

砂防工事における ICT 施工技術を活用した工事の手引き(案)

令和7年3月

飯豊山系砂防事務所

※飯豊山系砂防事務所発注工事のICT施工取り組みの参考として整理された資料です。
そのため、各工事で本資料を確認した際に、疑義や課題が確認されましたら、監督職員へ
適宜確認をした上で対応をお願いします。

目次

1. ICT活用工事について

1.1 発注から施工開始までの流れ

1.1.1 通常施工とICT活用工事の違い

(1)ICT活用工事とは

1.2 準備工

1.2.1 事前準備

1.2.2 現地踏査

1.2.3 施工計画書の作成

1.3 3次元起工測量

1.3.1 工事基準点の設置

1.3.2 精度確認試験結果の作成

1.3.3 起工測量の実施

1.4 3次元設計データ作成

1.4.1 3次元設計データの作成

1.4.2 3次元設計データの照査

1.5 ICT建設機械による施工

1.5.1 MGとMC

1.5.2 ICT建機の位置情報取得

1.5.3 ICT施工の実施方法

1.5.4 砂防土工の主なICT建機

1.6 3次元出来形管理等の施工管理

1.6.1 面・断面の出来形管理手法

1.6.2 出来形管理基準及び規格値の留意点

1.6.3 写真管理

1.7 3次元データの納品

1.7.1 出来形管理図

1.7.2 電子納品について

2. 電波不感地帯でのICT施工

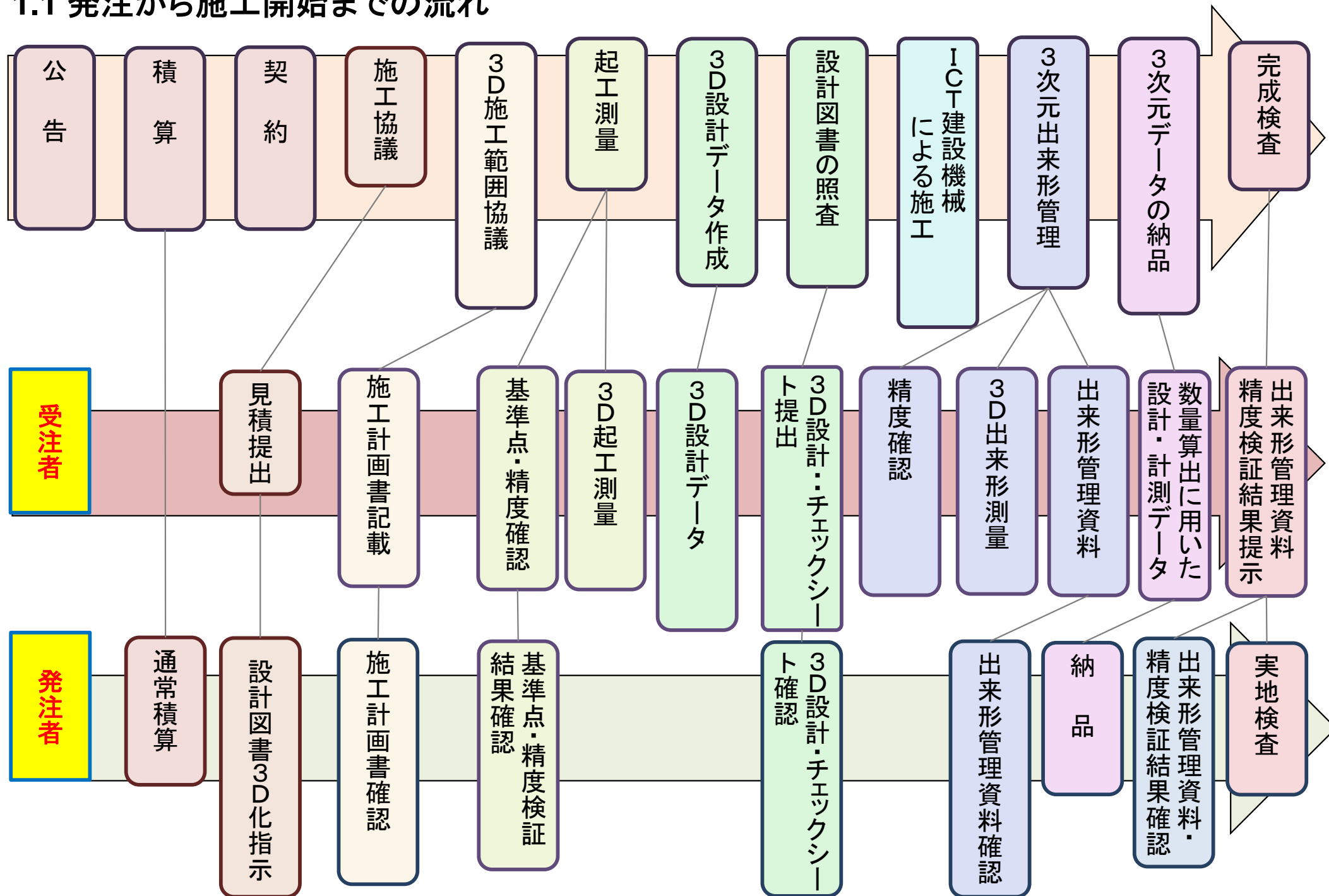
2.1 Starlinkを活用したICT施工

2.2 杭ナビショベルによるICT 施工

3. 参考資料

1. ICT活用工事について

1.1 発注から施工開始までの流れ

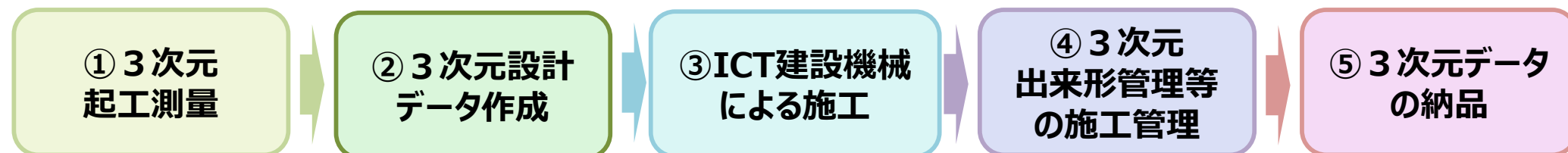


1. ICT活用工事について

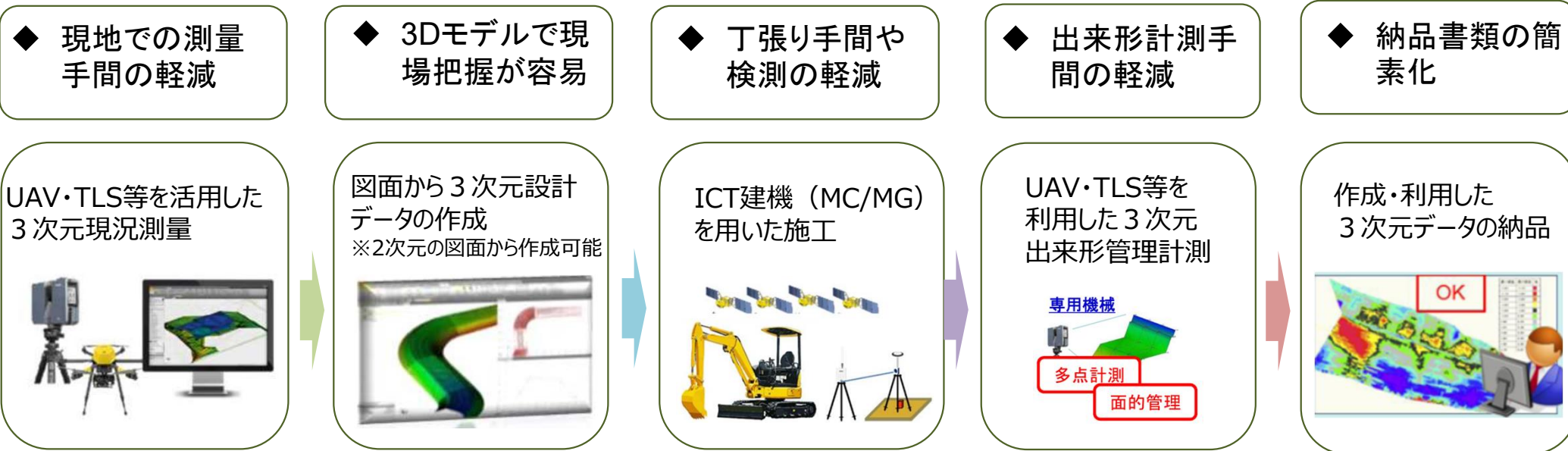
1.1.1 通常工事とICT活用工事の違い

(1) ICT活用工事とは

ICT活用工事とは、建設プロセスのうち、①3次元起工測量、②3次元設計データ作成、③ICT建機による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの納品を実施する工事のことです。



【メリット】



ポイント

- ◆ 国土交通省のICT活用工事の発注方式は、「発注者指定型」と「施工者希望型」があります。
施工者希望型でICT活用を実施する場合は、契約後に受注者からICT施工を希望する旨を提案・協議してください。
- ◆ 積算や工事評定については、各工種のICT活用工事実施要領・積算要領をご確認ください。

1. ICT活用工事について

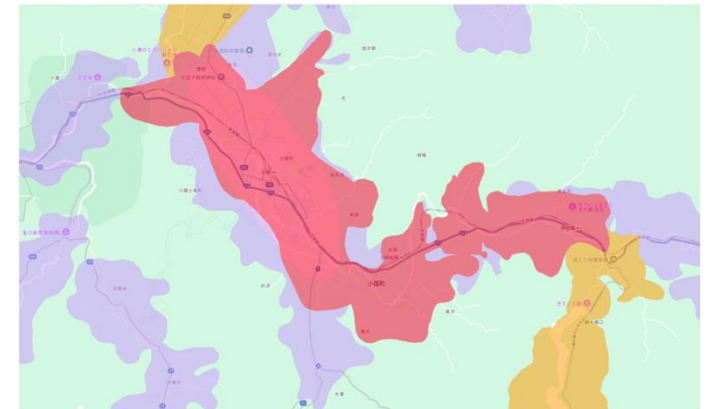
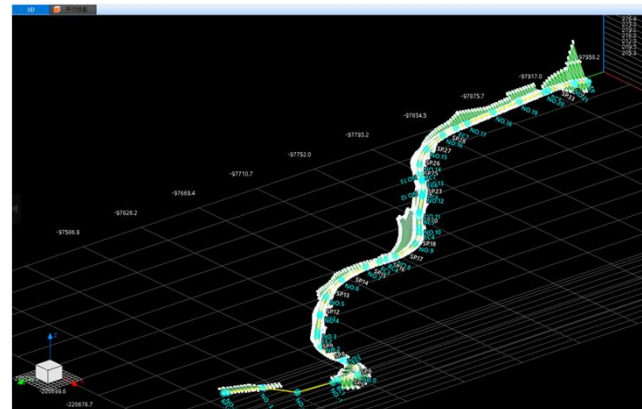
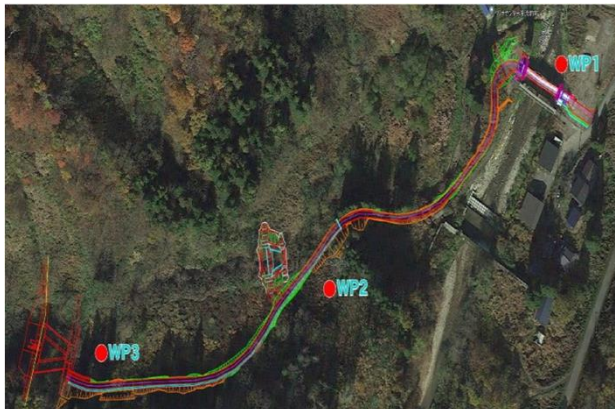
1.2 準備工

