

令和4年度

技 術 発 表 会

2022年11月21日

場所 名古屋市中小企業振興会館 4階 第3会議室

一般社団法人 日本建設機械施工協会中部支部

《 目 次 》

1 SiteVisionを使った新しい建設コミュニケーション (AR拡張現実の活用による作業環境の円滑化) ······	1
サイテックジャパン株式会社 サポートセンター シニアエンジニア 亀田 徹 氏	
2 DX活用～VR/AR/クラウドサービスを活用した事例のご紹介 (VR/AR技術を活用した工事現場でのメリット) ······	12
福井コンピュータ株式会社 静岡オフィス 主 任 山崎健太郎 氏	
3 点群計測は、モバイルの時代へ 快測Scan (LiDARを使用した多点計測技術対応アプリについて) ······	17
株式会社建設システム 営業部 名古屋営業所 所 長 沖 一郎 氏	
4 ICTソリューションを活用した施工事例のご紹介 (日立建機のSolution Linkageシリーズで 広がる手軽なICT) ······	24
日立建機日本株式会社 顧客ソリューション事業部 部長代理 中西 琢也 氏	
5 現場の生産性向上・省力化への取り組み (～建設ICTを活用した工事事例報告～) ······	30
徳倉建設株式会社 技術本部 土木技術部 主 任 芝辻 楓雅 氏	

論文をご覧になりたい方は、当支部ホームページに掲載しておりますのでご覧ください。



AR拡張現実システム Trimble SiteVision

サイテックジャパン株式会社 亀田 徹

SITECH JAPAN

YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

「まとめてXR」

(VR、MR、AR)



AR

現実世界



低い
(拡張現実)
(Augmented Reality)

MR



没入度
(複合現実)
(Mixed Reality)

VR



仮想世界

高い
(仮想現実)
(Virtual Reality)



SITECH JAPAN



Trimble SiteVisionとは



クラウド「Trimble Connect」にアップロードされた3Dモデルや図面等の設計データを、「GNSSアンテナ」と「ARCoreテクノロジー」の連携により、
設計データを現実空間へ高精度に重ね合わせることができる拡張現実ソリューション

Trimble SiteVision(ハンディタイプ)



