

東京都建設局

～ ICT活用工事の解説(土工編)～

1. 適用の範囲
 - 1-1. ICT活用工事5つの施工段階
 - 1-2. 東京都建設局におけるICT活用の適用工事
 - 1-3. 東京都建設局におけるICT活用の部分活用
 - 1-4. 東京都建設局におけるICT活用の設計変更
 - 1-5. 発注から工事完成までの流れ
2. 協議
 - 2-1. 東京都建設局のICT活用工事に関する協議の流れ
3. 施工計画書の作成
 - 3-1. 施工計画書の記載事項
4. 準備工
 - 4-1. 準備工 ～工事基準点と評定点の設置～
5. 3次元起工測量
 - 5-1. 3次元起工測量
 - 5-2. 3次元起工測量 ～計測データの作成～
6. 3次元設計データ作成
 - 6-1. 3次元設計データ作成 ～設計データ作成の流れ①～
 - 6-2. 3次元設計データ作成 ～設計データ作成の流れ②～
 - 6-3. 3次元設計データチェックシート作成
7. ICT建設機械による施工
 - 7-1. ICT建設機械による施工①
 - 7-2. ICT建設機械による施工②
8. 3次元出来形管理等の施工管理
 - 8-1. 3次元出来形管理等の施工管理①
 - 8-2. 3次元出来形管理等の施工管理②
 - 8-3. 3次元出来形管理等の施工管理③
9. 3次元データの納品
 - 9-1. 3次元データの納品①
 - 9-2. 3次元データの納品②
10. 参考資料
 - (参考1) 用語集
 - (参考2) 国土交通省 各種要領・基準類
 - (参考3) 補助金制度等の紹介
 - (参考4) 各種紹介動画のURL
 - (参考5-1) 3次元測量技術～UAV・TLS 操作概要～
 - (参考5-2) 3次元測量技術～UAV活用のポイント①～
 - (参考5-3) 3次元測量技術～UAV活用のポイント②～
 - (参考5-4) 3次元測量技術～TLS 活用のポイント①～
 - (参考5-5) 3次元測量技術～TLS 活用のポイント②～
 - (参考5-6) UAV・TLSの計測精度
 - (参考6-1) TSを用いたICT
 - (参考6-2) 小規模土工向けICT①
 - (参考6-3) 小規模土工向けICT②

1-1. ICT活用工事における5つの施工段階

ICT活用工事とはICT施工技術を以下に示す5つの施工段階で活用する工事のことです。

【5つの施工段階】

【ICT活用工事】

【主な効果】

【従来工事】

**3次元
起工測量**

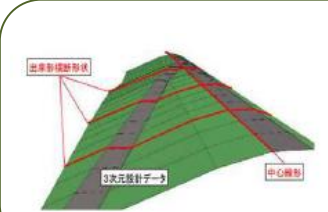


UAV・TLS等を活用した3次元現況測量

- 現況の地盤高や架空線等について、3次元の位置情報で把握できます。
- 計画高等の照査が容易になります。



**3次元設計
データ作成**



図面から3次元設計データの作成
※2次元の図面から作成可能

- 完成予想図を3次元で可視化できます。
- 3次元設計データの活用により、現場での位置出しや出来形管理が容易になります。



**ICT建設機械
による施工**

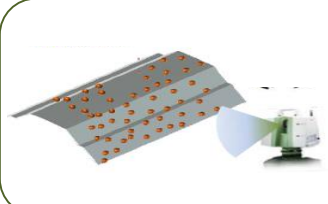


3次元のMC/MGを用いた施工

- ICT建設機械が3次元設計データをもとに制御または案内されるため丁張りを削減できます
- 重機回りでの作業補助が不要になるため、安全性が向上します



**3次元
出来形管理等
の施工管理**

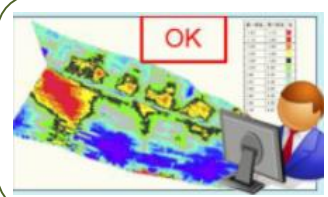


UAV・TLS等を利用した3次元出来形管理計測

- UAVやTLS等の活用によって出来形計測を大幅に省力化できます。
- 書類作成にかかる労力を削減できます。



**3次元データの
納品**



作成・利用した3次元データの納品

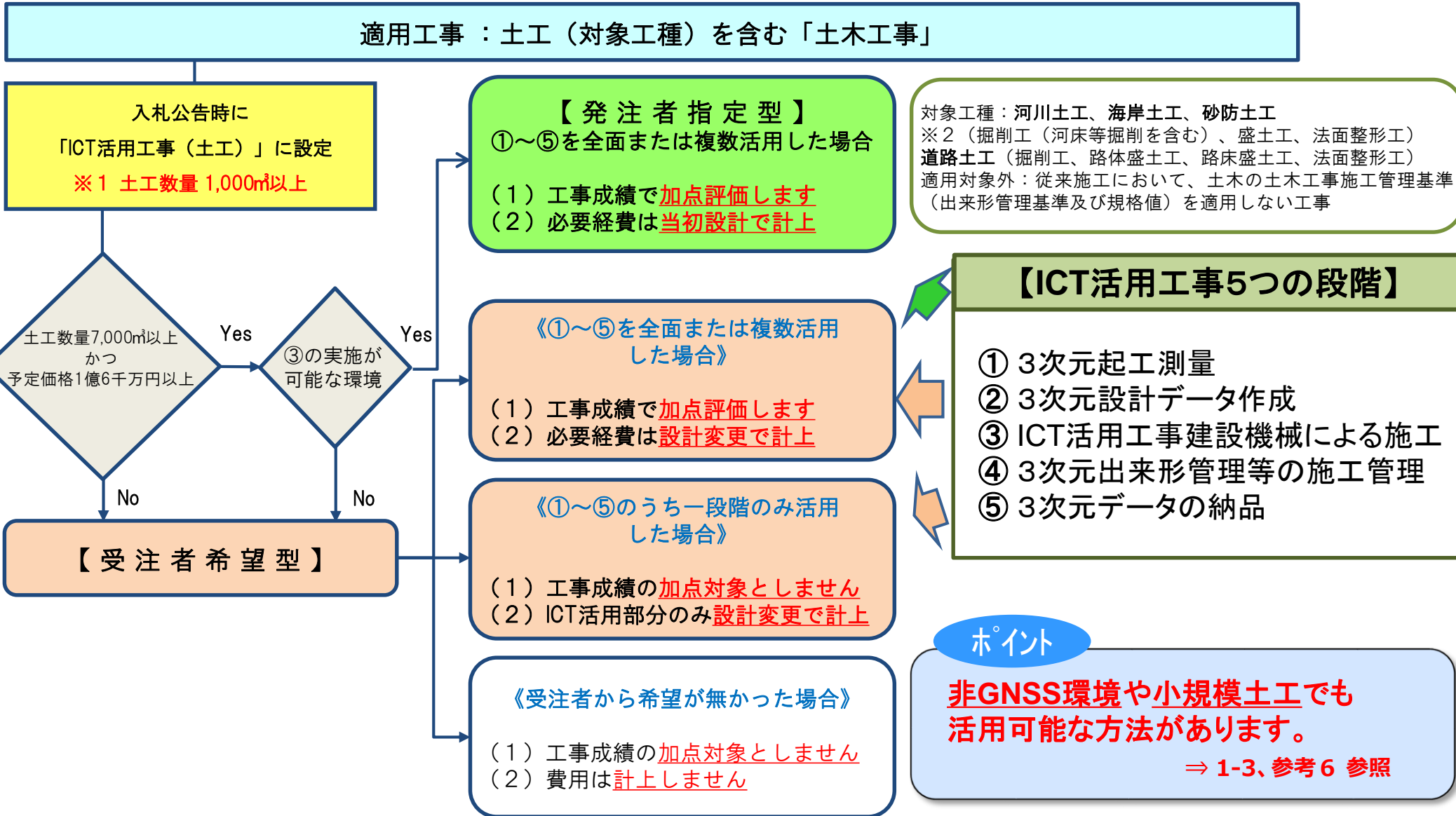
- 3次元データの活用により、検査書類、検査時間を削減できます。



1-2. 東京都建設局におけるICT活用工事(土工)の適用

東京都建設局の取り組み

○ フロー図に示す「施工規模」、「予定価格」等から、「発注者指定型」、「受注者希望型」を選択して発注



※1 土工数量1,000m²未満の工事は、ICT活用工事(土工1,000m³未満)【受注者希望型】により発注

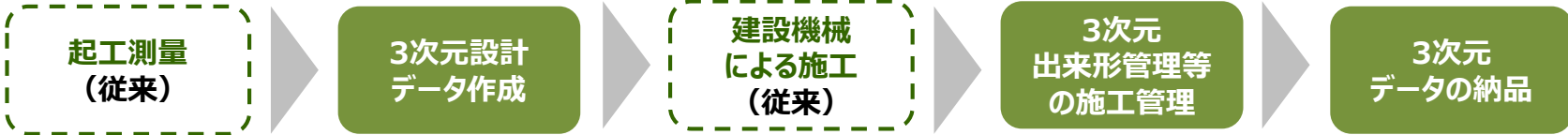
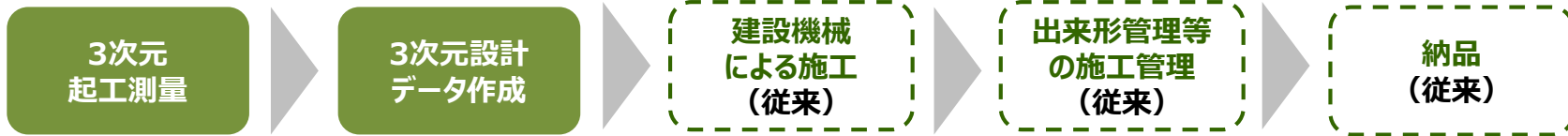

1-3. 東京都建設局におけるICT施工技術の部分活用

東京都建設局の取り組み

ICT施工技術の部分活用

- ▶ ICT活用工事では、部分的にICT技術を活用して現場の効率化を図ってもOKです。
- ▶ 受注者希望型に限り、5つの施工段階の内1つの活用でも、ICT活用工事とみなします。

ICT活用工事の施工段階(例)

Case	活用タイプ(例)・メリット
①	 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 3次元データを活用することで、施工管理の効率化等の効果が見込める。 ▶ 小規模土工に比較的实施しやすい。
②	 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 3次元データを活用することで、適切な施工計画・施工方法の検討に役立つ。 ▶ 3次元データ活用に慣れることで、次工事でのステップアップにつながる。 ▶ 小規模土工に比較的实施しやすい。
③	 <ul style="list-style-type: none"> ▶ ICT建設機械による施工により、施工段階のメリットが体感しやすい。 ▶ 施工断面に変化の少ない連続作業の場合、小規模土工であっても比較的实施しやすい。