1.2.1 事前準備 (ICT施工関連)

- 受注者は、ICT活用工事の実施にあたり、事前準備を行います。
- 設計図書や協力業者と**机上で事前に把握できる施工条件を整理**し、ICT施工を実施するための施工計画を立案します。
- 机上で不明な点は現地踏査により確認します。

事前準備項目

- ❑ 3次元データ等の発注者からの貸与資料の確認
- ❑ ICT施工範囲の工事基準点位置の確認
- ❑ 起工測量や3次元設計データ作成の作成準備
- ❑ 通信キャリアのWebサイト等での現地通信状況の確認
- ❑ 現地条件から想定されるICT施工方法の検討
- ❑ ICT建機の調達(自社、下請、リース 等)
- ❑ ICT建機オペレーターの確保 (ICT施工経験、操作支援等の要否の確認)



1. ICT活用工事について

1.2.2 現地踏査(ICT施工関連)

- 受注者は、詳細な現場条件の確認をするため、着工前の現地踏査を実施します。
- ICT施工を実施する範囲の**通信状況**、**GNSS衛星の補足状況**、**現地条件**等を確認します。

現地踏査項目

- ❑ ICT施工予定範囲の通信環境(インターネット)は良好か
- ❑ 基準点やICT施工予定範囲でのGNSS受信機での衛星捕捉状況は良好か
- ❑ ICT建機での通信やGNSS受信に影響を及ぼしうる支障物(地形、樹木、構造物等)がないか
施工中に基地局の据替が必要な場合には、据替設置箇所はあるか
- ❑ 資機材設置スペースはあるか
- ❑ ICT建機の搬入路は確保できるか
- ❑ 災害リスクがある箇所はあるか



1. ICT活用工事について

1.2.3 施工計画書の作成

- 受注者は、事前準備・現地踏査を踏まえ、ICT活用工事の施工計画書を作成します。
- 施工計画書では、施工範囲、使用機器、施工フロー等を記載し、**施工段階の各ステップ毎にICT活用方法について具体的に記載**をします。

施工計画書への記載項目

- ❑ 適用工種、対象範囲、実施内容（ICTの適用技術、適用工種、適用区域 等）
- ❑ 3次元起工測量（機器構成、測量計画、精度確認 等）
- ❑ 3次元設計データ作成（ソフトウェア、3次元設計データチェックシート 等）
- ❑ ICT建機による施工（使用機械とICT技術、精度確認、ICT建機の日常点検 等）
- ❑ 3次元出来形管理等（機器構成、出来形管理箇所、管理基準、規格値、写真管理基準 等）
- ❑ ICT活用データの納品（納品データ形式 等）

ICT施工計画書



〇〇〇〇 工事

〇〇〇〇 株式会社

< 目次 >

1. 対象範囲・実施内容	1
(1) ICTの適用技術	1
(2) 適用工種	2
(3) 適用区域	2~3
2. 施工方法	4
2.1 ICT建機による施工	4
(1) 使用機械とICT技術	4
(2) 装置機器詳細	4
(3) システムから提供される情報・補助	4
(4) 精度確認	4
(5) ICT建機の日常点検	5
3. 施工管理計画	6
3.1 ICT施工に係わる出来形管理	6
(1) 適用工種	6
(2) 適用区域	6
(3) 出来形計画箇所及び出来形管理基準及び規格値	7
(4) 出来形管理写真基準	8
(5) 使用機器・ソフトウェア	9
1) 機器構成	9
2) 計画計画・精度管理	9
3) UAV搭載型レーザースキャナ購入	10~11
4) GNSS基地局	12
5) 小型無人機(UAV)購入	13~15
(6) 3次元設計データ作成	16
(7) 無人機搭載型レーザースキャナによる計画	17
1) 無人機搭載型レーザースキャナに関する事項	17
2) 調整点の設置場所、点数及び観測方法	18~19
3) 無人機搭載型レーザースキャナを用いた	20
(8) UAVによる空中測量(無人機搭載型)に係る安全管理	21
(9) 計画点密度とデータ処理	22
1) 計画点密度	22
2) データ処理	22
(10) UAV搭載型レーザースキャナ精度点検結果証明書	23

ポイント

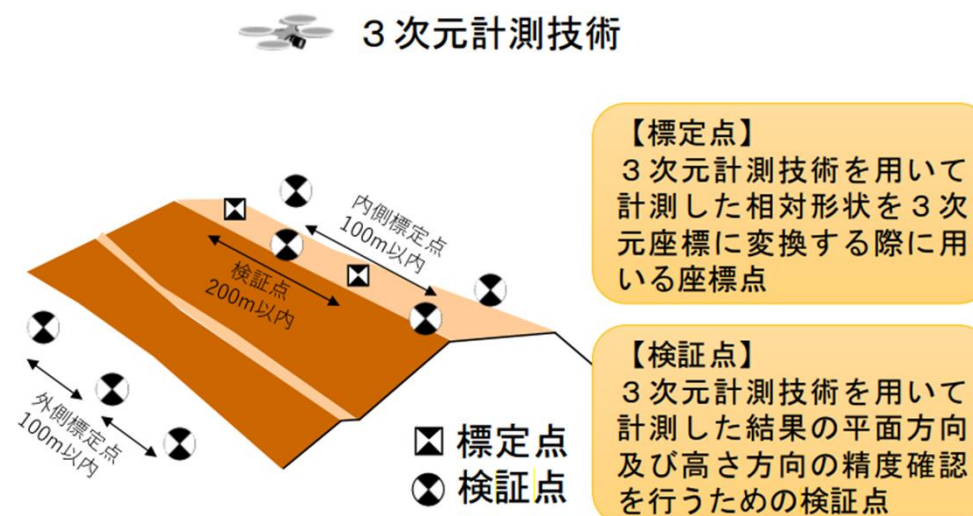
- ◆ 経験の浅い施工担当者は、普段から取引されている、測器メーカー、ソフトウェア提供ベンダー、建機メーカーなどへ相談していただくのもよいと思います。

1. ICT活用工事について

1.3 3次元起工測量

1.3.1 工事基準点の設置

- 受注者は、**監督職員に指示を受けた基準点**（測量の基準とするために設置された国土地理院が管理する点）を使用して工事基準点（施工及び施工管理のために現場及びその周辺に設置する基準点）を設置します。
- 工事基準点は、**3次元起工測量、ICT建機の固定局設置、3次元出来形管理等に使用**します。
- 出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、「国土交通省 公共測量作業規程」に基づいて実施し、**測量成果、設置状況と配置箇所を監督職員に提出**して使用します。
- 工事基準点の設置後、標定点・検証点を必要に応じて設置します。
- 受注者が**設置した工事基準点、検証点、座標点は、監督職員が確認**します。



ポイント

- ◆ ICT建機のローカライゼーション、固定局設置、建機の精度確認で、工事基準点を使用します。そのため、**施工順序を踏まえ、工事基準点を設置する**と施工効率が向上します。
- ◆ ローカライゼーションでは、施工予定箇所を囲むように150mピッチ程度で基準点を設置することが望まれます。

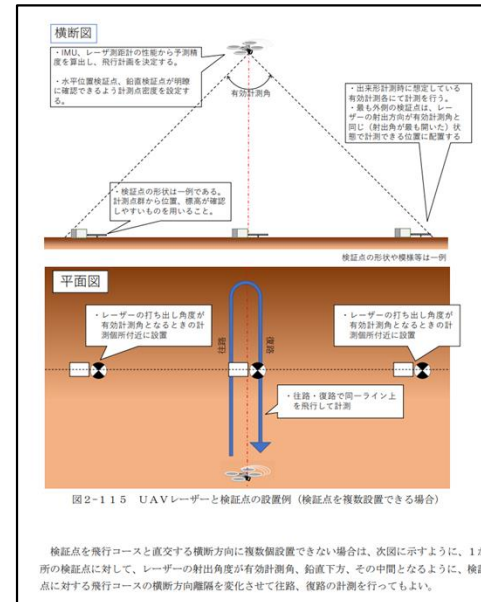
1. ICT活用工事について

1.3.2 精度確認試験結果の作成

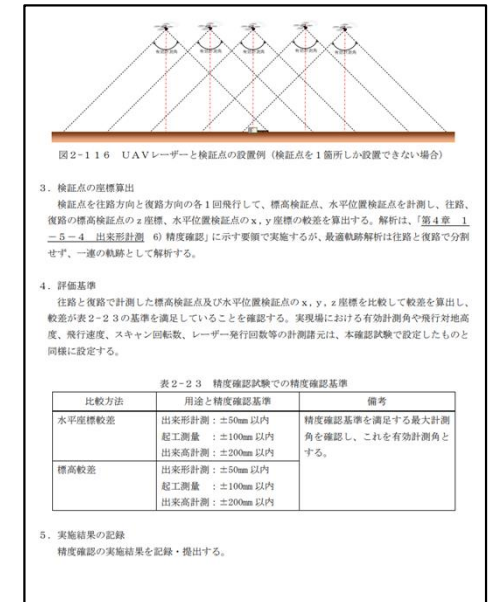
- 受注者は、3次元起工測量や3次元出来形計測に用いる機器の精度を確認するために、カメラキャリブレーション及び精度確認試験を実施します。
- 実施手順は、活用する3次元計測技術別に異なっており、技術別の試験方法については、「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」をご確認ください。
- 精度確認試験実施後、**監督職員へカメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書を提出します。**

ポイント

- ◆ 3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)では、**技術別に詳しい内容が記載されています。**
- ◆ 3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手続き(案)説明動画(関東地整)では、**経験の浅い施工者向けに、工種別の計測手法が動画で説明**されています。
- ◆ 起工測量実施前段階で参考にしてください。



検証点を飛行コースと直交する横断面方向に複数設置できない場合は、次図に示すように、1か所の検証点に対して、レーザーの射出角度が有効計測角、鉛直下方、その中間となるように、検証点に対する飛行コースの横断面方向距離を変化させて往路、復路の計測を行ってもよい。



3. 検証点の座標算出
往路と復路で計測した標高検証点及び水平位置検証点を計測し、往路、復路の標高検証点のx座標、水平位置検証点のx、y座標の較差を算出する。解析は、「第4章 1-5-4 出来形計測 6) 精度確認」に示す要領で実施するが、最適軌跡解析は往路と復路で分割せず、一連の軌跡として解析する。

