

i-ConstructionのためのICT活用技術

— 測量機器・測量システムの進化 —

第16期第1回出展技術発表会

令和5年7月24日

一般社団法人 日本測量機器工業会 ICT推進部門会

中山 沙織 (ライカジオシステムズ株式会社)



目次

1. (一社) 日本測量機器工業会について
2. ICT推進部門会
3. i-Constructionへの取り組み
4. i-Construction (ICT施工) で使用できる測量機器
 - 4-1. 空中写真測量 (無人航空機・UAV)
 - 4-2. 地上型レーザースキャナー (TLS)
 - 4-3. トータルステーション等光波方式 (プリズム)
 - 4-4. トータルステーション (ノンプリズム)
 - 4-5. RTK-GNSS (GNSSローバー)
 - 4-6. 無人航空機搭載型レーザースキャナー
 - 4-7. 地上移動体搭載型レーザースキャナー
 - 4-8. 測量機器サマリー
5. i-Constructionに必要なソフトウェア
 - 5-1. 3次元設計データ作成ソフトウェア
 - 5-2. 写真測量ソフトウェア
 - 5-3. 点群処理ソフトウェア
 - 5-4. 出来高数量算出ソフトウェア
 - 5-5. 出来形帳票作成ソフトウェア
 - 5-6. i-Constructionのソフトウェア一覧
6. 未来の技術
7. 小規模土工について
8. ICT活用工事の適用範囲
9. 面管理と断面管理
10. 異なる測量技術の組合せ
11. まとめ



1. (一社) 日本測量機器工業会について

●測量機器工業の健全な進歩発展を企図し、もって国民経済の発展と公益に寄与することを目的とした測量機器製造業者及び測量関連ソフトウェア事業者の業界団体

●所在地：

(事務所) 東京都港区芝公園3丁目5番地8号 機械振興会館内

(検定センター) 東京都文京区白山2丁目12-11

●構成：正会員28社 賛助会員318社 (令和5年3月31日現在)