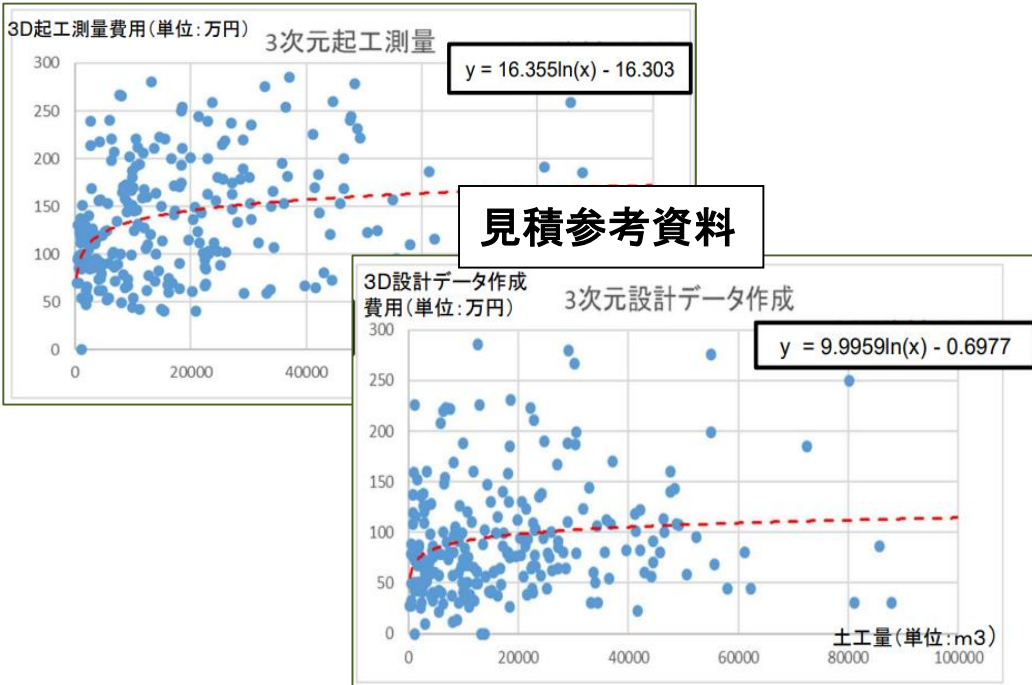
1-4. 東京都建設局におけるICT活用の設計変更

東京都建設局の取り組み

ICT活用した場合の設計変更

▶ ICTを活用した場合、以下の方法で設計変更を実施します。

ICT活用工事における設計変更



【ICT建設機械による施工】

ICT建設機械の規格よりも小さいICT建設機械を用いる場合は、見積りを活用し積算する。

【間接費補正】

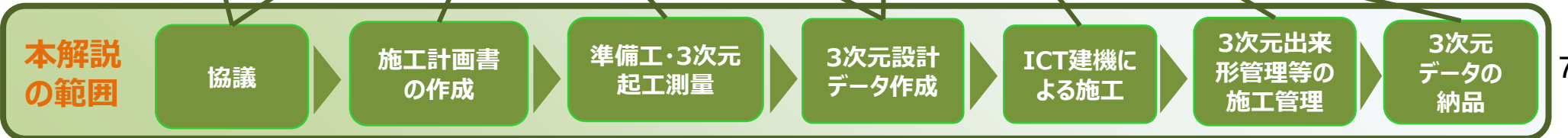
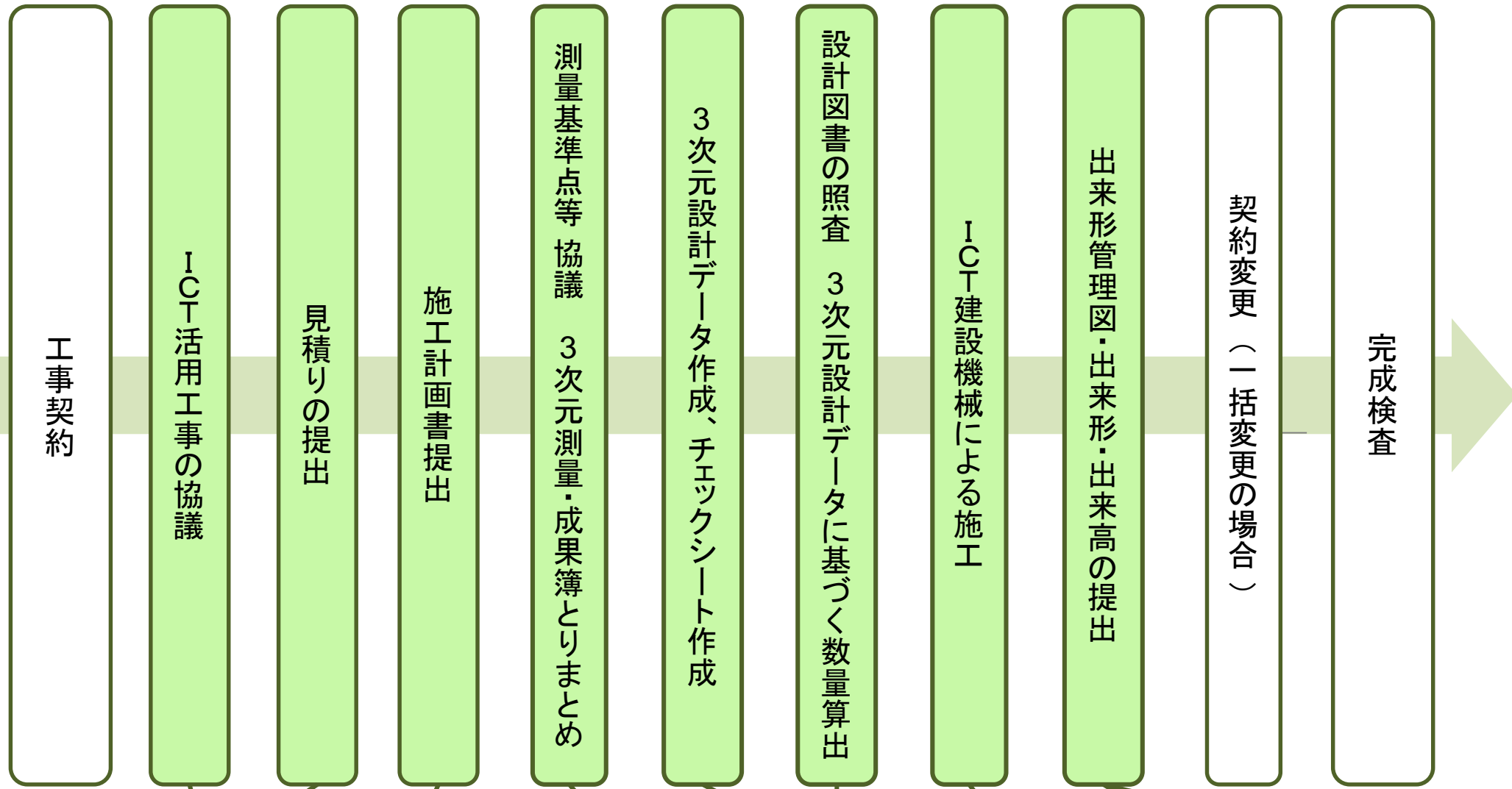
共通仮設費率(補正後)

$$= (\text{除雪補正共通仮設費率} + \text{施工地域補正共通仮設費率} - \text{共通仮設費率(補正前)}) \times \text{ICT 施工補正係数(1.2)}$$

現場管理費率(補正後)

$$= (\text{①現場管理費率(補正前)} \times \text{施工地域補正係数} + \text{施工時期補正率} + \text{砂防・地すべり工事補正值}) \times \text{ICT 施工補正係数(1.1)}$$

1-5. 発注から工事完成までの流れ



2-1. 東京都建設局のICT活用工事に関する協議の流れ

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

【受注者希望の場合】

ICT活用工事の協議
(受注者→発注者)

- ICT活用工事を希望する旨の協議
- 具体的な工事内容と対象範囲の協議



見積りの提出(受注者→発注者)

- 3次元起工測量の経費の見積
- 3次元設計データの作成経費の見積



協議の回答
(発注者→受注者)

- 適用工種及び施工範囲等の決定

- ▶ 受注者は工事着手前までにICT活用工事の適用工種及び施工範囲を協議します。
- ▶ 3次元起工測量から3次元データの納品までの各ステップのうち、活用するICT技術や使用機器等を明確にします。

- ▶ 受注者は3次元起工測量及び3次元設計データを作成する場合は、見積書を提出します。

● 設計変更について ⇒ 1-4 を参照

文書番号 (工事番号)			
請求・通知 報告・協議			
(発注者宛) 殿		年 月 日	
		住所 受注者 氏名 (法人の場合は 名称及び代表者の氏名)	印
下記工事について工事請負契約書の第 条 項により 請求・通知 報告・協議 します。			
文書番号 (契約番号)	ICT活用工事の協議 (発注者→受注者)		
工 事 件 名			
工 事 場 所			
契 約 金 額	¥ (うち取引に係る消費税及び地方消費税の額 ¥)		
契 約 年 月 日	年 月 日	工 期	
請求・通知 報告・協議 内容			
監理業務受託者	担当者名		

別記様式第401号	
○○○第 号	
年 月 日	
(受注者) 殿	
○○○事務所長 ○○○○ 印	
調査結果通知書	
年 月 日付で請求のあった件について、下記のとおり調査・検討の結果を通知いたします。 なお、工事請負契約書第22条、23条の協議については別途行うので、念のため申し添えます。	
文書番号 (契約番号)	協議の回答 (受注者→発注者)
工 事 件 名	
工 事 場 所	
契 約 金 額	¥ (うち取引に係る消費税及び地方消費税の額 ¥)
契 約 年 月 日	年 月 日 履 行 期 限 年 月 日
[調査・検討結果]	
注 工事請負契約書第17条第1項に基づき、確認請求がなされた場合、その調査結果を通知する 際に使用する。なお、工事請負契約書第22条及び23条の協議は、別途行うものであり、本 通知をもって、決定されるものではない。	

3-1. 施工計画書の記載事項

施工計画書の記載事項

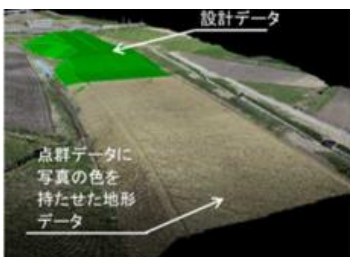
- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

- ① **適用工種(掘削工、床掘工等)**
- ② **適用範囲 (ICTを活用する施工範囲及び施工ステップ)**
- ③ **出来形計測箇所及び規格値、写真管理項目等**
出来形管理基準、出来形管理写真基準の規定を参照し記載します。
- ④ **使用機器・ソフトウェア**
使用する機器構成を記載し、機能・性能などを確認できる資料を添付します。
電子納品及び電子検査の内容も記載します。
- ⑤ **使用する3次元計測技術に関わる事項**
使用する3次元計測技術について、出来型管理要領に定められている評定点の設置などの事項を記載します。

