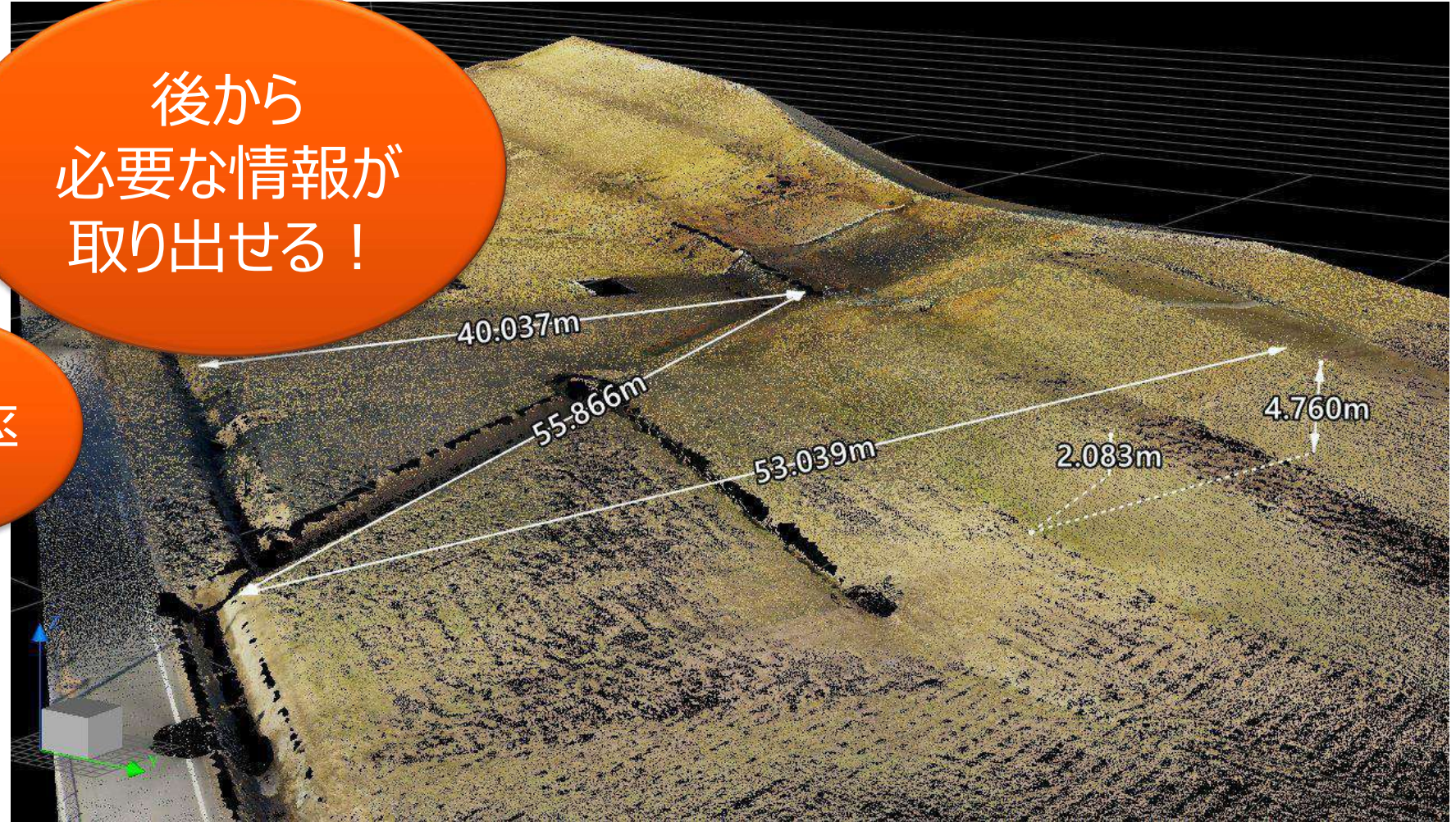


点群での「面」の計測

高密度

後から
必要な情報が
取り出せる！

高効率



右表にある対象機種の場合、
「地上型レーザースキャナー性能
確認に関するガイドライン」

日本測量機器工業会規格
JSIMA115

● 対象機種一覧 (2018年2月末現在)

製造会社名	機種
トプコン	GLS-1000、GLS-1500、GLS-2000
ニコン・トリニプル	GS、GX、TX5、TX6、TX8、SX10
ライカジオシステムズ	C5、C10、P16、P30、P40、P50
トリアサヒ	S-3180、S-3180V
リーグルジャパン	VZ-400、VZ-400i、VZ-1000、VZ-2000、VZ-2000i



上記対象機種でない、もしくは、JSIMA115の範囲を超える場合は

対象現場において**過去12か月以内**にて精度確認試験を実施する
必要があります。

外注の場合は、業者に提出を求め、規格値・試験日の確認をする！

B 現場準備

デモサイト

- ▶▶▶ ICT施工の現場を準備しよう！！
トータルステーション、GNSSってなに？？
実際に両方使って、現場を自分で測ってみよう！

体験習得項目

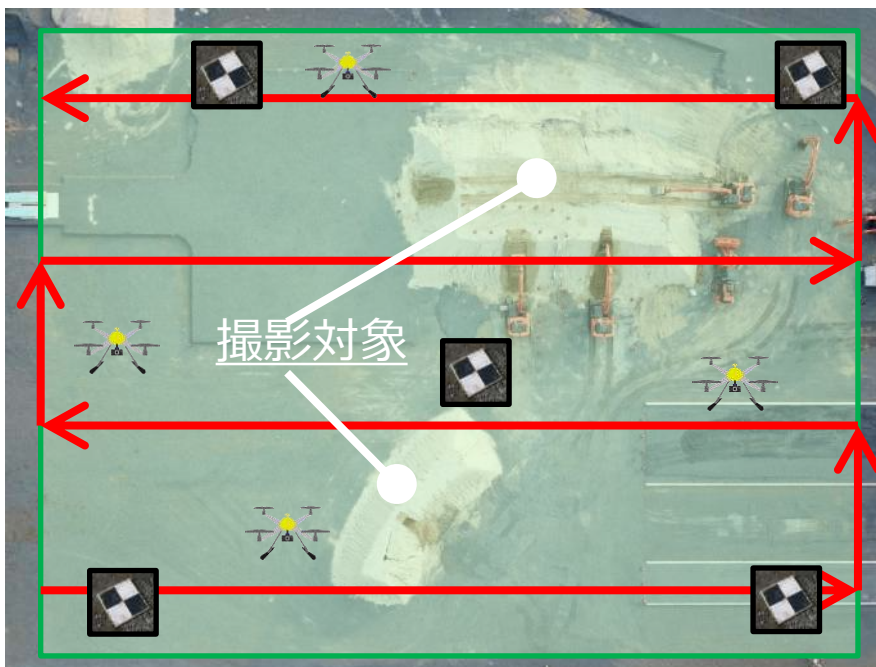
- ◇3次元計測手法について
 - ・ TS,GNSSの特徴や違いについて
 - ・ TS,GNSSを用いた計測実技
 - ・ 計測データを3Dソフトで立体化

既知点計測、変化点計測、座標への誘導など、実際に計測して現場準備を学びます。

自分で計測します！



UAVは「写真」から「点群」を生成して「面」をつくる



H28年3月（H29年4月改正）

- ・「UAVを用いた公共測量マニュアル（案）」
- ・「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）」

H30年3月（R3年3月改正）

- ・「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）」

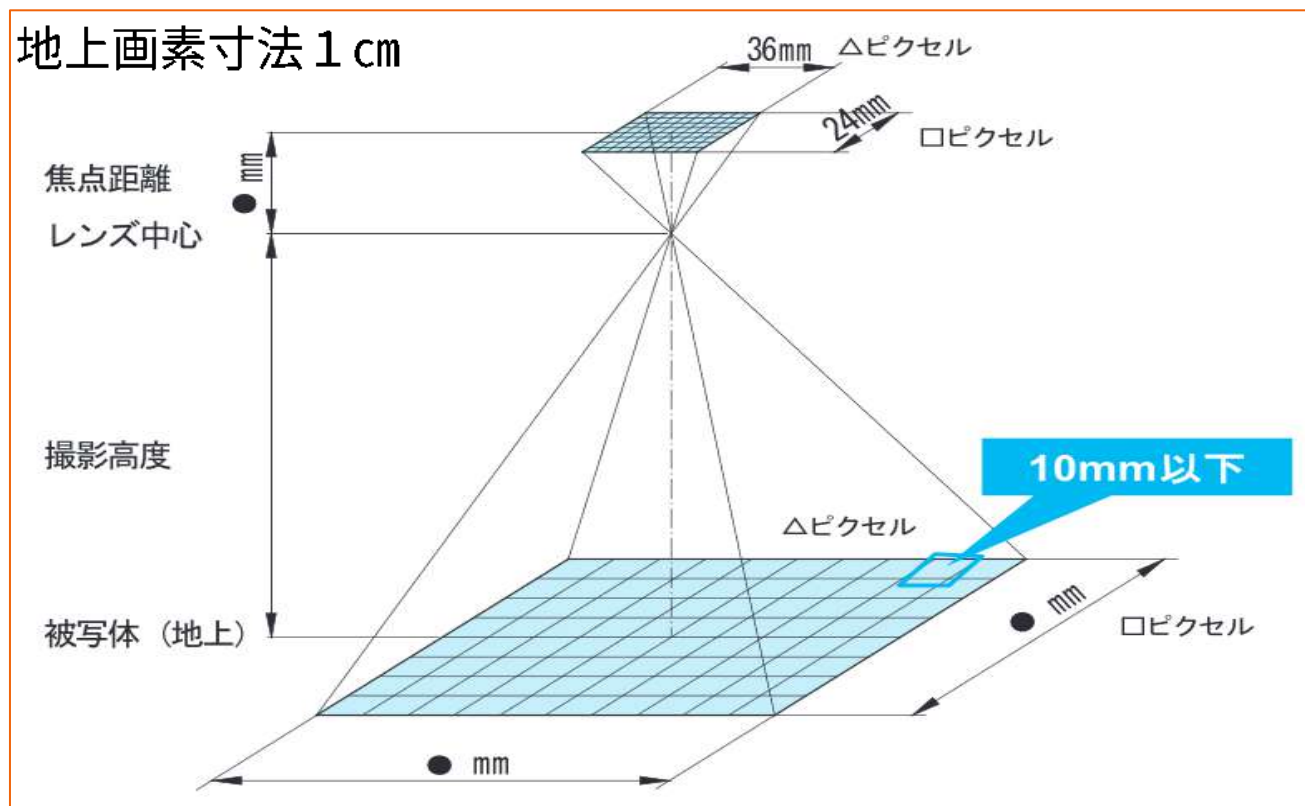
R3年3月

- ・「3次元技術を用いた出来形管理要領（案）」

随時改正されています！

写真測量（ドローンによる計測）が
飛躍的に増える状況へ！

● 地上画素寸法 1 cm



出典元：建設マネジメント技術2017年2月号 ICT土工の普及に向けた課題について

- デジカメの仕様を
センサーサイズ35mm
画素数3600万
ピクセル 7360×4912
焦点距離**28mm**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**
要求精度10mmを満足する

この関係から、フライトプランの高度を決定します

因みに、10mmになる限界高度は
57.244m

同じ「もの」を違った角度からみることで高さを推測する（参考）

● 進行方向ラップ率

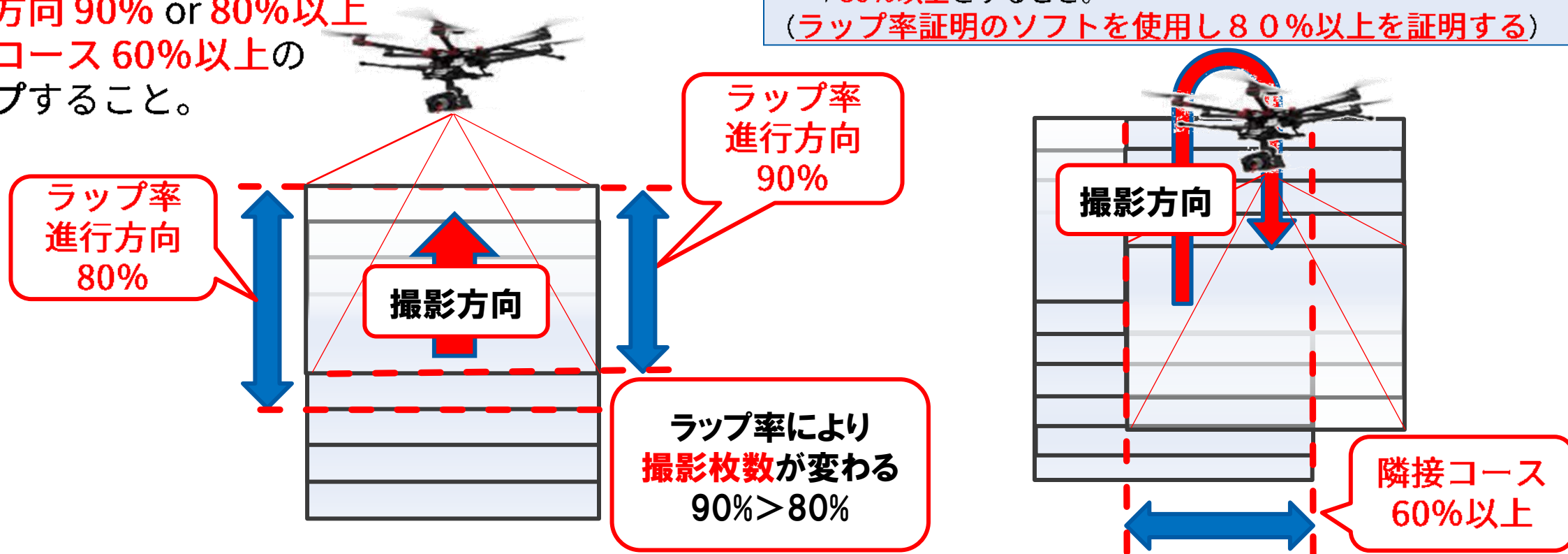
点群データを求めるにはデジタル写真をステレオで撮影する必要がある。

ステレオ写真は、

進行方向 90% or 80%以上

隣接コース 60%以上の

ラップすること。



＜撮影計画立案時の留意点＞

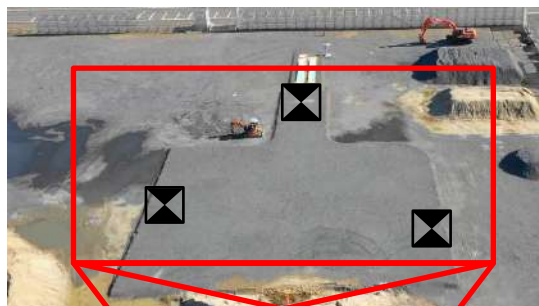
進行方向のラップ率は、
実際のラップ率を確認しない場合
*90%以上で計画すること。
実際のラップ率を確認する場合、
*80%以上とすること。
(ラップ率証明のソフトを使用し80%以上を証明する)

隣接コースとのラップ率は
*60%以上とすること

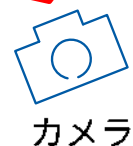


推測された「点群」に「座標」を与えることでより高精度に

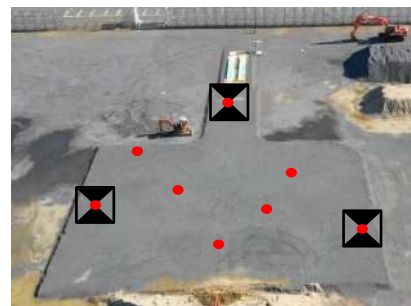
● 標定点は「点」に位置情報+高さを与える 検証点は生成した「点群」の精度をみる



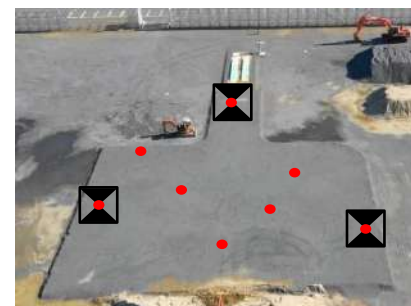
カメラ1



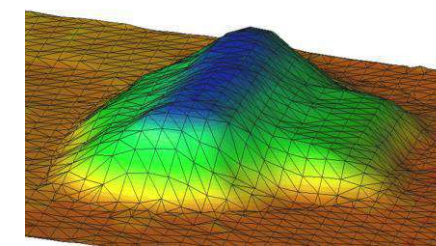
カメラ2



カメラ1データ



カメラ2データ



3D現況データ

2) 標定点及び検証点の設置・計測

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外側標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内側標定点として、天端上に200m間隔程度を目安に設置する。

検証点については、UAVマニュアルにおける検証点として天端上に200m以内の間隔となるように設置する。

標定点として設置したものと交互になるようにすることが望ましい。

計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置する。精度確認用の検証点は、標定点として利用しないこととする。