SITECH JAPAN

■SiteVisionの活用フェーズ



SiteVisionを調査、設計、施工の各段階に導入することにより、作業の効率化
や現場の生産性を向上

- ・3Dデータの可視化
- ・測定機能の充実
- ・簡易3Dモデルの作成
- ・情報・イメージ共有

① 調査、測量



② 設計・施工計画



③ 施工



④ 検査



SITECH JAPAN

SiteVisionの特徴



3Dデータの可視化

現場で完成形状や不可視部分が可視化でき、様々な確認や検証ができる

手軽な計測

手頃なサイズ、GNSSアンテナによる正確な計測ができる

現場で3D設計

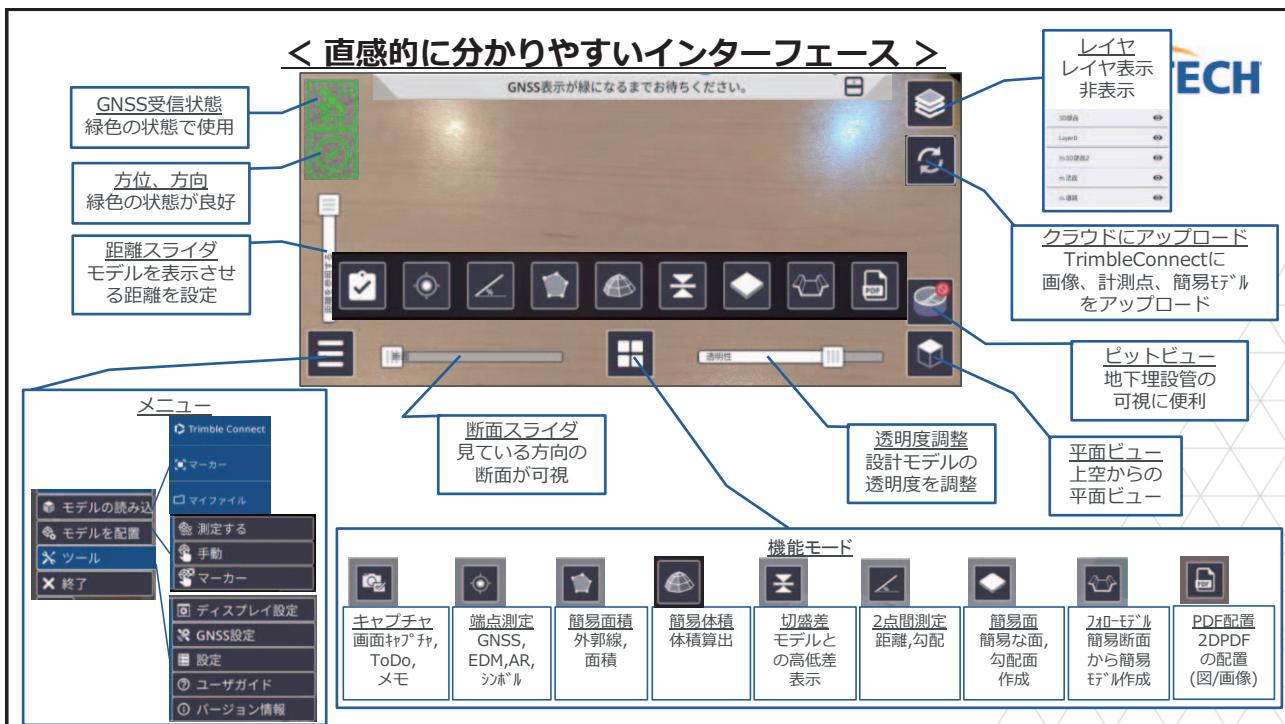
GNSS計測と連携させ、その場で3D設計が作成できる

遠隔地と現場のコミュニケーション

クラウドや遠隔ソリューションと連携利用により移動時間や様々なリスクの軽減につなげることができます

SITECH JAPAN

AR（拡張現実）を活用した作業や現場管理の効率化



完成形、設計データの投影



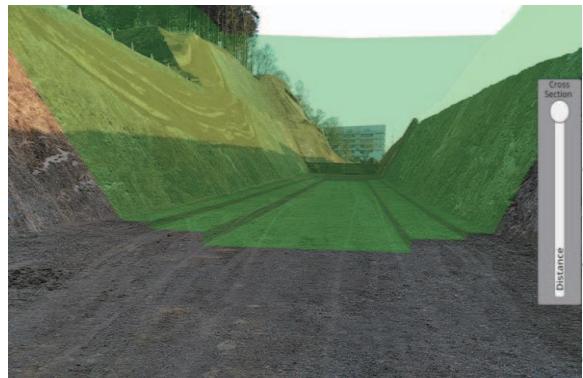
<完成形を現場で手軽にイメージ>

紙資料やポンチ絵を使った説明がなくても、3次元データにより丁張が無い現場でも施工状況の進捗や出来形を確認。

現場と設計との不具合が早期に確認/発見が可能。

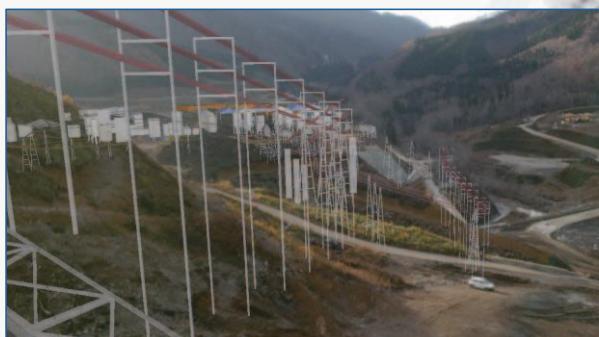


SITECH JAPAN



障害物の確認、支障物との干渉確認

- ・ 設計デザインと既存風景を重ね合わせて、工事後の景観の変化や障害物・干渉の有無を現場で確認。



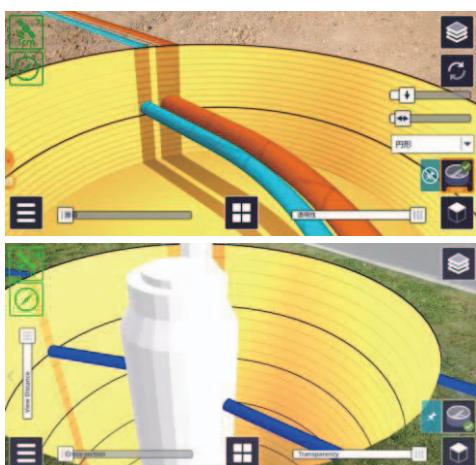
地中等の見えないところの可視化



<埋設管等の配管設備の可視化>

配管等の設置物の位置の把握、記録が可能

ピットビュー機能で可視化することにより、埋設位置が容易に把握可能

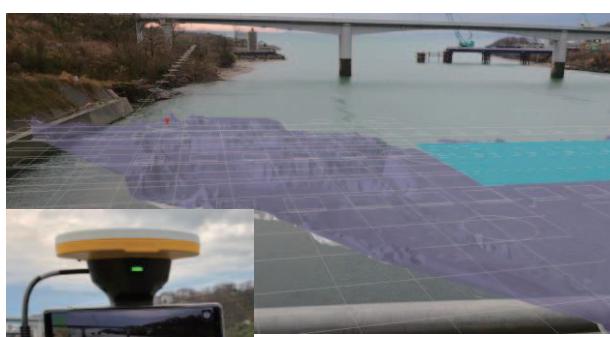


水中、河床地形の可視化



<見えないもの・箇所の可視化>

不可視部分にある埋設管や水面下の護床工などの重要インフラの位置、サイズ、属性を視覚化



情報の共有、コミュニケーションの向上



<現場でのコミュニケーション向上>

口頭では伝えるのが難しい施工計画や手順を、客先／協力会社／地域関係者と現場で共有し、合意形成を効率化



SITECH JAPAN



普段使いでさらに便利な活用ができる



SITECH JAPAN

YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

設計と現場地形の切盛り差測定

- ・設計面と現況地形との切盛り差を、確認したいポイントで把握できます。
- ・現場で設計高の確認や施工時の進捗・日々の出来高管理等で使用できます。
- ・切盛り差を素早く把握できるため、現場を移動しながら手軽に施工進捗が把握できます。
- ・計測モードの切り替えにより、届かない箇所や進入禁止の場所等の計測ができます。（GNSS、EDM（約25m以内）、ARの3モード）



簡易計測によるポイント座標取得/確認

- ・幅広いフェーズで活用できます。（調査測量設計～施工管理まで多様な活用が可能）
- ・計測したポイントは、位置情報等がCSVファイルで記録され、TrimbleConnectにアップロードすることによりデータの共有ができます。
- ・また、Android版Excel等のCSVビューアアプリと併用することで計測したCSVファイル詳細をその場で確認することができます。

<SiteVision計測/ポイント詳細>

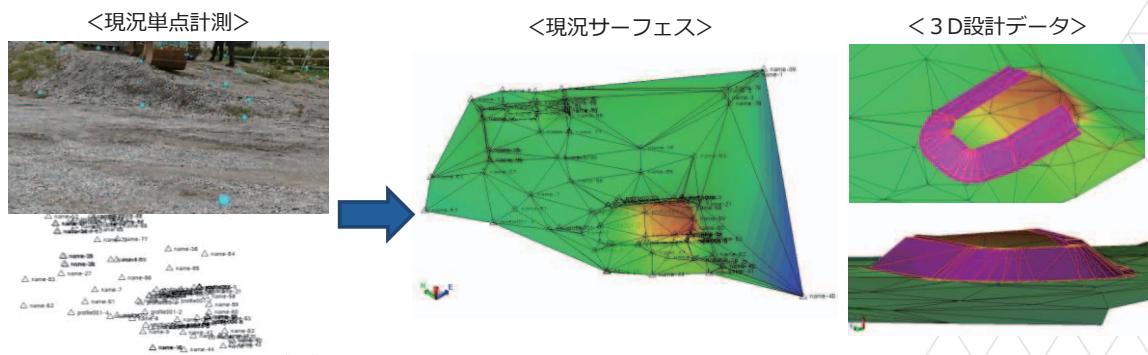
ポイント詳細	
名前	name-4
コード	code
シンボル	Default Sphere
回転	205
データ	斜面高: 4.06 m 水平距離: 3.70 m 斜面距離: 1.61 m 調査角度: 113° 26' 方向: 304° 54' 北距: 173.4 m 東距: 121.2 m 高さ: 8.37 m

Placeholder <CSVビューアで詳細値を閲覧>

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Name	Code	Measure_Measure	GNSS_Avg Latitude	Longitude	Height	NorthIng	EastIng	Elevation	Pole_Hdg	Antenna_Under_Lat			
1	Name	Code	Measure_Measure	GNSS_Avg Latitude	Longitude	Height	NorthIng	EastIng	Elevation	Pole_Hdg	Antenna_Under_Lat			
2	name-1	code	Measure GNSS	TRUE	35.18964	136.9483	51.12489	-89880	12.84219	1.34	0.31673	35.18964		
3	name-2	code	Measure GNSS	TRUE	35.18965	136.9483	51.10056	-89879	12.81786	1.34	0.31673	35.18965		
4	name-3	code	Measure GNSS	TRUE	35.18965	136.9483	51.09127	-89879	-19886	12.80958	1.34	0.31673	35.18965	
5	name-4	code	Measure GNSS	TRUE	35.18953	136.9484	51.38864	-89982	-19881	13.10581	1.34	0.31673	35.18953	
6	name-1	code	Measure GNSS	TRUE	35.18921	136.9482	50.99296	-89927	-19898	12.71139	1.34	0.31673	35.18971	
7	name-2	code	Measure GNSS	TRUE	35.18922	136.9484	51.34437	-89926	-19880	13.0818	1.34	0.31673	35.18972	
8	name-3	code	Measure GNSS	TRUE	35.18929	136.9484	51.4168	-89918	13.13407	1.34	0.31673	35.18979		
9	name-4	code	Measure GNSS	TRUE	35.18916	136.9484	50.96469	-89933	-19877	12.682	1.34	0.31673	35.18916	
10	name-5	code	Measure GNSS	TRUE	35.18916	136.9484	50.95356	-89934	-19876	12.67084	1.34	0.31673	35.18916	
11	name-6	code	Measure GNSS	TRUE	35.18916	136.9484	50.97156	-89934	-19876	12.68884	1.34	0.31673	35.18916	
12	name-7	code	Measure GNSS	TRUE	35.1891	136.9484	50.95356	-89940	-19878	12.67999	1.34	0.31673	35.1891	
13	name-8	code	Measure GNSS	TRUE	35.18911	136.9484	50.95357	-89940	-19878	12.68459	1.34	0.31673	35.18901	

簡易測量、設計/施工計画

- ・計測したデータをTBC等のCADでインポートして現況データや設計で使用できます。
- ・シンボルモデル使用で道路占用許可書類等の申請書類にも活用できます。
- ・重機などの配置計画や影響範囲の検討を現場で行えます。また、座標付きのキャプチャでイメージで保存し、配置したイメージがすぐに把握できます。



計測した点を違うシンボルモデル形状に置換え

- ・シンボル形状に置換えすることにより、重機などの配置計画や影響範囲の検討を現場で行えます。
- ・キャプチャ保存し、配置したイメージがすぐに把握・活用できます。



平面図のPDF画像を現場に配置

- ・ 平面図等のPDF画像を実寸大で手軽に現場に配置することができます。
- ・ 3D設計データを使わず、計画平面図のみ配置したいケースに便利に使えます。

(※起伏があまりない現場でご使用ください)

SITECH JAPAN



概略体積を容易に算出

- ・ 特徴点を連続計測することで、囲まれた範囲の体積を測定できます。

SITECH JAPAN



現場ですぐに設計モデルを作成

- ・現場で簡易設計モデルが作成できます。
- (勾配面、造成面、仮設道路面、床掘面等の概略モデルが作成できます)
- ・事前調査の概略設計～施工までの幅広い活用ができます。
- ・画面上で各ポイントの標高、起終点高、勾配の修正、オフセット移動を直接修正ができるため、その場で設計モデルの調整ができます。