● 3次元測量技術について ⇒ 参考5 参照



空中写真測量(UAV)



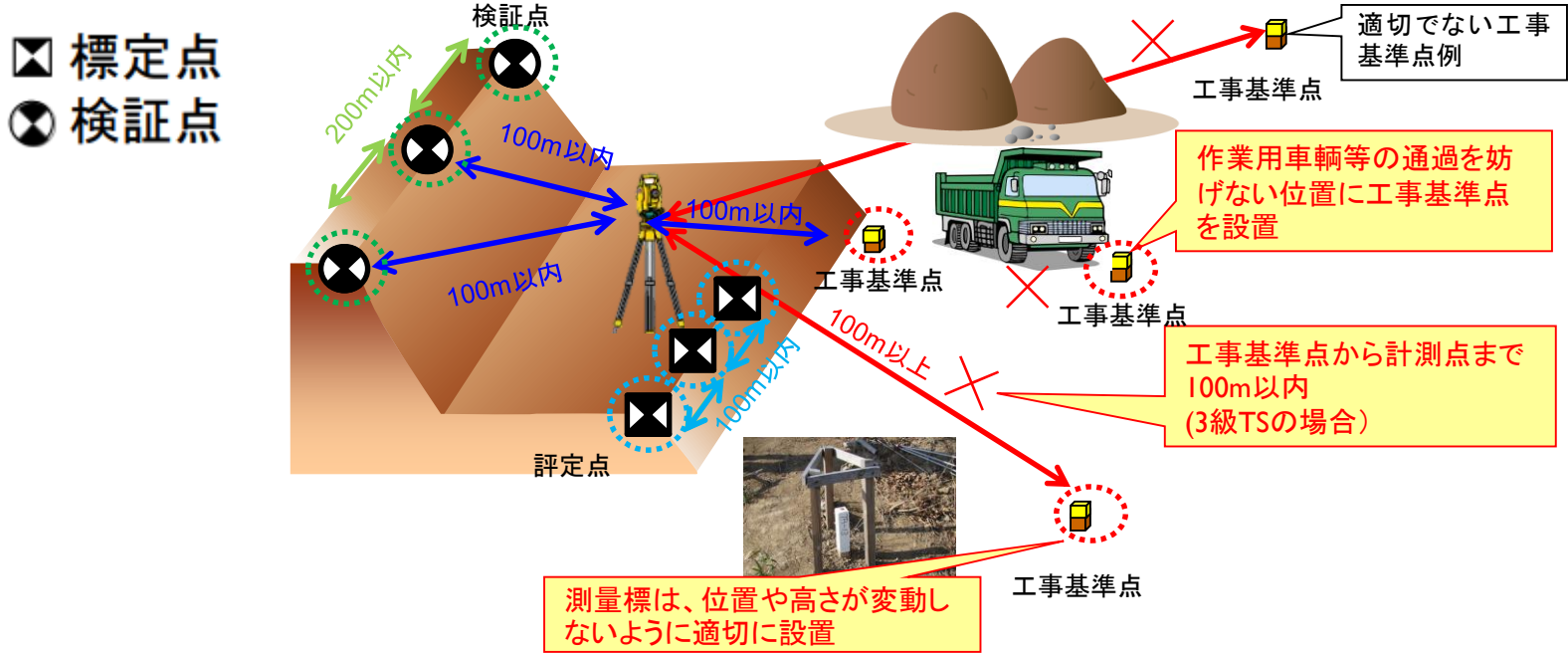
TLS本体

3次元計測技術を用いた出来形管理に必要な機器・ソフトウェア構成(例)

3次元データ作成	3次元設計データ作成ソフトウェア、データ記録媒体 (USBフラッシュメモリ等)
3次元起工測量 出来形計測	UAV、TLS、UAVレーザ、TS等測量機器の本体
出来形帳票作成	点群処理ソフトウェア、写真測量ソフトウェア (UAV出来形管理の場合)
出来形帳票作成 出来高の数量算出	出来形帳票作成ソフトウェア、出来形の数量算出ソフトウェア

4-1. 準備工 ~ 工事基準点と評定点等の配置 ~

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品



工事基準点の設置

出典: ICT活用工事の手引き(舗装工編)(九州地整)
 参考URL: http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/iconstruction/houshin/jisshi_yoryo.html

- ▶ 工事基準点は**測量成果**を監督職員に提出し、確認を受けた基準点を使用します。
- ▶ 標定点は、工事基準点からTS等によって設置し、UAVによる計測結果を**平面直角座標**に補正する際、TLSによる複数回の計測結果を合成する際に用います。(TLSの場合、評定点にプリズムを用いることが多い。)
- ▶ 検証点は、UAVを用いた場合に計測結果の**精度**を確認するために必要となる点です。

5-1. 3次元起工測量

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

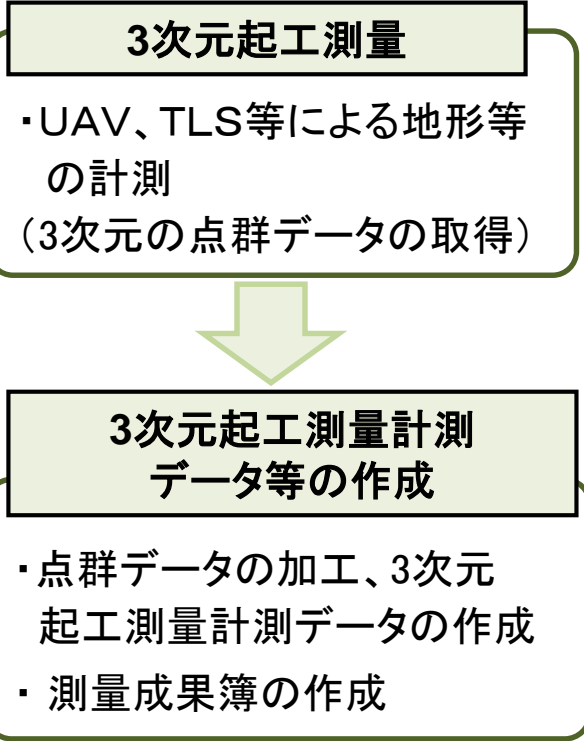
- ▶ UAVやTLS等の3次元計測技術を用いて、地形や架空線等の支障物を3次元の位置情報で把握できます。
- ▶ UAVやTLS等を用いることで、従来のTSでの測量と比較して、**少ない人数で、短時間に測量作業を完了**できます。





下記URLで紹介動画を視聴できます。(成友興業)

<https://www.youtube.com/watch?v=xxjoNrY12EA>



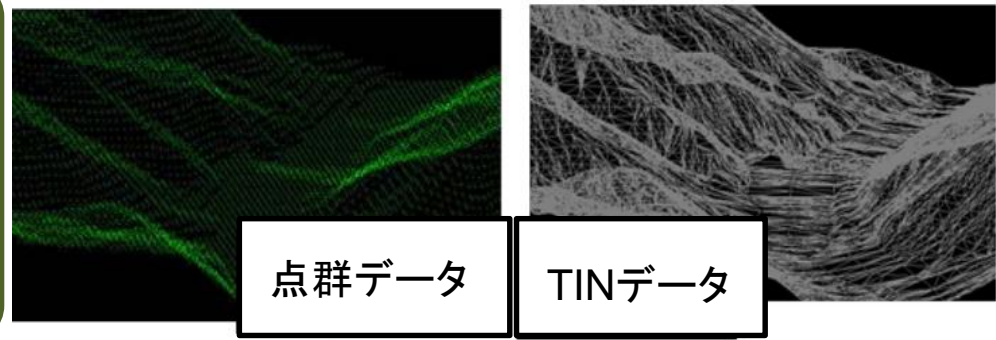
3次元計測技術による起工測量成果簿の構成(例)	
3次元起工測量計測データ	LandXML等のオリジナルデータ(TIN)
点群データ	CSV、LandXML等のポイントファイル
起工測量の状況写真	
工事基準点及び標定点、検証点を表した点網図	
その他資料	例: 使用機器の利用状況写真、飛行計画に沿って撮影したことの証明資料

5-2. 3次元起工測量 ～計測データの作成～

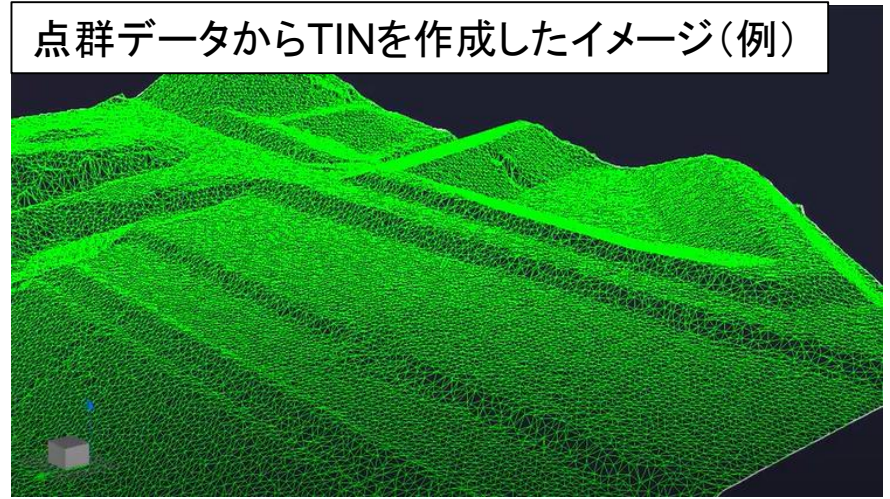
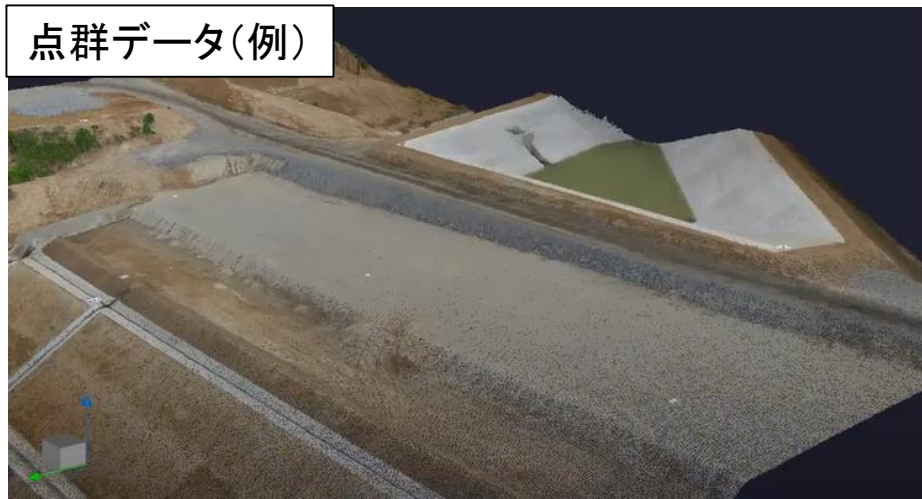
- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