4. 評価基準
往路と復路で計測した標高検証点及び水平位置検証点のx、y、z座標を比較して較差を算出し、較差が表2-23の基準を満足していることを確認する。実施場における有効計測角や飛行対地高度、飛行速度、スキャン回転数、レーザー発射回数等の計測諸元は、本確認試験で設定したものと同一に設定する。

表2-23 精度確認試験での精度確認基準		
比較方法	用途と精度確認基準	備考
水平位置較差	出来形計測: ±50mm 以内 起工測量: ±100mm 以内	精度確認基準を満足する最大計測角を算出し、これを有効計測角とする。
標高較差	出来形計測: ±50mm 以内 起工測量: ±100mm 以内 出来形計測: ±200mm 以内	

5. 実施結果の記録
精度確認の実施結果を記録・提出する。

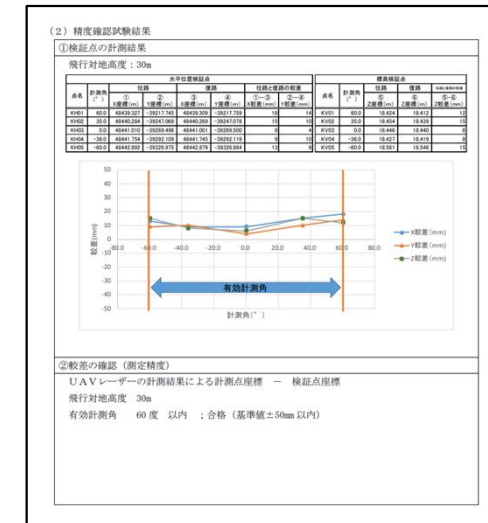
(様式2-6)

精度確認試験結果報告書

計測実施日: 令和〇〇年〇〇月〇〇日
機器の所有者・試験者あるいは精度管理担当者: (株) UAVレーザー測量
精度 太郎 印

(1) 試験概要

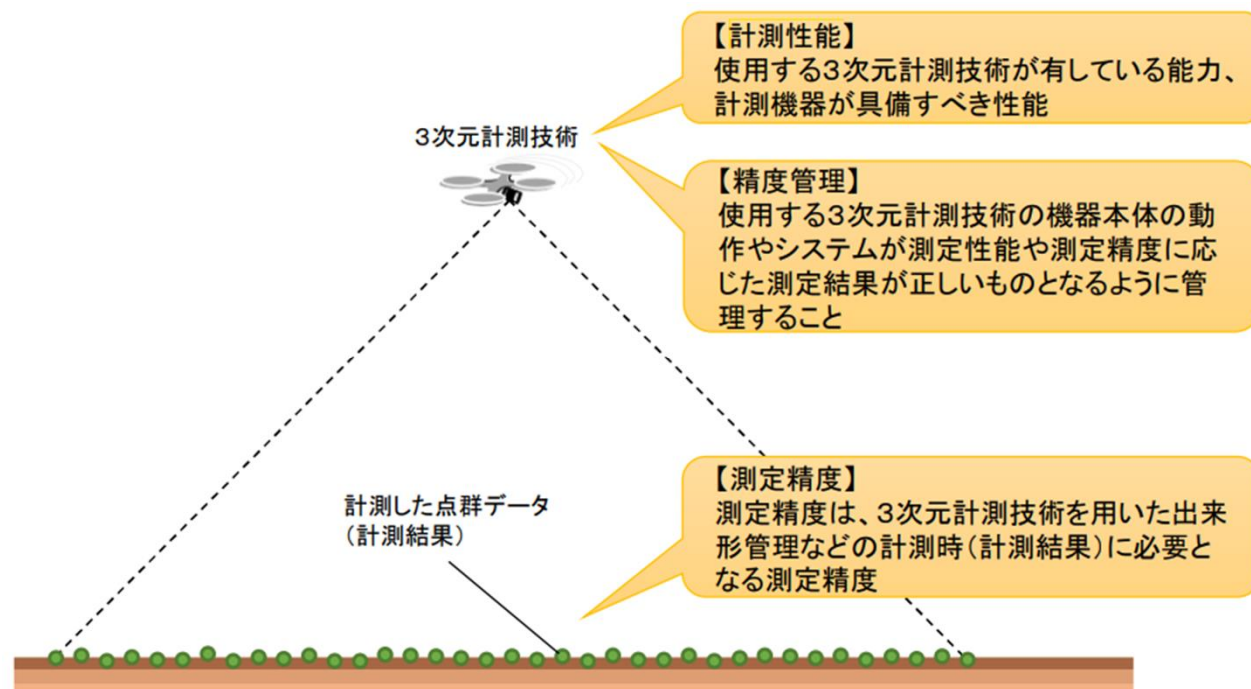
精度確認の対象機器 メーカー: 株式会社ABC 測定装置名称: TOKI 測定装置の製造番号: ABC0001	写真
検証機器 (検証点を計測する測定機器) 2級トータルステーション GPT000	写真
測定記録 測定期日: 令和〇〇年〇〇月〇〇日 測定条件: 天候 晴れ 気温 8℃ 測定場所: (株) UAVレーザー測量 社内 資材ヤードにて	写真
精度確認方法 ・標高検証点との標高較差 ・水平位置検証点との座標較差	写真



1. ICT活用工事について

1.3.3 起工測量の実施

- 受注者は、現場の現況を把握するため、施工計画書で計画した3次元起工測量を実施します。
- 起工測量の**測定精度及び計測密度は、3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)の「計測性能及び精度管理」にて技術別に定められています。**



例: UAV

計測	計測性能	測定精度	計測密度
起工測量、 岩線計測	地上画素寸法 20mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内	【起工測量、岩線計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
部分払い 出来高計測	地上画素寸法 30mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内	【部分払い出来高計測】 1 点以上/0.25 m ² (0.5m×0.5m メッシュ)
出来形計測	地上画素寸法 10mm/画素以内	【鉛直方向・平面方向】 ±50mm 以内	【出来形計測】 1 点以上/0.01 m ² (0.1m×0.1m メッシュ) 【出来形評価用】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ)

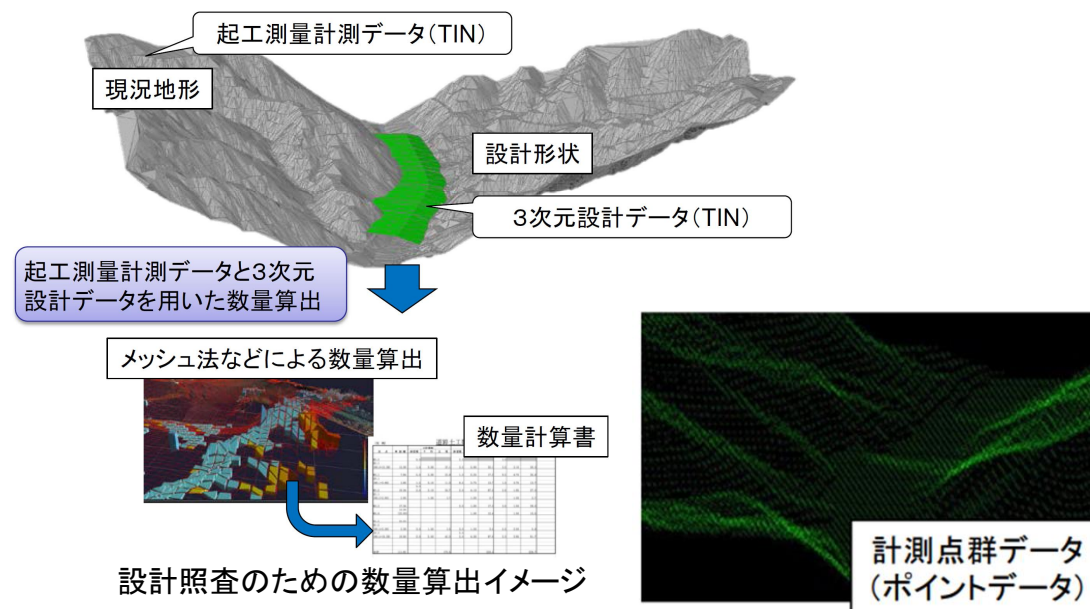
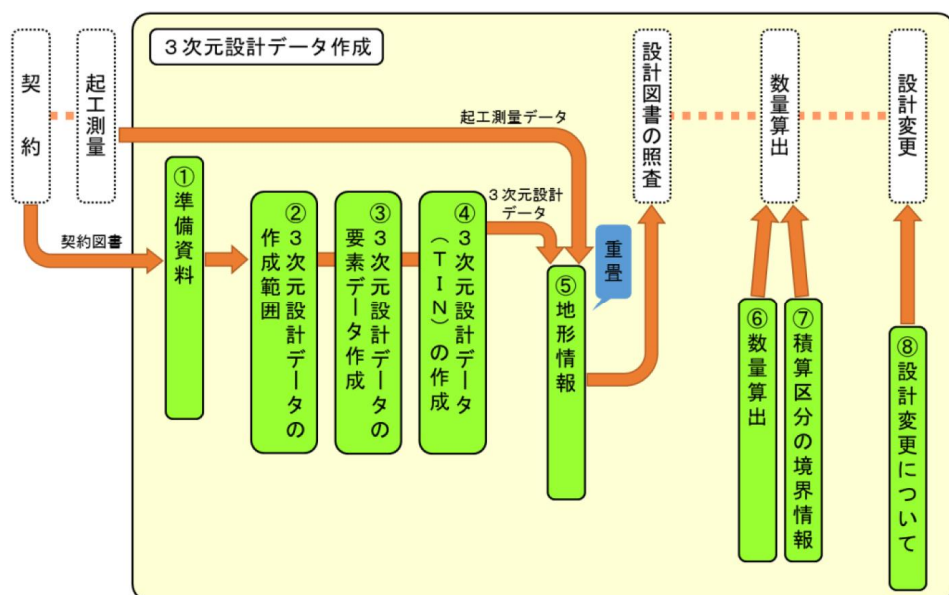
例: UAVレーザー

計測	計測性能	測定精度	計測密度
起工測量	GNSS: 2周波GNSS を使用している こと	【鉛直方向・平面方向】 ±100mm 以内 (重複コースごとの標高値の 較差の平均値±100mm 以内)	【起工測量】 4 点以上/1 m ²
部分払い 出来高計測		【鉛直方向・平面方向】 ±200mm 以内 (重複コースごとの標高値の 較差の平均値±200mm 以内)	【部分払い出来高計測】 4 点以上/1 m ²
出来形計測		【鉛直方向・平面方向】 ±50mm 以内 (重複コースごとの標高値の 較差の平均値±50mm 以内)	【出来形計測】 100 点以上/1 m ² 【出来形評価用】 1 点以上/1 m ² (1m×1m メッシュ)