作成した設計モデルをICT建機で使用

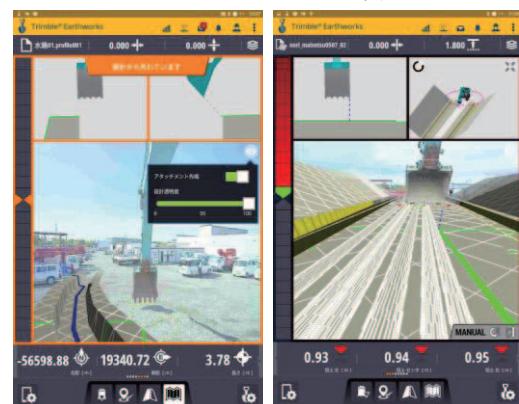
- ・SiteVisionで作成したモデルデータは、クラウド等を経由してICT建機に受け渡して使用でき、概略土工レベルの作業効率化が図れます。
- ・SiteVision上で簡易設計したデータは、CADやPCを経由せずにICT建機で使用でき現場で受け渡しが可能です。

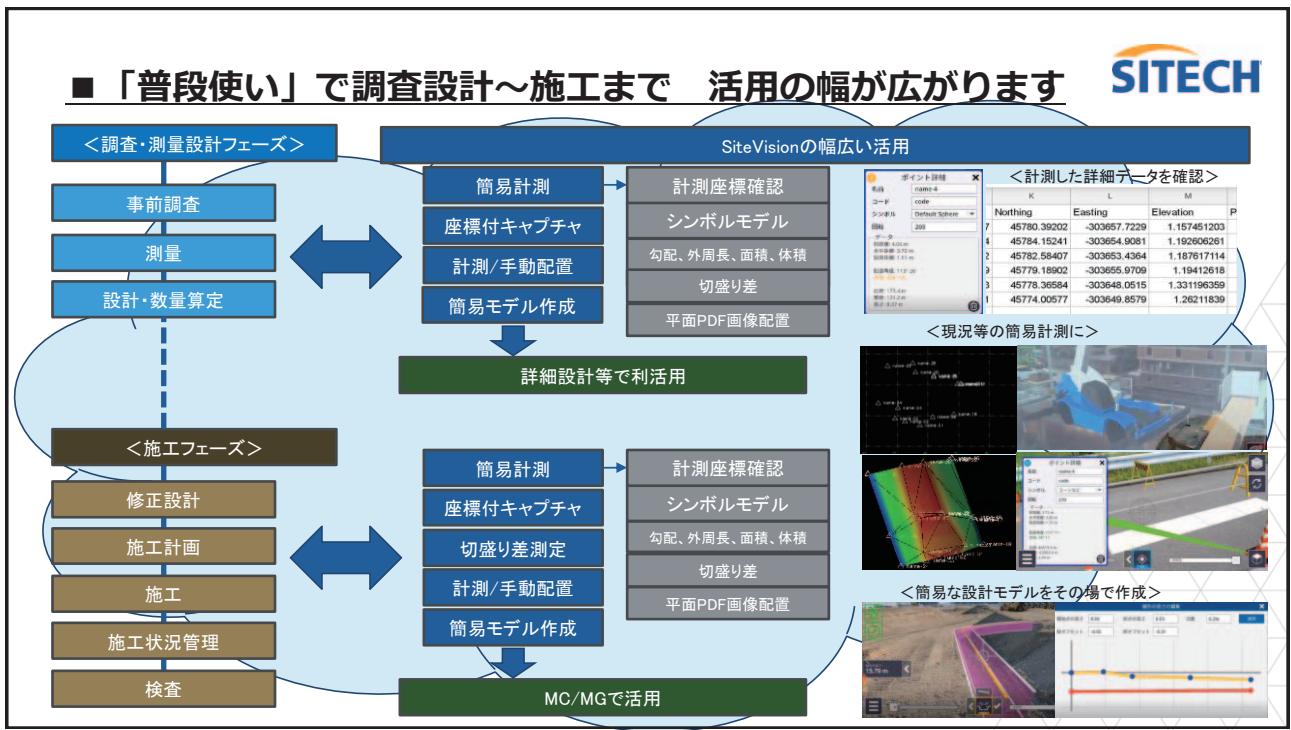
<EarthWorksでそのまま利用>

<SiteVisionで作成した設計モデル>



SITECH JAPAN





“DX活用～VR/AR/クラウドサービスを活用した事例のご紹介”



福井コンピュータ株式会社
静岡オフィス 主任 山崎健太郎

アプリケーション内容



TREND-CORE VR

3Dモデルを利用し、仮想空間内で今までにない視点で現場の状況を確認できるだけでなく。安全・品質・工程の各面での向上が見込めます。

Terrace AR

iPhoneやiPadで手軽にARを体験することができる「建設業特化型ARアプリ」です。現場で作成したオリジナルの3DデータをARコンテンツとして配置することができます。

CIMPHORITY Plus

一般的なクラウドとは違い、「時間軸」や「位置情報」概念を取り入れ、ブラウザ上で点群や3Dモデル、現場の進捗状況を確認することができます。

最新技術活用現場について

FUKUI COMPUTER

馬込川河口部における津波対策【静岡県浜松市】

◆浜松市沿岸域における津波対策として、天竜川から浜名湖今切口までの約17.5km区間ににおいて 整備してきた防潮堤は、令和2年3月に本体が竣工。この途中に馬込川の河口があり防潮堤は途切れている為、ここから津波が浸入することが想定される。そこで馬込川河口部における津波対策として、現在水門の整備を行っている。施工は三井住友建設株式会社様が実施。



馬込川インフォメーションセンター

◆多くの方々に建設事業や重要性を知って頂く場として、令和4年7月7日に発注者である静岡県浜松土木事務所が「馬込川インフォメーションセンター」を開設。センター内は、「水門工事ゾーン」、「津波対策事業・防潮堤ゾーン」、「工事特性ゾーン」、「津波啓発ゾーン」の「4つのゾーン」に分かれて事業の説明を実施。見どころは、VRにより水門イメージを体感できる。



静岡県公式ホームページより抜粋：<https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/bouchoutei/magomeriver/overview.html>

活用事例～施工者編①～ 三井住友建設株式会社様

FUKUI COMPUTER

活用メリット～VR・AR活用編～

①社内工事検討会にて活用 «対象／社内»

効果：2D図面ではわかりにくい完成形状と周辺環境を容易に伝えることができた。

※社内でも各職員、専門工種が異なることが多いため、未経験工種は2D情報だけではすぐにイメージできないのが一般的。

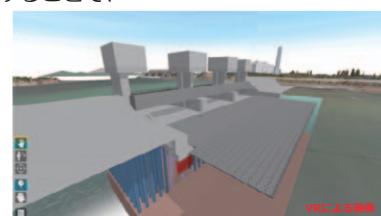
②工事の情報発信«対象／民間»

効果：当事業の完成形を短時間で容易に伝えることができた。

一般的にはわかりにくい技術面（地中に築造する大量の鋼管杭etc）を3Dで可視化でき、小学生にも容易に理解してもらうことができた。

③受発注者間での共有«対象／発注者»

効果：発注者の意図をくみ取り、近年実施していた先進的な取組に関連する技術を提供することで、発注者と良好な関係を築き、円滑に工事を進めることができている。



④若手技術者への教育«対象／若手社員»

効果：経験の少ない若手職員に対し、完成イメージをスムーズに伝えることができた。

未だ2D図面が主流の世の中なので2D図面読解は必要不可欠であるが、2D図面がまだ読解できない若手職員の補助資料として3Dモデルを活用し、理解を促すことができた。

活用事例～施工者編②～ 三井住友建設株式会社様

FUKUI COMPUTER

3D活用にあたり“工夫したこと,, “良かったこと,,

- ・VRやARに活用する3Dデータ作成を社内で内製化することができた。
- ・当工事は、発注者・現場および現場担当職員・支援する本店と、それぞれが3D活用に積極的な姿勢をもち、かつ各所間でこまめな情報共有を実施したことで、希望の成果に達することができた。
- ・3Dモデル作成に少々手間はかかり、それぞれの組織内で運用するための機材（ヘッドマウントディスプレイや、対応できる高性能PC、ソフトなど）は必要になるが、一度モデルを作成し、関係者間で共有すれば、それぞれの組織内で様々に活用でき、波及効果が大きい。
- ・一度VR・ARで完成形を作成して使用してみることで、関係者間および各組織の中で「今後はこういう事にも活用できそう」「過去別件で取得したデータも活用できるか?」と色々なアイデアが湧くようになった。一度自分たちで実践・活用に挑戦してみることの大きな効果を実感した。