●TIN(Triangular Irregular Network)とは・・・不等辺三角網のこと。3次元座標点データを直線でつなぐデジタルデータ構造のこと。「面」ではありませんが、あくまで表面(サーフェスモデル)なので、CG映像のようなソリッドモデルとは異なります。

- ・ 3次元の点群データを点群処理ソフトウェアに取り込み、不要な点を削除するなどの加工を行います。
- ・ その後自動的に近傍の点が線分で結ばれ、TINデータが作成されます。



出典:3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(国土交通省)



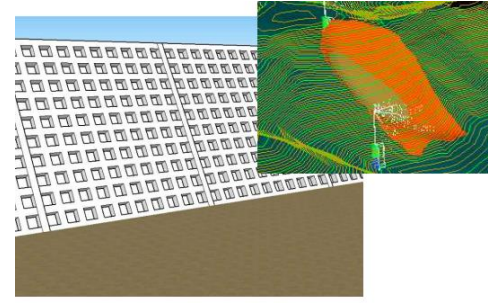
 以下のURLで、参考動画を視聴できます。(福井コンピュータ)
https://youtu.be/j_1FIPmzoz8

出典:03 i-Construction 施工(福井コンピュータ)
 参考URL: <https://www.youtube.com/watch?v=D4C8PXMdYc8>

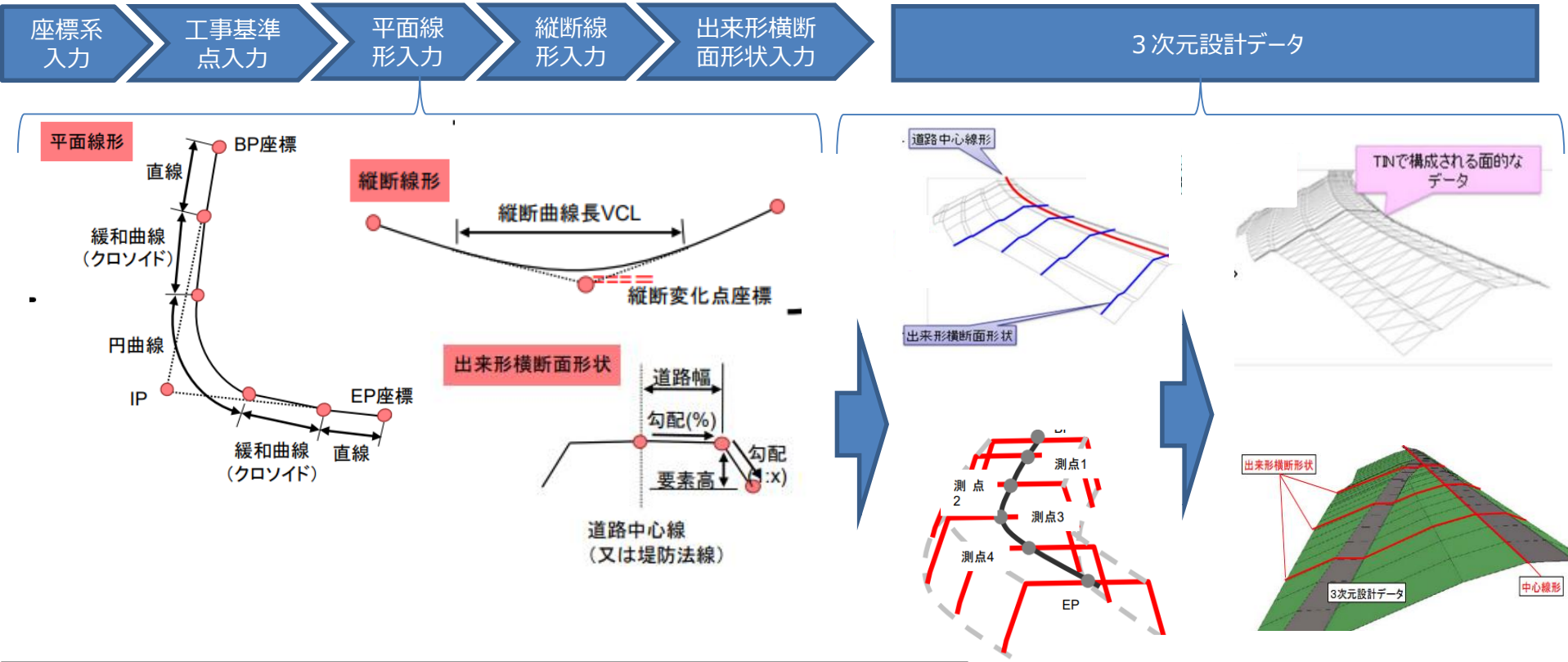
6-1. 3次元設計データ作成 ～設計データ作成の流れ①～

- 協議
- 施工
計画書
- 準備工
- 起工
測量
- データ
作成
- 施工
- 出来形
管理
- データ
納品

- ▶ 2次元設計データから3次元設計データを作成します。
- ▶ **3次元で可視化**することで完成予想図を関係者と共有できます。
- ▶ 現地での位置出しや出来形管理が容易になります。



3次元設計データ(TIN)の作成イメージ



- ▶ 設計図書に記載された各種線形情報等の入力をして、**出来形評価用データとの比較が可能な3次元設計データの作成**を行います。
- ▶ **曲線部等では短い測点間隔**で3次元設計データの作成を行います。

出典: 第5回ICT導入協議会【資料-3】
 ICT活用工事の手引き(舗装工編)(九州地整)
 参考URL:
http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/iconstruction/houshin/jisshi_yoryo.html

6-2. 3次元設計データ作成 ～設計データ作成の流れ②～

▶ 3次元設計データと3次元現況測量計測データは、重ね合わせが可能です。

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

3次元起工測量計測データ

3次元設計データ(TIN)



3次元設計データの精査

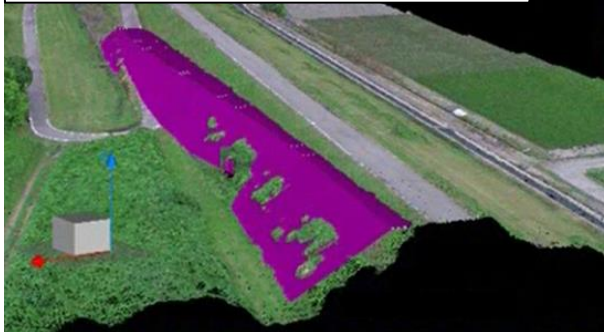
- ・ 計画高と現況の地盤高等の比較による現況との擦り付け部等の精査
- ・ 擦り付け部の精査結果等に伴う3次元設計データの修正



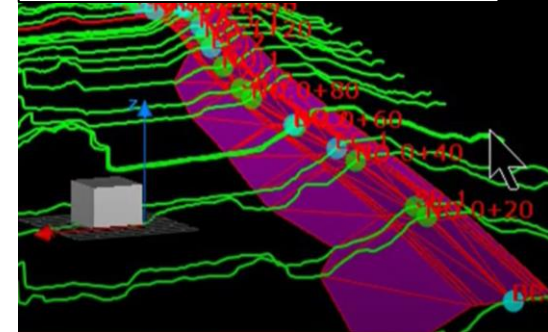
数量算出・チェックシート提出

- ・ 3次元設計データに基づく数量計算、3次元設計データのチェック
- ・ 監督職員への3次元設計データチェックシートの提出

3次元起工測量計測データイメージ



3次元設計データ(TIN)イメージ



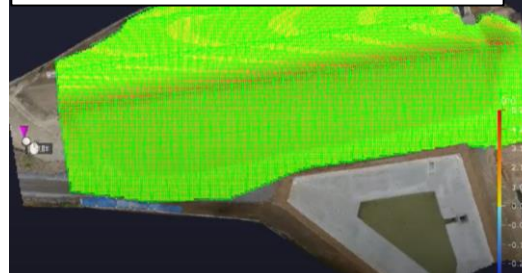
出典：TREND-ONEで点群データ活用！（TREND-POINT連携）（福井コンピュータ）

参考URL：<https://www.youtube.com/watch?v=2NaI9sxCpH4>

▶ 2次元設計データに断面の変化点などの情報が不足していた場合は、この段階で追加の情報を入力します。

▶ 3次元設計データを修正した場合は、出来高算出ソフトウェアを用いて変更数量の算出が可能です。

3次元設計データの精査イメージ



以下のURLで、参考動画を視聴できます。
(福井コンピュータ)
<https://youtu.be/tWLW3snCUuQ>

出典：03 i-Construction 施工（福井コンピュータ）

参考URL：

<https://www.youtube.com/watch?v=D4C8PXMdYc8>

6-3. 3次元設計データチェックシート作成

▶ 2次元設計データ等の入力に誤りがないことを確認します。

(様式 3-1)



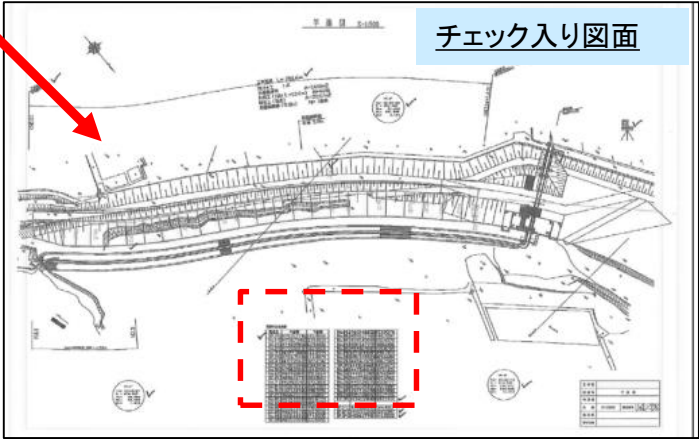
チェックシート

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工事名: _____
 受注者名: _____
 作成者: _____ 印

3次元設計データチェックシート

写真出典: ICT活用工事の手引き(舗装工編)(九州地整)



チェック入り図面

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	・監督職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?	