●URL <http://www.jsima.or.jp/>



1. (一社) 日本測量機器工業会について

最近の主な活動

1. 測量機器の団体規格JSIMAの作成と普及活動

→ 「地上型レーザスキャナの性能確認ガイドライン」 JSIMA115の策定と、
「地上型レーザスキャナの性能確認試験」 運用中

2. 測量機器に関するISO国際規格の日本代表としての活動

3. 工業標準規格「JIS」調査原案作成とその普及活動

【機器検定及び認定事業】

基本測量・公共測量に使用する測量機器の検定

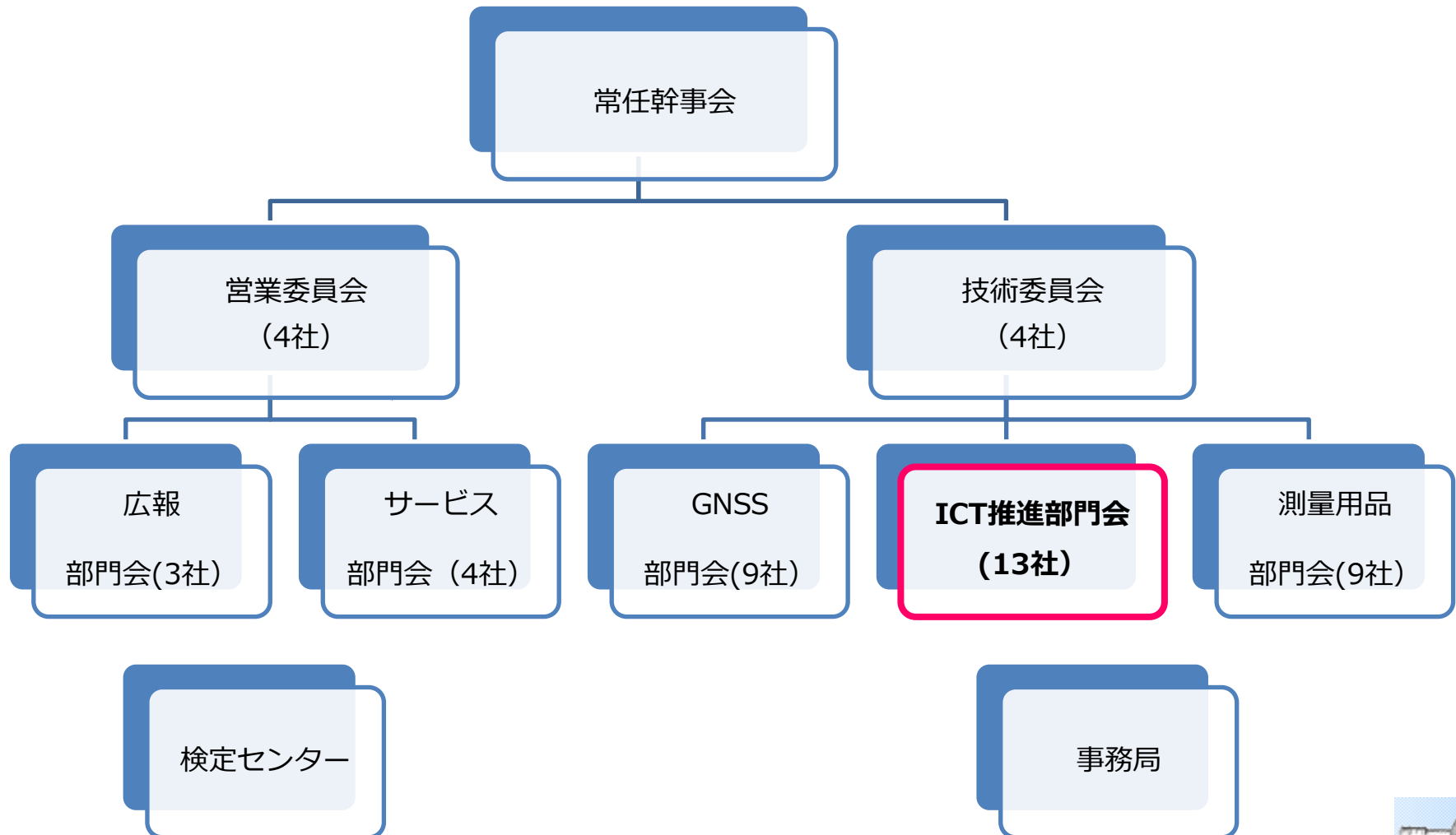
団体規格JSIMAに基づく校正・検査認定制度

4. i-Constructionに関わる測量技術に関する関係省庁ならびに関係団体との協働活動

- 国土地理院：公共測量に関する課題調査検討委員会、公共測量マニュアル
- 国土交通省：「ICT導入協議会」（国交省本省）北陸ICT活用推進会議（北陸地整）



(一社) 日本測量機器工業会 運営組織図



2. ICT推進部門会

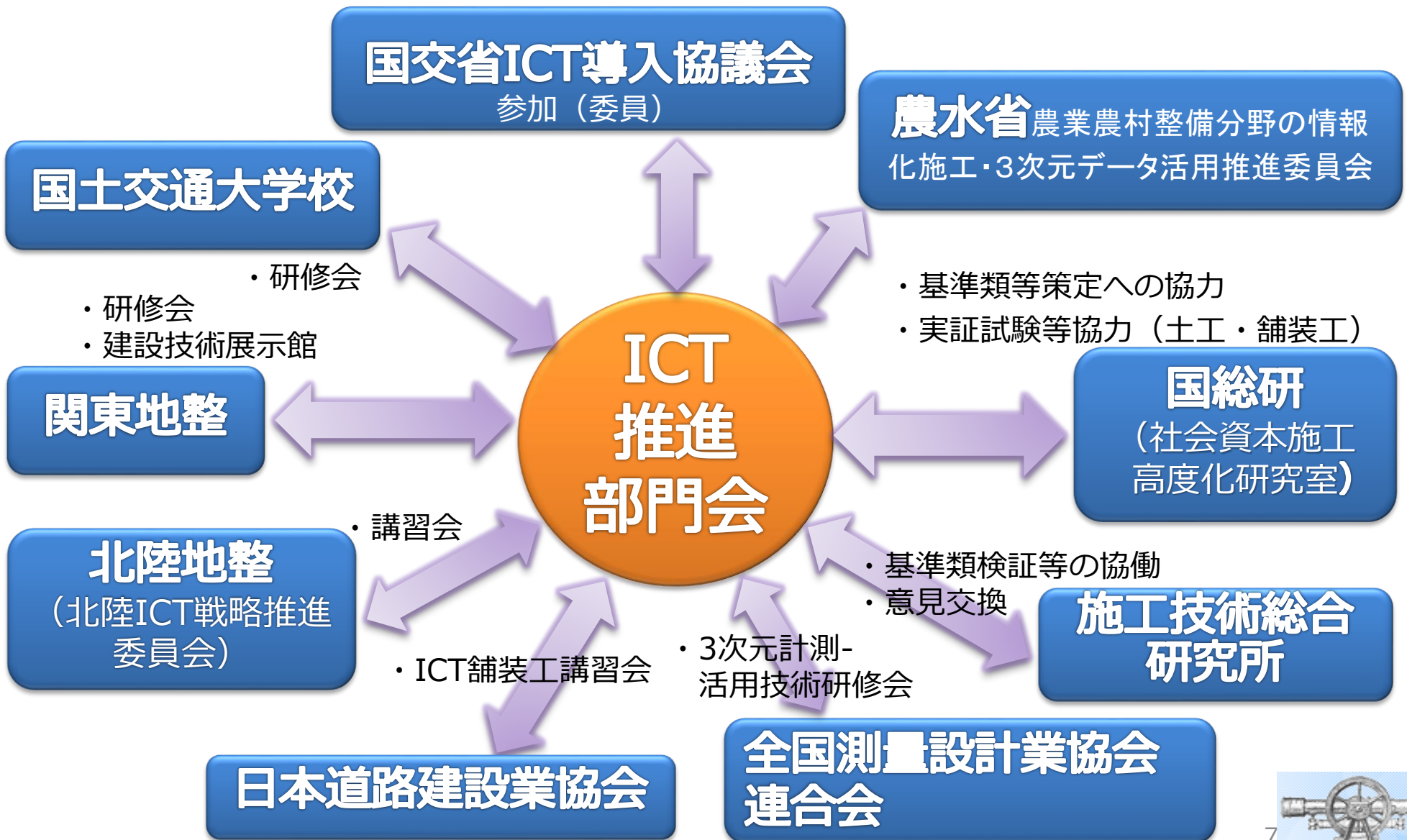
構成：13社

機器	ソフトウェア
ジオサーフ TIアサヒ トプコン(トプコンポジショニングアジア) ニコン・トリンブル (サイテックジャパン) ファロージャパン ライカ ジオシステムズ リーグルジャパン	アイ・エス・ピー アイサンテクノロジー 建設システム ピースネット 福井コンピュータ ワイズ

主な活動

開発活動	広報・教育活動
<p>* 三次元測量機器・ソフトウェア開発促進</p> <p>1. 意見交換会：</p> <ul style="list-style-type: none">・ i-Constructionの基準類等に関する検討・ ソフトウェア仕様に関する各種ドキュメント等に関する提言・ 実証実験への協力と実証結果あるいは現場の声を受けての基準類への改善対策	<ol style="list-style-type: none">1. 講習会テキスト発行2. 地整（関東、北陸）講習会3. 地整（関東）研修会の実施4. 国土交通大学校専門課程研修会5. 関東地整「建設技術展示館」展示・発表6. 日本道路建設業協会ICT舗装工講習会7. 全測連 三次元計測、活用研修会

3. i-Constructionへの取り組み



4. i-Construction (ICT施工) で使用できる測量機器

 <p>空中写真測量 (UAV)</p>	 <p>地上型レーザーキャナ</p>	 <p>TS等光波方式 (プリズム)</p>	 <p>トータルステーション (ノンプリズム方式)</p>
  <p>RTK-GNSS</p>	 <p>無人航空機搭載型 レーザーキャナ</p>	 <p>地上移動体搭載型 レーザーキャナ</p>	 <p>その他の3次元計測技術</p>