活用事例～発注者編①～ 静岡県浜松土木事務所 沿岸整備課様

FUKUI COMPUTER

静岡県浜松土木事務所 沿岸整備課
主査 福田 達樹 様



①なぜBIM/CIMを行ったのか

今回の現場は構造が複雑であることや進捗が分かりにくいことが取入れたきっかけです。また、地元の方々からの期待も大きく、"どこに・何が・どのように"の表現や説明をするのに3Dモデルを活用することが適していると考えました。

②BIM/CIMの効果は？

一般の方の理解度が今までと違います。従来の2次元では意図していることが伝えられないことがありましたが、3Dにすることで理解をして頂けました。特に、小学生の子供達に見学してもらった時は、皆さん驚いていました。

③今後のBIM/CIMへの期待は

今後の技術の発展への期待となりますが、AI等の仕組みを活用し、3Dモデルが今以上に簡単に作成できるようになって欲しい。建設業の皆さんのBIM/CIMに取り掛かるきっかけや負担軽減にも繋がると思います。

④建設会社様へ求めるものは

是非、施工段階において3Dモデル活用して頂きたいです。3Dにすることにより予め進捗や懸念等を早期に発見することが出来ます。その問題点を共有して頂くことによって、設計変更にすることなどスムーズに行えお互いにメリットが生じると考えております。

活用事例～発注者編②～ 静岡県浜松土木事務所 沿岸整備課様

FUKUI COMPUTER

Youtube 馬込川水門チャンネル



- 現地に来なくても事業の概要・進捗が分かります。
- インフォメーションセンターでの体感できる視察の案内します。
- 現地見学者へのフィードバックを配信します。（絵を描いた杭の打設動画公開など）
- 授業時間が限られる学校での出前講座や事前学習に活用できます。

YouTubeチャンネル開設

水門工事の進捗や津波減災効果を伝える動画や、水門建設を通じた建設産業の魅力を伝える動画を配信しております。VRとARで馬込川水門の大きさや特徴を体感できる視察の様子や工事の特徴を紹介しておりますので、是非ご確認下さい。



Youtube

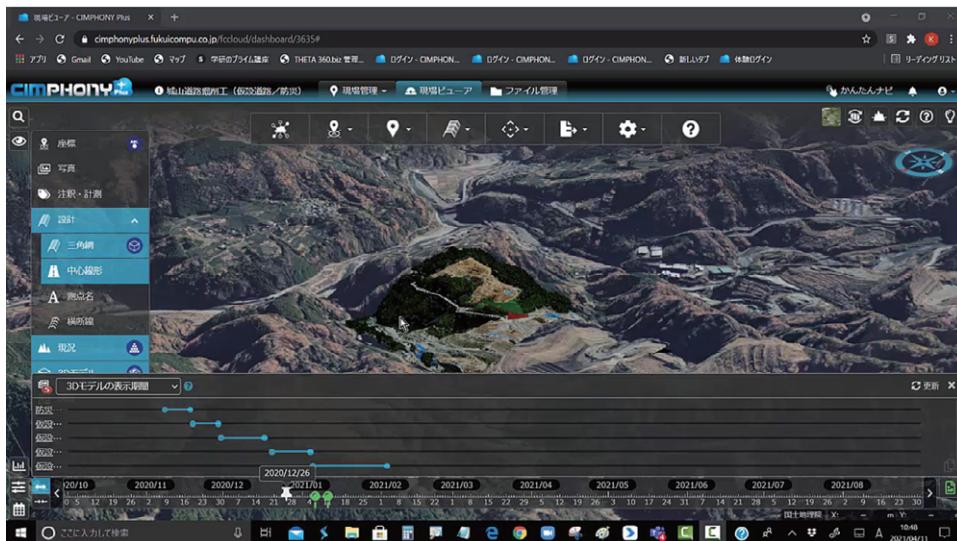


GoogleMap



活用事例～クラウド活用編～

FUKUI COMPUTER



«ポイント»

- ①クラウド上で確認
- ②日々の進捗確認
- ③関係者への共有

デモサイトへのアクセスできます。

■福井コンピュータ : CIMPHONY Plus デモサイト
<https://const.fukuicompu.co.jp/products/cimphonyplus/trial.htm>



ご清聴ありがとうございました。

FUKUI COMPUTER





点群計測は、モバイルの時代へ 快測Scan

株式会社建設システム 沖一郎



01 注目の技術！LiDARセンサーによる測定

LiDARとは

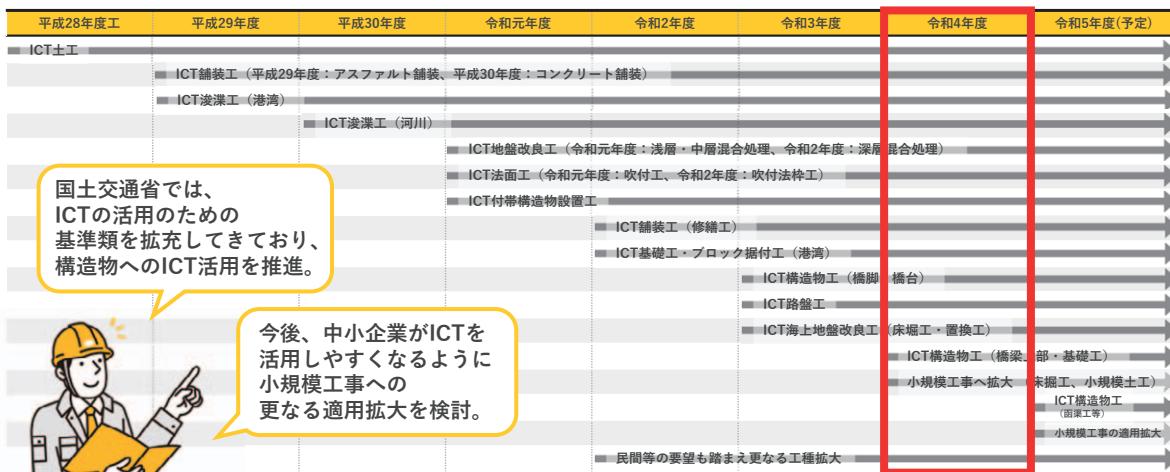
LIDAR（ライダー）（英語：Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging）
LidarあるいはLiDARとも表記される。「光検出と測距」ないし「レーザー画像検出と測距」）は、光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析するものである。

ウィキペディアフリー百科辞典より(<https://ja.wikipedia.org/wiki/LIDAR>)

- LiDARセンサーから対象の物体に向かってレーザー光を放ち、レーザー光が跳ね返ってくるまでの時間によって物体までの距離や形状を計測可能
- LiDAR技術自体は新しいものではなく、古くから様々な分野で利用されてきたが、2020年3月Apple社のiPad Proに搭載されたことで、広く認知され活用が広まってきた注目の技術
- ICT土工・床掘工・小規模土工・法面工における出来形管理において、モバイル端末を活用した面管理が活用可能となった



02 i-Constructionに関する工種拡大



出典：第14回ICT導入協議会 【資料-2】ICT施工の基準類の策定・改定の取組 P1より (<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001466401.pdf>)

03 ICT土工(小規模施工)・床掘工・小規模土工・法面工

- 中小建設業が施工する現場は比較的小規模な現場が多いため、小規模な現場に対応したICT施工の導入が求められている。
- 都市部や市街地などの狭小現場でも小型のマシンガイダンス(MG)技術搭載バックホウを使うことでICT施工を可能とするICT実施要領等を策定。
- ICT施工により、丁張作業を行うことなく作業が行えるため、土工作業全体の迅速化、現場の補助員削減による安全性の向上等が期待できる。
- ICT土工・床掘工・小規模土工・法面等における出来形管理は、衛星測位(RTKGNSS)やトータルステーション(TS)等を活用した断面管理を標準とし、市販のモバイル端末を活用した面管理も活用可能とする。

The diagram shows five panels illustrating small-scale construction methods:

- ICT土工:** 1,000m未溝の施工に小型バックホウを適用.
- ICT床掘工:** 平均施工幅2m未溝の施工に拡大.
- ICT小規模土工:** 土工量100m未溝や施工幅1m未溝の施工に拡大.
- ICT法面工:** 1,000m未溝の法面整形作業において、小型バックホウを適用.
- 面工フロー(土工):** 機材搬入 → 断面作業 → 幅・深さの測定 → 埋戻し作業 → 機材搬出. フローで囲みがないものは手作業を想定.