設計中心点座標

チェック部分

測点名	X座標	Y座標
BP.1'	-134763.1774	22192.4886
EC.3'	-134341.5914	21863.1951
IP.1'	-134725.1254	22144.4817
IP.2'	-134669.5100	22028.5307
IP.3'	-134506.1799	21841.5852

※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 受注者が監督職員に様式3-1を提出した後、監督職員から様式3-1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。

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

7-1. ICT建設機械による施工①

ICT建設機械のメリット

① 施工効率の向上

3次元設計データを活用することで**丁張の数を削減**できるため、施工の効率化が図られます。

② 安全性の向上

3次元設計データに基づいてICT建設機械が制御または案内されるため、人が検測や作業指示のために建機に近づくことなく**安全に施工**できます。

③ 施工精度の安定

ICT建設機械(MC・MG)による施工を行うことで、熟練のオペレータ以外でも**精度の良い施工**が可能になります。

【注】ICT活用工事でICT建設機械を用いる場合は、3次元のマシンコントロール・マシンガイダンス機能を用いることを前提としています。

- ▶ ICT建設機械にはマシンコントロール(MC)機能とマシンガイダンス(MG)機能があります。

MC

- 3次元設計データに基づきICT建設機械が**自動で制御**されます。
- 深掘り等の**施工ミスを防止**できます。

MG

- ICT建設機械のモニターに施工箇所の計画高(3次元設計データ)と建設機械の刃先の位置関係を表示し、機械の操作を**ガイダンス(案内)**します。

協議

施工
計画書

準備工

起工
測量データ
作成

施工

出来形
管理データ
納品

7-2. ICT建設機械による施工②

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

ICT建設機械による施工

- ・ 3次元設計データの取り込み
- ・ ICT建設機械の位置情報取得
- ・ MC又は MGによる施工

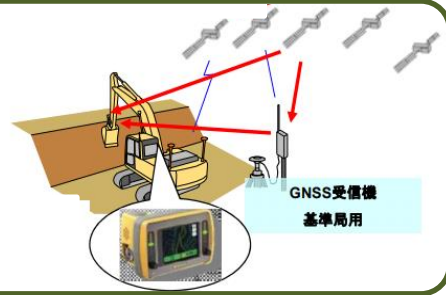


写真提供:リアル建設(株)

- ① ICT建機に3次元設計データを取り込みます。
※ 施工条件に合わせた補正は必要です。
- ② GNSS受信やTS等により、ICT建設機械の位置情報を取得します。(下記参照)
- ③ 3次元設計データとICT建設機械の位置情報を合わせてから施工を開始します。

● GNSSを受信して施工する場合

- ・ 複数の衛星から電波を受信することで、ICT建設機械の施工箇所の位置座標を取得します。
- ・ 衛星の電波を受信するため、施工箇所周辺に電波を遮るものが少ない現場での施工に用います。



● TSを用いて施工する場合 【非GNSS環境でも活用可能】

- ・ TSの位置情報に基づき、ICT建設機械をコントロールします。
- ・ ICT建設機械から見通しの効く場所にTSを設置できれば、衛星からの電波を必要としないため、高架下や山間部での施工も可能です。



● TSを用いたICT技術・小規模工事向けのICT技術
⇒ 参考6 参照

出典: マシンコントロール/マシンガイダンス技術(バックホウ編)の手引書【施工者用】(近畿地整)
参考URL:<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/sekoukikai/sekou/index.html>

8-1. 3次元出来形管理等の施工管理①

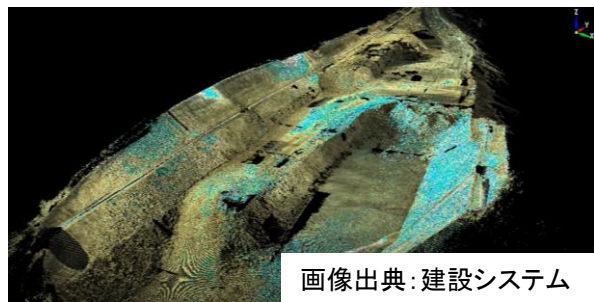
- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

- ▶ 3次元設計データと出来形評価用データ(出来形)は、重ね合わせが可能であり、差を自動的に計測できることから、**従来と比較して出来形の管理を省力化**できます。
- ▶ 3次元出来形管理を用いた場合の出来形管理写真は、工事名、工種、撮影箇所(測点、左右等)を小黑板に記載すれば足り、設計寸法、実測寸法(丁張からの下がり等)の表示を省略できます。

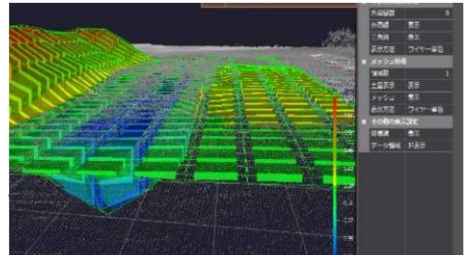
● 3次元測量技術について ⇒ 5-1 を参照

3次元出来形測量

- UAV、TLS等による出来形の計測(3次元点群データの取得)



画像出典: 建設システム



出典: 第12回ICT導入協議会【資料-2】

以下のURLで、上記画像の作成方法を動画で視聴できます。
(建設システム)
<https://www.youtube.com/watch?v=lrtg0sT2DW8>

出来形計測データの作成

- 出来形評価用データと3次元設計データの重ね図の**出来形計測データの作成**

- ▶ 3次元測量で計測した点群データから、**出来形管理基準を満たす点密度に調整した出来形評価用データを作成**します。
- ▶ 出来形評価用データに3次元設計データ(TIN)を重ねて**出来形計測データを作成**します。

出来形管理帳票の作成

- 出来形計測データ及び出来形管理図表(ヒートマップ)による**良否判定**

- ▶ 出来形計測データから**平均値・最大値・最小値・ばらつき**等を表形式で整理し、**出来形の良否判定**を行います。
- ▶ 出来形評価用データと3次元設計データとの差は、**出来形管理図表(ヒートマップ)**で可視化できます。これを**良否判定の補足資料**として作成し、**出来形管理帳票**に添付します。

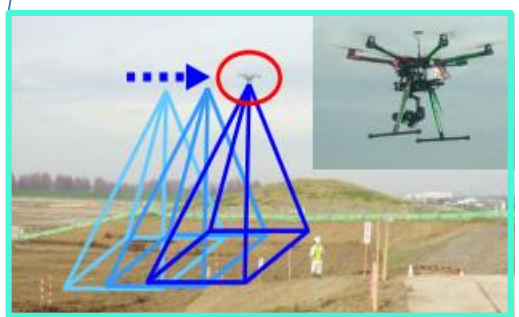
8-2. 3次元出来形管理等の施工管理②

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

3次元出来型管理のイメージ

以下のURLで、画像の作成方法を動画で視聴できます。(福井コンピュータ)
<https://www.youtube.com/watch?v=TPEzZLJ97yQ&list=PLqwa28cqFeB6Tukla4E7N9g26QFv1viwC&index=9>

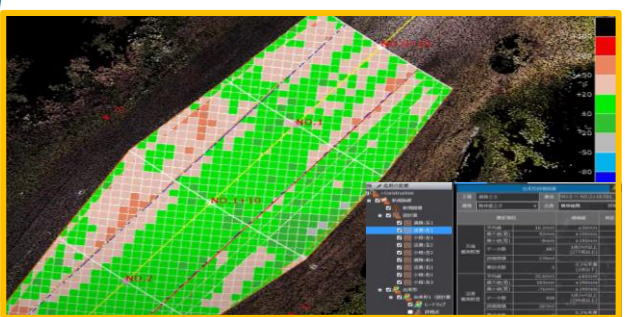
3D技術での出来型計測



PCへ取込み自動で処理



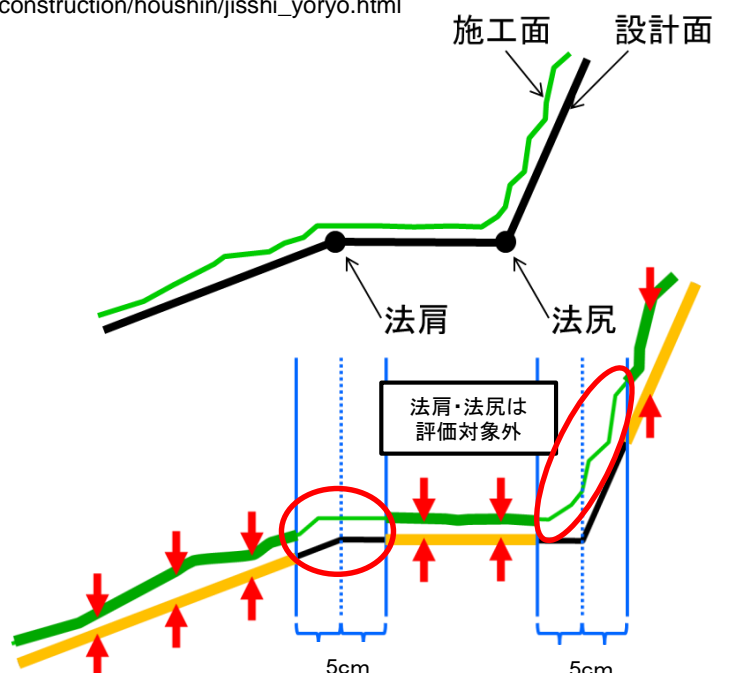
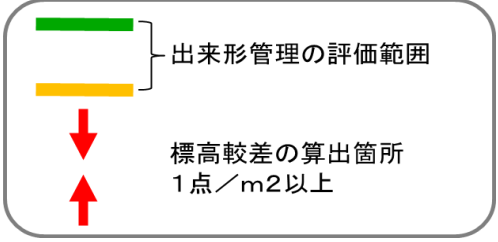
出来形計測データによる良否判定



3次元出来型管理の評価箇所

出典: ICT活用工事の手引き(土工編)(九州地整)
 参考URL: http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/iconstruction/houshin/jisshi_yoryo.html

- ① 計測は1点以上/0.01m²(100mm×100mm)の計測密度で行います。
- ② 出来形管理の評価範囲は、計測点のうち法肩、法尻から水平方向に±50mm以内に存在する計測点を除いた範囲です。
- ③ 出来形評価は、1点以上/1m²(1m×1m)で実施します。



8-3. 3次元出来形管理等の施工管理③

- 協議
- 施工計画書
- 準備工
- 起工測量
- データ作成
- 施工
- 出来形管理
- データ納品

出来形管理帳票の作成例

- ▶ ①出来高計測データ、②出来形管理図表(ヒートマップ)により、出来形評価データ(出来形)と3次元設計データとの差を確認します。異常値が無ければ検査は合格です。
- ▶ TLS、ソフトウェア等の活用により、数値の入力作業等を省力化できます。

● 出来形確認箇所(平場、天端、法面 等)毎に、以下を出来形管理帳票に添付します。

- ① 出来形計測データによる良否判定結果
- ② 出来形管理図表(ヒートマップ)もしくはの管理項目の計算結果を表示できる3次元モデルのビューアーファイル

様式-31-2 出来形合否判定総括表

工種 道路土工 測点 No.1~No.3
種別 盛土 合否判定結果 異常値無

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(部)	62mm ±100mm		
最小値(部)	-62mm ±100mm		
データ数	1000 1点/m ² 以上 (1000点以上)		
評価面積	1000m ²		
実測点数	0 0.3%未満 (3点以下)		
法面 標高較差			
平均値	7mm ±80mm		
最大値(部)	92mm ±140mm		
最小値(部)	-60mm ±140mm		
データ数	1700 1点/m ² 以上 (1700点以上)		
評価面積	1700m ²		
実測点数	0 0.3%未満 (5点以下)		

出来形管理図表 作成例 (合格の場合)