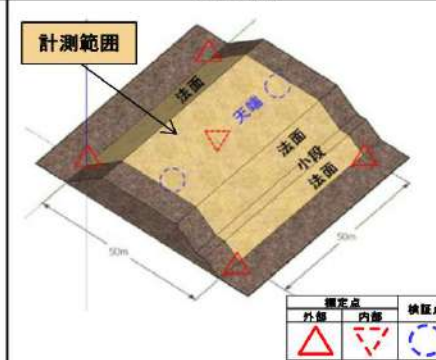
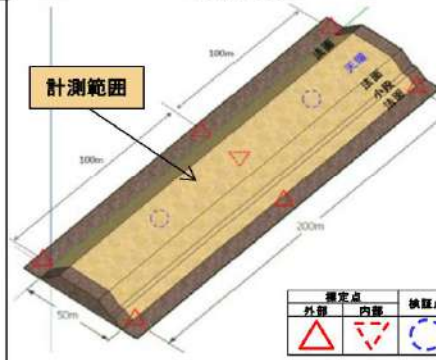
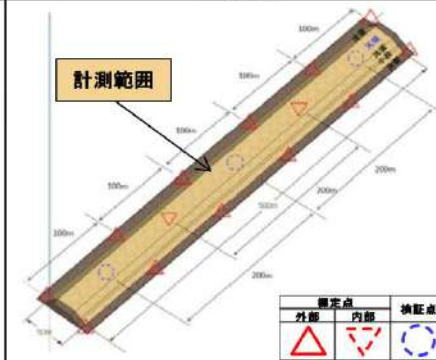
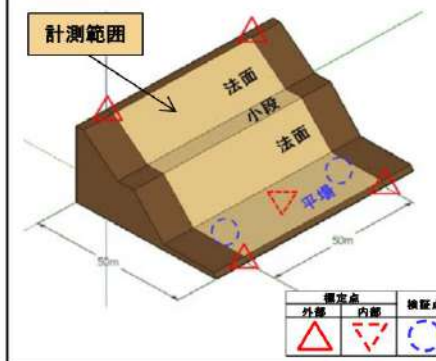
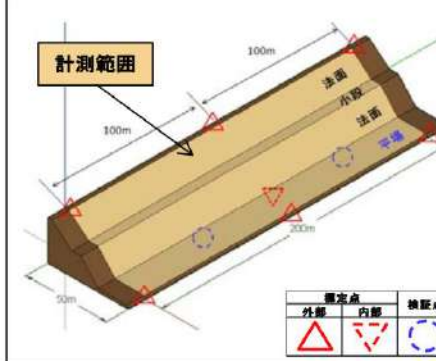
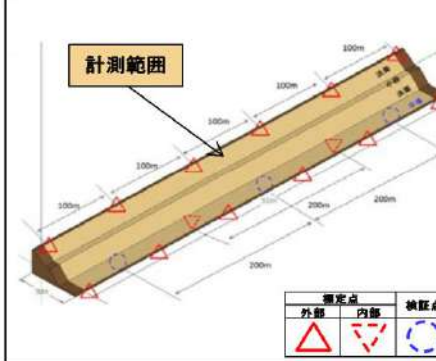
標定点・検証点の配置は要領で決まっている

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			

出典元:国土交通省 中部地方整備局 ICT活用工事の手引②

SfMソフトに写真を取り込み「点群」を生成

003.psx - Agisoft Metashape Professional

★点群を拡大すると、左下のように標定点が探せる。ここにTSなどで取得した座標を与える。

カメラ	経度	緯度	高度 (m)	精度 (m)	誤差 (m)	Yaw / Roll (deg)
100_00...	140.594460	36.385241	106.944000	0.01319/0.0123...	0.008185	115.100
100_00...	140.594525	36.385207	106.954000	0.0133/0.0125...	0.015866	120.200
100_00...	140.594593	36.385176	106.967000	0.01329/0.012...	0.013011	121.100
100_00...	140.594659	36.385143	107.029000	0.01328/0.012...	0.002091	120.200
100_00...	140.594727	36.385111	107.012000	0.01291/0.0120...	0.002076	123.700
100_00...	140.594794	36.385078	107.000000	0.01324/0.012...	0.002203	120.900
100_00...	140.594859	36.385046	107.011000	0.01315/0.0123...	0.009327	121.200
100_00...	140.594926	36.385015	107.012000	0.01331/0.0121...	0.006113	121.200
100_00...	140.594995	36.384982	106.987000	0.01342/0.012...	0.009789	120.400
100_00...	140.595061	36.384950	107.002000	0.01359/0.0127...	0.006744	120.700
100_00...	140.595130	36.384917	107.000000	0.01337/0.0123...	0.012169	120.500

マーカー	経度	緯度	高度 (m)	精度 (m)	誤差 (m)	プロジェクト	誤差 (pix)
H1						15	0.276
H2						6	0.199
H3						17	0.306
K1						20	1.216
point 1						20	0.273
point 5						13	0.297
point 6						12	0.435
point 7							0.343
point 9							0.159
point 10							0.490

標定点座標入力

入力した座標を標定点に設定する

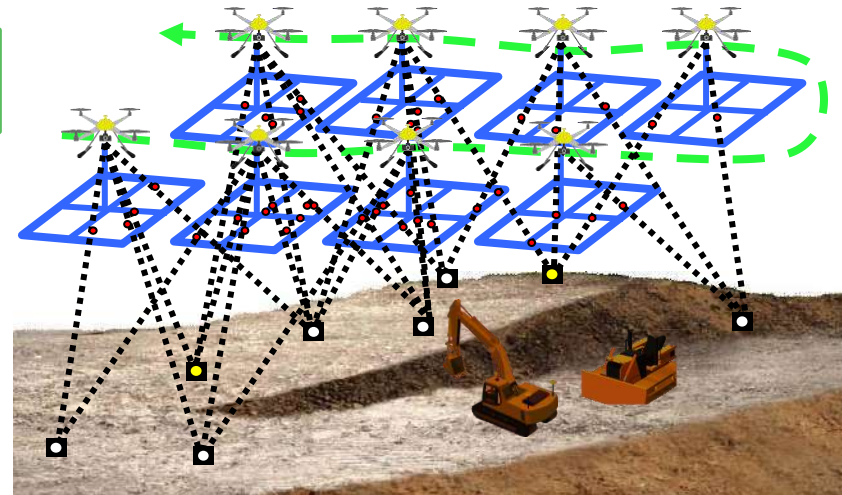
SfMソフトは「写真」を点群化するためのソフト



実際にほしいデータは「現地盤」のデータになるので、ここに写り込んだ重機や草木・構造物は除去したい

出来上がった点群のノイズなどを取り除く「フィルタリング」は別のソフトで行います。

UAVは写真に写ったものはすべて「点群」になる (参考)



写真測量は、写真に写ったものをそのまま3次元化します。そのため、草木伐採や重機などの移動が、計測前に必要です。

点群処理ソフトを利用して不要物を除去する（参考）



現地盤を露出するために、
不必要な樹木や構造物な
どを除去する作業



福井コンピュータ
TREND POINT

処理後、点群データに3次元設計データを合わせると



UAV写真測量の精度試験結果報告書（参考）

(様式-2)

年月日: XXXXXXXXXX
 工事名: 河川遊歩橋新築工事(河川河道制)
 受注者: 株式会社リカノス
 作成者: 吉田 英之

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 28 年 9 月 14 日
作業機関名	株式会社リカノス
実施担当者	吉田 英之
使用するデジタルカメラ	メーカー: (製造メーカー名) Panasonic 測定装置名称: (製品名、機種名) LUMIX GH4 測定装置の製造番号: (製造番号) WE4TD110070
使用するレンズ	メーカー: (製造メーカー名) OLYMPUS 測定装置名称: (製品名、機種名) M_ZUIKO DIGITAL 25mm f1.8 測定装置の製造番号: (製造番号) 345022020

・精度確認試験結果(概要)

精度確認試験実施年月	令和 2年 8 月 18 日
作業機関名	株式会社リカノス
実施担当者	吉田 英之
測定条件	天候 晴れ 気温 32 °C
測定場所	福島県東白川郡塙町大字塙桜木町
検証機器 (検証点を計測する測定機器)	TS: <input type="checkbox"/> 機種名 TOPCON ES-105
精度確認方法	検証点の各座標の較差

実地正值と点群の誤差

・精度確認試験結果(詳細)

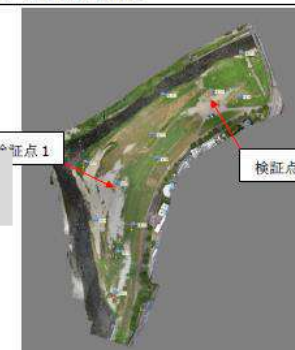
① 真値とする検証点の確認

計測方法: 既知点 **TSによる座標値計測**

TSで実地計測した正值

真値とする検証点の位置座標			
	X	Y	Z
検証点 1	105477.628	52076.078	187.995
検証点 2	105596.105	52197.754	188.400

② 空中写真測量(UAV)による計測結果



点群で表示された座標

	X'	Y'	Z'
検証点 1	105477.624	52076.081	188.007
検証点 2	105596.095	52197.752	188.380

③ 差の確認(測定精度)

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

検証点の座標間較差			
	Δ X	Δ Y	Δ Z
検証点 1	-0.004	0.003	0.012
検証点 2	-0.010	-0.002	-0.020

X成分最大 = -0.010 m (-1.0cm) ; 合格 (基準値±5cm以内)
 Y成分最大 = 0.003 m (0.3cm) ; 合格 (基準値±5cm以内)
 Z成分最大 = -0.020 m (-2.0cm) ; 合格 (基準値±5cm以内)

C

写真測量と点群生成

デモサイト

- ▶▶▶ 初めての写真測量！ドローン飛行とSfMを体験！
自分で小型ドローンを飛ばして現場を撮影
Metashapeで実際に現場点群を作ろう！

実際に飛行させます！

体験習得項目

- ◇ドローンを用いた写真測量
 - ・ UAV写真測量の流れについて
 - ・ 公共測量マニュアルについて
 - ・ 標定点設置、座標計測
 - ・ 安全に飛行するために
 - ◇点群生成
 - ・ ソフトを用いて点群生成実技
- ※当社が指定した点群生成用のフリーソフトをお客様がご自身のPCに事前インストール、持参下さい。持参頂けない方は聴講のみとなります。



※本講座はドローンの一部操作体験がありますが、操作に必要な資格についてはお客様の用途に応じて、ドローン資格認定機関でのライセンス取得が必要になります。

休憩 10分後に

スクリーンショット撮影をします
講習再開までにお戻り下さい

カメラに対して正面を向いて撮影に望んで下さい。

スマホ通話でセミナーに集中していないように見えたり
逆光で顔が判別出来ない状態にならないようご注意ください。



詳しくはWebで

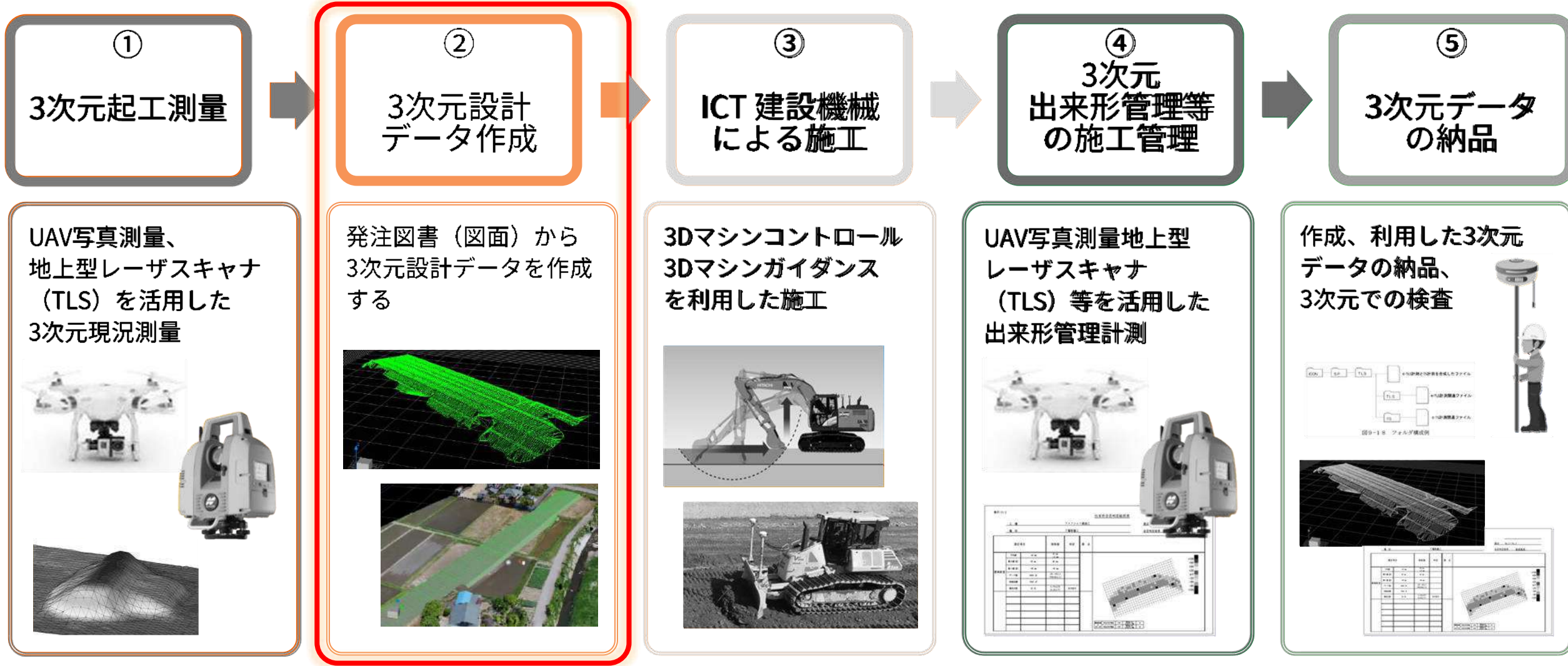


00:02:00 後に

スクリーンショット撮影をします
講習再開までにお戻り下さい

カメラに対して正面を向いて撮影に望んで下さい。

スマホ通話でセミナーに集中していないように見えたり
逆光で顔が判別出来ない状態にならないようご注意ください。



i-Constructionのフロー

2次元図面から3次元設計データへ

路線ファイルの概要

<路線ファイル (RD3)>

平面線形要素

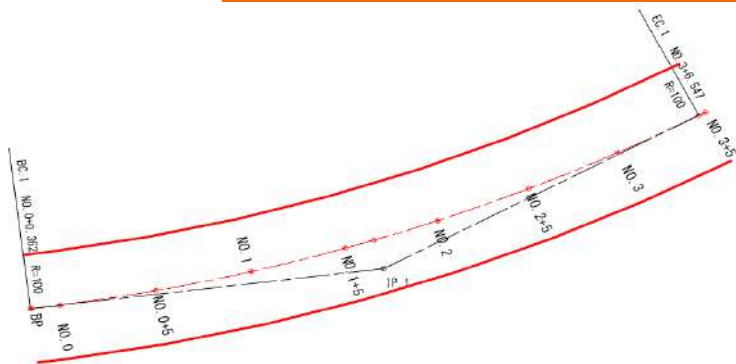
縦断線形要素

横断構成要素

この3つの要素で構成される設計データファイル
主に道路現場に用います

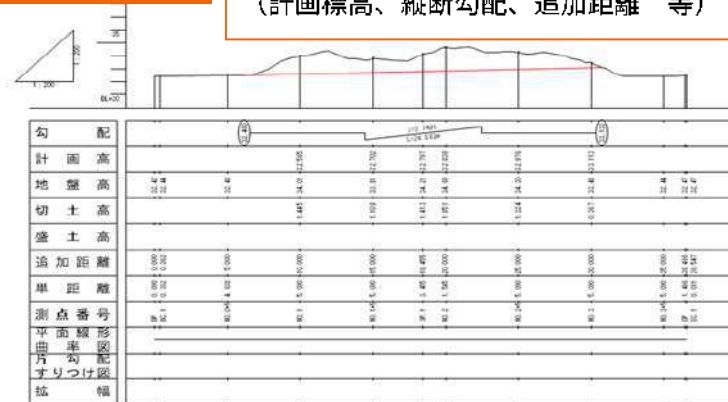
平面図

平面線形情報
(主要点 X, Y 座標、線形要素、等)



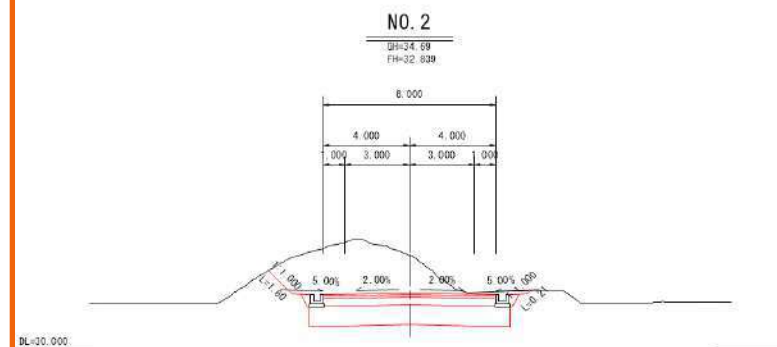
縦断図

縦断線形情報
(計画標高、縦断勾配、追加距離 等)