Callouts provide details on equipment and technology:

- 機械施工に小型MGバックホウを活用 現場状況により施工方法を選択. Options include: GNSSを活用した小型MGバックホウ and 自動走行型TS等を活用した小型MGバックホウ.
- 出来形・出来形計測はRTKGNSSやTS等による断面管理を標準. 面管理を行う場合はTLSなどの従来面管理手法に加え、モバイル端末を活用可能. Options include: RTKGNSSやTSによる出来形管理 and モバイル端末.

Illustrations show a worker at a computer and a worker operating a backhoe with GNSS equipment.

出典：第14回ICT導入協議会 【資料-2】ICT施工の基準類の策定・改定の取組 P2より (<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001466401.pdf>)

04 小規模現場に対応したICTの活用

- ✓ 起工測量から電子納品までの全ての段階で3次元データ活用を必須としていたが、一部の段階で3次元データ活用を選択することが可能
- ✓ 出来形管理については、普及促進を図るために断面管理とし、面計測を実施する場合は導入が容易なモバイル端末を活用した出来形管理を追加導入

小規模現場に対応したICTの活用



※1 床掘工等で出来形管理が必要ない場合は必須項目から除外する

簡易型ICT活用工事（3次元データの部分的活用）



必須項目

選択可能な項目

ICT活用工事

- 起工測量から電子納品までの
全ての段階で3次元データ活用を**必須**

小規模現場に対応したICTの活用

- 起工測量から電子納品までの**一部の段階**で3次元活用データを**選択することが可能**であり、1点の加点とする。
※3次元設計データ作成、ICT建設機械の施工、3次元データの納品での活用は必須（3次元出来形管理は必須な工種のみ）
- モバイル端末等により**出来形計測（面計測）を行った場合は**、更に1点の加点
※従来の面計測技術も含まれます。

[参考] 簡易型ICT活用工事（3次元データの部分的活用）

- 起工測量から電子納品までの**一部の段階**で3次元活用データを**選択することが可能**であり、1点の加点とする。
※ただし、3次元設計データ作成、3次元出来形管理等の施工管理及び3次元データの納品での活用は必須

出典：第14回ICT導入協議会 【資料一】ICT施工の基準類の策定・改定の取組 P3より (<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constrplan/content/001466401.pdf>)

06 快測Scanの特徴①

手軽にiPad Proで3次元測量

- ✓ Apple社のLiDAR搭載iPad Proで手軽に3次元測量が可能
- ✓ 点群を取得したい対象物にかざしてスキャンを開始
- ✓ 実物画像に重ねてスキャン結果の点群が表示
- ✓ スキャナから5mの範囲まで計測可能



※ iPad Pro は、米国および他の国々で登録されたApple Inc.の商標です。

07 快測Scanの特徴②

QRコードで標定点・検証点を自動認識

- ✓ QRコードのマーカーを利用し、
評定点・検証点の中心を自動認識
- ✓ 標定点・検証点の公共座標は快測ナビAdvで観測
- ✓ 観測した座標はKSデータバンクを介してクラウド連携



※QRコードは、株式会社デンソーウェーブの商標登録です。



08 快測Scanの特徴③

自動で公共座標へ変換



09 快測Scanの作業フロー



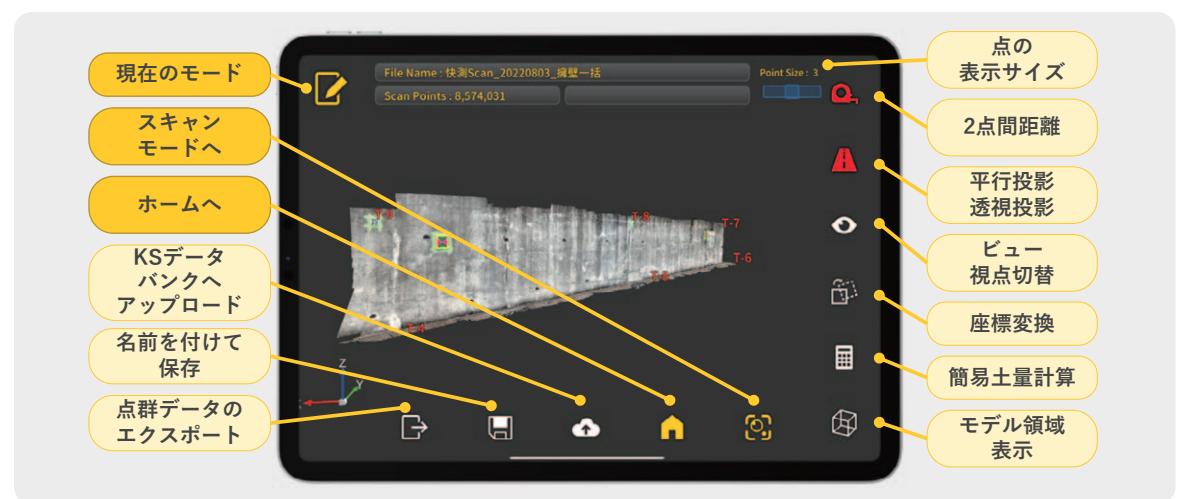
10 メイン機能① – スキャンモード



11 メイン機能② – ホーム



12 メイン機能③ – エディットモード



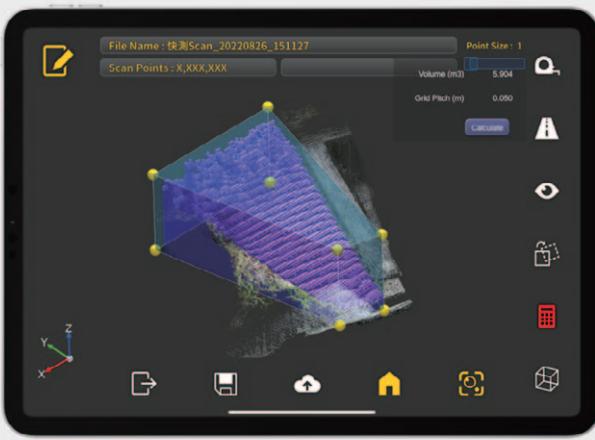
14 2点間距離



- ✓ 計測した点群から「快測Scan」で距離の確認が可能
- ✓ 水平距離、斜距離、高低差が現場で確認可能



15 簡易土量計算



- ✓ 計測した点群から「快測Scan」で簡単な土量計算が可能
- ✓ 土捨て場の概算土量など、計測してすぐに算出可能



ICT ソリューションを活用した施工事例のご紹介

～日立建機の Solution Linkage で広がる手軽な ICT～

日立建機株式会社
新事業創生ユニット 顧客ソリューション事業部 商品企画部
中西 琢也

1. はじめに

昨今の建設業界では人口減少や高齢化が進んでおり、生産性向上が必要不可欠である。これに対して国土交通省では「i-Construction」を掲げ、建設現場での「測量、設計、施工、検査、維持管理」に至るすべてのプロセスに ICT を導入し、建設生産システム全体の生産性向上を目指している。

日立建機グループでは、ICT 施工を支援する ICT ソリューションを「Solution Linkage」シリーズとして提供している。

2. Solution Linkage 概要

Solution Linkage は、お客さまの重要課題である「安全性向上」「生産性向上」「ライフサイクルコスト低減」をお客さまとともに解決する ICT・IoT ソリューションシリーズである。