1. ICT活用工事について

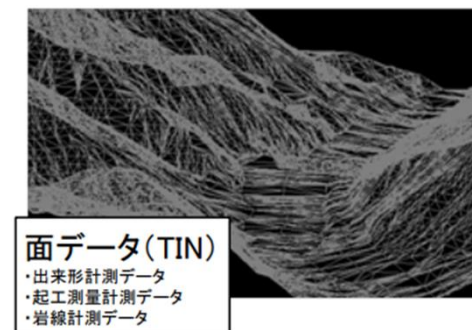
1.4.1 3次元設計データ作成

- 受注者は、監督職員から貸与された設計図書(平面図、縦断図、横断図等)等をもとに、出来形管理で利用する工事基準点、平面線形、縦断線形、出来形横断面形状の設定を行い、**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。
- 3次元計測技術で計測した現況地形の計測点群データから不要な点を削除し、TINで表現される起工測量計測データを作成し、3次元設計データに取り込みます。



ポイント

- ◆ TINとは、点群をデータの点と点を結び不等三角網(TIN)を作成し、取得した地形データを「点」から「面」に変換したデータのことです。
- ◆ データ作成経験の浅い方は、発注者、ソフトウェアベンダーや測量会社の開催する、ソフトウェア操作講習会などに参加することで、より設計データ作成の理解を深めることができます。



1. ICT活用工事について

1.4.2 3次元設計データの照査

- 受注者は、作成した3次元設計データの照査を実施します。
- 照査は**3次元設計データチェックシートに定められた項目**をチェックをします。
- 作成した3次元設計データチェックシートは**監督職員に提出**します。

3次元設計データチェックシートのチェック項目

- ☐ 監督職員の図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
- ☐ 起終点の座標は正しいか
- ☐ 変化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
- ☐ 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
- ☐ 作成した出来形奥断面形状の測点は、数は適切か
- ☐ 基準高、幅、法長は正しいか
- ☐ 入力した各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

参考資料-2 3次元設計データチェックシート
(様式2-1)

令和〇〇年〇〇月〇〇日

工 事 名: _____
受 注 者 名: _____
作 成 者: _____ 印

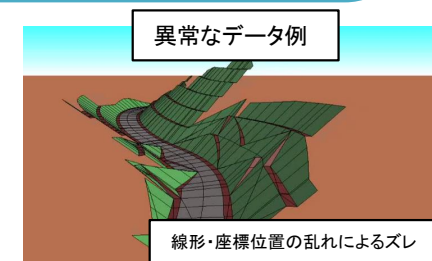
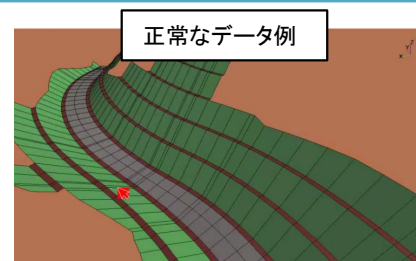
3次元設計データチェックシート

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) 出来形奥断面形状	全延長	・作成した出来形奥断面形状の測点、数は適切か? ・基準高、幅、法長は正しいか?	
5) 3次元設計データ	全延長	・入力した2)～4)の幾何形状と出力する3次元設計データは同一となっているか?	

※1 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。
※2 該当項目のデータ入力がない場合は、チェック結果欄に“－”と記すこと。

ポイント

- ◆ 作成した3次元データはビューワー等で確認できます。形状に異常が見られた際は、入力座標等が正しいか確認しましょう。

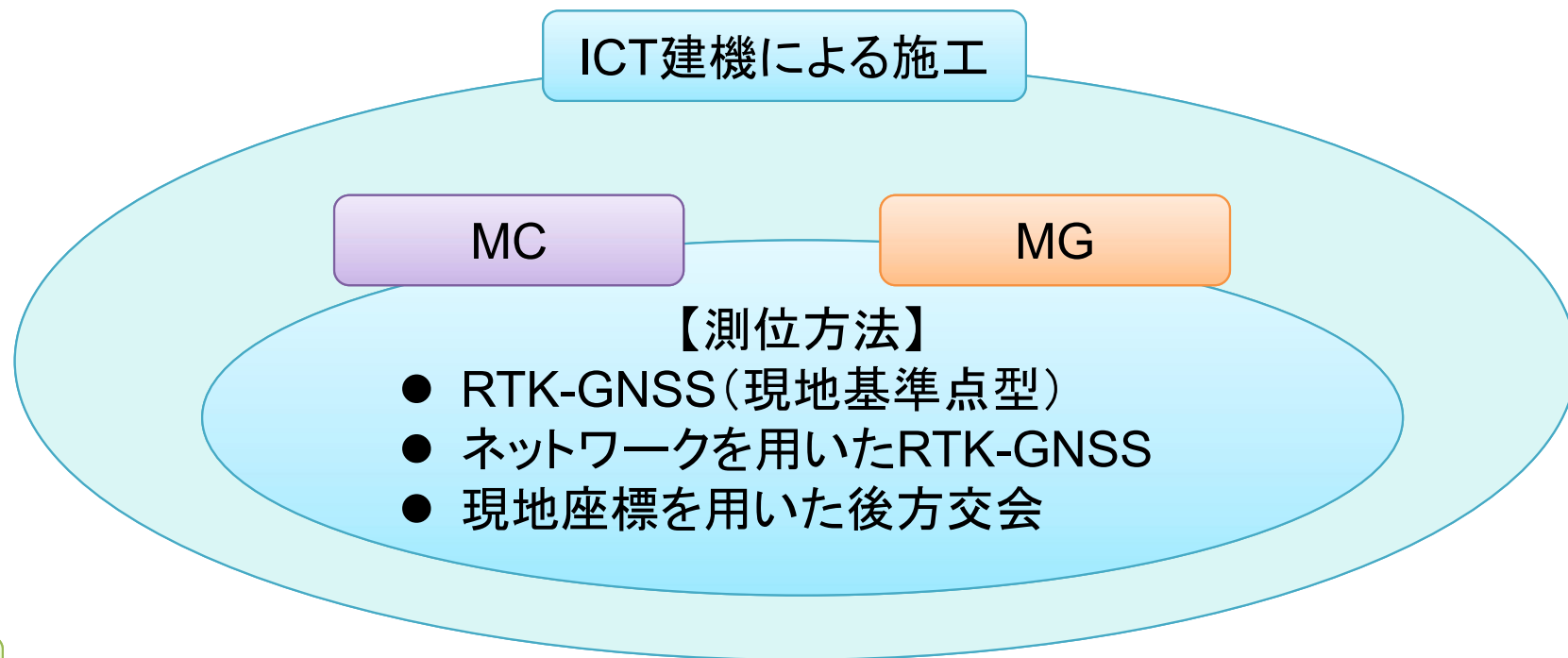


1. ICT活用工事について

1.5 ICT建設機械による施工

1.5.1 MGとMC

- 受注者は、ICT建機による施工ではMC(マシンコントロール)又は、MG(マシンガイダンス)機能を搭載した建設機械による施工を実施します。



ポイント

- ◆ MC(マシンコントロール)とは、建機の作業を3次元設計データ似合わせて制御(コントロール)する機能のことです。
- ◆ MG(マシンガイダンス)とは、建機の作業は制御せず、3次元設計データを用いて建機を操作するオペレーターに作業の案内(ガイダンス)をする機能のことです。
- ◆ 使用する機能は、次項で解説する位置情報の測位方法や現地条件を考慮して選定するとよいでしょう。

1. ICT活用工事について

1.5.2 ICT建機の位置情報取得

- ICT建機は施工をする際に**建機自身の位置情報を取得する必要があります**。
- 位置情報の主な取得方法として、①RTK-GNSS方式(現地基準点型)、②ネットワークを用いたRTK-GNSS方式、③TS方式の3方式があります。

測位方式	①RTK-GNSS方式 (現地基準点型)	②ネットワークを用いたRTK-GNSS方式 (VRS型、固定局型)	③TS方式 (自動追尾型、杭ナビ)
ネットワーク接続	不要	必要	不要
GNSS受信	必要	必要	不要
基準点	必要	VRS型：不要 固定局型：必要	必要
留意事項	・ 基地局とICT建機を無線で接続 ・ 1つの基地局で複数建機と接続可能	・ 通信契約、補正サービス契約が必要 ・ 固定局型では基地局とICT建機を無線または、Wi-Fiで接続 ※詳細は次頁参照	・ 基地局とICT建機をレーザーで接続 ・ 通行車両等により接続が切れる場合あり ・ 自動追尾型の方が接続範囲が広い
コスト	③(自動追尾) = ① > ② > ③(杭ナビ)※		
施工性	②(VRS) > ① = ②(固定局) > ③※		

※バックホウ1台の小規模現場を想定

ポイント

- ◆ ① RTK-GNSS方式(現地基準点型)は、施工機械と基地局は無線接続のため、③と比較して**接続エリアが広い**点でメリットがあります。
- ◆ ② ネットワークを用いたRTK-GNSS方式は、次項で説明するVRS型では基地局不要なため、**施工前の準備時間の削減が可能**な点でメリットがあります。
- ◆ ③ TS方式では、**GNSS衛星が補足できず、ネットワークがつかない状況でもICT施工が可能**な点でメリットがあります。
- ◆ 現場条件に応じて位置情報の取得方法を選定するとよいでしょう。

1. ICT活用工事について

1.5.2 ICT建機の位置情報取得

②ネットワークを用いたRTK-GNSS方式では、VRS型と固定局型の2方式があります。

構成	①移動体測位方式（VRS型）	②ローカル基地局測位方式（固定局型）
概要	- 国土地理院の電子基準点データと、建機搭載の移動局の位置情報を移動局がネットワークから補正情報受信して位置情報を補足する方式 - 固定局の設置が不要	- 座標が既知の工事基準点上に設置した基地局で位置情報の補正情報を取得し、建機搭載の移動局の位置情報を補足する方式 - 固定局の設置手間がかかる
必要設備 ICT建機以外	なし ※ICT建機に受信機がある場合	- ローカル基地局 - 無線LANアクセスポイント or デジタル無線設備 - ポータブル電源設備
通信契約 補正サービス契約	ICT建機ごと ※複数台同時稼働時は台数分契約が必要	固定局ごと ※複数台同時稼働時も1契約でOK
留意点	通信環境が悪い箇所が含まれる場合はやや難	- 固定局の据替が必要な現場は手間増 - 固定局との接続が問題なければ一部通信環境が悪くても問題なし

ポイント

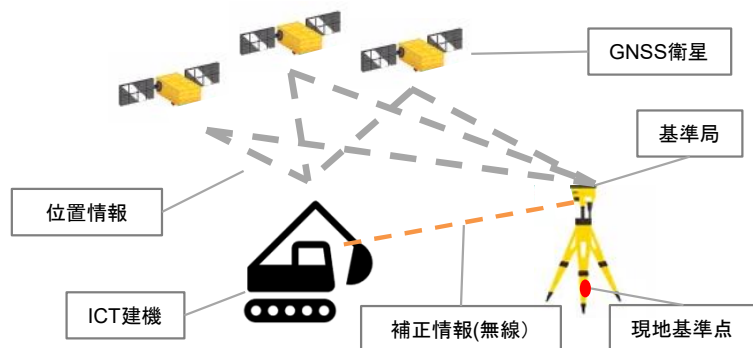
- ◆ どちらのネットワークを用いたRTK-GNSS方式でも、**建設機械がGNSS衛星を測位する必要**があります。ネットワーク環境の他にGNSS衛星が受信可能かどうかの確認をしましょう。
- ◆ 通信契約の他に、**位置情報補正サービスの契約が必要**になります。調達する建機のメーカーやリース会社と調整し、各種契約をしてから施工を実施しましょう。
- ◆ **VRS型では、建機1台毎に位置情報補正サービスの契約が必要**です。
- ◆ 一方で、**固定局型では、固定局1台の位置情報補正サービスを契約することで、複数建機の位置情報補正が可能**です。そのため、複数建機を用いる場合でも、位置情報補正サービス契約が固定局分のみで済む点がメリットです。