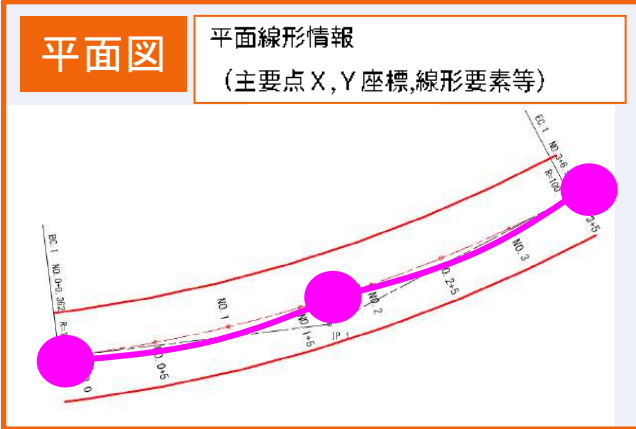


横断図

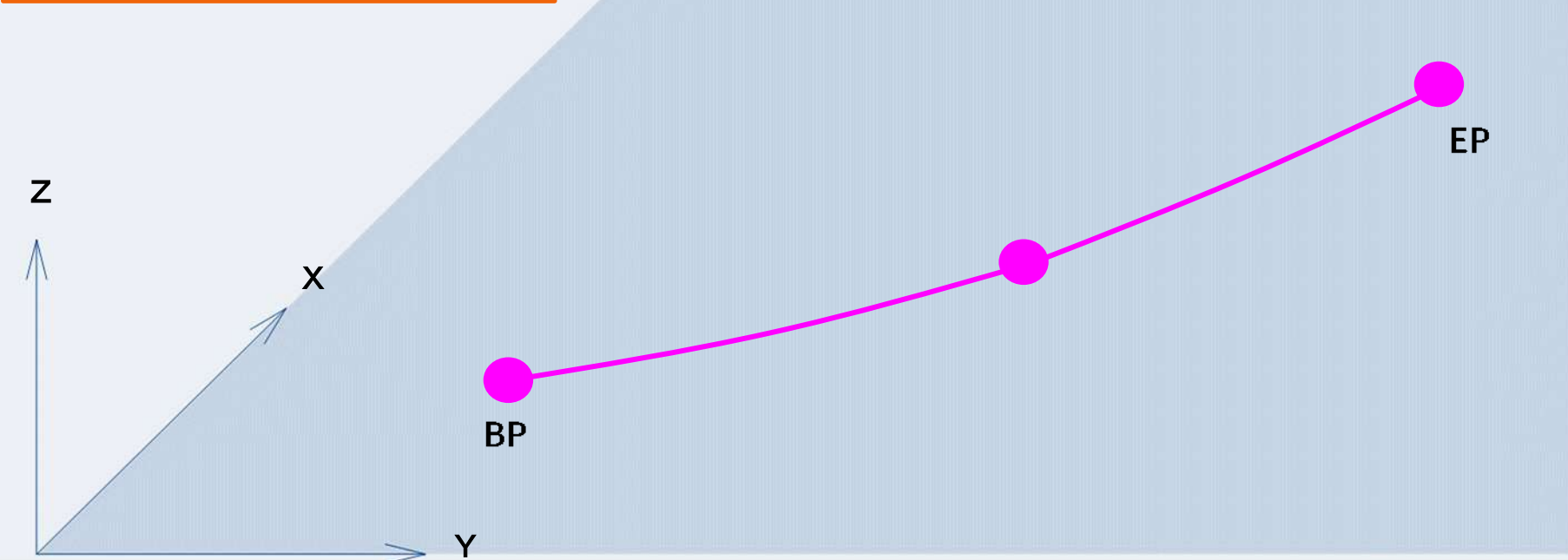
横断構成
(幅員、横断勾配、等)



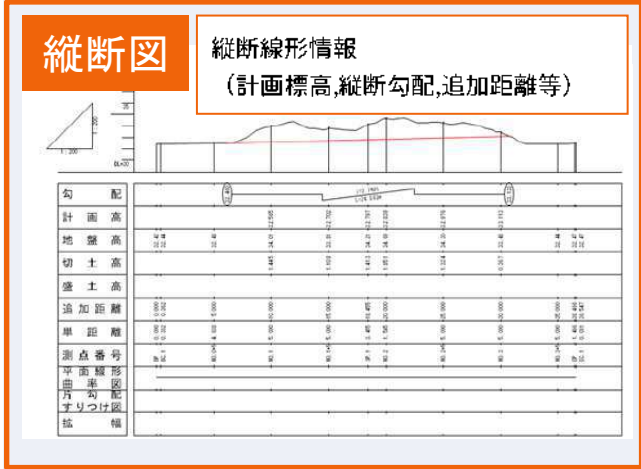
3次元設計データの作成に必要な情報



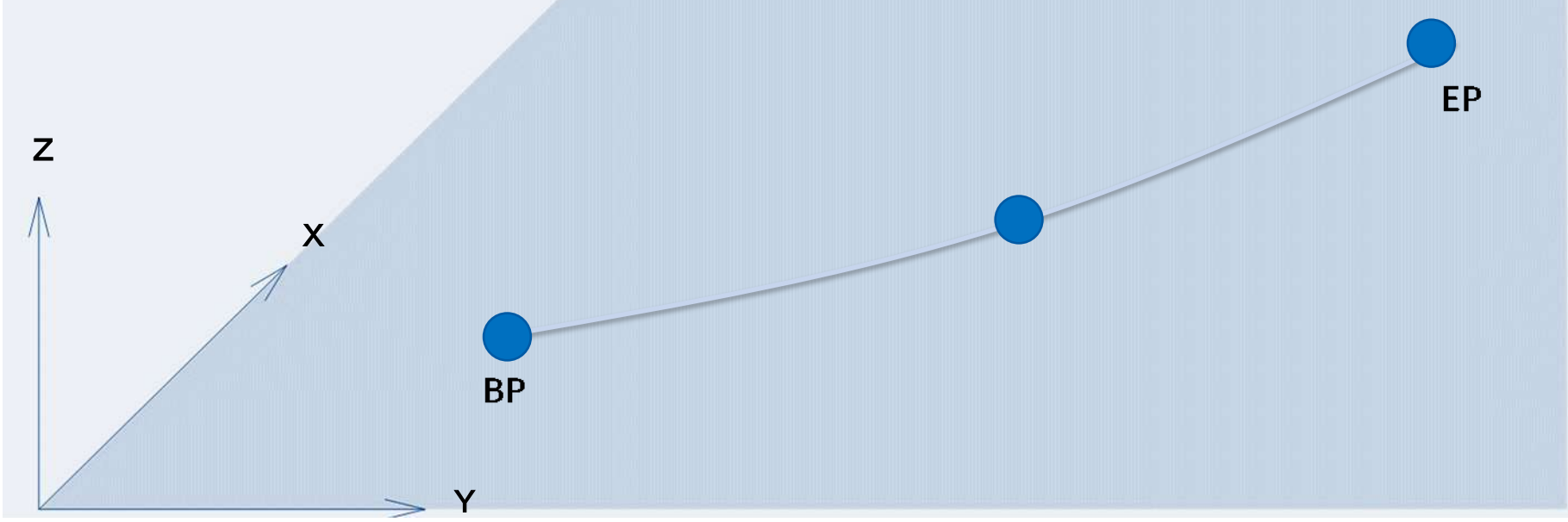
平面から道路線形・河川線形等を作図



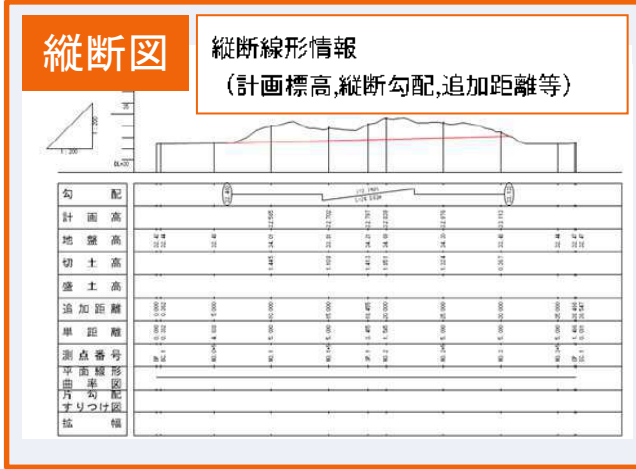
3次元設計データの作成に必要な情報



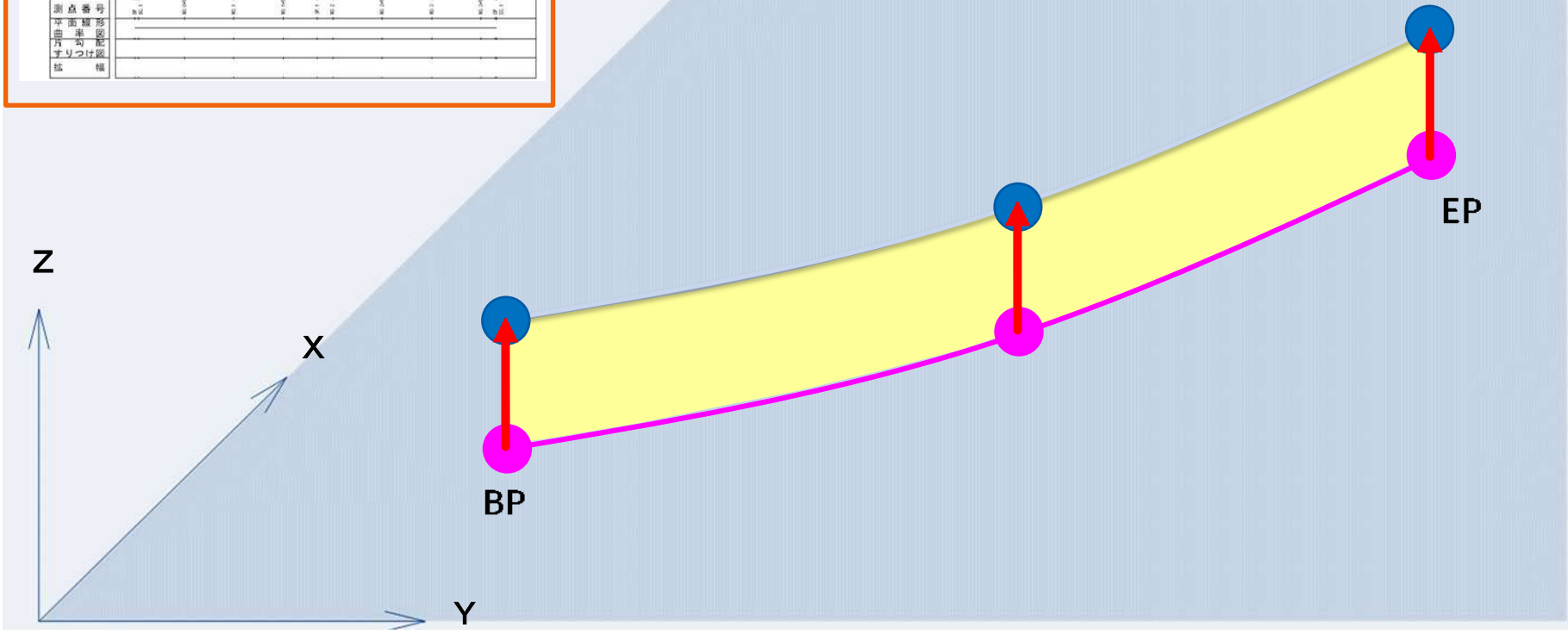
線形情報に縦断図の高さ属性を与えると・・・



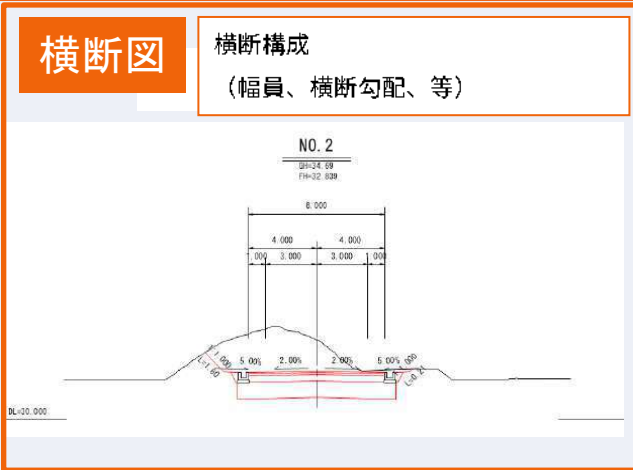
3次元設計データの作成に必要な情報



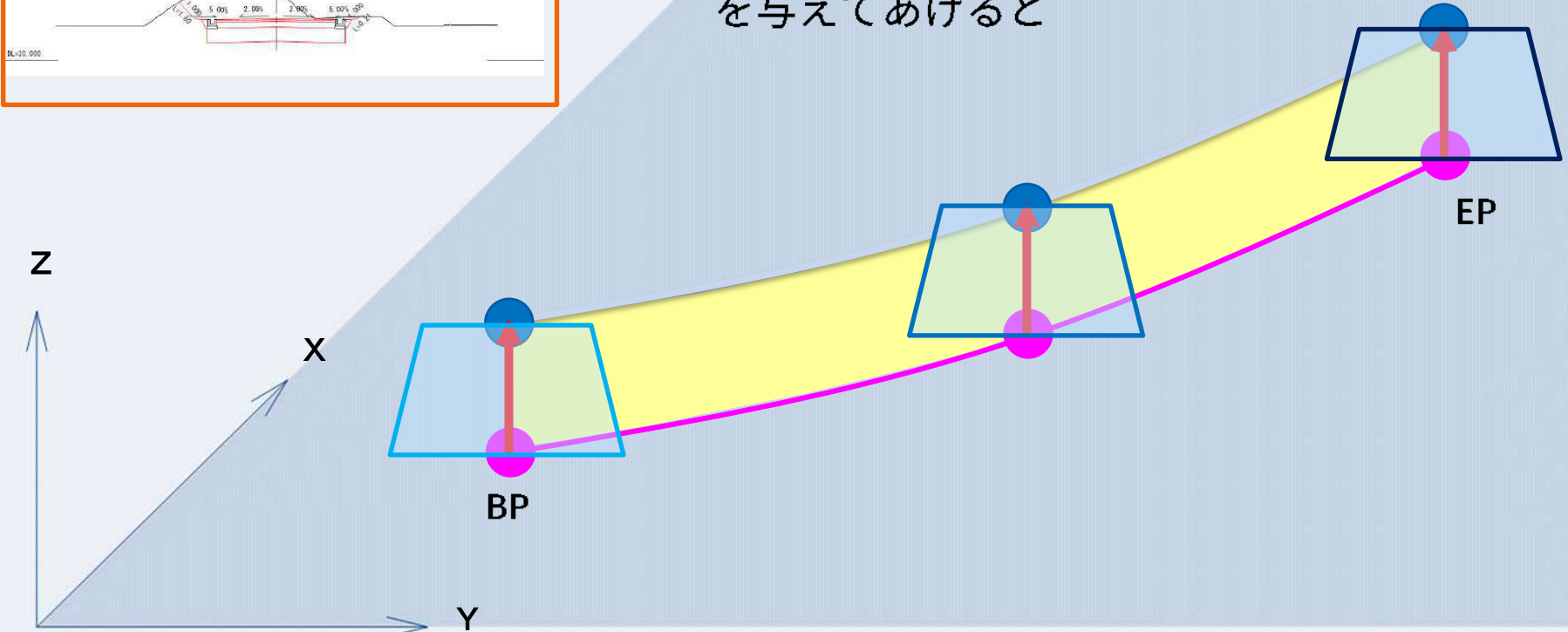
縦断方向の3次元化が完成!