Solution Linkage は、施工工程における「進捗管理」の支援ツールとして 8 つのソリューションを展開しており、重機と連動せず「手軽に使うことができるソリューション」と「重機と連動するソリューション」に分類される(図1)。

本論文では、手軽に使うことができるソリューションである、ダンプトラックの運行管理ができる「Solution Linkage Mobile」、スマホで体積計測できる「Solution Linkage Survey」、ドローン空撮画像から 3 次元点群データを生成できる「Solution Linkage Point Cloud」、Wi-Fi エリアを拡大する「Solution Linkage Wi-Fi」について、概要と事例を紹介する。

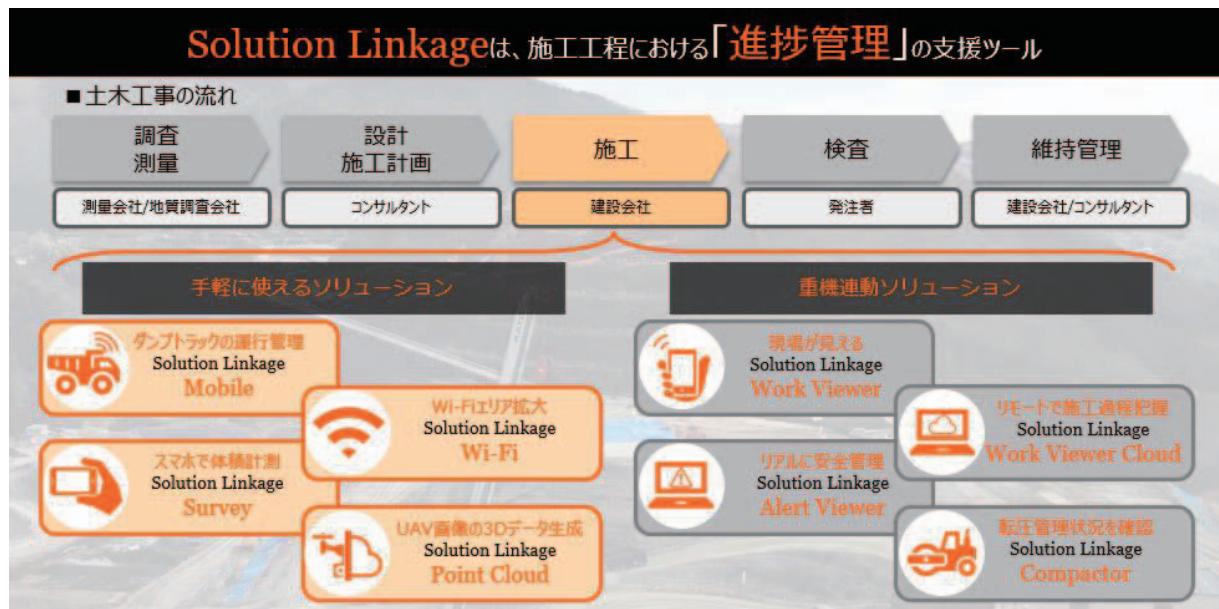


図1 Solution Linkage シリーズの位置づけ

3. Solution Linkage Mobile 概要および施工事例

Solution Linkage Mobile はダンプトラックや建設機械の位置情報を用い、稼働状況や作業進捗を簡単に確認することができる施工管理ソリューションである。車載端末はシガーソケットに差すだけ、スマートフォンは電源ONにより自動でアプリが立ち上がり使用できる。ダンプトラックや建設機械のメーカーを問わず導入が可能。施工現場のIoT化により、機械と人が「つながる現場」を実現し、生産性や安全性の向上に貢献する(図2)。

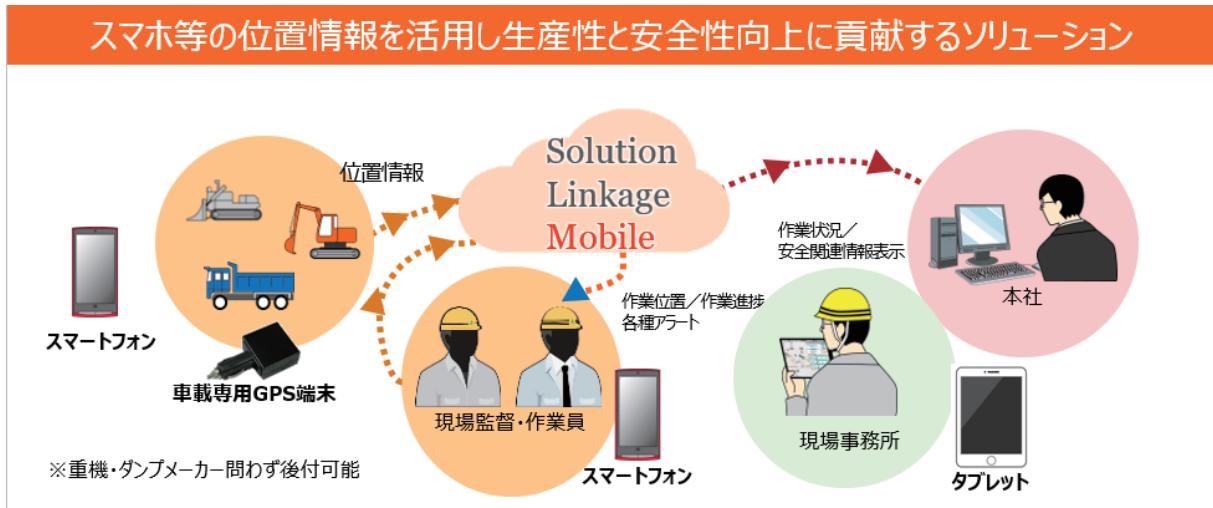


図2 Solution Linkage Mobile 概要

島根県の株式会社中筋組は、高規格道路工事で山間部を一直線に切り開く工事のため現場が細長く、工事車両の通行と作業ヤード確保の両立が課題であった。Solution Linkage Mobile を導入し、ダンプトラックや建設機械からの位置情報を管理、現場事務所にある大型モニターでリアルタイムに位置を把握。定点カメラとSolution Linkage Mobile を併用し、場内外の運行管理を行う。現場確認に出る回数を減らし、約1時間/日節約、全体では約2割の工数を削減。空いた時間は書類作成などに使い残業を減らし、働き方改革にもつながっている(図3)。

徹底的な現場の見える化、働き方改革につなげる

- 施工者：株式会社中筋組(島根県出雲市)
- 工事：令和2年度静間仁摩道路五十猛地区西部第5改良工事
高規格道路、切盛土量延べ5万m³、残土処分量4万5千m³
- 目的：運行管理ソリューションで現場見える化、管理工数削減
- 活用事例：
 - ・現場事務所の大型モニタでライブカメラと運行管理画面を常時表示
 - ・地図上でダンプと建機の位置をリアルタイムに把握
 - ・現場確認が1時間/日節約、全体で管理工数2割程度削減
 - ・過積載抑制や運転手の安全運転意識も向上



図3 Solution Linkage Mobile 施工事例

4. Solution Linkage Survey 概要および施工事例

土木工事において計測は重要なプロセスであるが、目視では計測精度が低く、ドローン/レーザースキャナーは高精度であるが、コストと手間がかかる。Solution Linkage Survey は、スマートフォンで計測対象を撮影するだけで、簡単に土量計測を行うことができる(図4)。



図4 Solution Linkage Survey 概要

香川県の株式会社岩崎建設は、河道整備工事にて、当初設計には含まれていない河川の浚渫掘削土から発生する岩塊を選別し、遠方へ運搬する業務が発生した。岩塊量算出のために、測量業者に依頼すると採算が合わないことが課題であった。そこで「地上写真測量(動画撮影型)を用いた土工の出来高算出要領(案)」に準拠している、Solution Linkage Survey を活用することで、安価で簡単に岩塊量算出を行い、出来高計算書の作成と運搬費用の計算に活用した(図5)。