4-1. 空中写真測量（無人航空機・UAV）



固定翼タイプ



マルチコプタータイプ

適用工種: ICT土工（起工測量、出来高管理、岩線計測、出来形計測）

主な利点: 短時間に広範囲の測量が可能

オートパイロットで比較的操作が簡易

主な留意点: 航空法を遵守（必要に応じて申請が必要）しなければならない
天候や計測エリアの地形（高低差が大きくないか）を考慮する



4-2. 地上型レーザースキャナー (TLS)



(VZ-400i: リーグルジャパン社)



(S-3180V: TIアサヒ社)



(FOCUS-S350: ファロージャパン社)

適用工種: ICT土工 (起工測量、出来高管理、岩線計測、出来形計測)

ICT舗装工 (起工測量、出来形計測)

主な利点: 高精度で詳細な3次元点群の取得

雨天を除き、天候や明るさに左右されない (写真は除く)

主な留意点: TLSから遠ざかるほど、点群密度が粗になる (密度設定の考慮)

TLS設置箇所 (本体の下) は計測できない



4-3. トータルステーション等光波方式（プリズム）



(SPS930: ニコン・トリンブル社)



(LN-150: トプコン社)



(X-100D: TIアサヒ社)

- 適用工種: ICT土工（起工測量、出来高管理、岩線計測、出来形計測）
ICT舗装工（断面管理による出来形計測、1級TSのみ基層・表層が可）
標定点測定（ICT土工、ICT舗装工の全般）
工事基準点設置（ICT土工、ICT舗装工の全般）
- 主な利点: 高精度な測定、既に広く使われている
モーター駆動TSではワンマン計測も可能
- 主な留意点: 特に面管理（土工のみ）において作業性が低い
後視点・計測点の距離制限が、TSの等級によって異なる



4-4. トータルステーション（ノンプリズム）



(MS60: ライカジオシステムズ社)



(iX-1200: トプコン社)



(SX-12: ニコン・トリンブル社)

適用工種: ICT土工（起工測量、出来高管理、岩線計測、出来形計測）

ICT舗装工（起工測量、出来形計測）

主な利点: 高精度な測定

計測点側に作業員が必要ないため、プリズム式より施工性が高い

主な留意点: 計測対象物により計測可能距離や精度が異なる。

ビーム径が広いいためピンポイントでの測定には限界がある



4-5. RTK-GNSS (GNSSローバー)



(R12: ニコン・トリニブル社)



(GS18 T: ライカジオシステムズ社)



(HiPer HR: トプコン社)

適用工種:

ICT土工 (起工測量、出来高管理、岩線計測、出来形計測)

ICT舗装工 (起工測量、出来形計測)

標定点測定 (ICT土工の起工測量、出来高管理、岩線計測)

工事基準点設置 (ICT土工)

主な利点:

気象や視通などに左右されずに作業ができる

操作スキルによらず、簡便に計測が可能

主な留意点:

上空視界が限られると、捕捉 (受信) 衛星が少なくなり精度が低下する

TSなど現地の測地系との整合性 (ローカライゼーション) が必要である



4-6. 無人航空機搭載型レーザースキャナー



(Winser: アイサンテクノロジー社)



(VUX-1UAV: リーグルジャパン社)



(UL-2: TIアサヒ社)

適用工種: ICT土工 (起工測量、出来高管理、出来形計測)

主な利点: 短時間に広範囲の測量が可能

オートパイロットで比較的操作が簡易

主な留意点: 航空法の遵守 (必要に応じてフライト申請が必要)

GNSS受信環境が必須



4-7. 地上移動体搭載型レーザースキャナー



(ProScan: ライカジオシステムズ社)

適用工種:

ICT土工（起工測量、出来高管理、出来形計測）

ICT舗装工（起工測量、出来形計測）

主な利点:

均質な高精度で詳細な3次元点群の取得

TLSと比較し作業性が高い

雨天を除き、天候や明るさに左右されない

主な留意点:

システムの移動箇所（本体の下）は計測できない

自動追尾TSとの視通確保



4-8. 測量機器サマリー (出来形計測) (1)

測量機器タイプ	ICT土工	ICT舗装工	機器要求精度 (平面/鉛直方向)		計測 エリア
			ICT土工	ICT舗装工	
UAV写真測量	○ (面管理のみ)	×	±50mm以内	---	◎
地上型スキャナー	○ (面管理のみ)	○ (面管理のみ)	±20mm以内	±10/±4mm以内	○
TS等光波方式	○	○ (断面管理のみ)	地理院3級TS以上 ±20/±10mm以内	±5/±5mm以内 *2	△
TS (ノンプリ)	○ (面管理のみ)	○ (面管理のみ)	±20mm以内	±10/±4mm以内	△
RTK-GNSS	○	×	1級GNSS測量機 *1	---	△
UAVレーザー	○ (面管理のみ)	×	±50mm以内	---	◎
地上移動体LS	○ (面管理のみ)	○ (面管理のみ)	±50mm以内	±10/±4mm以内	◎