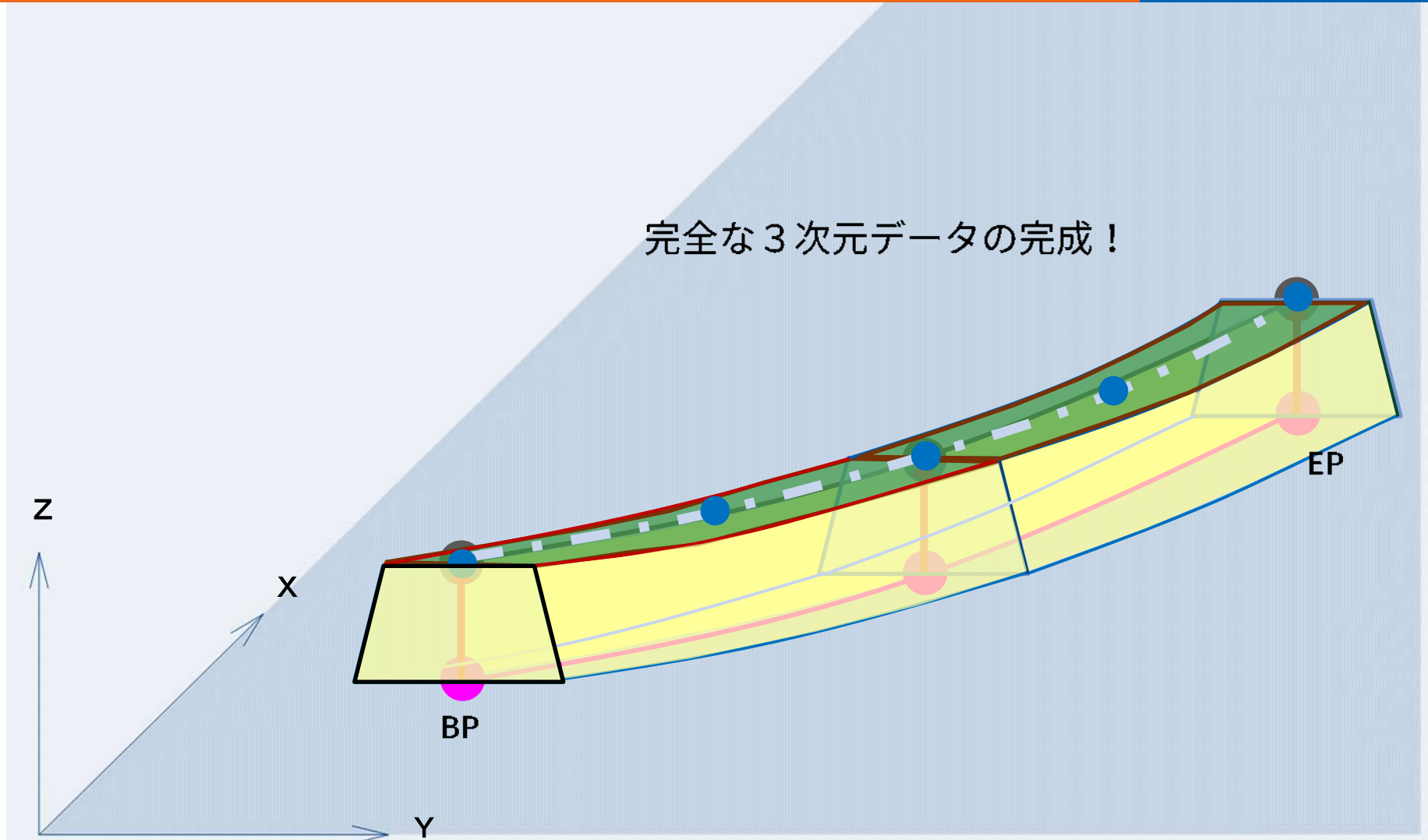


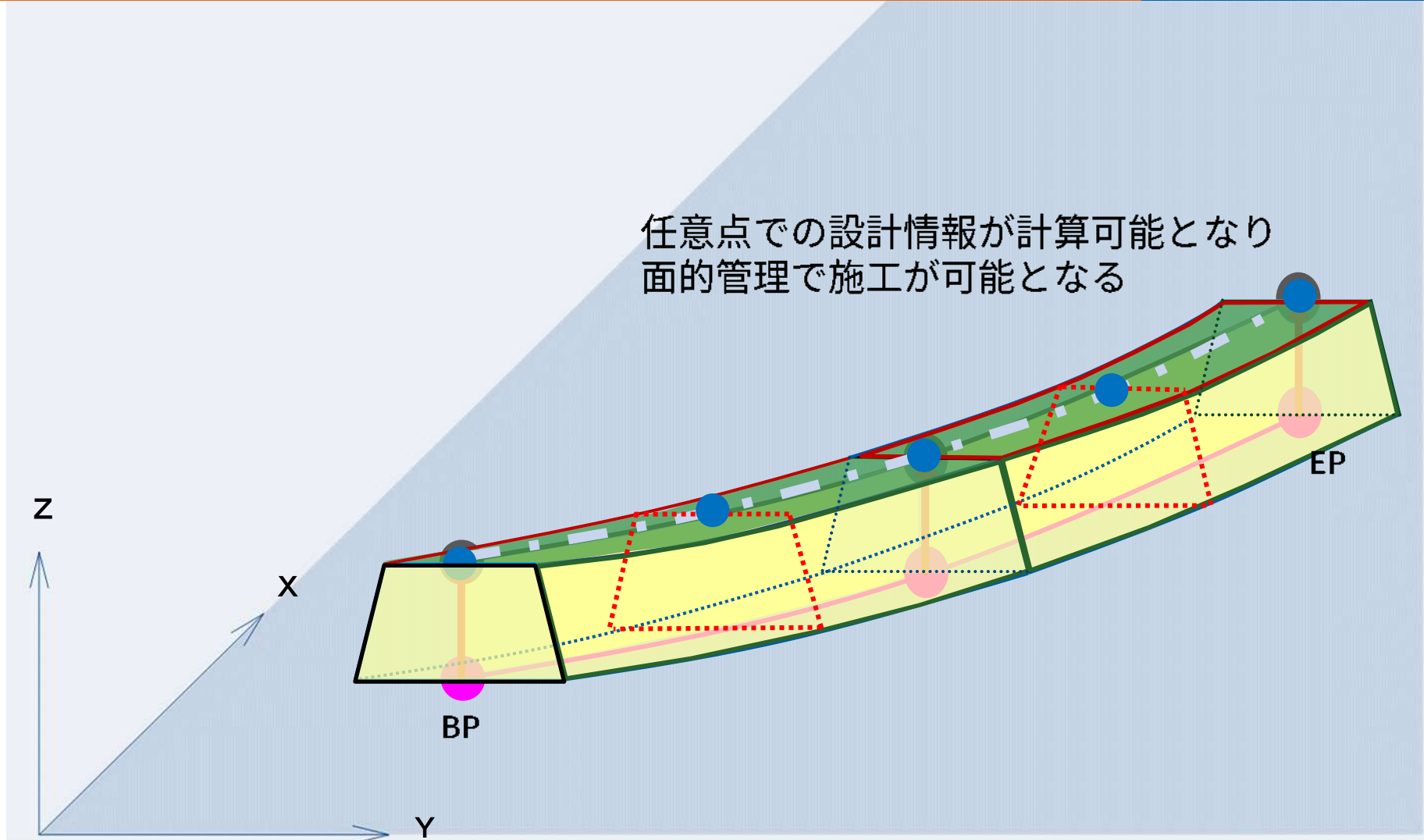
3次元設計データの作成に必要な情報



それぞれの測点に横断図より3次元属性
を与えてあげると





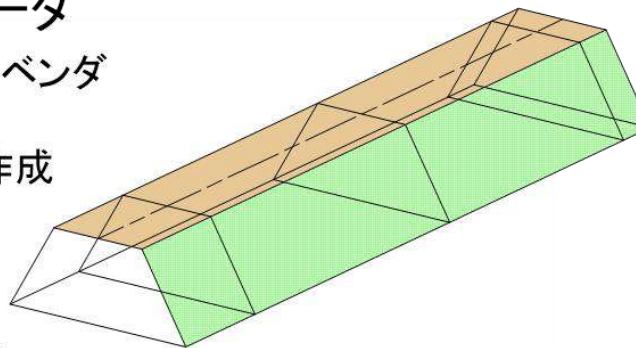


● ICT活用工事での3次元設計データの目的

- ①土量算出用
- ②施工用
- ③評価用

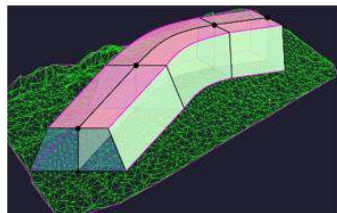
3次元設計データ

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



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



D 三次元設計データ作成

都内会場

- ▶▶▶ 難しい？そんなことはない、自分で出来ます！
発注図面から「武蔵」で3次元設計データ作成
平面、縦断、横断図からLANDXMLが作れます！

体験習得項目

◇EX-TREND武蔵

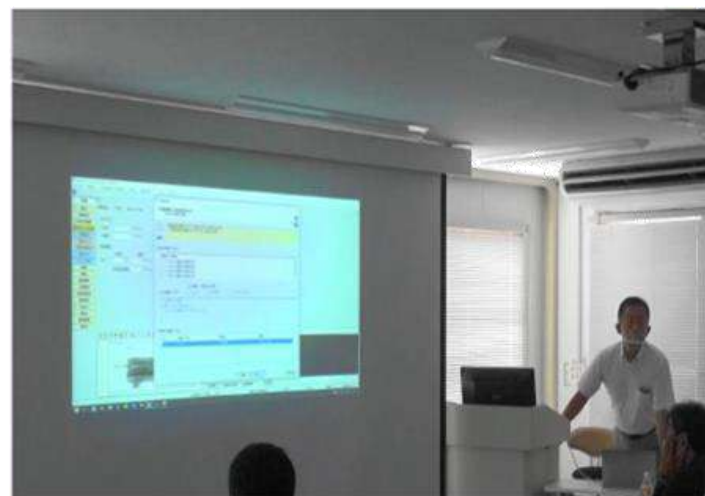
三次元設計データ

- ・基本操作と発注図書の読み込み
- ・図面の確認・照査
- ・座標点の入力
- ・三次元設計データの入力
- ・データ出力

※専用PC、ソフトは用意しています

協賛： FUKUI COMPUTER

武蔵を実操作で学べます！





i-Constructionのフロー

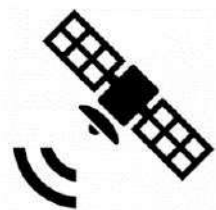
丁張設置⇒施工⇒計測
に代わる「ICT建機」



位置を計測する測量機

特定した位置をもとに施工する重機

ICT建機は、どのようにして動くのか？

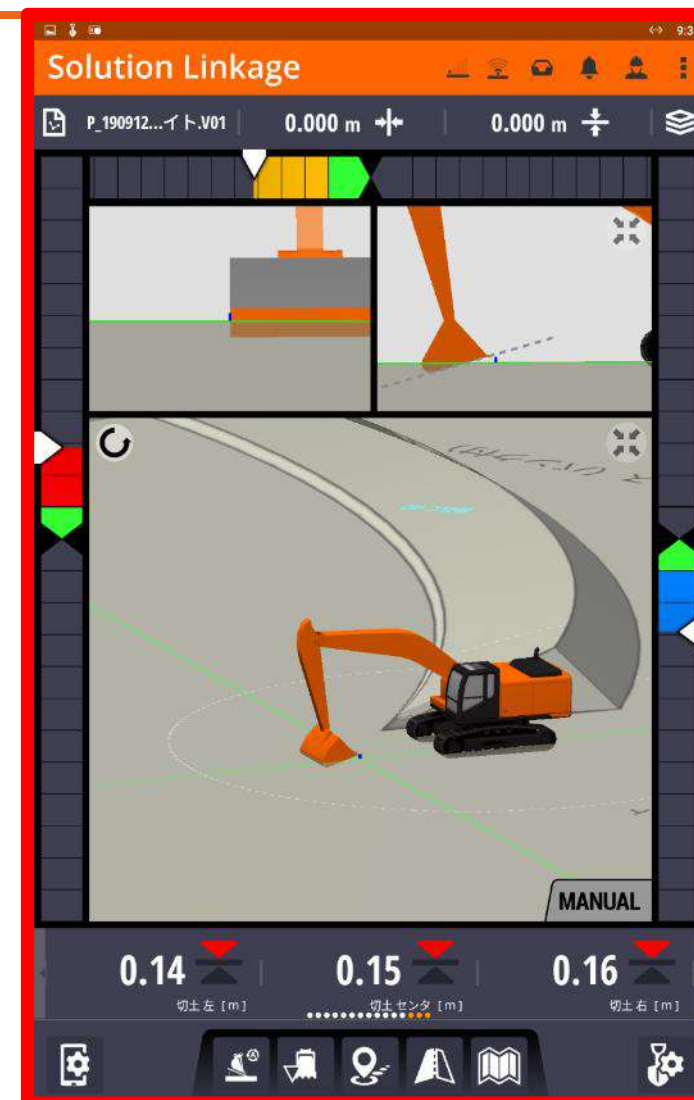
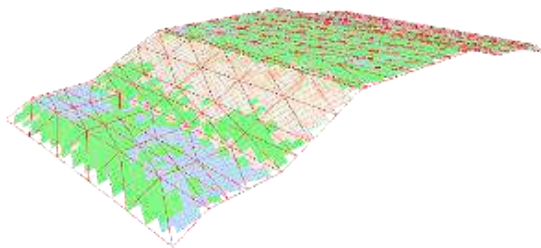