ICTを積極活用、スマホ計測で選別岩塊を計測

- 施工者：株式会社岩崎建設（香川県丸亀市）
- 工事：土器川河道整備外工事
土器川下流の一級河川河道掘削、上流築堤工事など
- 目的：搬出土砂分別後の岩塊計測にスマホ計測を活用
- 活用事例：
 - ・掘削土砂は矢板の裏に埋設、余りは左岸から場外搬出
 - ・搬出土砂のごみ、木など不純物を除去、さらに粒径30cm以上の石を分別
 - ・別工区に運搬する岩塊をスマホで計測し、出来高計算書、運搬費用算出に活用
 - ・現場に仮置きしたまま成形作業不要で簡易に計測、工数かけずエビデンス取得



図5 Solution Linkage Survey 施工事例

5. Solution Linkage Point Cloud 概要および施工事例

一般的なドローンを使った空中写真測量は、写真撮影後に高性能なパソコンや、高価な点群生成ソフトを使って解析する必要があり、初期費用が高額になる。また、ドローンを所有していても、上空からの写真撮影だけに使用していることが多い。Solution Linkage Point Cloud は、施工者保有のドローンで空撮、専用パソコンや点群生成ソフトを購入せず手軽に 3 次元点群データの生成が可能になる(図6)。



図6 Solution Linkage Point Cloud 概要

山梨県の丹澤建設工業株式会社では、災害復旧として、工事用道路の法面対策工事の現況把握に、従来計測では 3 人工で 2 日間の工数を見込まれ、工数削減の方法を検討していた。ドローンは自社保有していたが、写真撮影のみに使っていた。また、3 次元データを処理するソフトウェアも保有しており、点群データを生成できれば、それを活かせる環境は整っていた。Solution Linkage Point Cloud を導入により、1 人工 1 日で計測業務を終え、施工エリアの面積算出を行い、発注者との協議に活用した(図7)。

自社保有のUAVを有効活用し3次元データで現況把握

- 施工者：丹澤建設工業株式会社（山梨県市川三郷町）
- 工事：R2大武川工事用道路法面対策工事
大武川沿い法面を切土、アンカーを300本以上打つ法枠工
- 目的：自社保有UAVと点群処理ソフトを有効活用し現況把握
- 活用事例：
 - ・UAVと点群処理ソフトは自社保有も写真測量は未経験
 - ・ICT自社内製化を目指しており、UAVと点群処理ソフトを有効活用したい
 - ・点群生成のみクラウドで利用できるサービスを知りICT内製化着手を決断
 - ・UAV写真測量のスキル習得、従来計測より工数削減実現



- ✓ 自社保有UAVと点群処理ソフトを有効活用
- ✓ 手軽に使えるソリューションでICT自社内製化のきっかけに

図7 Solution Linkage Point Cloud 施工事例

6. Solution Linkage Wi-Fi 概要および施工事例

通信環境がよくなうことにより、ICT 建機の利用ができないだけでなく、コミュニケーションの効率が落ち、施工現場の生産性低下を招くことがある。Solution Linkage Wi-Fi を利用することで、通信環境を改善・拡張し、山間部など通信が困難な現場でも、ICT 施工やコミュニケーションが可能になる(図8)。

目的は、モバイル通信環境の「改善」「拡張」

橋梁、高速道路、ダムの現場など、通信が困難な現場でもICT施工を可能にします。

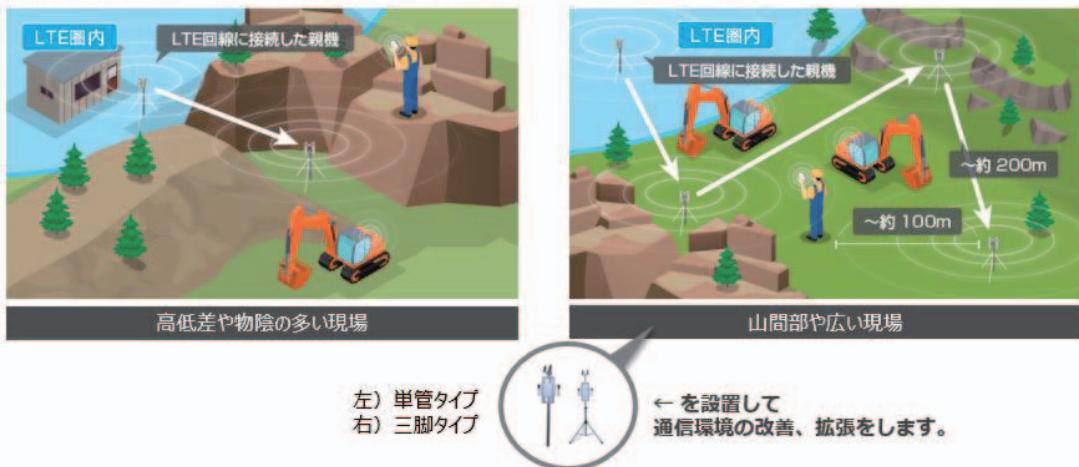


図8 Solution Linkage Wi-Fi 概要

重機土工を主力とする水谷建設株式会社は、山口県のメガソーラー建設現場にて、短工期の大規模施工に対して ICT 建機での施工を行っていた。しかし、沢地や窪地などのネットワーク不通エリアでの ICT 施工に課題を抱えていた。Solution Linkage Wi-Fi を導入し通信環境を改善することで、一貫して ICT 施工を実施、工事全体のトータルコストを低減した(図9)。

短工期の大規模現場で通信環境を改善・拡張しICT施工、工期と費用圧縮

- 施工者：水谷建設株式会社（三重県桑名市）
- 工事：やまぐち美祢メガソーラー発電所（山口県美祢市）
350万m³の広大な山間部、17カ月で切土、盛土、整地完了
- 目的：インターネット不通エリアにWi-Fiエリア拡張しICT施工実施
- 活用事例：
 - ・17カ月という比較的短い工期の対応に、ICT施工が必須
 - ・30台以上の建設機械のうち、ICT油圧ショベル4台、ブル1台投入
 - ・沢地や窪地のインターネット不通エリアにWi-Fiを拡張
 - ・左側に子機、右側に親機を設置しWi-Fi中継、窪地のICT建機を稼働
※写真左下、右下



- ✓ ICT施工必須の現場でインターネット環境拡張・改善
- ✓ ICTで人員減、待ち時間減でトータルコスト低減

図9 Solution Linkage Wi-Fi 施工事例

7. おわりに

日立建機は、今後もお客様のニーズに合わせたソリューションを「Solution Linkage」として提供し、お客様の課題である「安全性向上」、「生産性向上」、「ライフサイクルコスト低減」を、お客さまとともに解決することを目指していきたいと考えている。



図10【参考】Solution Linkage 紹介動画

現場の生産性向上・省力化への取り組み

～建設 ICT を活用した工事事例報告～

徳倉建設株式会社

技術本部

伊藤 誠 ○芝辻 楓雅

1. はじめに

近年、日本では人口の減少と高齢化が問題となっている。特に建設業就業者においては図-1 のグラフが示す通り、平成 9 年の 685 万人をピークに平成 22 年には 498 万人、令和 2 年には 492 万人と減少傾向である。今後さらなる生産人口の減少と労働者の高齢化が進み、作業員不足が深刻化していくことが懸念されている。

加えて、働き方改革として 2024 年 4 月から時間外労働の上限規制が適用されることから作業員の増員と生産性向上、省力化が課題となっている。図-2 のように年間総実労働数を全産業と比較して 360 時間以上長く、10 年前からの減少時間に着目しても全産業は約 186 時間にに対して建設業は約 80 時間と減少幅が小さい。

働き方改革の推進として建設業全体としては「工期の適正化」や「施工時期の平準化」などがあげられるが、我々建設会社としては「生産性の向上」や「現場作業の省力化」に取り組む必要がある。

現在業界全体で目指している BIM/CIM の活用の前段階として無人航空機ドローンを活用した「生産性の向上」と「現場作業の省力化」を目指した工事事例を紹介する。

2. ドローン測量を活用した土量管理について

2.1 工事概要

本工事は三重県桑名市で施工している大規模造成工事である。施工量は、開発区域面積が 97,300 m² であり戸建住宅用地 284 区画であった。土工事の数量は、切土量 706,500 m³、盛土量 336,700 m³、残土量 369,800 m³（場外処分）であった。現場の空撮写真を写真-1 に示す。当工事において、1 ヶ月に 1 度、ドローンを使用して空撮を行い、点群データを取得する。毎月その点群データを活用し、土量管理の省力化を目指した。