1. ICT活用工事について

1.5.2 ICT建機の位置情報取得

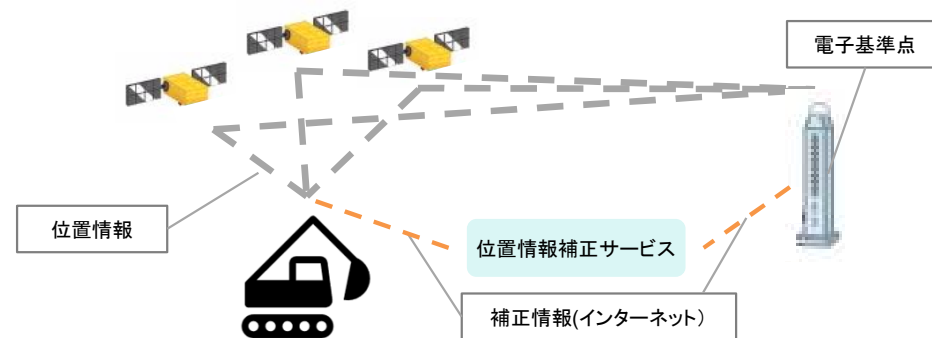
機器構成イメージ

① RTK-GNSS方式（現地基準点型）



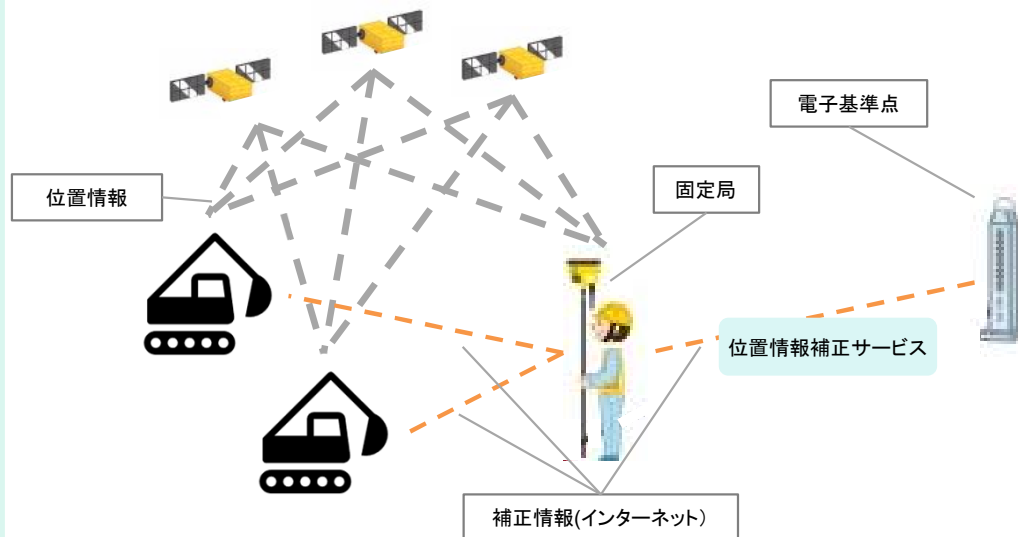
- メリット 無線接続のためTS方式より長距離接続が可能
- デメリット 基準局の設置が必要（据替あり）

② ネットワークを用いたRTK-GNSS方式（VRS型）



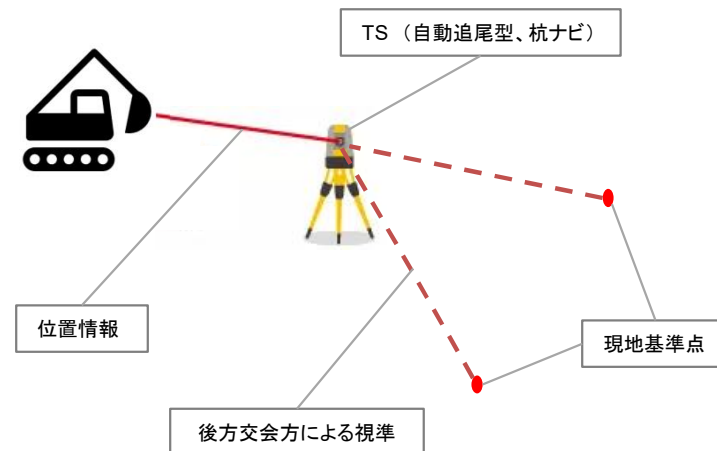
- メリット 日々の施工前に基準局設置が不要
- デメリット 建機と補正情報契約が1対1必要

③ ネットワークを用いたRTK-GNSS方式（固定局型）



- メリット 固定局1台の補正情報契約で複数建機が接続可能
- デメリット 基準局の設置が必要（据替あり）

④ TS方式（自動追尾型、杭ナビ）



- メリット ネットワークやGNSS受信がなくても施工可能
- デメリット 建機とTSがレーザー接続できる距離で接続が必要

1. ICT活用工事について

1.5.2 ICT建機の位置情報取得

- ICT建機の位置情報取得方法は、**現場条件によって適切に選択することが必要**です。
- 該当する現場条件を参考に、施工性やコストを考慮して最適な測位方法を選択してください。

現場条件		環境の例	位置情報取得方法		
通信環境 (インターネット)	GNSS捕捉		RTK-GNSS方式 (現地基準点型)	ネットワークを用いた RTK-GNSS方式	TS方式(自動追尾 型、杭ナビ)
○	○	上空に遮蔽物がなく、施工箇所周辺の遮蔽物がなく、インターネットが接続できる環境	○	○	○
○	×	上空が遮られているが、携帯電話通信などのネットワークがつながる環境	○		○
×	○	山間部等で携帯電話などのインターネットが繋がらないが、上空に遮蔽物はない開けた環境	○		○
×	×	上空が遮蔽物で覆われており、インターネットも繋がらない環境	○		○

1. 補足：電波不感地帯でネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施するためには

ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施する場合、衛星補測の状況及びインターネット通信環境の確認が必要となります。

以降の①～③を現場にて確認することで、ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工の実施可否を判断することができます。

① 上空の開け具合の確認

ICT施工を実施予定の範囲において、上空の見通しが確保できるか確認してください。 植生等により、上空の見通しが確保できない場合、衛星を補足できない可能性があります。

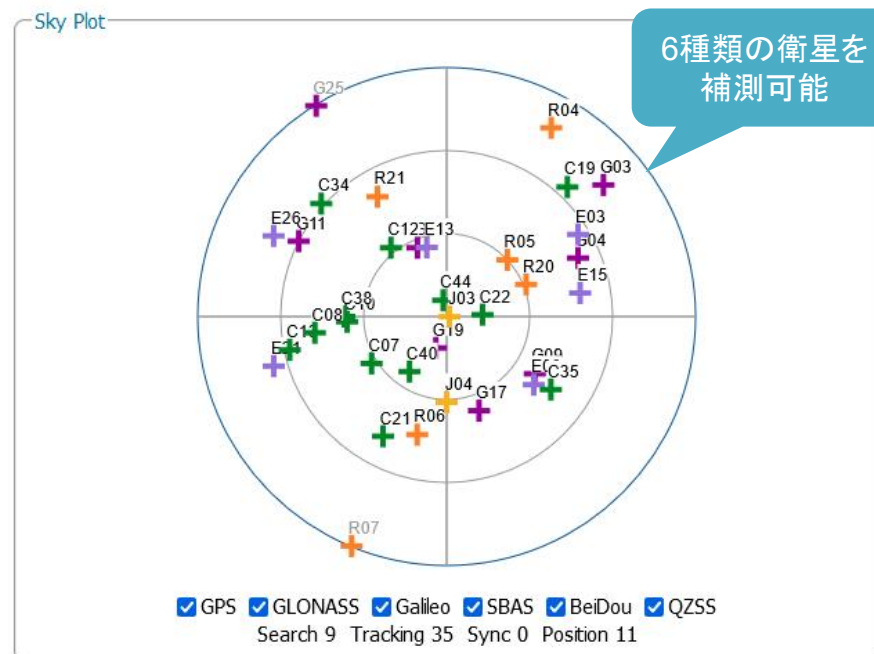
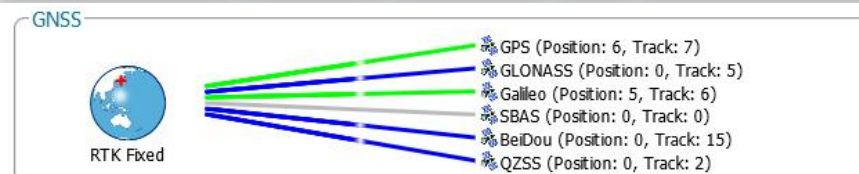
※上空の見通しが確保できる場合にも地形や周辺環境等の影響により、衛星を補測できない場合があるため、「②衛星捕捉状況の確認」の実施を推奨します。

② 衛星捕捉状況の確認

ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施するためには、常時5機以上の衛星を補測できることが推奨されています。そのため、現場での衛星捕捉状況をGNSS受信機により計測してください。 その際、右図のように多様な衛星を補測できることやRTK測位レベルが計測可能なGNSS受信機を利用することで、ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工の実施可否を、より正確に判断できます。

RTK-GNSSの測位レベルの計測結果

日時	緯度	経度	標高	測位レベル
2024/05/29 14:25:50	38.00586739	139.71922657	233.3	確定 (RTK測位Fixed解)



GNSS受信機による衛星補測状況の確認イメージ

1. 補足：電波不感地帯でネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施するためには

③ インターネット通信環境の確認

ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施するためには、GNSS受信に加えてインターネット通信環境が必要となります。

1) 携帯電話回線の利用可否の確認

現場にて携帯電話回線の利用可能な場合、インターネット通信環境として利用可能です。携帯電話回線の利用可否の判断については、「DX実施のための通信環境運用マニュアル」p.17を参照してください。携帯電話回線が利用できない場合、「2) 通信環境の構築」を参照してください。