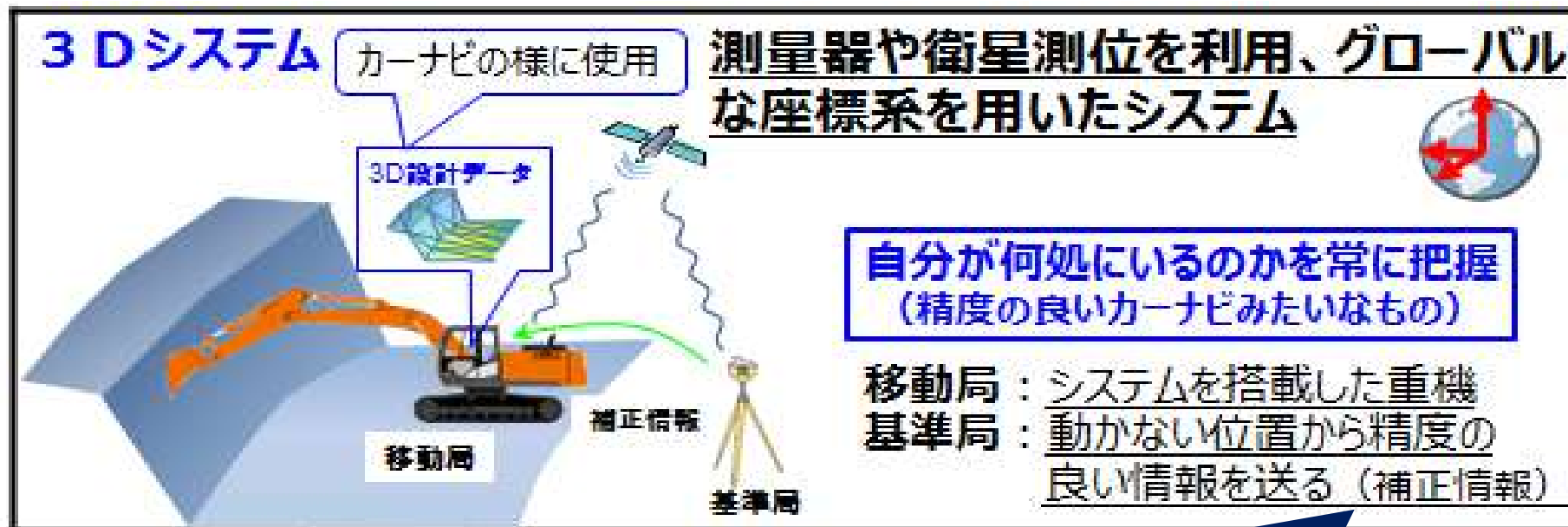
GNSS や

測量機器 を使用して、

位置情報を利用する**建機**のこと。

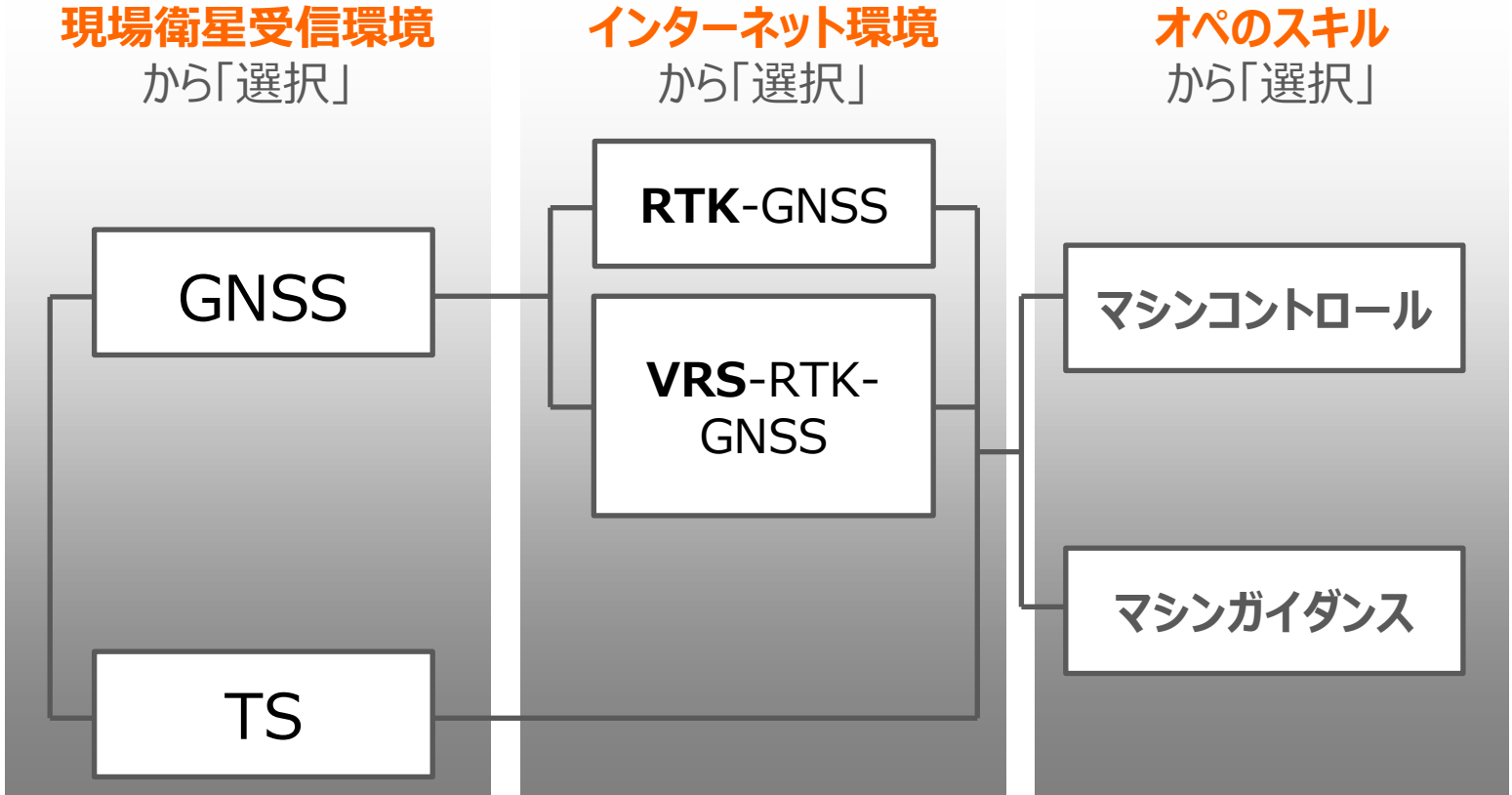
設計データ を搭載して使用。





GNSS単体では、位置情報の精度はまだ不十分。
よって、なんらかの方法で『補正情報』を与えて
精度を要求の範囲内にもっていく。

ICT建機の自車位置を把握するツールはユーザー環境で選択できる





GNSS

衛星(GNSS)の捕捉が**必要**

空から各重機の位置情報を捕捉するためロストしない。

衛星(GNSS)の精度・数によって左右される。



TS

衛星(GNSS)の捕捉が**不要**

つまり、**橋梁下やトンネル内、都市部ビル群**などで活躍

自動追尾でプリズムロストすると再検索する手間がある。

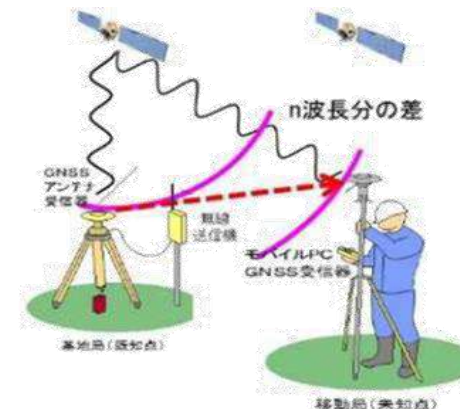
GNSS受信が不可能な場合、TSを選択

補正情報をどのような方式で受け取るのか？



既知点の上に、基準局を据えて、基準局から補正を与える
基準点から移動局までの受信距離に制限がある。

基準局・移動局とGNSSが複数個必要になる。

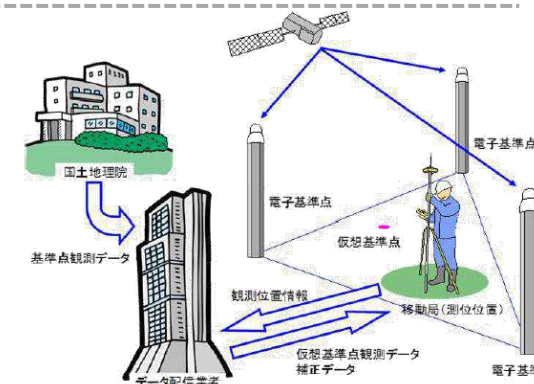


nを確定させるために、5つの衛星の搬送波を同時に解析する。



補正情報配信会社からの情報をもとに補正を与える
Web経由での情報提供になる為インターネット環境必須。
Web環境下であれば距離に制限はない。

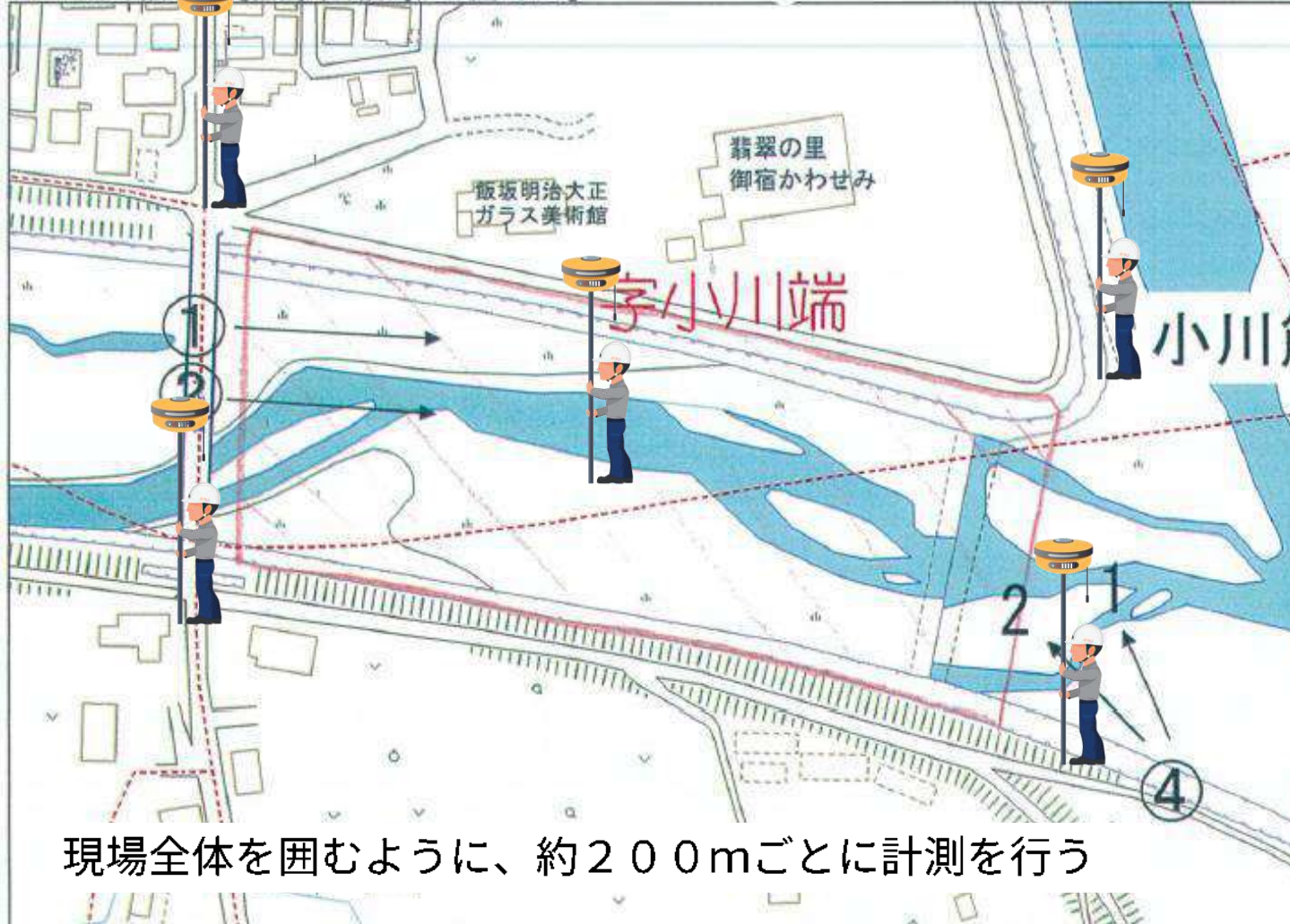
基準局を必要としないため、ランニングコストが削減できる。



Webが使えない場合は、RTK方式を選択

まずは、ICT活用工事が「できるのか？」を考えよう

201408福島市[福島市(福島) 22図 G-3]



現場全体を囲むように、約200mごとに計測を行う

そもそも、工事範囲がGNSSが入らないエリアの場合、TSを選択するしかない。

ICT活用計画書を提出する前に

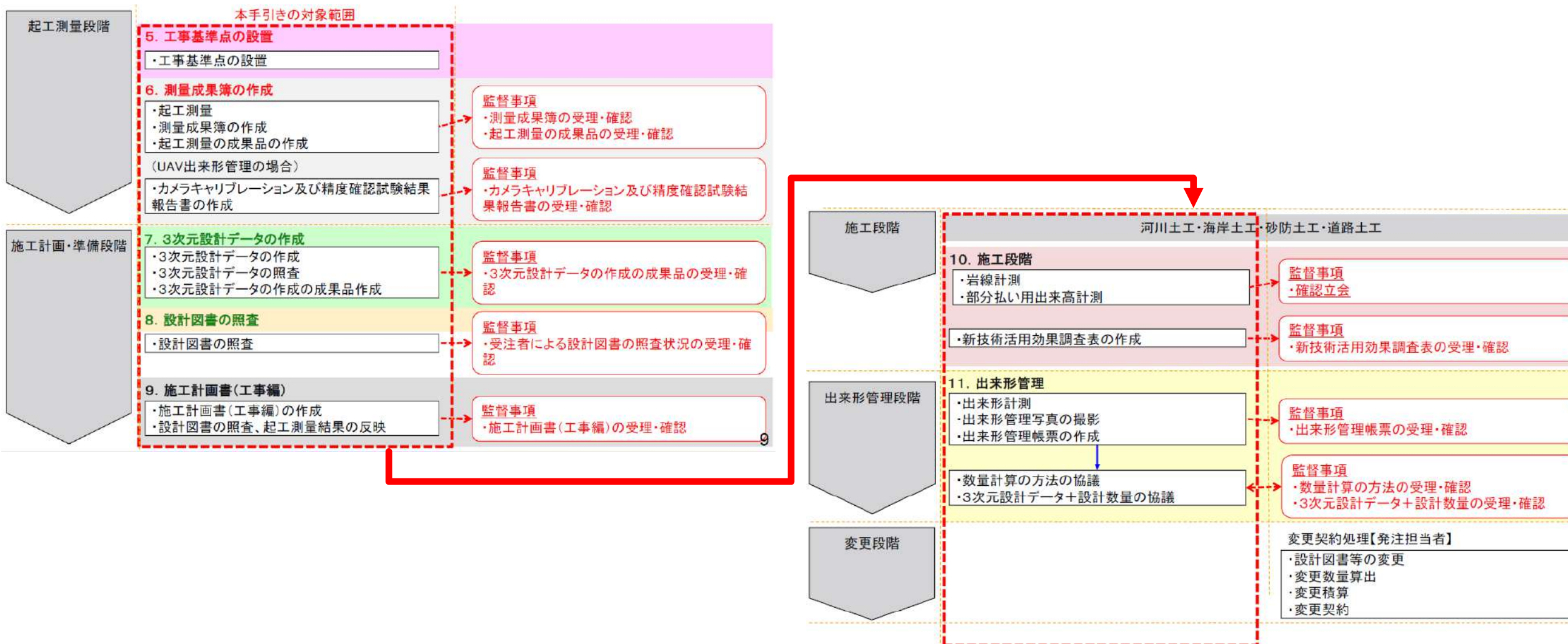
- ① GNSSの受信状況をチェック
- ② 全体的に受信可の場合
工事基準点設置位置を考える
- ③ 部分的に入らない場合
ICTを実施する範囲の協議する
- ④ 全体的に入らない場合、
TSを選択するか、ICT自体を断念する

ICT施工の受発注者の役割（中国地方整備局より抜粋） 参考



出典元：中国地方整備局 ICT活用工事（土工）の手引 https://www.cgr.mlit.go.jp/icon/pdf/dokou_tebiki_ver2906.pdf

ICT施工の受発注者の役割（中国地方整備局より抜粋） 参考



ICT施工の受発注者の役割（中国地方整備局より抜粋） 参考



★ICT土工の完成検査の流れ

■検査の流れ

書面検査は、パソコンを使って、納品された電子成果品を確認します。

実地検査は、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、監督職員及び検査職員により工事成績評価についてのICT活用について評価が行われます。

■書面検査

- UAVやLSを用いた出来形管理に係わる施工計画書の記載内容**
 施工計画書に記載された出来形管理方法について、監督職員が実施した「施工計画書の受理・記載事項の確認結果」を工事打合せ簿で確認します。
- 設計図書の3次元化に係わる確認
 設計図書の3次元化の実施について、工事打合せ簿で確認します。
- UAVやLSを用いた出来形管理に係わる工事基準点等の測量結果等**
 出来形管理に利用する工事基準点や標定点について、受注者から測量結果が提出されていることを、工事打合せ簿で確認します。
- 3次元設計データチェックシートの確認**
 3次元設計データが設計図書を基に正しく作成されていることを受注者が確認した「3次元設計データチェックシート」が、提出されていることを工事打合せ簿で確認します。
- UAVやLSを用いた出来形管理に係わる精度確認試験結果報告書の確認**
 UAVやLSを用いた出来形計測が適正な計測精度を満たしているかについて、受注者が確認した「精度確認試験結果報告書」が、提出されていることを工事打合せ簿で確認します。
- UAVや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を確認します。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の凡例に従い判定します。
- 品質管理及び出来形管理写真の確認**
 「品質管理及び出来形管理写真基準」に基づいて撮影されていることを確認します。
- 電子成果品の確認**
 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、「工事完成図書の電子納品等要領」で定める「ICON」フォルダに格納されていることを確認します。

■実地検査

- 受注者が提供するTS等を用いて、現地で検査職員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します。
- 検査の頻度は1工事1断面です。
 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。
 なお、新基準を適用できない場合は、従来の代表断面における幅、法長、基準高などの設計値と実測値の比較による検査を行ってもよいこととなっています。ただし、検査頻度は、代表断面1断面です。

出典元：中国地方整備局 ICT活用工事（土工）の手引 https://www.cgr.mlit.go.jp/icon/pdf/dokou_tebiki_ver2906.pdf

ICT建機の位置を把握するためのアイテム

GNSS受信機



.....今どこにいて、どの方向に向いて

車体傾斜センサ



.....建機がどう傾いていて

フロント傾斜センサ
(ブーム・アーム・バケット)

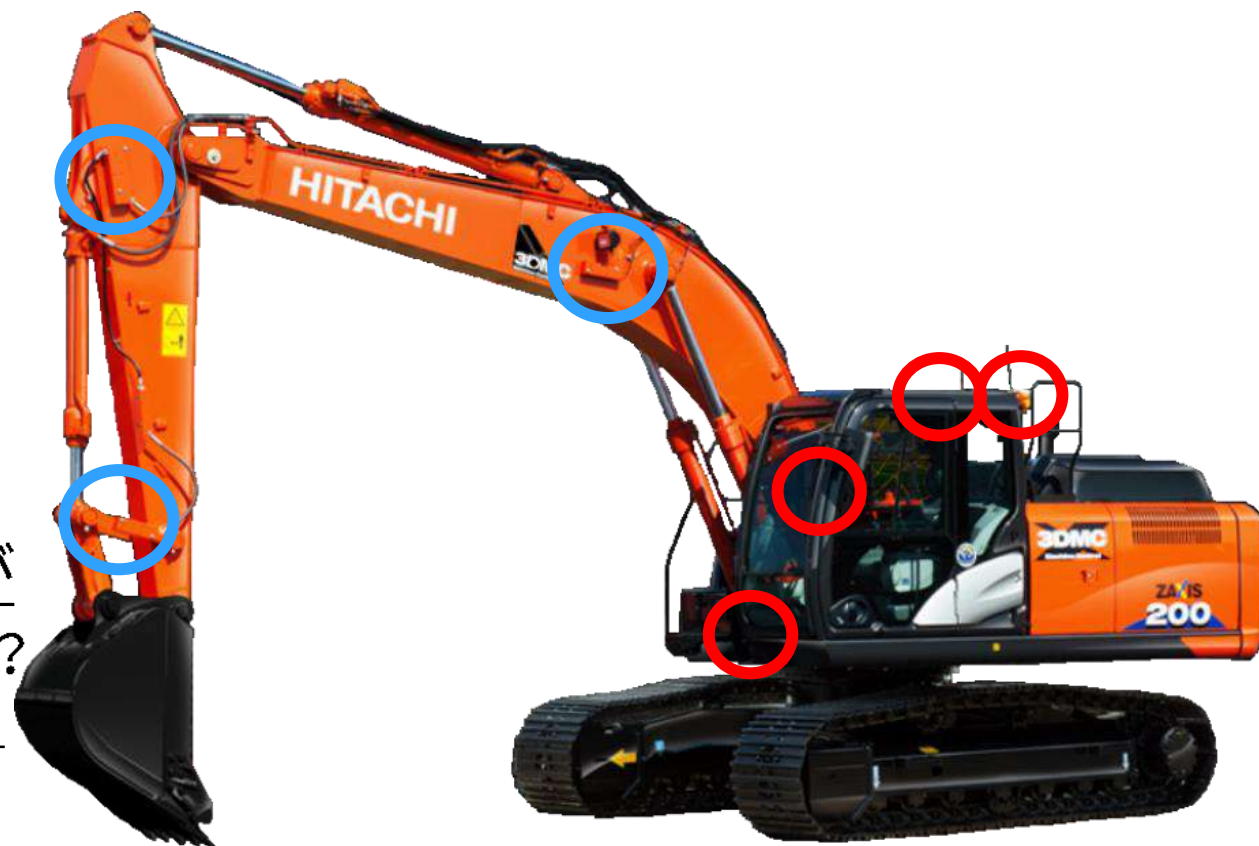


.....バケットの刃先の位置が
どこにあるのか

モニタ



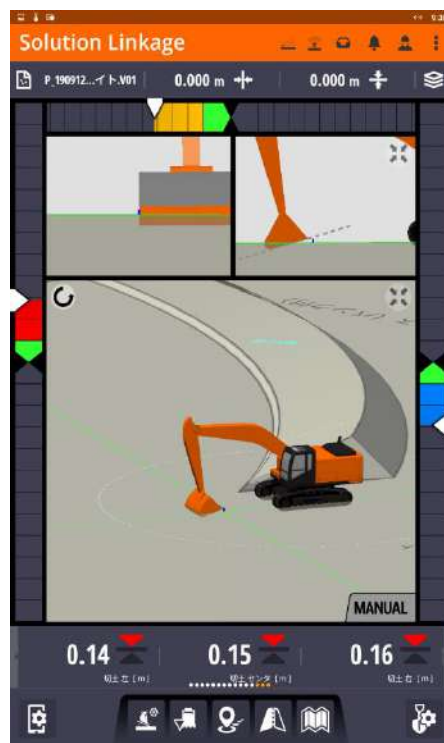
機械本体及び作業装置が
.....設計面のどこにあるのか？
丁張などの役目をしてくれる