*1: RTK-GNSSを断面管理で使用する際は、鉛直精度が10mm以内となる。

*2: TS等光波方式で基層・表層を行う際は、地理院1級TSのみとなる。

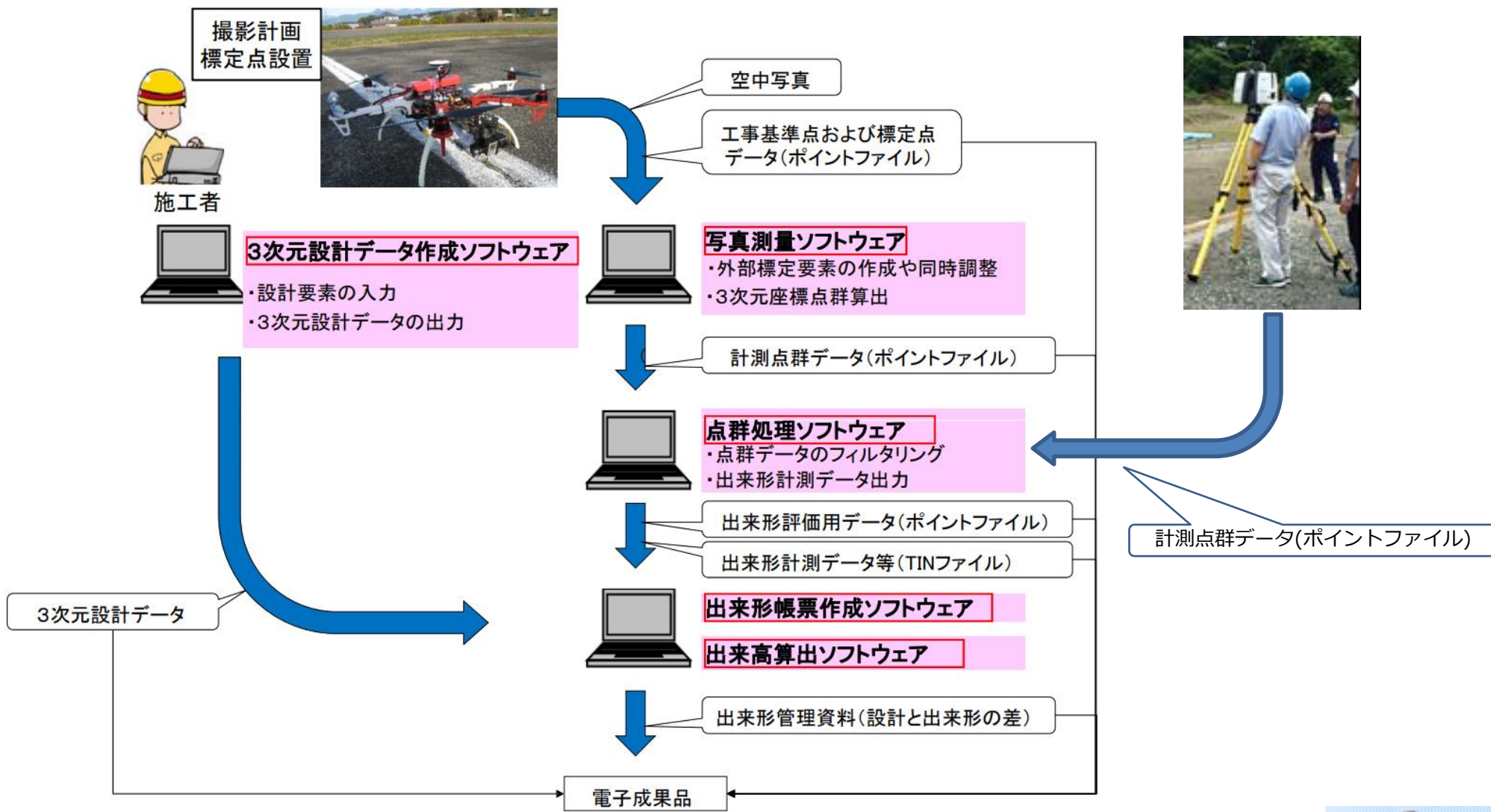


4-8. 測量機器サマリー (2)

測量機器タイプ	主な強み	主な弱み
UAV写真測量	広範囲を短時間で測量可能	比較的低精度 地形、気象要件で精度が低下
地上型スキャナー	高い測量精度	広範囲の測量ではUAVより非効率 入射角が浅くなると精度が低下
TS等光波方式	高い信頼性、容易な操作	広範囲の測量では非効率
TS (ノンプリ)	高い信頼性、容易な操作	広範囲の測量では非効率
RTK-GNSS	スキルが不要、簡単操作	広範囲の測量では非効率 地形などに衛星受信が影響される
UAVレーザー	広範囲を短時間で測量可能	搭載されるIMUの性能に大きく左右される 比較的低精度、衛星受信が必須
地上移動体LS	TLSより短時間に測量、高精度	移動が平坦な箇所に限られる 点群データ量が大きくなる
その他の3次元計測技術	---	必要な精度を担保することが必須



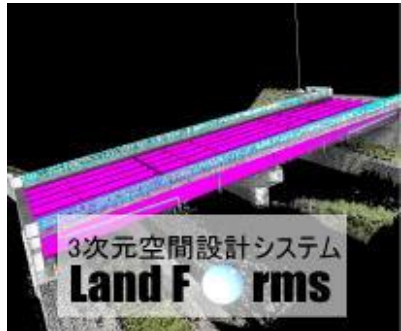
5. i-Constructionに必要なソフトウェア



5-1. 3次元設計データ作成ソフトウェア



TREND-CORE
(福井コンピュータ社)



LandForms
(アイ・エス・ピー社)



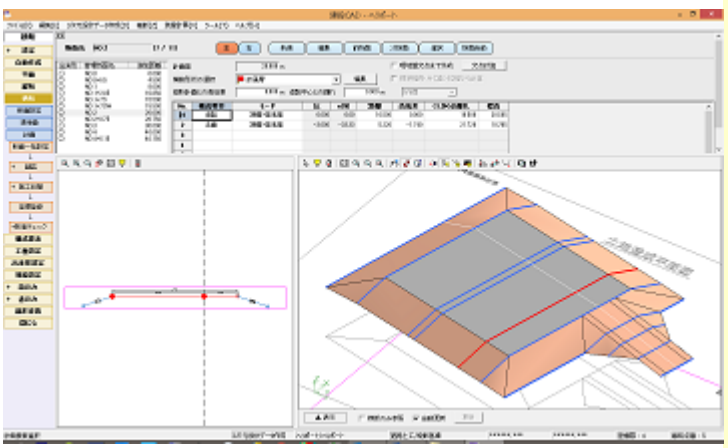
SiTECH3D
(建設システム社)



Cons-FIELD 3D
(ピースネット社)



Trimble Business Center
(ニコン・トリンブル社)



主な機能と役割:

- 2次元の発注図を元に3次元設計データを作成する。
- 3次元起工測量のデータを取り込み、設計データと合成する。
- 3次元施工、数量算出、出来形管理の元となるデータ。