様式-31-2

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	-71mm ±50mm	異常値有	
最大値(部)	-18mm ±100mm	異常値有	
最小値(部)	-122mm ±100mm	異常値有	
データ数	1000 1点/m ² 以上 (1000点以上)		
評価面積	1000m ²		
実測点数	14 0.3%未満 (3点以下)	異常値有	
法面 標高較差			
平均値	-53mm ±80mm		
最大値(部)	32mm ±140mm		
最小値(部)	-120mm ±140mm		
データ数	1700 1点/m ² 以上 (1700点以上)		
評価面積	1700m ²		
実測点数	0 0.3%未満 (5点以下)		

設計値との差

+100
+80
+50
+20
±0
-20
-50
-80
-100

出来形管理図表 作成例 (異常値有の場合)

出典: 3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)
 参考URL:
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html

9-1. 3次元データの納品①

- ▶ 電子成果品は、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(国土交通省)」で定められた内容に準じて電子成果品を提出します。

電子成果品の構成例

3次元設計データ	LandXML 等のオリジナルデータ(TIN)
出来形管理資料	出来形管理図表(PDF)又は、ビューアー付き3次元データ
3次元計測技術による出来形評価用データ	CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル
3次元計測技術による出来形計測データ	LandXML 等のオリジナルデータ(TIN)
3次元計測技術による計測点群データ	CSV、LandXML、LAS 等のポイントファイル
工事基準点及び標定点データ	CSV、LandXML、SIMA 等のポイントファイル

協議

施工
計画書

準備工

起工
測量データ
作成

施工

出来形
管理データ
納品

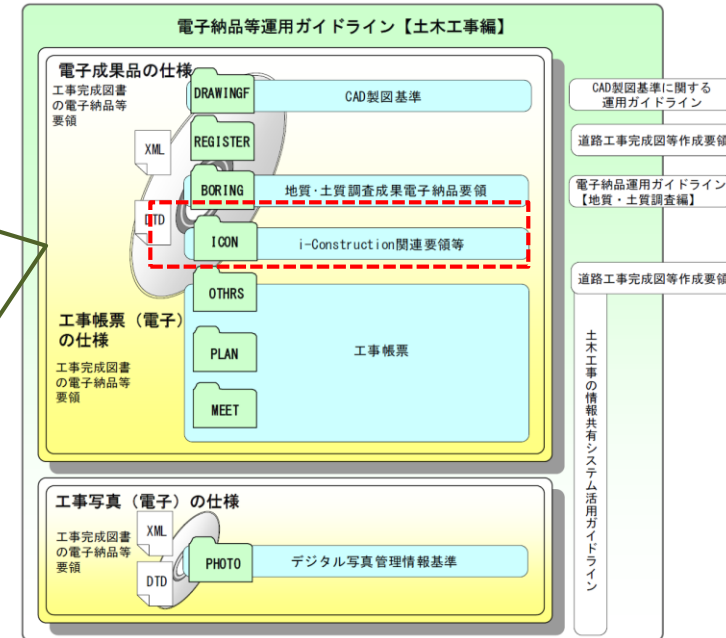
9-2. 3次元データの納品②

電子納品

▶ 電子成果品として、以下のデータを「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・提出します。

ファイル命名規則

3次元計測技術名	計測機器 略称(●●●)
空中写真測量(無人航空機)	UAV
地上型レーザースキャナー	TLS
TS	TS
TS(ノンプリズム方式)	TSN
RTK-GNSS	GNSS
無人航空機搭載型レーザースキャナー	ULS
地上移動体搭載型レーザースキャナー	MLS
音響測深機器	ES



計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
●●●	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))	●●●0DR001Z.拡張子
●●●	0	CH	001~	—	・出来形管理資料(出来形管理図表(PDF)または、ビュー付き3次元データ)	●●●0CH001.拡張子
●●●	0	IN	001~	—	・3次元計測技術による出来形評価用データ(CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	●●●0IN001.拡張子
●●●	0	EG	001~	—	・3次元計測技術による起工測量計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	●●●0EG001.拡張子
●●●	0	SO	001~	—	・3次元計測技術による岩線計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	●●●0SO001.拡張子
●●●	0	AS	001~	—	・3次元計測技術による出来形計測データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))	●●●0AS001.拡張子
●●●	0	GR	001~	—	・3次元計測技術による計測点群データ(CSV、LandXML、LAS等のポイントファイル)	●●●0GR001.拡張子
●●●	0	PO	001~	—	・工事基準点および調整用基準点データ(CSV、LandXML、SIMA等のポイントファイル)	●●●0PO001.拡張子
凡例	岩線計測は無人航空機搭載型レーザースキャナー、音響測深機器は対象外					

ICT (Information and Communication Technology)	情報通信技術の略称。
GNSS (Global Navigation Satellite System)	人工衛星からの信号を用いて位置を決定する衛星測位システムの総称。
3次元起工測量	起工測量で空中写真測量 (UAV等を活用)、レーザースキャナーなどの3次元計測技術を用いて、3次元測量データを取得すること。
3次元設計データ	道路中心線形、出来形横断面形状など設計図書に規定されている工事目的物の形状を面データで出力したもの。
ICT建設機械による施工	3次元設計データ及び建機の位置や標高を衛星からリアルタイムに取得し、ICT建設機械を用いて施工を実施すること。
3次元出来形管理等の施工管理	空中写真測量、レーザースキャナーなどによる3次元の形状の取得を行い、出来形等を面的に把握、算出する管理手法のこと。
3次元データの納品	3次元施工管理データを工事完成図書として検査・納品を行うこと。
UAV (無人航空機)	人が搭乗することなく飛行でき、自律制御や地上からの遠隔操作によって飛行することができる航空機のこと。
地上型レーザースキャナー (TLS)	地上に設置した1台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より面的に相対位置を取得できる装置のこと。
トータルステーション (TS)	1台の機械で角度と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のこと。
3次元マシンコントロール (3DMC)	TS、GNSSの計測技術を用いて、施工機械の位置や施工情報から設計値 (3次元設計データ) との差分を算出してオペレータに提供し、施工機械の操作をサポートする技術のこと。
3次元マシンガイダンス (3DMG)	設計値 (3次元設計データ) に従って機械をリアルタイムに自動制御し施工を行う技術のこと。

▶ 国土交通省のICTの活用に関する要領等はこちらから

国土交通省HP

▶ホーム

▶政策・仕事

▶総合政策

▶建設施工・建設機械

▶ICTの全面的な活用

▶要領関係等 (ICTの全面的な活用)

【URL】 https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html

(参考3) 補助金制度等の紹介

▶ 補助金制度の詳細はHP等にて**最新の情報をご確認**ください。

【参考】都の補助金制度

※ 東京都中小企業振興公社
「生産性向上のためのデジタル技術活用推進事業」パンフレットより抜粋
<https://www.tokyo-kosha.or.jp/support/josei/ichiran/index.html>

デジタル技術活用推進助成金

デジタル技術の導入・活用に必要な費用の一部を助成します。ただし、専任アドバイザーによるトータル支援を受けていることが支援の条件となります。

助成限度額：300万円（下限額30万円）
助成率：小規模：2/3以内 その他：1/2以内

躍進的な事業推進のための設備投資支援事業

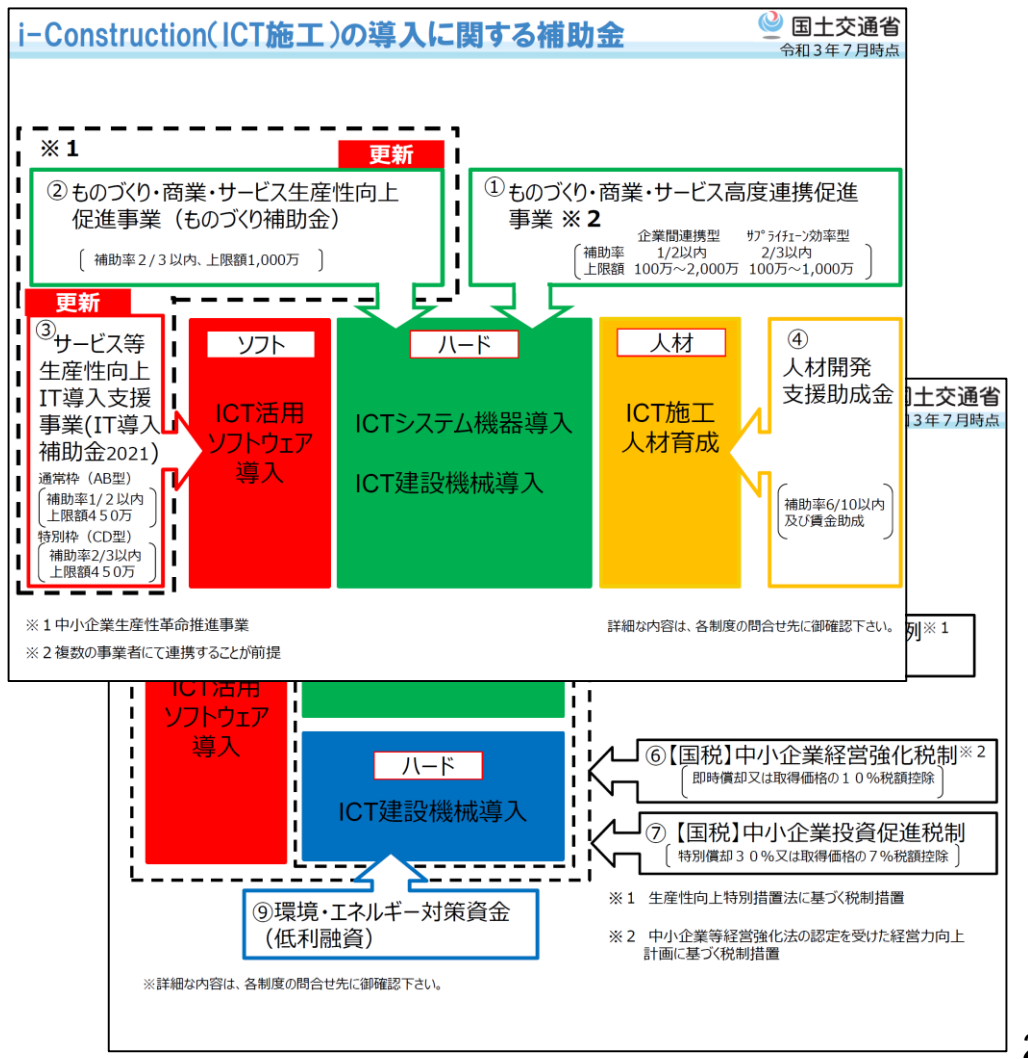
更なる発展に向けた競争力の強化、DX（デジタルトランスフォーメーション）の推進、イノベーションの推進、後継者による新たな取組に必要なとなる機械設備を新たに導入するための経費の一部を助成します。