バックホウ マシンガイダンス

油圧を制御しない

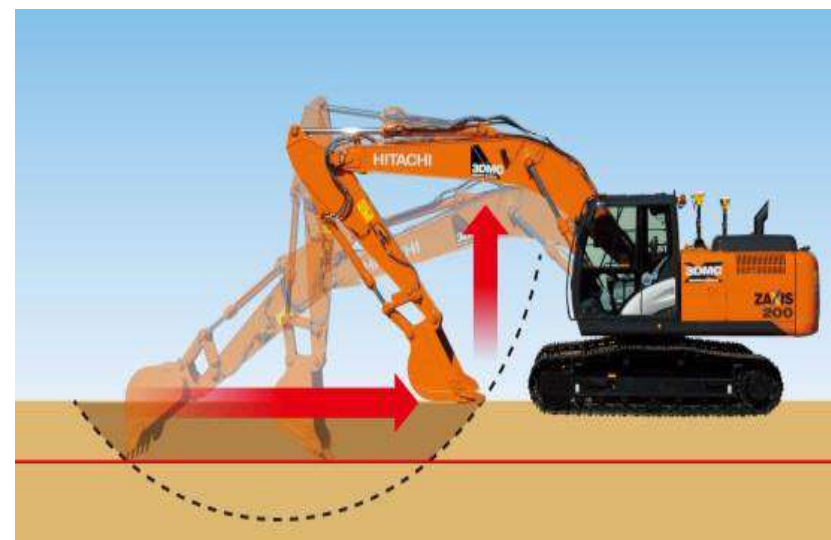
設計面の施工に対して
モニタ表示や音を用いてオペレーターにガイダンスする



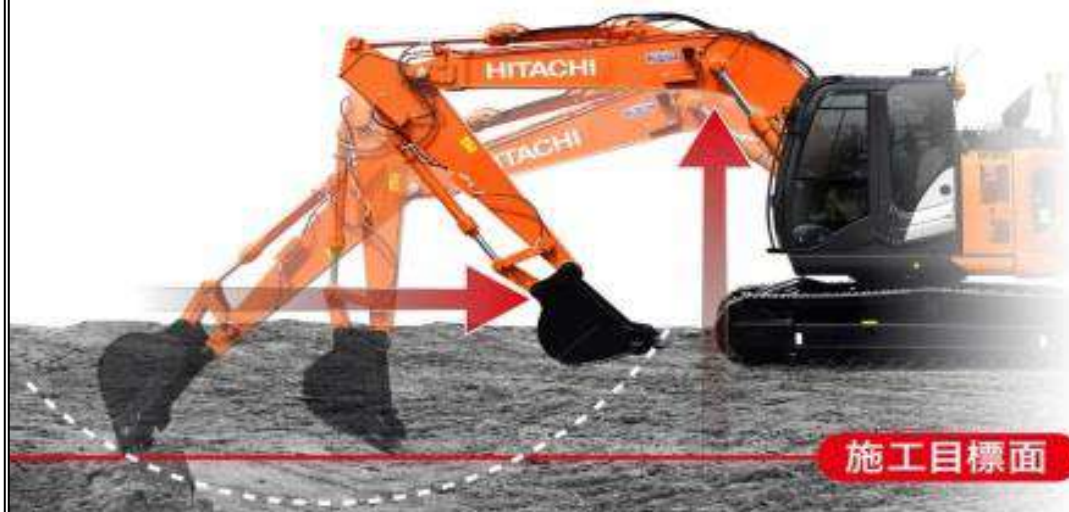
バックホウ マシンコントロール

システムで油圧を制御する

設計面の施工に対して
操作の一部を自動化する



掘り過ぎ防止機能



設計面を過掘りしないように
バケットが半自動制御されるので
掘りすぎることなく効率的な掘削が可能

バケット角度保持機能



バケット角度を一定に保つことができるので
バケットの微操作なしで法面などの仕上げが可能



ICT建機の精度確認試験

《ICT建機は測量機器が装着されている》

現場で施工する前に、刃先の精度確認試験が義務付けられている

- ・ 7 ポーズ以上で計測し精度確認が必要（右側スライド参照）
- ・ TSで座標計測⇔ICT建機の座標を比較する
- ・ 精度の平均値が± 5 0 mm以内でなければならない

《考慮すべき事項》

- ・ ICT建機の設置場所は水平な場所に設置する
- ・ TSの設置時に、工事基準点間の夾角が適正でないと器械位置の算出誤差が大きくなる
- ・ 夾角を30～150°に制限すること
- ・ 位置計算時に較差を必ず確認し位置算出が適正か確認する

表-3 作業装置の位置の確認条件【例】

	バケット標高位置	バケット角度	バケット距離	バックホウ姿勢	上部旋回体向き	備考
ケース 1	0m	0度	近距離	水平	正面	比較基本姿勢
ケース 2	0m	60度	近距離	水平	正面	バケット角度
ケース 3	1.5m	0度	近距離	水平	正面	バケット高さ
ケース 4	0m	0度	遠距離	水平	正面	バケット距離
ケース 5	0m	0度	近距離	7.5度	正面	バックホウ姿勢
ケース 6	0m	0度	近距離	水平	90度	旋回体向き
ケース 7	0m	0度	遠距離	水平	90度	

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

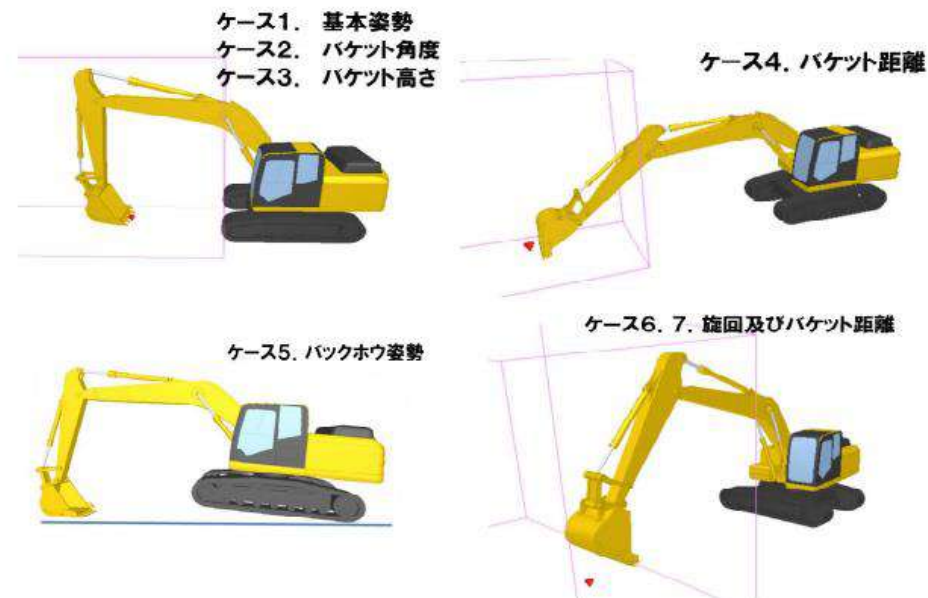


図-5 作業装置の位置精度の確認方法例

日常点検のチェックシート

(様式-2)

日常点検のチェック項目(対象技術:ICTバックホウ)

対象項目	確認箇所	内 容	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	確認者	印	確認者	印	確認者	印	確認者	印	確認者	印
1)GNSS	・基地局	・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,バッテリー充電量) ・無線装置は正しく起動しているか? (電力供給,バッテリー充電量)	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	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	チェック結果	
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	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか? ・センサの変形はないか?												
	・アーム部													
	・ブーム部													
	・本体部													
4)ケーブル	・バケット部~アーム部	・ケーブルの緩みはないか? ・ケーブルの損傷はないか?												
	・アーム部~ブーム部													
	・ブーム部~本体													
	・GNSS~本体 等													
5)データ確認	既知点	・測定較差が±50mm以内か?	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	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		確認	

バックホウの精度確認状況

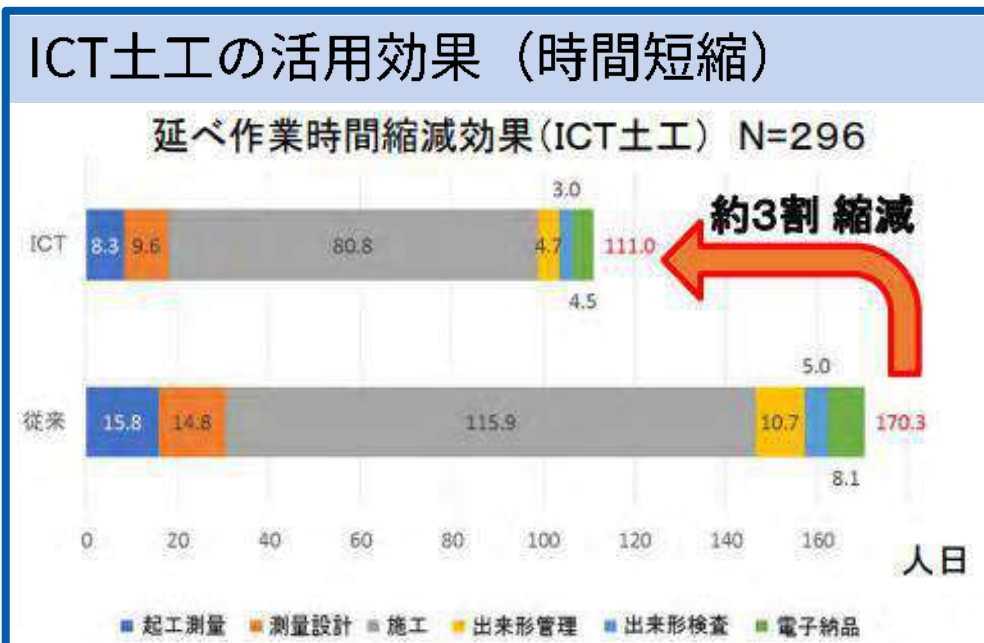


※各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

ICT建機を導入すると現場にはこういったメリットがあるのか？

①作業効率向上

ICT建機に3D設計データが搭載されているため、測量や丁張（施工の目印）設置等の手間が大きく軽減・削減できる。そのため、それらの作業を行っていた人が別の作業をこなせる。

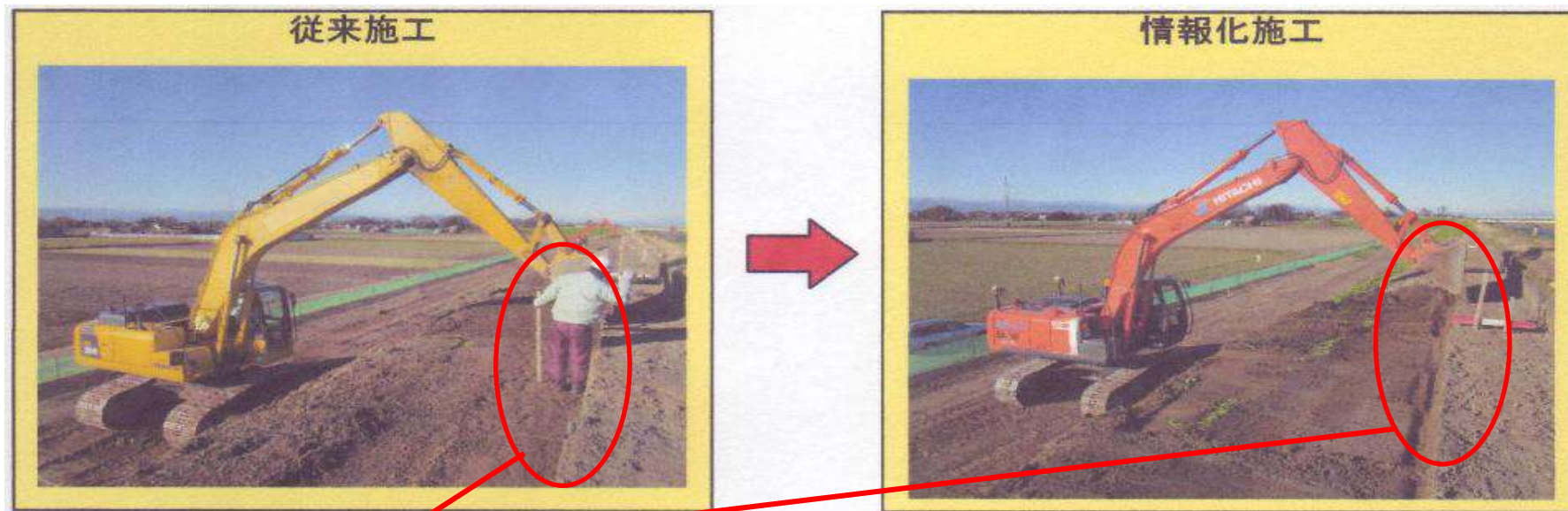


デジタル化・スマート化の推進（国土交通省）より抜粋

ICT建機を導入すると現場にはこういったメリットがあるのか？

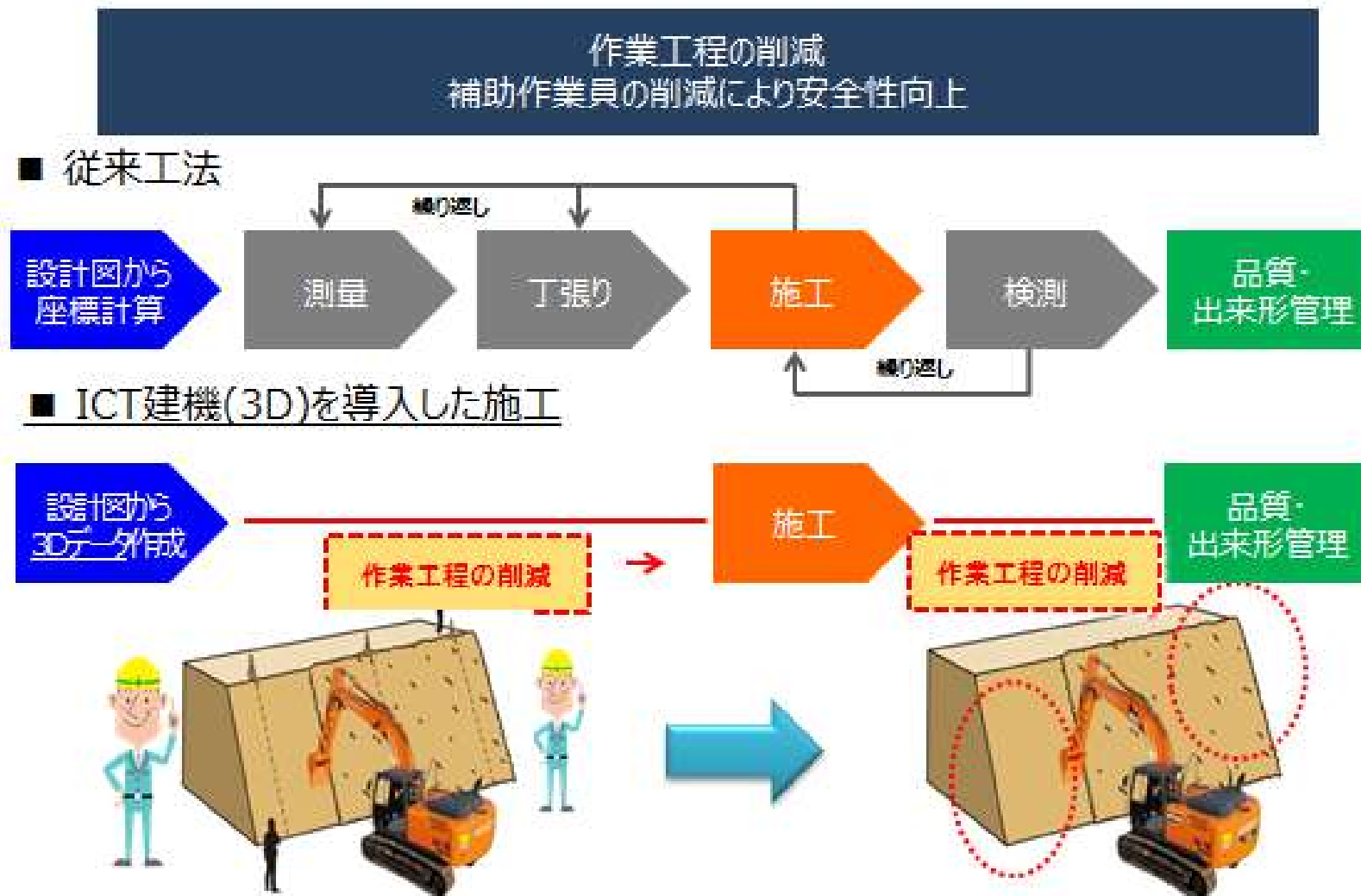
②安全性の向上

測量や丁張設置等にかかる人員が大きく軽減・削減できる。手元作業員も軽減・削減されるため、建機の周りに人がいなくなり安全性が向上する。



誘導をする作業員が不要になる為、現場の**事故防止になり安全性が向上**

ICT建機を活用する効果 ⇒ 作業工数の削減



E ICT建機操作

デモサイト

- ▶▶▶ 作ったデータはICT建機へ！自分でMC施工をやる！
日立建機のMC/MGに乗りまくる！
実はかんたん、熟練並みの整地、法面整形にチャレンジ！

体験習得項目

- ◇ICT建機の仕組みについて
 - ・ICT建機の説明
 - ・建機乗車までの流れ
 - ・各種操作パネルの使い方
- ◇ICT建機操作
 - ・ZX200X-6での法面整形や掘削
 - ・ZX35U-5BでMCを用いた整地**実操作でMC/MGの利便性を体験!!**