5-2. 写真測量ソフトウェア



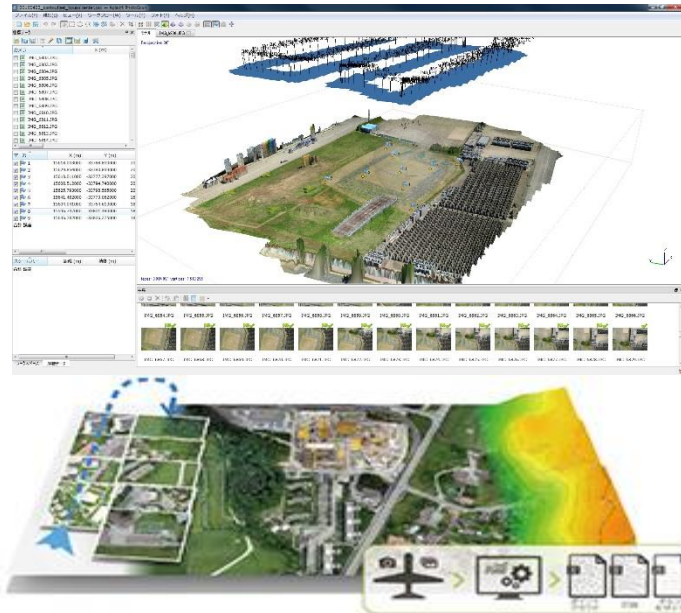
Pix4D Mapper Pro
(Pix4D社)



MAGNET Collage
(トプコン社)



Winsarcloud
(アイサンテクノロジー社)



主な機能と役割:

- 無人航空機（UAV）で取得した空中写真から3次元点群データを作成する。
- 一般的にSfM（Structure from Motion）ソフトウェアと呼ばれる。



5-3. 点群処理ソフトウェア



Cyclone
(ライカジオシステムズ社)



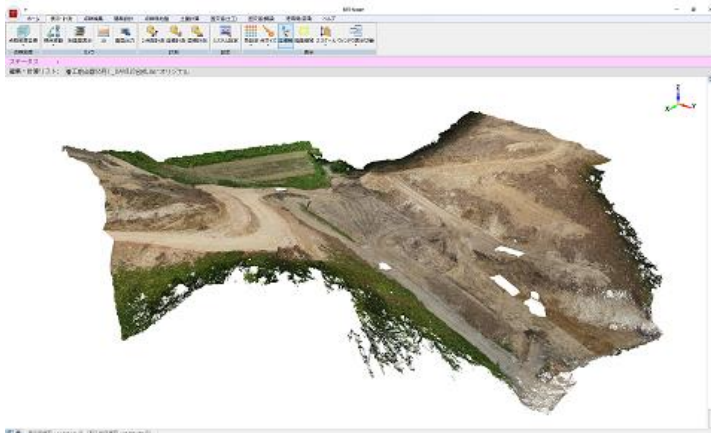
FARO SCENE
(ファロージャパン社)



RiSCAN PRO
(リーグルジャパン社)



Trimble RealWorks
(ニコン・トリンブル社)



主な機能と役割:

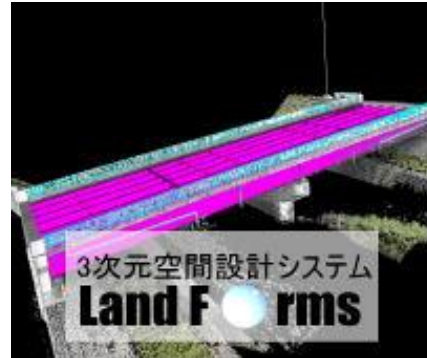
- 空中写真測量やTLSで取得した3次元点群データの不要点除去や密度調整を行う。
- 調整後の点群データからTINメッシュの地形データを作成する。



5-4. 出来高数量算出ソフトウェア



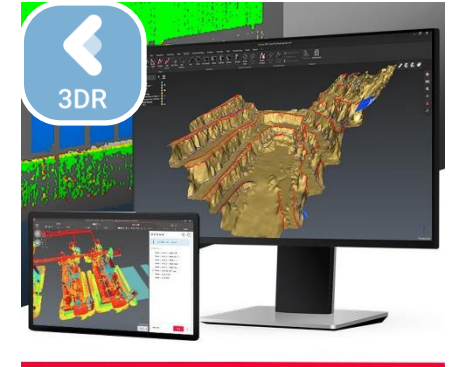
WingEarth
(アイサンテクノロジー社)



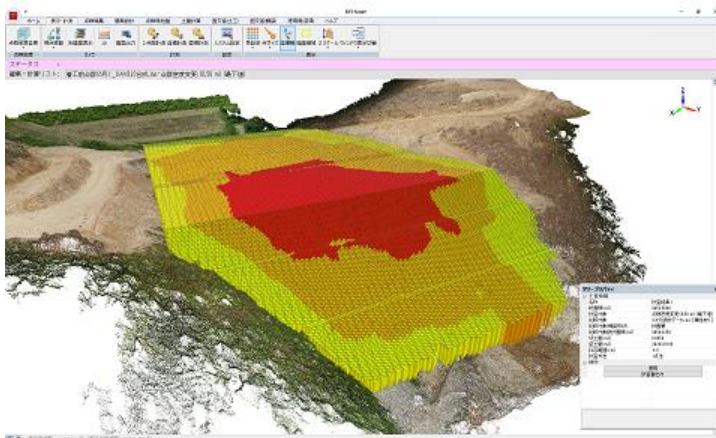
LandForms
(アイ・エス・ピー社)



Trimble Business Center
(ニコン・トリンブル社)



Cyclone 3DR
(ライカジオシステムズ社)



主な機能と役割:

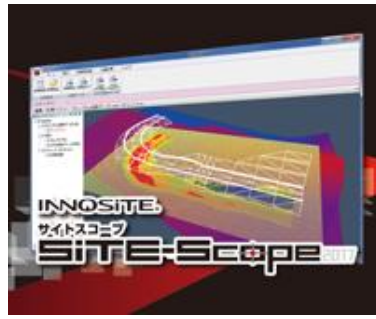
- 起工測量結果と3次元設計データまたは点群処理ソフトウェアで算出した出来形結果を用いて、**出来高を算出**する。
- 要領では「点高法」「TIN分割法」「プリズモイダル法」の3つの計算方法がある。