助成限度額：1億円、小規模：3,000万円（下限額100万円）
助成率：1/2以内または2/3以内



【参考】国の補助金制度等

※ 第13回ICT導入協議会 参考資料
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html



(参考4) 各種紹介動画のURL



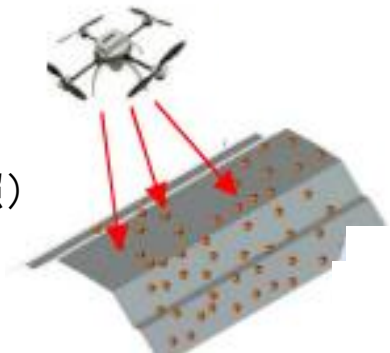
東京都建設局

	提供	URL	
3次元 起工測量	令友工業測量設計部（成友興業）	https://www.youtube.com/watch?v=xxjoNrYI2EA	
	福井コンピュータグループ	https://www.youtube.com/watch?v=j_1FIPmzoz8	
	西尾レントオール【公式】	https://www.youtube.com/watch?v=0vQfhCuUzAs	
	西尾レントオール【公式】	https://www.youtube.com/watch?v=BYc0BVdFKds	
3次元 データ作成	福井コンピュータグループ	https://youtu.be/tWLW3snCUuQ	
		https://www.youtube.com/watch?v=vxTz4hCwfi8	
ICT建設機械による施工	アクティオ公式チャンネル	https://www.youtube.com/watch?v=8kIfM-zzAo&t=3s	
	西尾レントオール【公式】	https://www.youtube.com/watch?v=9AiBkPFa0P4	
	株式会社カナモト 公式 - YouTube	https://www.youtube.com/watch?v=U47nIh7Gn-g	
	コベルコ建機株式会社【公式】	https://www.youtube.com/watch?v=Et3A1qiOt3Q&list=PLex7hsBQoT4ZrwrGx5ErccNehLTn-9n2m	
	コマツ日本チャンネル	https://www.youtube.com/watch?v=5tCNeOqUgYM	
	日立建機チャンネル	https://www.youtube.com/watch?v=UXWvaIP2Tak	
	TS技術	株式会社トプコン	https://www.youtube.com/watch?v=xdNvPRngBTw
		小規模土工向け 技術	コベルコ建機株式会社【公式】
	コマツ日本チャンネル		https://youtu.be/UDmiQls9KPY
	日立建機チャンネル		https://www.youtube.com/watch?v=6vR-sbGvYPg
ボブキャット ジャパン	https://www.youtube.com/watch?v=6lC_tzrdGJY		
3次元 出来型管理等の施工管理	KENTEM Product movie	https://www.youtube.com/watch?v=Irtg0sT2DW8	
	福井コンピュータグループ	https://www.youtube.com/watch?v=D4C8PXMdYc8	
		https://www.youtube.com/watch?v=TPEzZLJ97yQ&list=PLqwa28cqFeB6TukIa4E7N9g26QFx1viwC&index=9	

※ こちらの動画の内容は、ICT施工技術等の一例であり、この技術の活用を限定するものではありません。

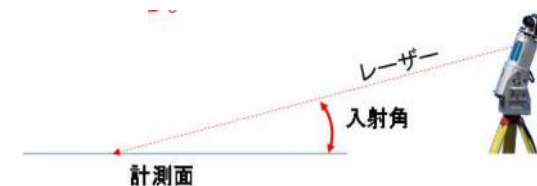
UAV(空中写真測量)による3次元測量の手順

- ① 各メーカーの取り扱い書を参考に、UAVへ搭載するカメラの設定をします。
- ② 測量対象エリアの周囲を測量して、評定点を設置します。
- ③ 空中写真測量の撮影コース及び重複度を計画します。(10-6、10-7参照)
- ④ UAVによる測量を実施します。
- ⑤ ソフトウェアを用いて点群データを作成します。



TLSによる3次元測量の手順

- ① TLSのに用いるための基準点を測量して設置します。
- ② TLSで読み込むためのターゲットを設置します。
- ③ TLSを設置して後方交会等により据え付けをします。
- ④ TLSによる測量を実施します。
- ⑤ ソフトウェアを用いて点群データを作成します。



(参考5-2) 3次元測量技術～UAV活用のポイント①～

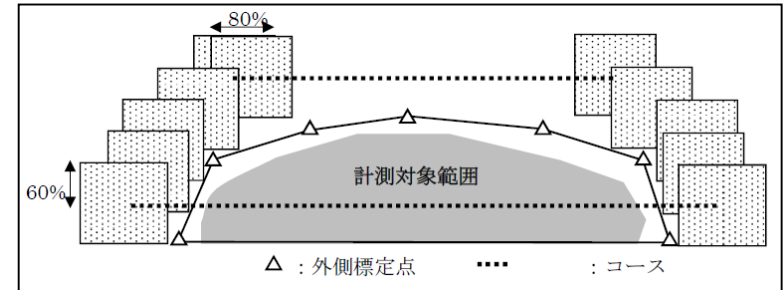
撮影計画における施工計画書作成の留意点

- ▶ 空中写真測量の撮影コース及び重複度等の記載の有無を**確認**します。
- ▶ 起工測量に利用するUAVについては、以下の項目に留意して撮影計画を作成し、施工計画書に添付されているか**確認**します。

- ① 所定のラップ率、地上解像度が確保できる飛行経路と飛行高度の算出結果を記載します。ラップ率については、進行方向のラップ率**90%以上**であることを示す飛行計画や、飛行後に進行方向ラップ率**80%以上**を確認するための確認方法の**いずれかを記載**します。
- ② 使用するソフトウェアの名称を記載します。
- 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を記載します。
- 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を記載します。
- 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)以上設定した計画を記載します。
- ⑥ 対地高度は、50m程度を標準とし、地上画素寸法(出来形計測時**10mm/画素以内**、起工測量、岩線計測、部分払い出来高計測時**20mm/画素以内**)を確保出来ることを、使用するカメラの素子寸法及び画面距離から求め、撮影高度は対地高度に撮影区域内の撮影基準面高を加えたものを計画を記載します。

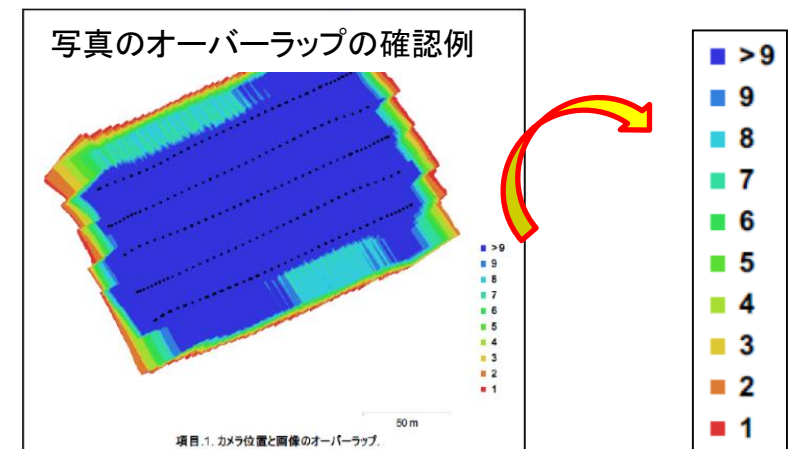
空中写真の重複度

- 空中写真の重複度は、同一コース内の隣接空中写真間で実際のラップ率を確認しない場合は**90%以上**、確認する場合は**80%以上**とし、隣接コースの空中写真間で**60%以上**と規定されています。



撮影する写真のイメージ(撮影後に実際の写真重複度を確認できる場合)

- 実際の**ラップ率値**とは、撮影された写真から求められたラップ率のことです。確認方法は、例えば**ソフトウェアのレポート**として、**計測対象範囲のモデル化**に利用されている写真のラップ率や、ラップした枚数で確認する(下図の確認例)などになります。



評定点及び検証点の設置・計測の留意点

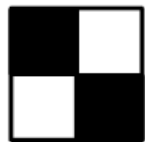
- 標定点及び検証点は、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(国土地理院)に従い以下の通り設置し、要求精度±50mmを確保します。
 - ▶ **標定点**は、計測対象範囲を包括するように、**外部標定点として撮影区域外縁に100m以内の間隔となるように設置し**、UAVマニュアルにおける**内部標定点として天端上に200m間隔程度を目安に設置**します。
 - ▶ 標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとります。
 - ▶ **検証点**は、外部標定点及び内部検証点として**天端上に200m以内の間隔となるように設置**します。標定点として設置したものと交互になるようにし、計測範囲が狭い場合については、最低2箇所設置します。また精度確認用の検証点は、標定点として利用できません。
 - ▶ 出来形計測以外(起工測量、岩線計測、部分払出来高)については上記計測法でなくてもよく、各計測精度以内であれば良いものとしています。



★型



X型

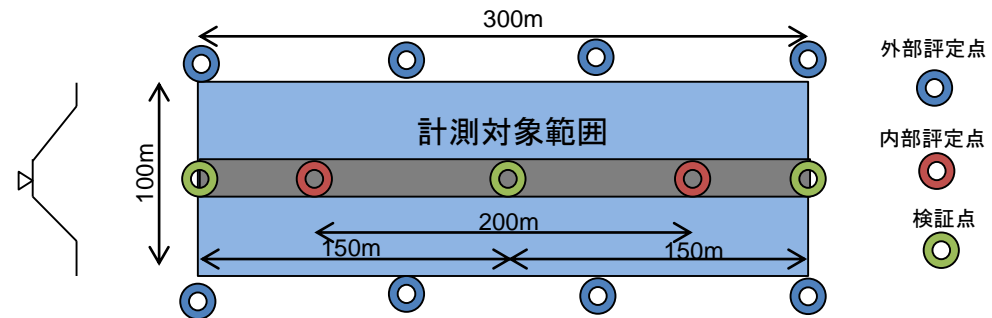


+型



○型

対空標識(評定点・検証点)の例



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。**

(参考5-4) 3次元測量技術～TLS活用のポイント①～

➤ TLSで起工測量を行う場合は、施工計画書において使用機器・ソフトウェア(TLSの計測性能、機器構成及び利用するソフトウェア)を記載します。また、精度確認試験を実施して結果報告書を作成します。

機器構成、仕様確認時の留意点

機器構成

- ▶ 出来形管理用TLS本体
- ▶ 計測精度が下記と同等以上で、適正な精度管理が行われていることを示す書類を添付します。

測定精度: 計測範囲内で±20mm以内
 (起工測量では、±100mm以内)
 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
 利用前**12ヶ月以内に実施**します。
 色データ: 色データの取得が可能な機種を選定します。

- ▶ 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**メーカーカタログ**、あるいはソフトウェア仕様書を、施工計画書に添付します。

※「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」(国土交通省)

添付する書類

TLS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
TLS精度管理	メーカー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」

精度確認試験結果報告書(例)