建機乗車時間たっぷり！



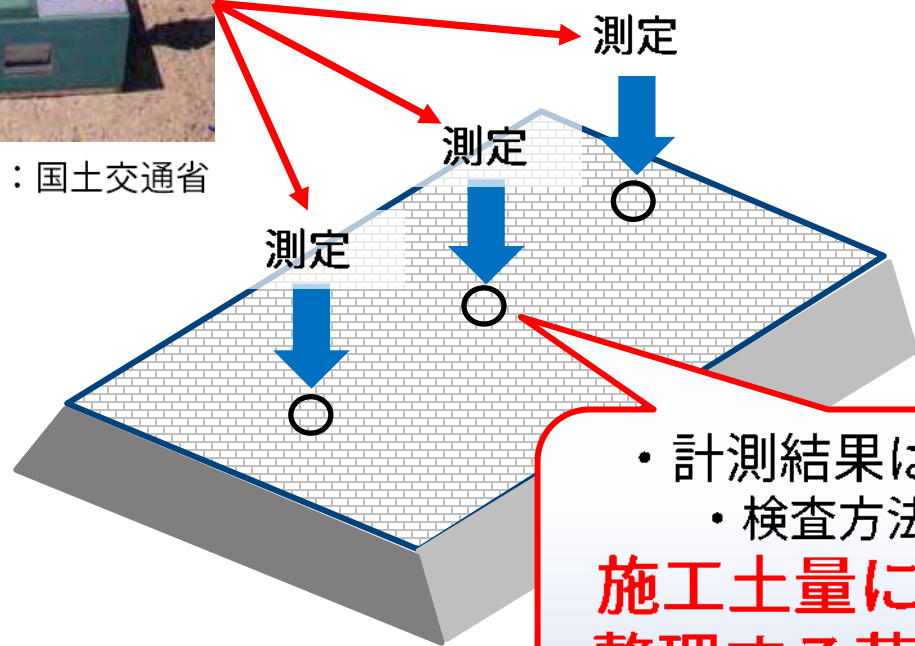
※車両系建設機械技能講習、特別教育の資格を有していない方については講師の指導、指示に基づいた操作確認となります。

従来管理



出典元：国土交通省

施工毎に品質管理
(1000m³毎に1点)



帳票作成

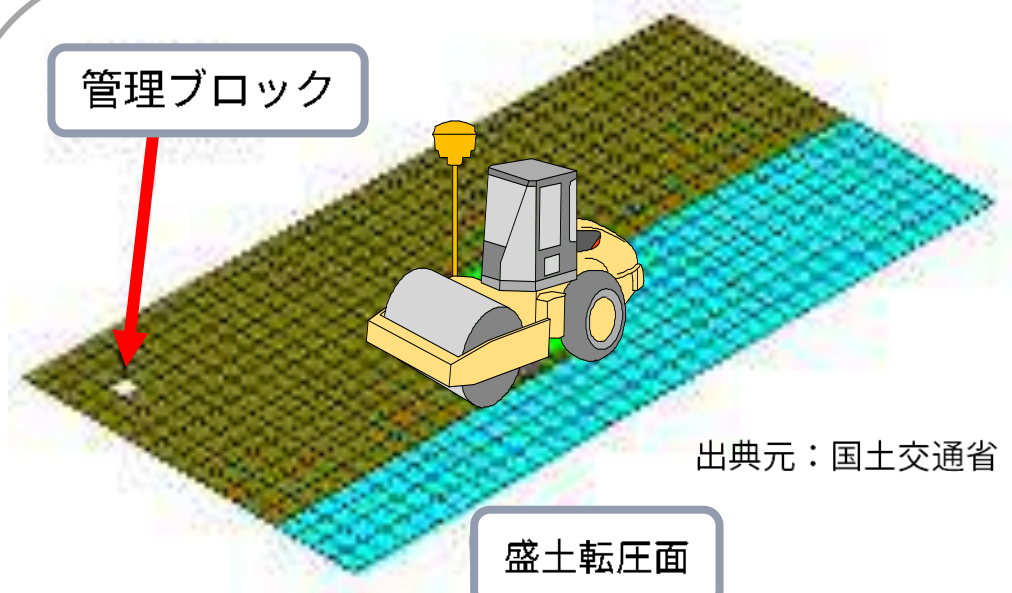
- 盛土施工管理データ
- 現場密度試験結果一覧等

多くの書類を作成

• 計測結果は用紙記入
• 検査方法により
**施工土量に比例して
整理する苦労が増加**

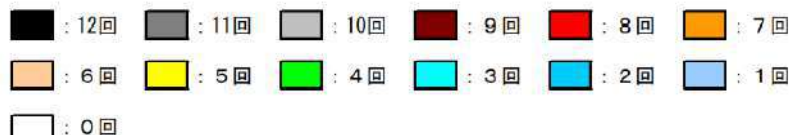
• 計測結果を転記
• 品質管理帳票作成
施工土量に比例して増加

品質管理

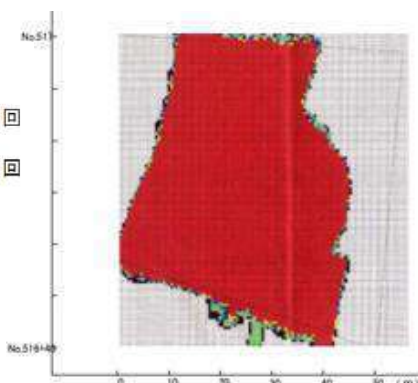


出典元：国土交通省

締固め回数の凡例



所定の締固め回数：8回
過転圧となる回数：12回



- 面的に品質管理する方式

管理要素

巻きだし厚

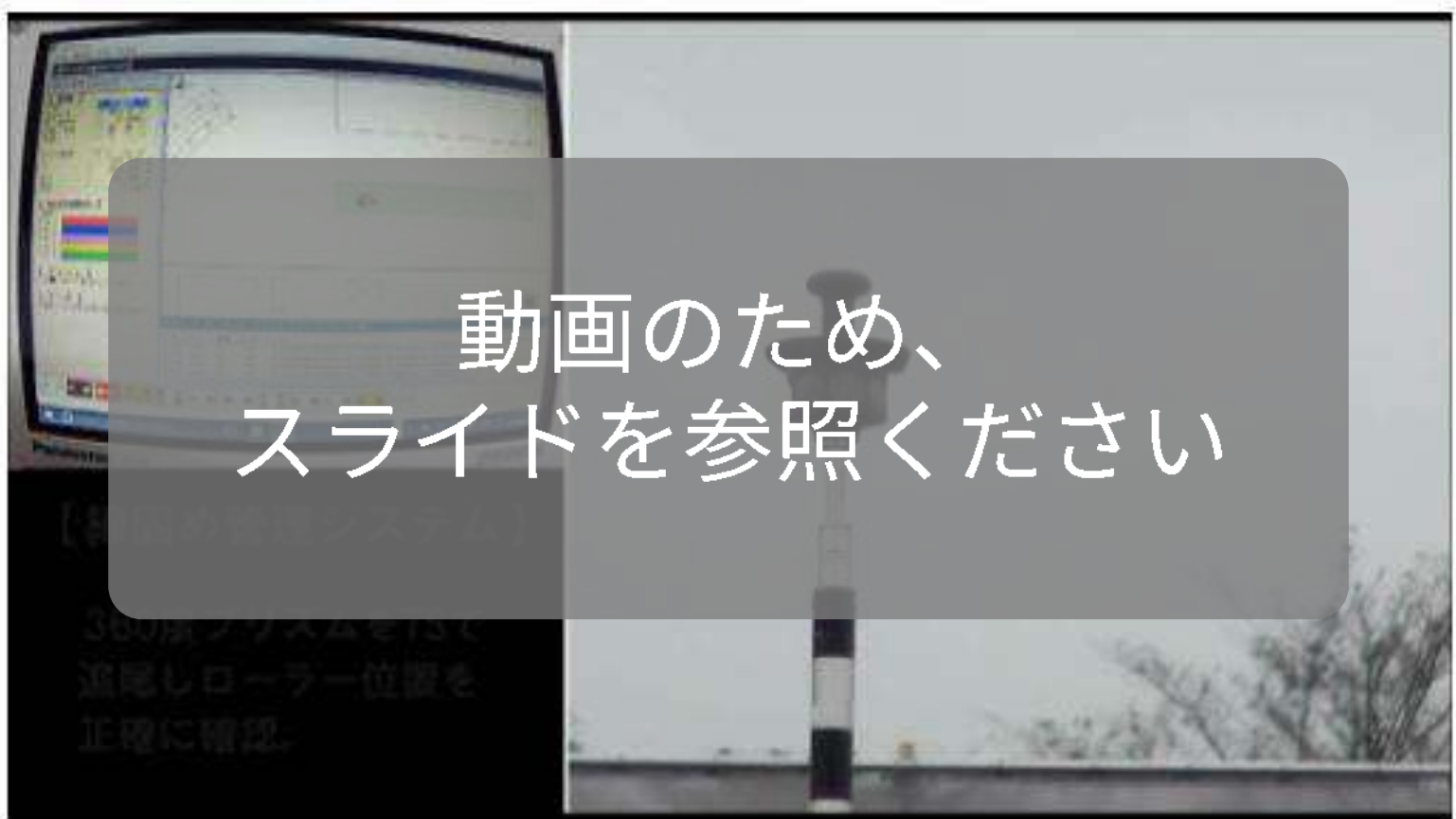
締固め機械

施工含水比

転圧回数

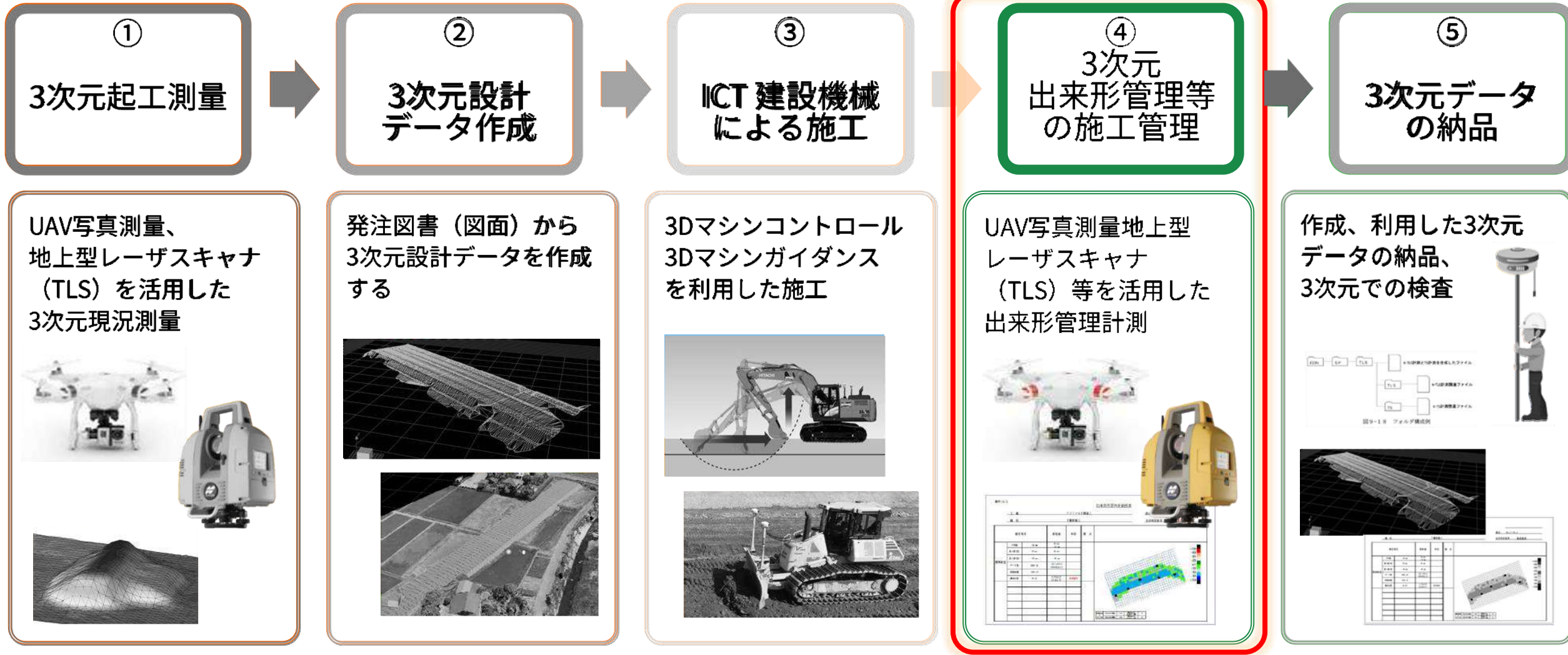
施工土量に関係なく

- 締固め品質確保
- 管理帳票作成の効率化
- 施工履歴データの保存

A video thumbnail showing a construction site. On the left, a computer monitor displays a software interface with a map and data. On the right, a vertical measuring rod is positioned against a concrete structure. A semi-transparent grey box with white text is overlaid in the center.