5-5. 出来形帳票作成ソフトウェア



TREND-POINT
(福井コンピュータ社)



SiTE-Scope
(建設システム社)



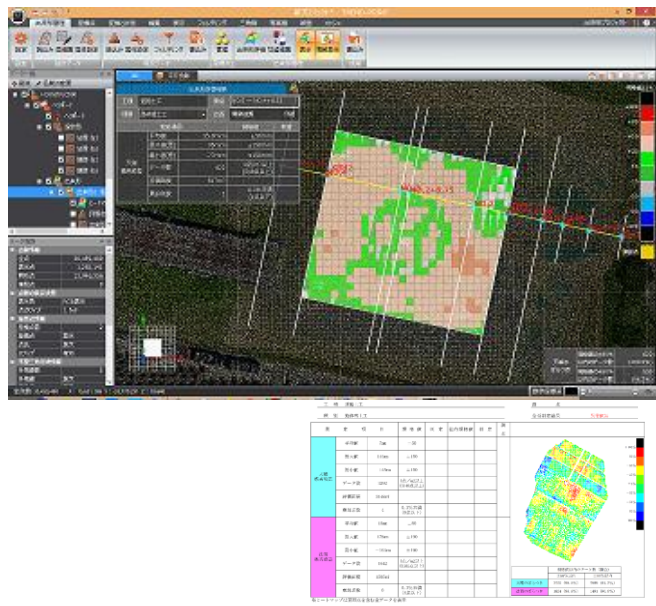
Cons-FIELD 3D
(ピースネット社)



TS出来形マネージャ
(ワイズ社)



Trimble
Business Center
(ニコン・トリンブル社)



主な機能と役割:

- 3次元設計データと出来形管理データにより、**施工の良否判定**を行う。
- 各地点における**設計と出来形との差**を算出する。
- 出来形管理**資料の作成と出力**を行う。



5-6. i-Constructionのソフトウェア一覧

	三次元設計データ作成 ソフトウェア	写真測量 ソフトウェア	点群処理 ソフトウェア	出来高数量算出ソ フトウェア	出来形帳票作成 ソフトウェア
アイ・エス・ピー	LandForms	-	LandForms		
アイサンテクノロジー	WingNeoINFINITY	WinserCloud	WingEarth		
建設システム	SiTECH3D	-	SiTE-Scope		
ジオサーフ		Pix4D Mapper Pro	-	-	-
T I アサヒ	LandForms等 (取扱商品)	-	LandForms等(取扱商品)		
トプコン	MAGNET 3D Exchange	MAGNET Collage		-	-
ニコン・トリングル	Trimble Business Center	UASMaster Pix4D Mapper Pro	RealWorks Trimble Business Center	Trimble Business Center	
ピースネット	Cons-FIELD 3D	-	Cons-FIELD 3D		
ファロージャパン	-	-	FARO SCENE	-	-
福井コンピュータ	EX-TREND武蔵 TREND-CORE TREND-ONE	-	TREND-POINT		
ライカジオシステムズ	-	-	Leica Cyclone	Leica Cyclone 3DR	-
リーグルジャパン	-	-	Ri SCAN PRO	-	-
ワイズ	情報化施工マネージャ	-	-	-	TS出来形マネージャ
Bentley Pix4D Agisoft Autodesk	-	Context Capture Pix4D MapperPro Metashape(旧PhotoScan) RECAP 360	-		



6. 未来の技術 VR/AR/MR

- VR（バーチャルリアリティ）仮想現実
現実空間をデジタルコンテンツで置き換え
一般的な用途 ゲームやシミュレーションなど
- AR（オーギュメントドリアリティ）拡張現実
現実空間にデジタルコンテンツを付加
代表的なもの ポケモンGO
- MR（ミックスドリアリティ）複合現実
デジタルコンテンツと実体、周辺環境の融合 MRはARとVRを包括
代表的なもの Google AR Core
Microsoft HoloLens



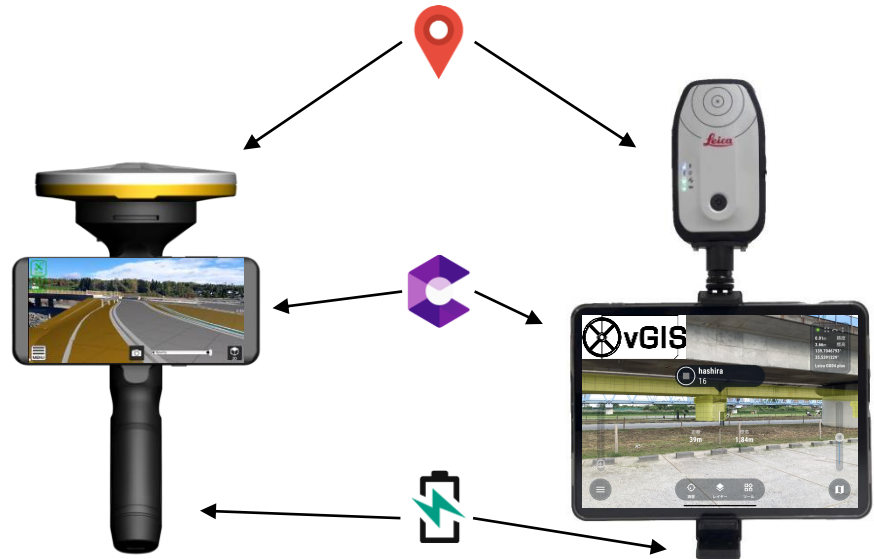
6. 未来の技術 VR/AR/MR

- ヘッドマウントディスプレイを装着することで、まるで工事現場に立っているかのようなバーチャルリアリティ体験



TREND-CORE VR
(福井コンピュータ社)

- 高精度測位技術とAR（拡張現実）技術を組み合わせた製品



Trimble SiteVision
(サイテックジャパン社)

FLX100 & vGIS
(ライカジオシステムズ社)



6. 未来の技術 VR

TREND-CORE



データ提供：株式会社斎藤組（埼玉県秩父市）



TREND-CORE VR



点群でVR体験!