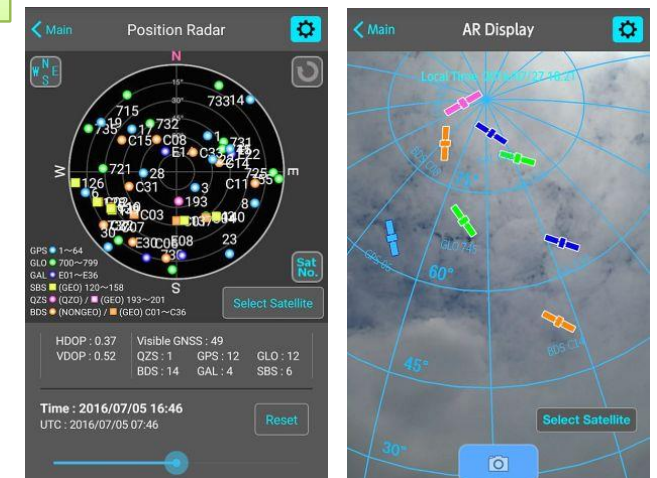
2) インターネット通信環境の構築

携帯電話回線が利用できない場所で、ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施する場合、Starlink、SIMルータや無線LANアクセスポイント等の通信機器を利用して通信環境を構築する必要があります。

それぞれを利用した通信環境の構築方法については、「DX実施のための通信環境運用マニュアル」を参照してください。

ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工実施のポイント

- 構築した通信環境を利用し、ネットワークを用いたRTK-GNSS方式によるICT施工を実施する場合には、ICT建機と無線LANアクセスポイント等の通信機器との見通しを確保してください。（見通しが取れない場合、必要な位置情報の精度を得ることができません）
- 衛星の補測状況は衛星の飛来状況（時間帯）によっても変化します。衛星のリアルタイムの飛来状況は、右図のようなアプリで簡易的に確認可能です。



衛星の飛来状況確認アプリ(GNSS View)のイメージ
出典：内閣府 (https://qzss.go.jp/info/archive/gnssview_170405.html)

1. ICT活用工事について

1.5.3 ICT施工の実施方法

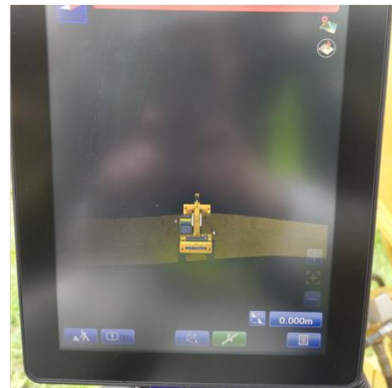
ICT施工の実施フローを示します。

ローカライゼーション
(TS方式では機器の据付)

ICT建機への3次元設計
データ取り込み

日々の事前
確認

ICT建機による
施工



ポイント

- ◆ ローカライゼーションとは、RTK-GNSSを利用したICT建機による施工において、**GNSS測位した位置情報と施工現場の位置情報を紐づける作業**のことです。
- ◆ TS方式では、既知座標を活用した測量法(後方交会法)により現場の位置情報を取り込みます。
- ◆ 日々の事前確認では、建機の刃先を基準点の上部に合わせ、刃先位置と座標位置の位置合わせを行います。これにより、本体だけでなく、刃先位置を補足できます。
- ◆ ICT建機の施工精度を確保するためには、日々実施する**測位精度確認の頻度を増やす**ことも有効です。
- ◆ 使用する機器・建機によって施工前に実施する準備・点検内容は異なるため、事前に建機メーカーやリース先に確認しておく必要があります。

1. ICT活用工事について

1.5.4 砂防土工の主なICT建機

ICT砂防土工で使用されるICT建機を3機種紹介します。

ICTバックホウ ◆ 機能：MCまたはMG ◆ 測位方法：RTK-GNSS	● バックホウの刃先を、MCまたはMG機能にてコントロールする。 ● 測位方法はRTK-GNSSであり、GNSS衛星からの位置情報受信が必要である。 ● ICTバックホウの中では一般的で各種メーカーで取り扱いがあり、ICT施工で採用されることが多いスタンダードモデル。	 出典：コマツ
杭ナビショベル ◆ 機能：MG ◆ 測位方法：後方交会法	● 測量に利用していた杭ナビを建機の基地局として利用する。 ● 建機と杭ナビはレーザーで接続するため、建機と杭ナビの間に障害物がないことが重要。 ● 上空に支障があり衛星受信できない箇所や、小規模工事で利用されることが多いモデル。	 出典：西尾レントオール
チルトローテーター ◆ 機能：MCまたはMG ◆ 測位方法：RTK-GNSS	● 作業する施工面に合わせてICTバックホウのバケットを回転させる機能が付いている。 ● 角度をチルトさせたり、回転させることができるため、建機が移動しなくても様々な角度で施工可能。 ● MC又はMG機能により、複雑な操作をアシストするモデル。	 出典：クボタ

1. ICT活用工事について

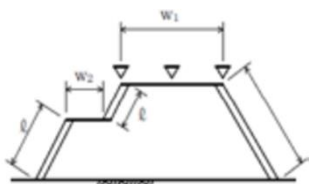
1.6 3次元出来形管理等の施工監理

1.6.1 面・断面の出来形管理手法

- 受注者は、施工後の出来形形状を把握するため、施工範囲全体を3次元計測技術を用いて計測することで面的に出来形管理を行います。
- 標準的に面管理を実施するものとされていますが、出来形管理のタイミングが複数回にわたることにより一度の計測面積が限定される等、**面管理が非効率になる場合は、管理断面及び変化点の計測(断面管理)による出来形管理を選択することが可能です。**

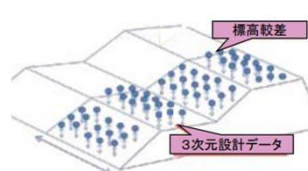
ポイント

- ◆ 面管理が非効率な場合は、従来の出来形管理(断面管理、点管理)で行うことが可能です。
- ◆ 面的管理は3次元計測技術を用いて計測しますが、法面の端部や現況との取合いなどで、設計面との比較が困難な箇所は計測の対象外とし、断面管理とすることも可能です。
- ◆ 「出来形管理の監督・検査要領」や「3次元計測技術を用いた出来形管理要領」には、**計測手法や留意点が計測技術別に掲載**されています。これらを参考に現場条件に適した計測手法を選定しましょう。
- ◆ 施工経験の浅い施工担当者は、普段取引している測量会社、測器メーカーへ相談したりすることで、より現場条件に適した計測技術を選定しましょう。



【断面管理】

- 規格値との差を管理点のみで計測



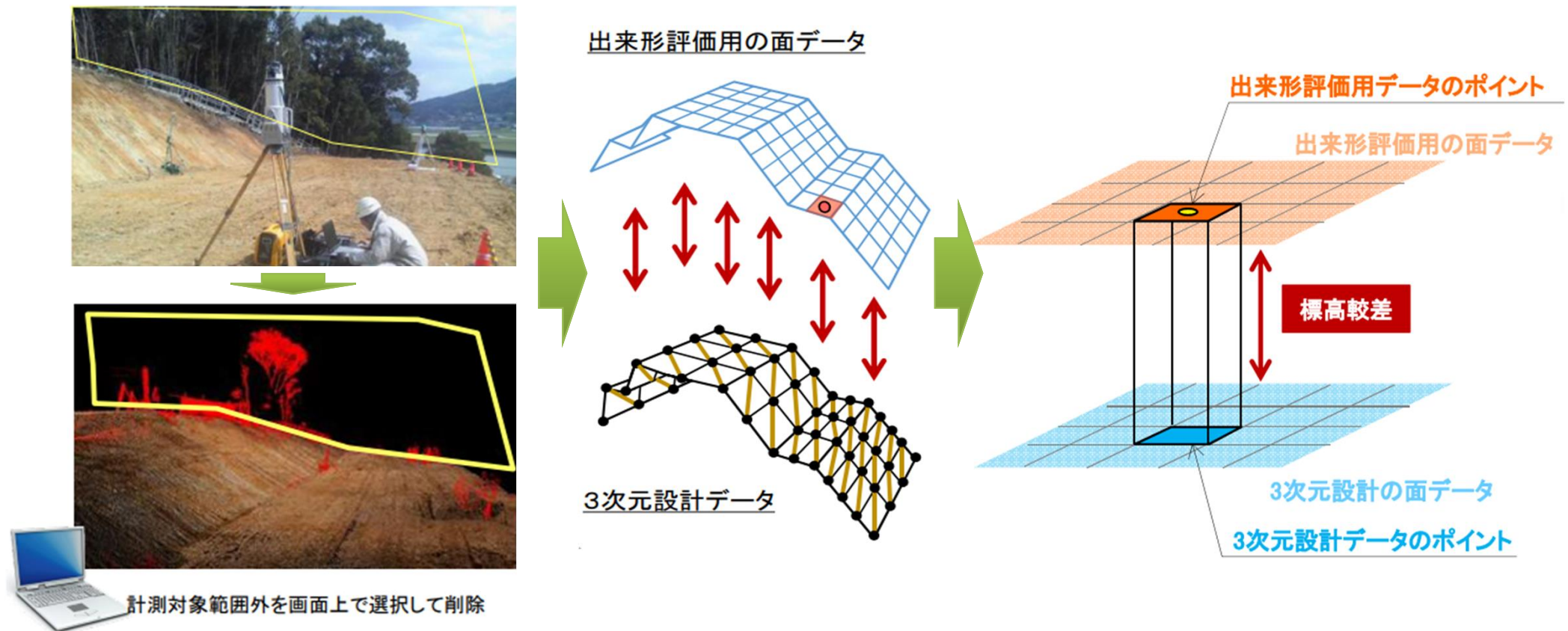
【面管理】

- 規格値との差を管理面全体で計測

1. ICT活用工事について

1.6.2 出来形管理基準及び規格値の留意点

- 面管理による出来形管理で計測した計測点群データには、被計測対象物以外の草木などのデータを含んでいるため、**計測結果から不要な計測データを削除**し、出来形評価用データの作成が必要です。この**出来形評価用データと事前作成した3次元設計データを面的に比較**し、その差が出来型管理基準値に収まっているか評価します。
- 出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」、「出来形管理要領(案)」に定められています。
- 施工管理にあたっては**従来工事と同様に基準値や規格値を事前に確認することが必要**です。



1. ICT活用工事について

1.6.3 写真管理

- 受注者は、ICT活用工事においても、従来工事と同様に「写真管理基準(案)」に準じた写真管理を実施します。
- 「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(国交省)」による出来形管理を行った場合には、出来形管理写真の撮影頻度及び撮影方法は、写真管理基準のほか、同要領の規定によるものとされているため、**都度確認が必要**となります。

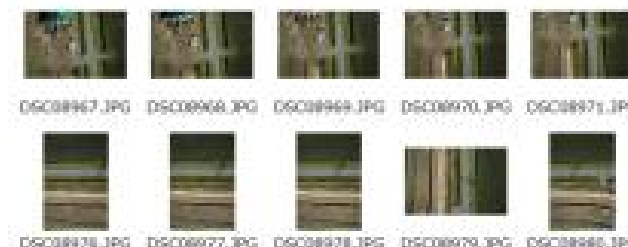
ポイント

- ◆ UAVを用いた出来形管理を実施する場合、従来方法と**撮影頻度**や**提出頻度**が異なります。各要領で定められた写真管理を正しく実施しましょう。

【管理項目(例)】

工種	写真管理項目		
	撮影項目	撮影頻度[時期]	提出頻度
掘削工	土質等の判別	地質が変わる毎に1回 [掘削中]	代表箇所 各1枚
	法面	【従来】200m又は1施工箇所に1回 [掘削後]→ 【UAV】撮影毎に1回[掘削後]	【従来】代表箇所 各1枚→ 【UAV】写真測量に使用したすべての画像※ICONフォルダに格納
盛土工	巻出し厚	200mに1回[巻出し時]	代表箇所 各1枚
	締固め状況	転圧機械又は地質が変わる毎に1回[締固め時]	
	法面 天端	【従来】200m又は1施工箇所に1回 [施工後]→ 【UAV】撮影毎に1回[施工後]	【従来】代表箇所 各1枚→ 【UAV】写真測量に使用したすべての画像