動画のため、
スライドを参照ください

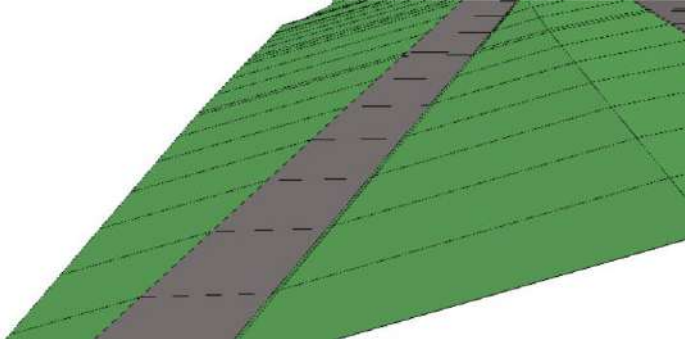
施工区域におけるローラの位置を測位し、締固め回数で品質管理



i-Constructionのフロー

出来形管理・検査

3次元設計データ



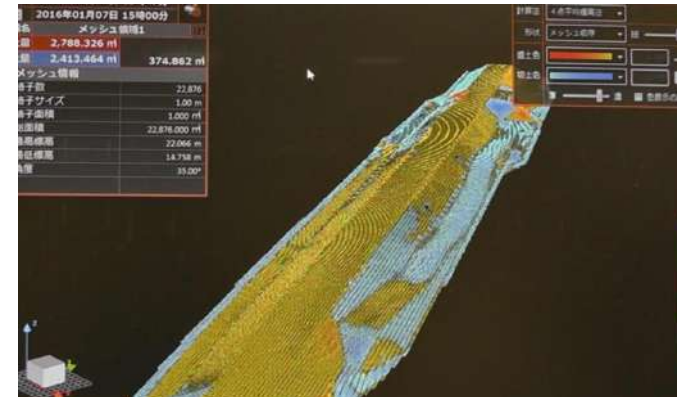
出来形点群



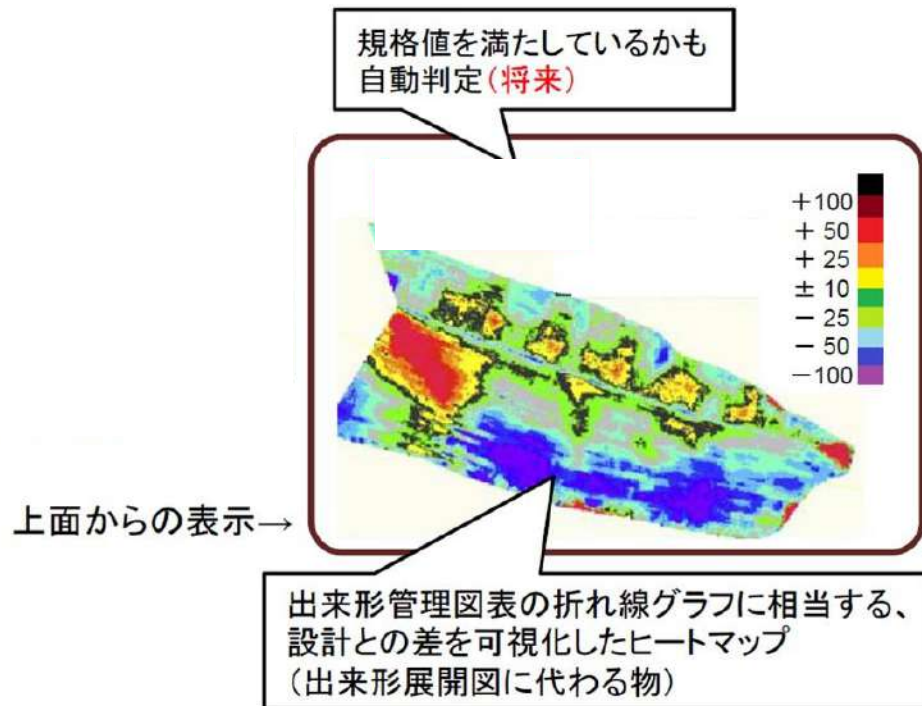
3次元出来形データ



ヒートマップ

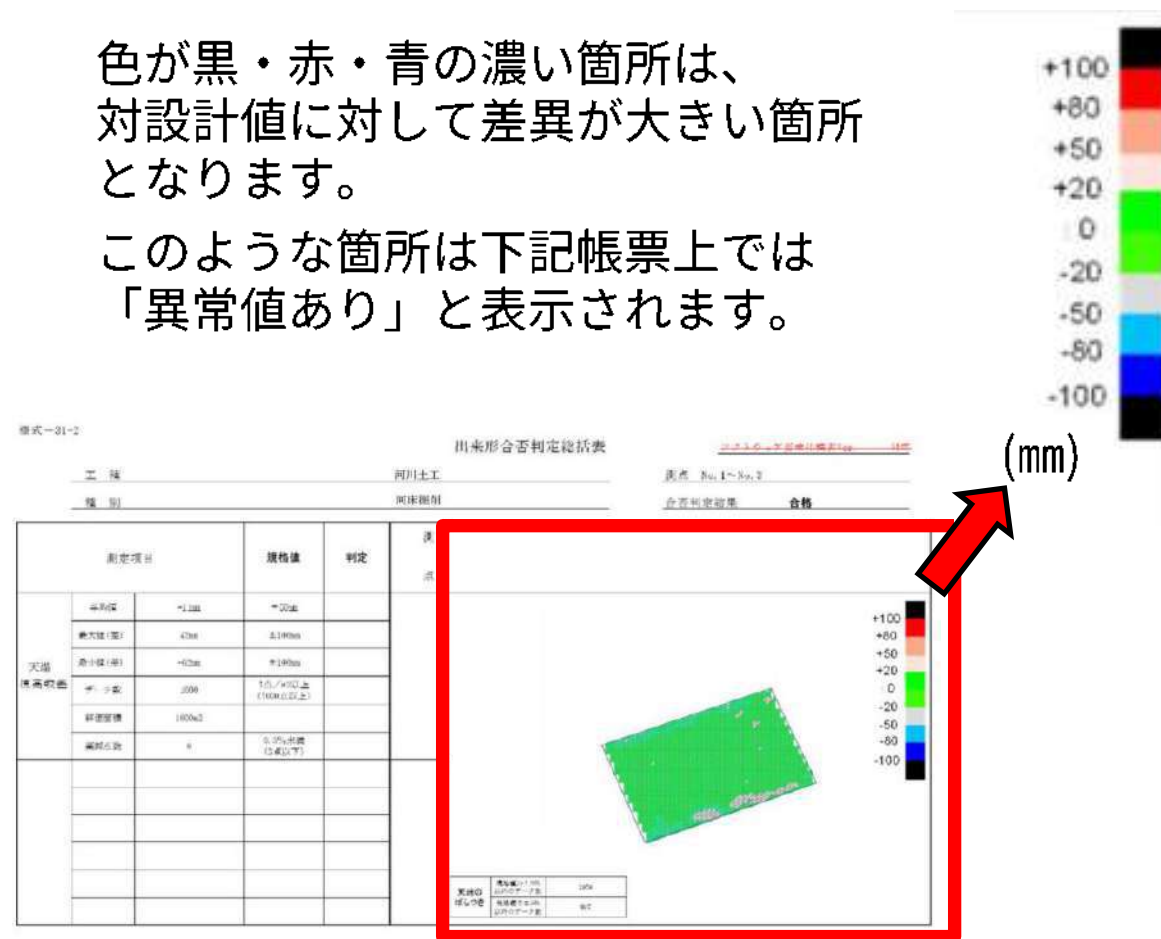


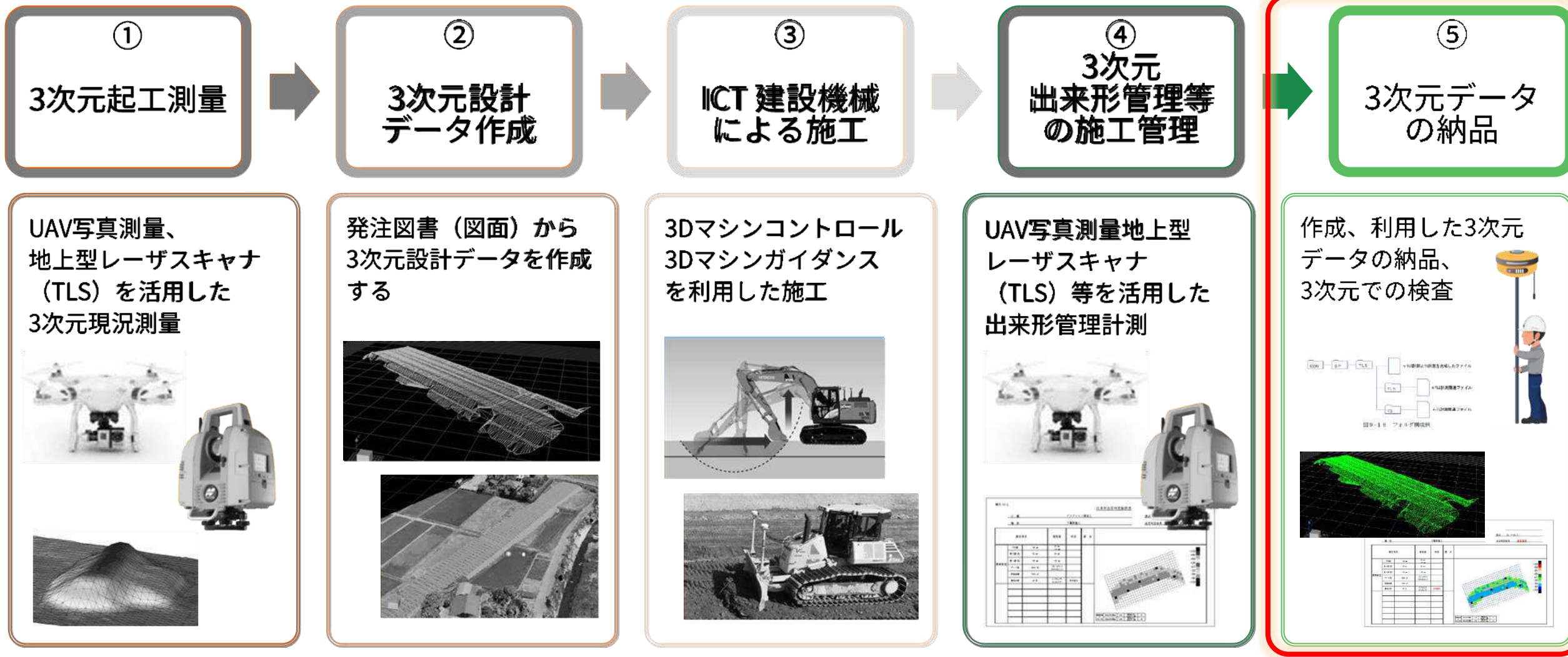
ヒートマップ作成 → 帳票出力



実際の検査は、この画面と右記帳票によって行われます。基本的には、3次元設計データとの比較をすることでソフト上で自動的に作成されます。

色が黒・赤・青の濃い箇所は、対設計値に対して差異が大きい箇所となります。
このような箇所は下記帳票上では「異常値あり」と表示されます。





■電子成果品等

<電子成果品>

- 受注者は、**電子成果品**（UAVやTLSによる出来形管理や数量算出の結果等の工事書類）を「工事完成図書の電子納品等要領」で定める **「i-con」フォルダに格納して提出**

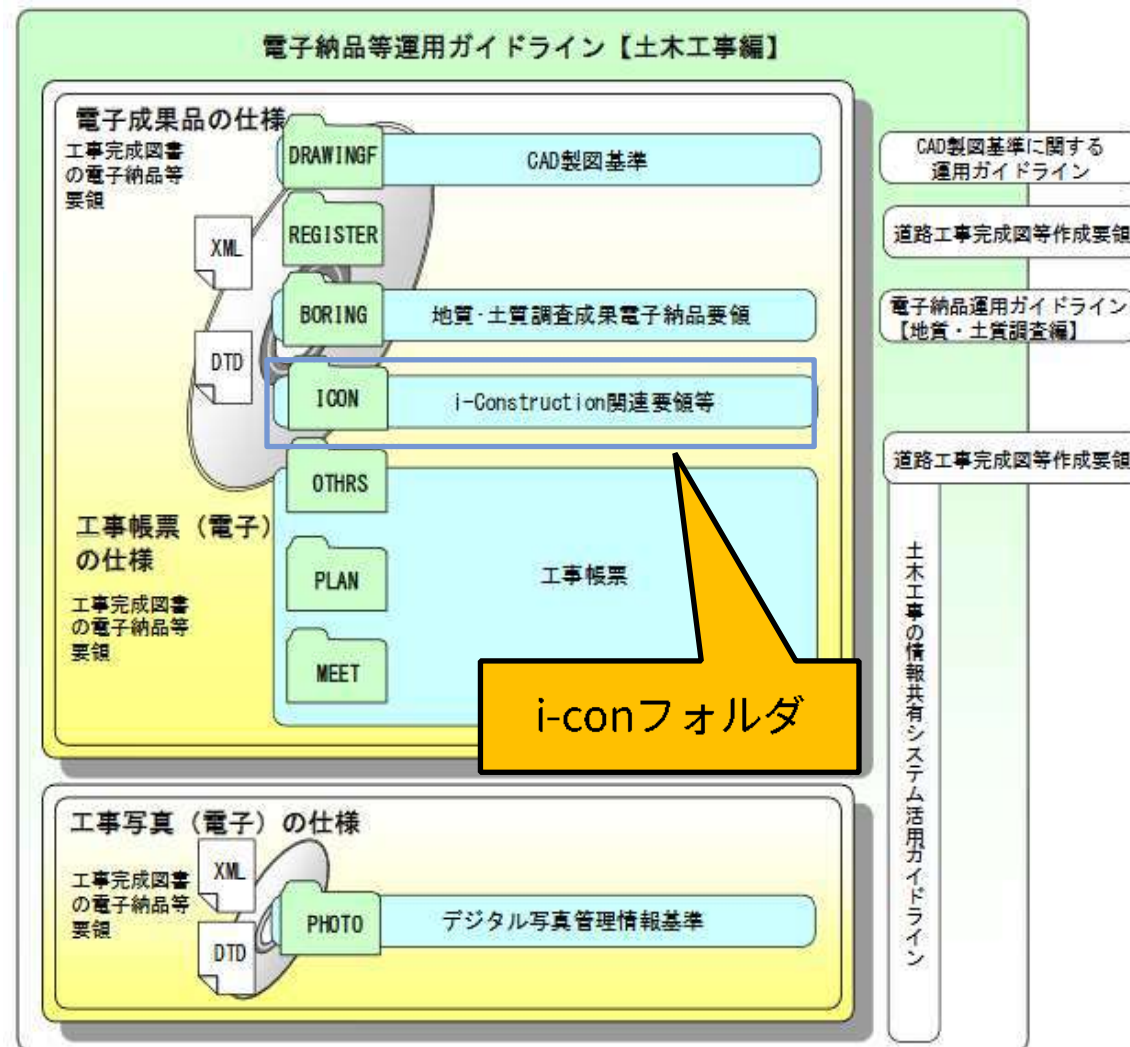


<活用効果調査>

- 受講者は、ICT活用技術で施工した結果の **活用効果調査を作成して提出**

<施工合理化調査表>

- 発注者から指示がある場合、受注者は、 **施工合理化調査表を作成して提出**



- 設計値と計測値との差分が基準値以内であることを確認します。



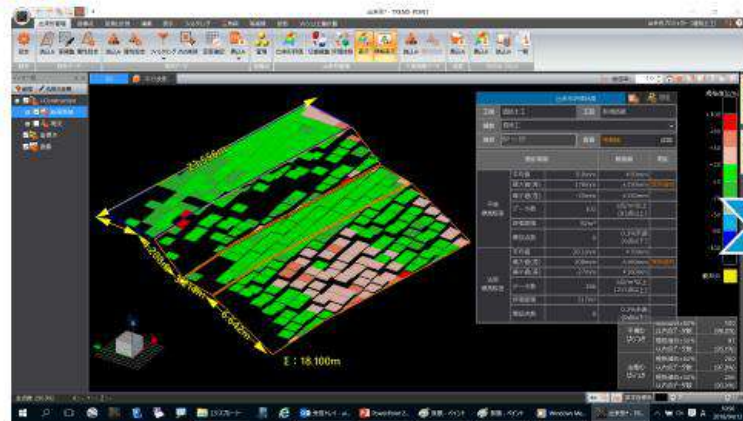
UAV空中写真測量出来形管理監督・検査要領（案）平成30年3月より
イラスト：JCMA標準テキスト（UAV空中写真測量基礎編）より一部引用

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



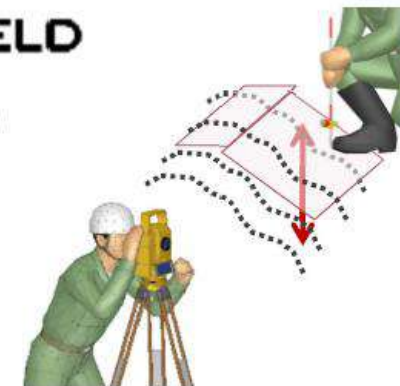
3次元設計データを搭載したTS、GNSSで測量確認

- TREND-POINTのヒートマップを現場端末に転送～計測結果をPC取込みし、帳票出力できます。



No	種別	測定場所	X座標	Y座標	Z座標	設計基礎高	観測高さ	規格値	判定
1	掘削工	天端	-88063.751	16027.751	184.575	184.581	-0.006	±0.15	○
2	掘削工	天端	-88071.166	16023.703	183.509	183.498	0.011	±0.15	○
3	掘削工	天端	-88077.024	16023.662	182.975	182.947	0.128	±0.15	○
4	掘削工	天端	-88084.836	16017.580	181.822	181.678	0.144	±0.15	○
5	掘削工	天端	-88088.512	16010.679	180.879	180.818	0.061	±0.15	○
6	掘削工	法面	-88070.762	16017.667	181.694	181.480		±0.19	○
7	掘削工	法面	-88085.954	16009.222	180.350	180.194	0.156	±0.19	○
8	掘削工	法面	-88068.709	16032.744	183.622	183.684	-0.062	±0.19	○
9	掘削工	法面	-88080.140	16026.776	181.175	181.183	-0.008	±0.19	○
10	掘削工	法面	-88088.911	16021.691	179.603	179.557	0.046	±0.19	○

現場端末システム【トレンドフィールド】



計測結果と3D設計データとを比較した結果を確認

現状の課題と対策

これからICT施工を目指していくために・・・

最初は外注して一緒に学ぶ、ゴールは自社で「できる！」



ICT活用工事を実施することが「目的」ではない

- ① 日本全国の建設業の発展・地域貢献**
- ② そのために建設業が健全に、且つ、永続的に経営できる**
- ③ 建設業に若い人材・優秀な人材が必要**

A photograph showing silhouettes of construction workers and professionals in a meeting. One worker on the left wears a blue hard hat. They are gathered around a large table, possibly reviewing plans. The scene is backlit by a bright light, creating a warm, golden glow.

**建設業をもっと楽しく、もっと楽に、
まずはやってみよう！**

ICTで作ろう 将来の担い手が活躍するフィールド



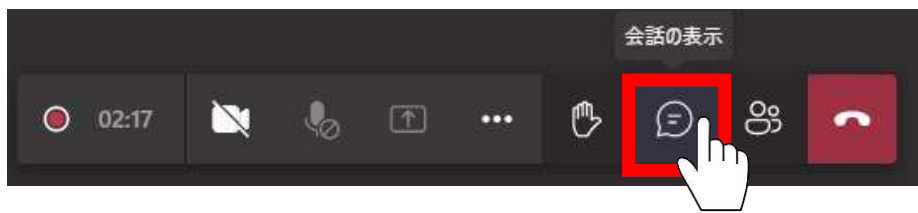
協力:福島県立福島明成高等学校 環境土木科 の生徒



これからの現場に若い担い手が
活躍できるフィールドを作ろう！

確認テストについて

①会話の表示をクリック



②チャットに記載のアドレスをクリックしてアンケートのページに移動します。



URLのアクセスが難しい場合、
下記2次元コードを携帯にて読み取り頂き、
確認テストに参加をお願い致します。

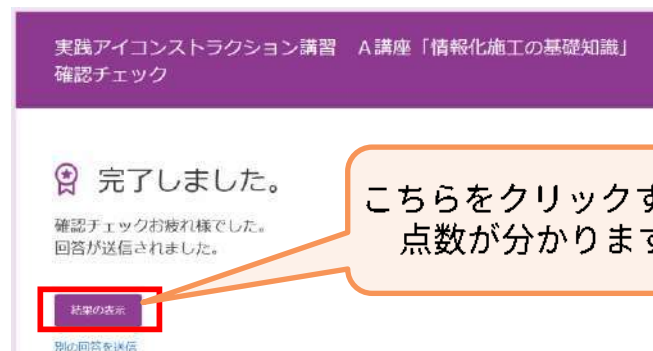
スライドを確認

解答後は、Teamsの画面にお戻りください。

③確認テストに参加をお願い致します。



※こちらは、各自が講習内容を現時点でどのくらい理解できたかを確認、把握するものですので、合否判定等は特にありません。解答後に解説を行います。



解答後は、Teamsの画面にお戻りください。

質疑応答

本スライドの参照、引用元

- 1) 国土交通省 建設施工・建設機械
 - ・ 3次元計測技術を用いた出来形管理要領（案）R3.3.29 改定
 - ・ ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針
別紙1～28の一式ダウンロード(令和3年4月1日以降適用)

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001396085.pdf>
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001396634.pdf>
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001396635.pdf>

- 2) 日立建機株式会社 ICT建機
- 3) TOPCON

<https://japan.hitachi-kenki.co.jp/products/industry/ICT/>
https://www.topcon.co.jp/positioning/products/product/gnss/hybrid_survey_sys.html

本講習資料は著作権上の保護を受けています。本講習テキストの一部あるいは全部について、株式会社PEO建機教習センターから文書による許諾を得ずに、いかなる方法においても無断で複写、複製することは禁じられています。