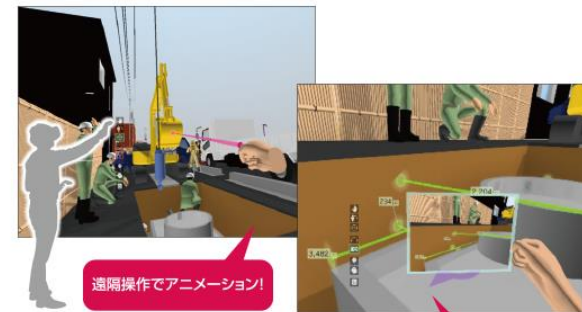
データ提供：YDN（やんちゃな土木ネットワーク）



6. 未来の技術 VR

VR技術の価値

- プレゼンテーションでの利用
- 発注者や協力会社との打ち合わせ、住民説明
- 社員教育での利用
- 安全教育や入場者教育
- 検討・シミュレーションでの利用
- 施工方法や施工計画



6. 未来の技術 AR



自己位置情報を表示

- ・ GNSSの位置精度
- ・ 橋円体高
- ・ 緯度経度

属性情報

自己位置から対象モデルまでの距離と深さ/高さを表示



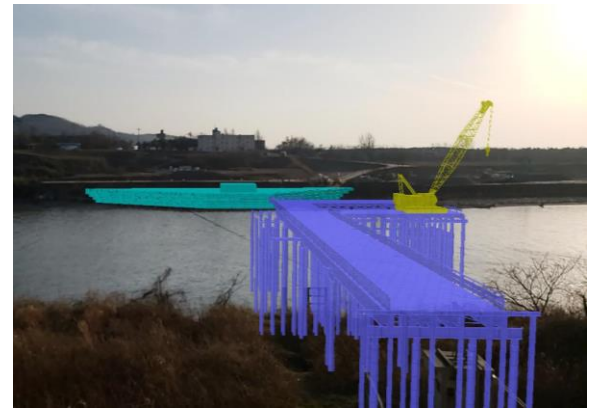
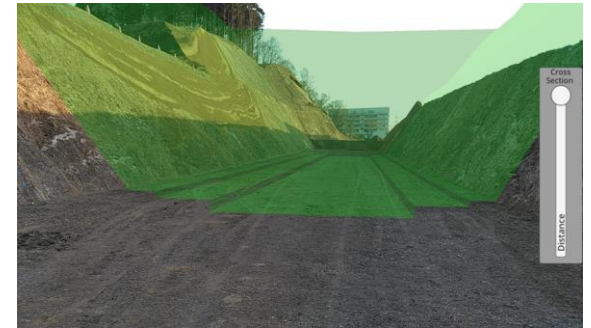
6. 未来の技術 AR



6. 未来の技術 AR

AR技術の価値

- 丁張りレスの現場で設計をイメージしやすい。
- 設計の不具合や施工手順の不備を施工前に発見し手戻りを防止。
- 具体的にイメージを共有することで設計協議等の合意形成を効率化。
- 不可視部分を見える化。



7. 小規模土工について

- 国土交通省は、安価で汎用的なICT機器を小規模現場で導入するための各種要領などを公表。
- 施工土量が 100m^3 以上 1000m^3 以下の土工事のほか、床掘り工事や法面工事が対象
- TSを活用したICT建機、GNSS搭載型小型建機など
- スマートフォンのLiDAR機能を活用した出来形管理



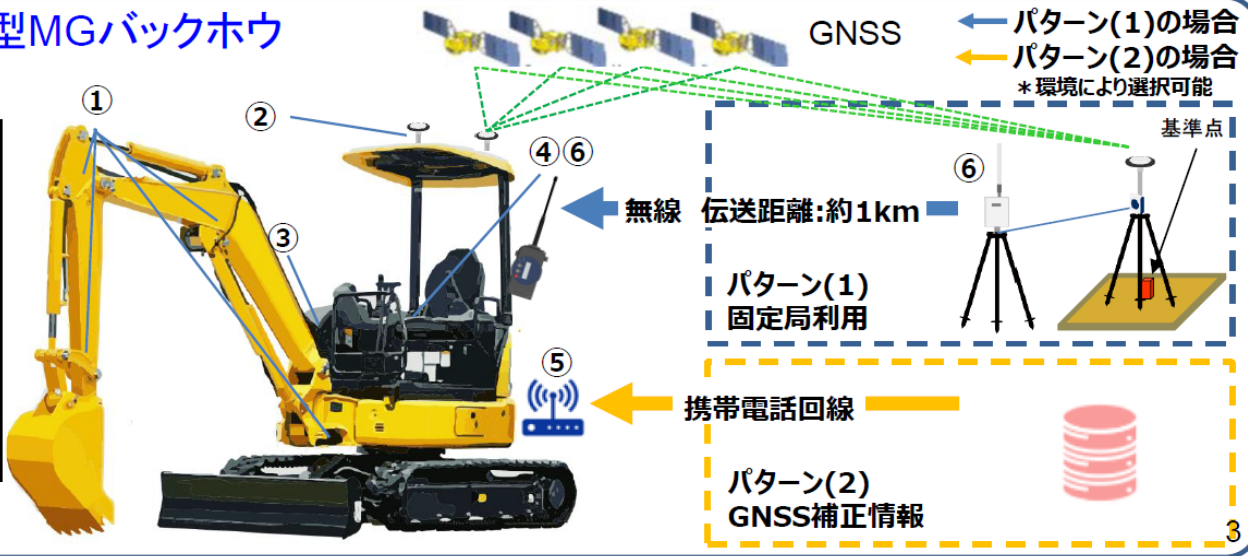
7. 小規模土工について

自動追尾型TS等を活用した小型MGバックホウ



GNSSを活用した小型MGバックホウ

商品	写真
①IMUセンサ(4個)	
②GNSSアンテナ(2個)	
③コントローラ(1台)	
④Androidタブレット	
⑤WiFiルーター	
⑥無線機 *固定局利用の場合	



7. 小規模土工について

モバイル端末を用いた出来形計測(A)