写真撮影例



ポイント

空中写真測量(UAV)による出来形の計測データは、施工全体の面的なデータで最小限の確認を行うことで精度検証が可能のため、**写真管理箇所を低減しています。**

1. ICT活用工事について

1.7 3次元データの納品

1.7.1 出来形管理図

- 受注者は、出来形評価用の面データを使用し、**出来形の良否判定を実施**します。
- ポイント毎に設計面と出来形評価用データの離れを評価範囲の平面上にプロットした分布図（ヒートマップ）が記載された、**出来形合否判定総括表を作成**します。

様式-31-2

出来形合否判定総括表

ソフトウェア要求仕様書Ver. 対応

工 種

道路土工

測点 No. 1～No. 3

種 別

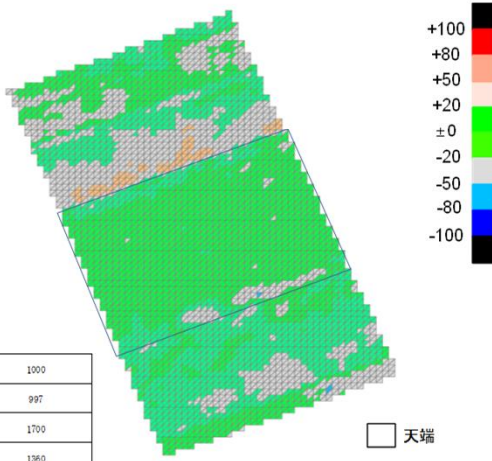
盛土

合否判定結果

異常値有

測定項目		規格値	判定	測点
天端 標高較差	平均値	-11mm	±50mm	異常値有
	最大値(差)	42mm	±100mm	
	最小値(差)	-62mm	±100mm	異常値有
	データ数	1000	1点/m2以上 (1000点以上)	
	評価面積	1000m2		
	棄却点数	0	0.3%未満 (3点以下)	異常値有
法面 標高較差	平均値	7mm	±80mm	
	最大値(差)	92mm	±140mm	
	最小値(差)	-60mm	±140mm	
	データ数	1700	1点/m3以上 (1700点以上)	
	評価面積	1700m2		
	棄却点数	0	0.3%未満 (5点以下)	

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



天端

凡例:

・平均値
・最大値
・最小値
・データ数
・評価面積
・棄却点数

を表形式で
整理

・データのポイント毎
に結果をプロット
・離れの計算結果
の規格値に対する
割合を示すヒート
マップとして、
-100%～
+100%
の範囲で結果を
色分け

ポイント

- ◆ ヒートマップでは、**規格値の範囲外を-100%～+100%の範囲とは別の色で明示することで、より直感的に計測結果の合否判定が可能**となります。

1. ICT活用工事について

1.7.2 電子納品について

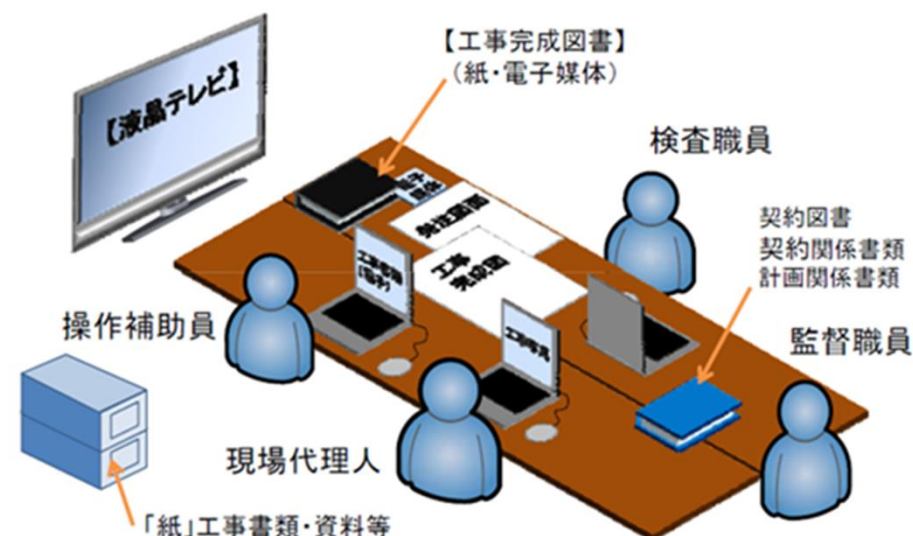
- 受注者は、ICT活用工事では成果品として、電子成果を納品します。
- 原則として、以下の項目を提出します。
各計測技術毎に違いがあるため、事前に確認して定められた電子成果品を提出しましょう。

- ✓ 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)

【ICT活用工事の検査】

書面検査: 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: 現地に出向き設計値と実測値を計測して確認します。

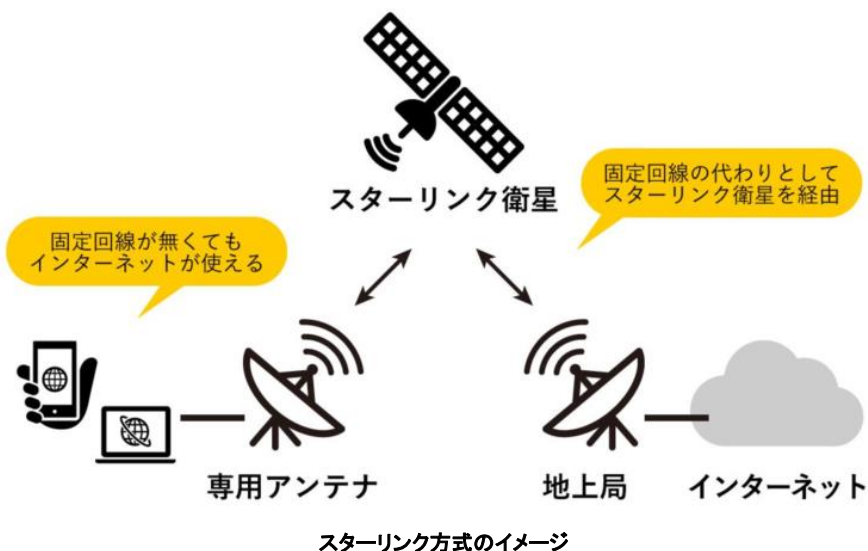


2. 電波不感地帯でのICT施工

- 飯豊砂防事務所では、管内の携帯電波不感地帯における工事現場にて、通信環境を構築して**DX技術の活用を推進**してきました。

【これまでの取組】

- 砂防工事現場で最適な通信環境構築方式の検討
 - Starlink方式及びSIMルータ方式による通信環境構築の実証実験
 - 構築した通信環境を利用したDX施策の実証実験
 - 施工業者が通信環境を構築・運用可能とするマニュアルの作成
- DX技術活用の一環として、**電波不感地帯におけるICT施工を実施**しました。
- 次項以降に、管内工事で実施した**ICT施工事例を掲載**しています。
実施内容、効果・課題と対応策を参考に、ICT施工の実施を検討してみてください。



DX 実施のための通信環境運用マニュアル (第 1.1 版)	
令和 7 年 2 月 国土交通省 北陸地方整備局 飯豊山系砂防事務所	
1. はじめに	1.1 本マニュアルの目的
目次	
1	1.1 本マニュアルの目的
1	1.2 DX推進の目的
1	1.3 本マニュアルの構成
1	1.4 本マニュアルの活用方法
1	1.5 本マニュアルの更新履歴
1	1.6 本マニュアルの著作権
1	1.7 本マニュアルの印刷
1	1.8 本マニュアルのお問い合わせ
1	1.9 本マニュアルのお問い合わせ先
1	1.10 本マニュアルのお問い合わせ窓口
1	1.11 本マニュアルのお問い合わせ受付時間
1	1.12 本マニュアルのお問い合わせ受付場所
1	1.13 本マニュアルのお問い合わせ受付方法
1	1.14 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.15 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.16 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.17 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.18 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.19 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.20 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.21 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.22 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.23 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.24 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.25 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.26 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.27 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.28 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.29 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.30 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.31 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.32 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.33 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.34 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.35 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.36 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.37 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.38 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.39 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.40 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.41 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.42 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.43 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.44 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.45 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.46 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.47 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.48 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.49 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.50 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.51 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.52 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.53 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.54 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.55 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.56 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.57 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.58 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.59 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.60 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.61 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.62 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.63 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.64 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.65 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.66 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.67 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.68 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.69 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.70 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.71 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.72 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.73 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.74 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.75 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.76 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.77 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.78 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.79 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.80 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.81 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.82 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.83 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.84 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.85 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.86 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.87 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.88 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.89 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.90 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.91 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.92 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.93 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.94 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.95 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.96 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.97 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.98 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.99 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口
1	1.100 本マニュアルのお問い合わせ受付窓口

2. 電波不感地帯でのICT施工

2.1 Starlinkを活用したICT施工

【工事条件】

- 工事概要: 砂防堰堤本体工事に伴う工事用道路新設工事
- ICT施工時期: 2024年8月～10月頃
- ICT施工対象箇所: 工事用道路(掘削工 1,800m³、法面整形工1,680m²)
- 施工機械: 0.45m³級MCバックホウ
- 通信環境: キャリア回線: ○ (Starlinkで接続)、GNSS: ○