精度確認の対象機器 メーカー: 株式会社 ABC 測定装置名称: LS420 測定装置の製造番号: R00891	写真 
検証機器 (標定点を計測する測定機器) テープ: JIS1種1級(ガラス繊維製巻尺) <input checked="" type="checkbox"/> 〇〇製 商品名: 〇〇 <input type="checkbox"/> TTS: 3級T以上 <input type="checkbox"/> SSS製 〇〇(2級)	写真 
測定記録 測定期日: 平成21年2月18日 測定条件: 天候 晴れ 気温 8℃ 測定場所: (株) レーザ測量 社内 資材ヤードにて	写真 
精度確認方法 <input checked="" type="checkbox"/> 既知点の座標間距離	

①テープによる検定点の確認



計測方法: 〇〇 or TSによる座標間距離 or TSによる座標値計測
 計測結果: 17.070m

②LSによる確認



3D L Sによる既知点の点間距離 (L')				
	X	Y	Z	点間距離
1点目	48044.780	-11987.621	17.870	17.071m
2点目	48050.775	-11993.355	17.502	

③差の確認 (測定精度)
 レーザスキャナーの計測結果による点間距離 (L') - テープによる実測距離 (L)
 17.071m - 17.070m = 0.001m (1mm) ; 合格 (基準値 20mm 以内)

カタログ(例)

レーザースキャナーを用いた出来形管理ソフトウェア

LS MASTER



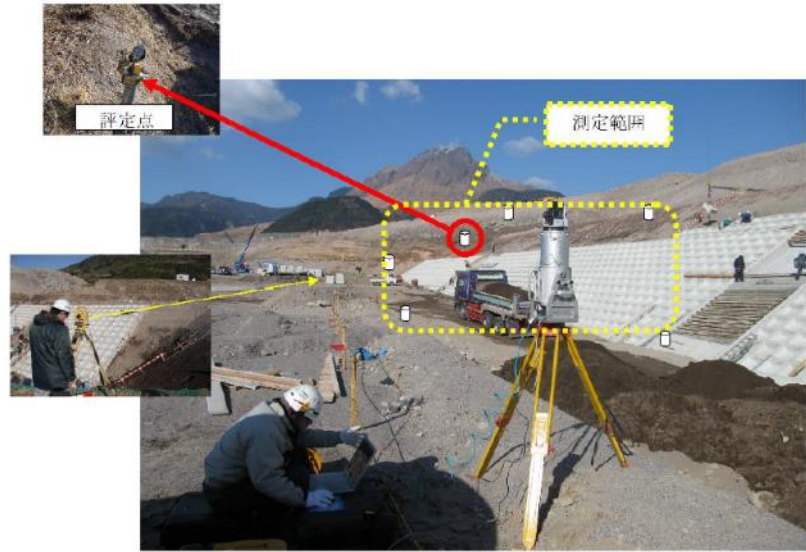
LSを用いた出来形管理要領(土工編)に対応しています。

出典: ICT活用工事の手引き (土工編) (九州地整)

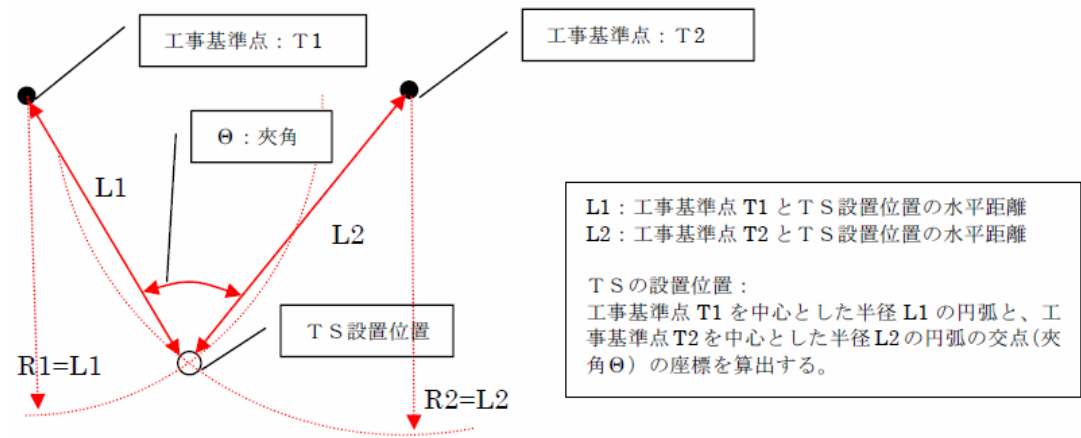
(参考5-5) 3次元測量技術～TLS活用のポイント②～

標定点を使用する場合の留意点

- 標定点は、計測対象箇所の最外周部に4箇所以上配置します。
- TSから基準点および標定点までの距離に応じて以下から決定します。
 - ⇒3級TSの場合：100m以下
 - ⇒2級TSの場合：150m以下
- TLS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ができます。



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場合

ポイント

・TLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果を標定点を用いて合成する場合は、標定点を設置します。標定点は工事基準点からTSを用いて計測を行います。

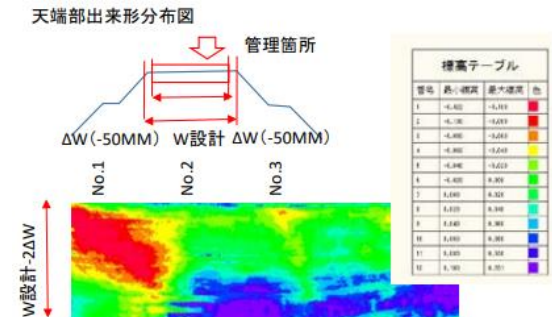
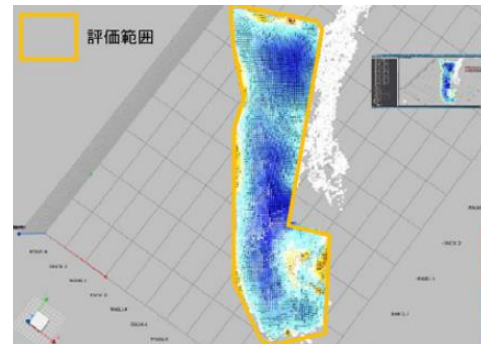
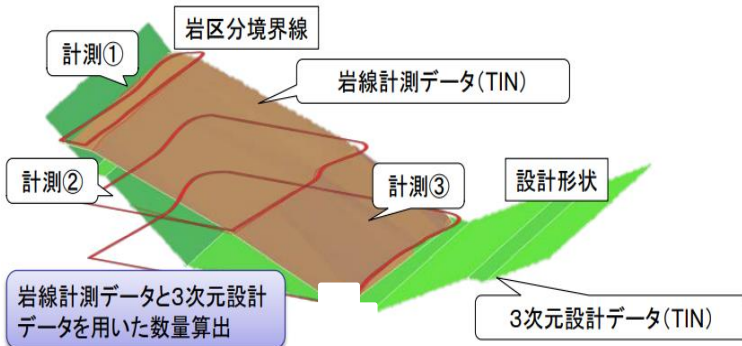
(参考5-6) UAV・TLSの計測精度

計測精度(UAV、TLS)

- ▶ 利用場面ごとに要求される計測精度は異なります。

	UAV		TLS	評価時に必要な点群密度 (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	
出来形計測	±5cm以内	1cm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±20mm 以内 ※平面方向は点間距離	1点以上/0.01m ² (出来形計測時は1点以上 /1m ²)
起工測量 岩線計測	±10cm以内	2cm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内 ※平面方向は点間距離	1点以上/0.25m ²
部分払出来高	±20cm以内	3cm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内 ※平面方向は点間距離	1点以上/0.25m ²

※3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)より抜粋



(参考6-1) TSを用いたICT

TSを用いたICT

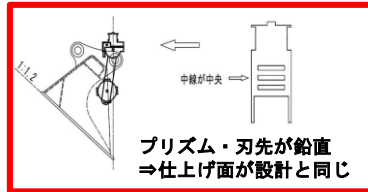
E三・S

E三・S 本体



耐衝撃
全周囲
プリズム

バケット
勾配目視
装置



プリズム・刃先が鉛直
⇒仕上げ面が設計と同じ

自動追尾型TS



プリズムを
視準

杭ナビ



参照元)カナモト

【特徴】

- バックホウによる掘削工や法面整形工において、バケット刃先と計画面との差をリアルタイムに運転席に設置したデータコレクタに表示する技術で、3DのMG施工が可能になります。
- 自動追尾型TSまたは杭ナビと測量ソフトを利用して計測し、バケットにはボルト締めで固定するので 着脱も容易です。



下記URLで紹介動画を視聴できます。(カナモト)
<https://www.youtube.com/watch?v=U47nlh7Gn-g>

杭ナビショベル

【システム構成】



参照元)トプコン

【特徴】

- 「杭ナビ/LN-150」をマシンガイダンスセンサーとし、1つのタブレットで測量から施工まで可能です。
- 6t未満の小型掘削機にも、既に所有している重機にも装着が可能です。
- 上空視界を問わず、山間部でも都市部でも使用が可能です。
- 小規模土工や建築現場でも活躍できます。



下記URLで紹介動画を視聴できます(トプコン)。
<https://www.youtube.com/watch?v=xdNvPRngBTw>

(参考6-2) 小規模土工向けICT①

小規模土工で利用可能なICT

スマートコンストラクション・レトロフィット

■基本キット主要機器概要



【特徴】

- 既存のバックホウに取り付けることで3DのMG機能をプラスしてICT建機として利用が可能な製品です。
- 従来品と比べ安価、かつGNSS補正情報など必要な機能が揃っているため、装着してすぐにICT施工が始められます。



下記URLで紹介動画を視聴できます。(コマツ)
<https://youtu.be/UDmiQls9KPY>

PATブレード3Dマシンコントロール



参照元) 日立建機

【特徴】

- 3次元設計データに基づいて排土板を自動制御できるシステムを搭載した小型バックホウです。
- 排土板にプリズムと傾斜計が設置されていることで、3次元設計データに合わせて自動で施工面の仕上げを実施できます。



下記URLで紹介動画を視聴できます。(日立建機)
<https://www.youtube.com/watch?v=6vR-sbGvYPg>

(参考6-3) 小規模土工向けICT②

小規模土工で利用可能なICT

2D・3Dグレーダ



参照元)西尾レントオール

【特徴】

- コンパクトトラックローダに、専用のアタッチメントをつけることで2D・3DのMCグレーダとして使用可能です。
- 現行グレーダと比べてコンパクトなため、狭い現場でも使用できます。

チルトマシンコントロール



参照元)コベルコ建機

【特徴】

- 従来の3DのMCに加え、バケットのチルト動作も半自動制御するチルトマシンコントロールを組み合わせたシステムです。
- 複雑な操作をアシストし、熟練オペレータ並みの作業効率を実現します。
- 3次元設計データ+チルトマシンコントロールの3次元的な動きで、次世代のマシンコントロール施工を可能にします。



下記URLで紹介動画を視聴できます。(SkidSteer Japan)
https://www.youtube.com/watch?v=6IC_tzrdGJY



下記URLで紹介動画を視聴できます。(コベルコ建機)
<https://youtu.be/izFkrVDNjLM>