GNSS端末+ARマーカー



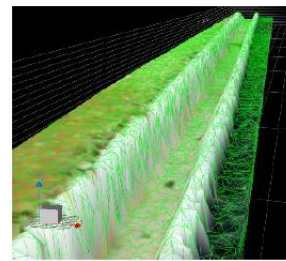
モバイル端末 (LiDER搭載)
+スタビライザ



GNSS端末
(標定点)

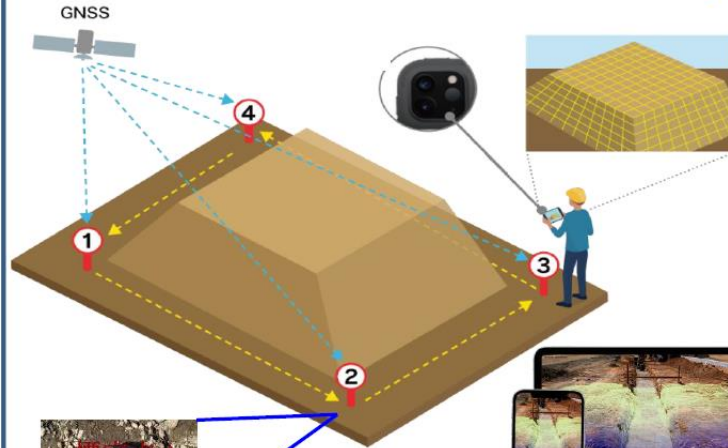


側溝計測



側溝計測データ
(メッシュ)

モバイル端末を用いた出来形計測(B)



GNSS端末
(標定点)

モバイル端末
(LiDER搭載)



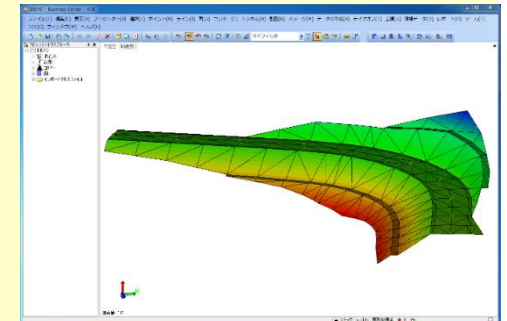
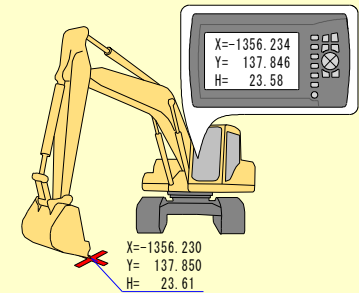
ボックスカルバート計測データ



8. ICT活用工事の適用範囲

ICT活用工事とは、下記すべてのプロセスにおいてICT技術を全面的に活用する工事である。

1. 3次元起工測量
2. 3次元設計データ作成
3. ICT建設機械による施工
4. 3次元出来形管理等の施工管理
5. 3次元データの納品



しかし、すべての機器・施工範囲をICT技術化する必要は無い



8. ICT活用工事の適用範囲

ICT土工【特記仕様書】記載例から

「原則、本工事の土木施工範囲の全てで適用することとし、**具体的な工事内容及び対象範囲を監督職員と協議するものとする**。なお、実施内容等については施工計画書に記載するものとする。」

- ICTを活用することで、従来施工より非効率になる箇所はないか？
 - 3次元設計データ化が難しい範囲（複数線形、現道への擦り付け、等）
 - 3次元起工測量の必要がない範囲（ほぼ平坦な地形、等）
 - 構造物工事が主体となる範囲（橋台、ボックスカルバート、等）
- ICT施工を行わない範囲を事前協議によって明確にすること。



9. 面管理と断面管理

ICT土工【特記仕様書】記載例から

「受注者は、河川・海岸・砂防・道路土工の出来形管理については、面管理で行うこととするが、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、監督職員との協議の上、1)～8)を適用することなく、管理断面による出来形管理を行ってもよい。ただし、完成検査直前の工事竣工段階の地形について面管理に準じた出来形計測を行い、3次元施工管理データによって納品するものとする。」

- 面管理が非効率になる場合・範囲が無いかを確認し、必要に応じて監督職員と協議をする。
- ただし、工事竣工段階の地形は面管理による3次元データの取得が必須である。



10. 異なる測量技術の組合せ



国総研HP ICT土工【Q&A集】から

Q: ICT活用工事では、起工測量や出来形管理などの計測の場面がありますが、地上型レーザースキャナーや空中写真測量を組み合わせて計測を実施しても良いのでしょうか？

A: 地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理 要領（土工編）（案）や空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）に従った計測であれば組み合わせて計測することが可能です。

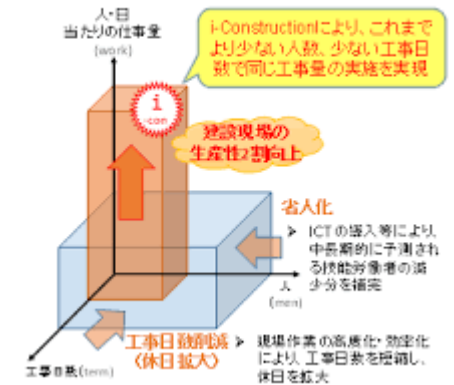
複数の計測手法を用いる場合は**施工計画書に、施工段階と使用する機器が分かる内容を記載**して下さい。

*注) ICT舗装工においては、異なる技術の組合せは認められていない。



11. まとめ

【生産性向上イメージ】



- ICT活用工事とは、5つのすべてのプロセスでICT技術を全面的に活用することですが、**すべての使用機器をICT化**することや、**すべての施工範囲でICT活用工事を実施**することではありません。
- ICT活用工事は、従来施工と比較し効率が上がること（生産性が向上すること）が目的です。施工範囲に合った適切な機器を選択（複数選択可能）し、**最大限の効率化**を目指しましょう。
- 3次元データやICT機器は、出来形管理や出来高算出だけのための技術ではありません。日々の進捗管理や他工種の位置だしなどに使いこなすことが重要です。**自社にノウハウを蓄積していくことが肝要**と考えます。
- 日本測量機器工業会は、様々な講習会などを通じて、皆さまの技術向上とi-Construction普及に今後も努めてまいります。



ご静聴ありがとうございました



2022年度活動の様子