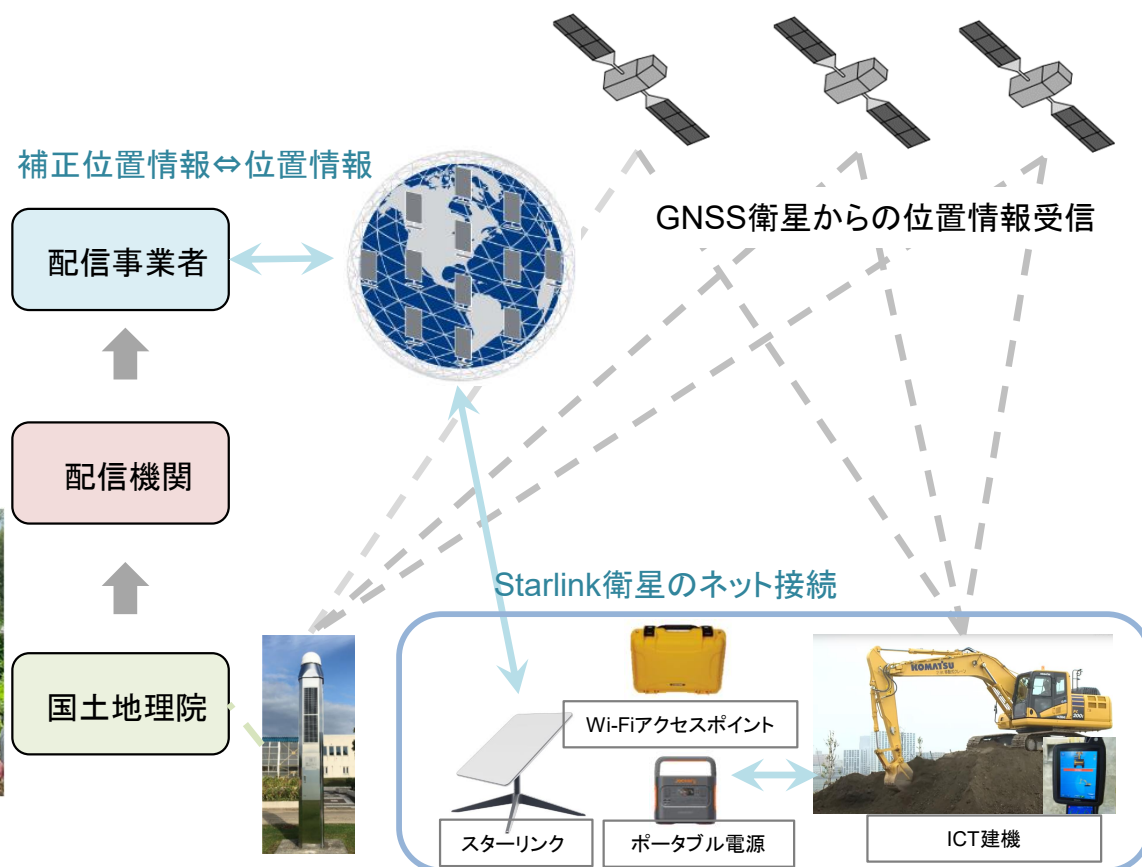
【機器構成】

【測位方式】

- ネットワークを用いたRTK-GNSS型VRS方式(建機の移動体測位方式)
- 補正位置情報配信事業者: ソフトバンク

【通信】

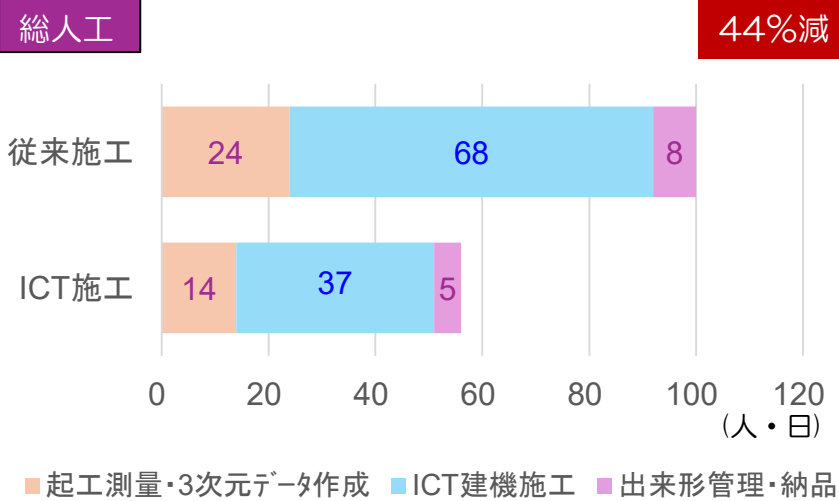
- Starlink受信機 + Wi-Fiアクセスポイント + ポータブル電源



2. 電波不感地帯でのICT施工

【効果】

プロセス	効果		効果があつた作業
	人工	日数	
全体	44%減少	6%減少	
起工測量・データ作成	42%減少	3%減少	UAVによる測量効率化
ICT建機による施工	46%減少	3%満減少	検測員、手元作業員削減 安全性の向上
出来形管理等	38%減少	20%減少	面管理による計測効率化



- 従来工事にかかる人工想定と比較した場合、全体で**44%**の人工削減となった。
- 丁張り・仕上げ確認等が不要となり、他の作業に従事できたことで工事全体として効率化した。
- Starlinkを設置したことで不感地帯での通信が可能となり、**遠隔臨場も可能**となった。

【課題と対応策】

試行工事で確認できた課題	頻度	原因	対応策
衛星を補足できない時間帯がある	1日1時間	衛星は移動しているため、 衛星が建機上空にいない時間帯があるため	◆ GNSS受信の有無が影響しない工種を優先的に進める等、施工順序を調整することで、可能な限り作業員の手待ちが生じないように努めた。

ポイント

- ◆ 事前に建機メーカーやリースメーカーでもGNSS受信状況の確認を依頼できるため、**どの場所が接続がよくないか、施工前に確認する**ことで、施工効率の向上に繋がるでしょう。

2. 電波不感地帯でのICT施工

2.2 杭ナビショベルによるICT施工

【工事条件】

- 工事概要: 砂防堰堤本体工事
- ICT施工時期: 2022年9月～12月、2023年6月～8月、2024年4月～6月
- ICT施工対象: 砂防堰堤工事<砂防土工【岩掘削】(土砂350m³、軟岩1,200m³、硬岩4,800m³)>
※**ブレーカーによる掘削**は実施事例がない工種
- 施工機械: 0.45m³級MGバックホウ、0.7m³級MGバックホウ
- 通信環境: キャリア回線: ×、GNSS: ×

【機器構成】

【測位方式】

- TS方式(杭ナビ)

【通信】

- 後方交会法により位置情報を取得
※インターネット通信なし



ICT建機

レーザーによる位置情報の補足



TS (杭ナビ)



赤枠: ICT施工範囲



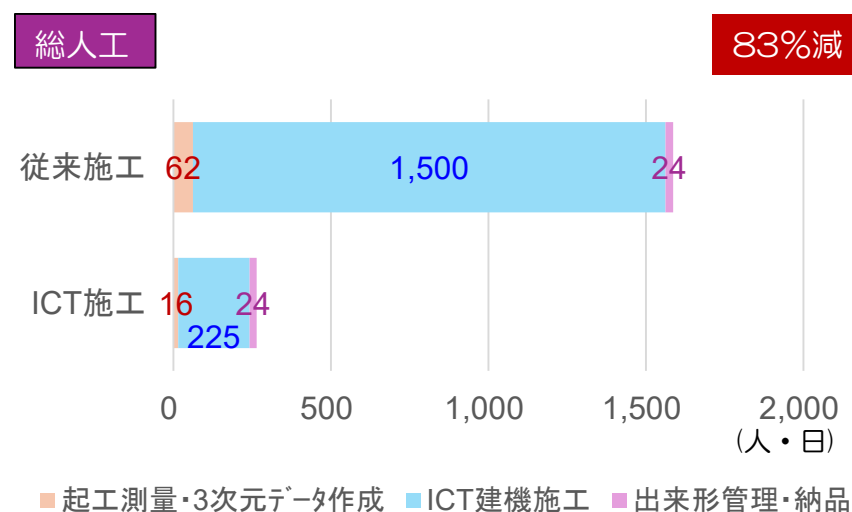
後方交会法による視準

現地基準点

2. 電波不感地帯でのICT施工

【効果】

プロセス	効果		効果があった作業
	人工	日数	
全体	83%減	49%減	
起工測量・データ作成	74%減	56%減	UAVによる測量効率化
ICT建機による施工	85%減	50%減	検測員、手元作業員削減 安全性の向上
出来形管理等	—	—	従来管理手法で実施



- 急斜面の工事で従来では必要となる手元作業員が削減できたことで、**83%の人工削減**につながった。
- 急斜面での作業員による掘削形状を確認する作業がなくなったことで、**安全性向上**につながった。
- 前例がない工種(岩掘削)でのICT施工であり、アタッチメントやセンサー類含めて、協力会社と相談しながら実施した。

【課題と対応策】

試行工事で確認できた課題	頻度	原因	対応策
杭ナビの接続が切断するたび再接続の手間がかかる	不定期 再設定時間 :1~10分	工事車両や作業員が障害となり、建機と杭ナビの接続が切断されるため	① 建機や車両、作業員等の動線を考慮して、高台等の 通信が途切れにくい杭ナビの設置箇所を選定した 。

ポイント

- ◆ 基準点での**施工前の刃先確認を午前・午後の2回実施**することで出来形精度を確保した。刃先確認を実施しやすいように基準点を設置することも重要です。

2. 電波不感地帯でのICT施工

2.3 ICT施工のポイント

- 現場実証を踏まえ、**ICT施工を実施する際のポイント**を整理しています。
- ICT施工を検討する際の参考にしてください。

区分	ポイント
工事条件	□ 砂防工事でも、“ICT施工”を活用することにより、人工や施工日数の削減効果が見込まれます。 □ 特に、急斜面での掘削工事のように、丁張りや計測に手間がかかりやすい工事は、ICT施工による大きな効果が見込まれます。 □ インターネット通信がつかない場所でも、杭ナビやStarlinkを活用したICT施工は可能です。 ただし、Starlink等は衛星を補足できない時間帯が生じる可能性もありますので、施工調整ができる余地があまりない工事（ICT工種以外の工種が少ない工事、ICT建機の移動が難しい工事等）では、施工効率が落ちる場合もあります。
3次元計測	□ 急峻な箇所がある現場において3次元計測（UAV、TLS）を実施することは、生産性向上だけでなく、安全性向上にもつながります。 □ 出来形計測においては、こまめに計測（段毎等）する必要があるような現場では、面管理より断面管理の方が適している場合もあります。 現場条件や工事内容も踏まえて適切な管理方法、計測方法を選定するとよいでしょう。
ICT建機	□ MC建機とMG建機どちらも生産性が向上することが確認されています。 現場条件、施工性、コストを考慮して、現場に最適なICT建機を選定しましょう。 □ 杭ナビでのICT施工の場合、杭ナビとICT建機との間に障害物（車両。作業員等）がはいることで接続が途切れるケースがあります。再接続の手間は小さいですが、施工ステップを考慮して杭ナビの最適な配置計画を考えておくことが円滑な施工につながります。
その他	□ 初めてICT施工を実施される方の多くが、協力会社（測量会社、商社、下請）やメーカー、ソフトベンダー等に相談しながら進めることで円滑に実施しています。

3. 参考資料

関係基準類・実施要領等

- 「ICTの全面的活用」を実施する上での要領、技術基準類
URL : (https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html)
- ICT砂防・ほくりく 実施要領・積算要領(R2.10. 16)
URL : (https://www.hrr.mlit.go.jp/gijyutu/i_Construction/ict_sabo_hokuriku_yoryou.pdf)
- 関東地方整備局 3次元計測技術を用いた出来形管理の活用手引き(案)
URL : (<https://www.ktr.mlit.go.jp/gijyutu/gijyutu00000044.html>)
- 土木工事施工管理基準及び規格値(案)
URL : (<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001597296.pdf>)
- 写真管理基準(案)
URL : (<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001597299.pdf>)