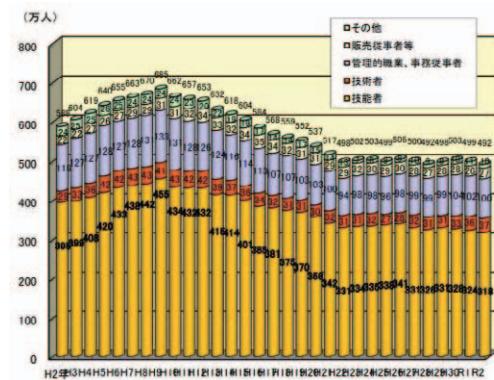


図-1 建設業就業者推移

(国土交通省、建設業の働き方改革の現状と課題より引用)



図-2 建設業年間労働時間の推移

(国土交通省、建設業の働き方改革の現状と課題より引用)



写真-3 現場空中写真

2.2 問題点

土量管理を行うために使用したドローンは、Phantom4 Pro (DJI 社)を採用した。3 次元点群を作成する計画であった。計測精度は空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要項(土工編)(令和 2 年 3 月 国土交通省)を参考にした。土工の起工測量、部分払い用出来高計測に使用可能な精度である位置精度 0.10m の 3 次元点群を作成することとした。Phantom4 Pro を使用して航空写真測量を行う場合、外側標定点として 100m 以内の間隔、内側標定点として 200m 間隔程度に設置して 3 次元点群の位置精度を確保する必要がある。さらに撮影写真のラップ率を縦方向 90%、横方向 60% 以内に、飛行高度による空中写真の地上画素寸法を 0.02m 以内にする必要があった。今回の現場は面積が広く、高低差もあると同時に、伐採工事と土工事を並行して進めていたため以下の問題点が挙げられた。

- ① 現場内は広く、高低差があるため多数の標定点や検証点を設置するには膨大な時間がかかること。
- ② 高低差の大きな地形の為一定の高度で撮影を行うと地上画素寸法にばらつきが出ること。
- ③ 大量の空中写真を処理する必要があり、最高品質の 3 次元点群を作成すると PC が処理中にダウンしてしまうこと。

2.3 問題を解決するための検討

問題の解決方法を以下に示す。

- ① 標定点の設置の必要のない RTK 方式のドローンを使用した。

ドローン測量を行う機種を計画段階で使用する予定であった Phantom4 Pro から Phantom4 RTK (DJI 社)へ変更した。Phantom4 RTK の特徴は、RTK という測定方法を使用し空中写真を撮影することである。RTK とは、リアルタイムキネマティック(Real Time Kinematic)の省略形で相対測位と呼ばれる測定方法である。固定局と移動局の 2 つの受信機(写真-2)で 4 つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2 つの受信機の間でズレを補正することで単独測位(GPS)よりも高い位置情報を得ることができる。位置情報の誤差について単独測位の場合は、数メートル単位に対して数センチメートル単位に抑えられる。以上の性能を持つことにより標定点を設置すること無くドローン測量を行うことが出来るため、1 回の測量につき数時間の作業が短縮される。ただし精度確認のため検証点を設置する必要がある。

- ② ドローンによる予備測量により現場の高低差を把握し、地形に合わせた飛行高度に設定して所定の地上画素寸法を満足する本測量を行った。

ドローン測量において求められる 3 次元点群の位置精度を満足するための条件として、空中写真の地上画素寸法を 0.02m 以内にする必要がある。地上画素寸法は飛行高度と焦点距離によって求められるが、焦点距離が機体ごとで決まっているため飛行高度を調整して、地上画素寸法を決定する。しかし本工事のように高低差が大きな地形に対して一定の高度で飛行し撮影すると、所定の地上画素寸法を得ることができない。よって予備測量として全体の起伏を測量し、得られたデータに基づく飛行計画を再度立てることにより現場の高低差に対しても最適な飛行高度で撮影が可能となる。



写真-2 右 固定局(基地局)

左 移動局(Phantom4RTK)

③ 品質を落とした状態で 3 次元点群を作成した。

撮影した空中写真から 3 次元点群を作成する際に使用したソフトは Metashape(Agisoft 社)である。3 次元点群の作成手順は①撮影画像からポイントクラウド(同じ特徴点をマッチングさせて作成される点の集合体)を作成②位置情報や画像の歪みに対して補正を行うポイントクラウドの最適化③推定されたカメラ位置に基づき画像の奥行きを計算してポイントクラウドの高密度化。以上の手順におけるポイントクラウドの作成と高密度化に関して、本ソフトでは品質を 5 段階に設定することが可能である。本来ならば精度を確保するために最も高い品質に設定して処理を行う必要があるが、データ量が膨大で 2 日以上処理を続けても終わらなかった。そこで品質を落として処理時間を短くすることで効率よく 3 次元点群を作成することができた(写真-3)。



写真-3 作成した3次元点群

2.4 考察

現場状況に合わせて新しい機種のドローンを使用したことでメリットと今後の課題を抽出することができた。内容を以下に示す。

- ① RTK 方式のドローンの使用は標定点の設置が不要のため大幅な作業時間の削減につながったが、新しい技術であるためノウハウの蓄積やマニュアルが極めて少なく技術の習得までに時間を要した。精度確認の検証点の設置は必要なため、今回は TS(トータルステーション)を使用して行った。検証点の設置方法について、さらなる省力化が今後の課題となった。
- ② 高低差のある地形での地上画素寸法の確保については、今回の対策方法で規定の位置精度が得られた。マニュアルに記載されている規定を遵守するために必要な工程であったが、単純に作業量が 2 倍に増えるため 3 次元点群の活用方法、必要品質に応じて省略することも必要だと考える。
- ③ 3 次元点群を作成時の品質に関してはハード面の問題(今回使用した PC は CPU:Corei7-9750H、メモリ 16GB × 2、GeForceRTX2060 6GB、ストレージ 1TBSSD)もあるが、さらに広い現場でドローン測量を行う際、直面する課題なので工夫をする必要がある。現状では現場を区画割して測量を行う、ラップ率を上げることで位置精度の上昇に努める、少数の標定点を設置してさらなる位置精度上昇に努める、などが考えられる。

3. ドローンを用いた空撮写真による場所打ち杭の出来形管理

3.1 工事概要

本工事は東海環状自動車道(仮称)岐阜 IC 西側に位置する本線橋の橋脚の新設工事である。橋脚は底版を含め 38.5m の柱式橋脚である。場所打ち杭は杭径 Ø2000、延長 40.5m、本数 20 本であり、現地盤から約 8m 掘り下げ土留めを設置し、施工を行った。場所打ち杭施工完了後の空中写真を写真-4 へ示す。当工事ではドローンを活用

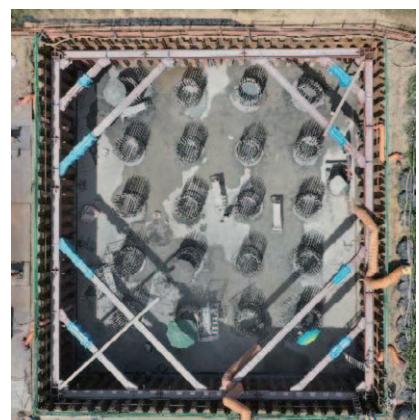


写真-4 場所打ち杭 空中写真

して3次元計測技術を用いた出来形管理として基準高、偏心量、杭径を測定する。

3.2 問題点

場所打ち杭の出来形管理を行うために使用したドローンは Phantom4 RTK(DJI 社)である。精度目標は、3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)(令和4年3月版 国土交通省)より TLS(地上型レーザースキャナー)の測定精度±30mm以内と計測密度1点以上/0.0001m²とした。現場状況として土留めがあり火打ちという障害物があることや地上から杭頭まで約8m掘り下げられているため、測定精度(特に高さ方向)が確保できるか懸念された。

3.3 問題を解決するための検討

問題の解決方法として以下の2点を挙げる。

- ① ラップ率を縦方向・横方向共に90%以内を確保する飛行計画とした。

火打ちがブラインドになり、周辺の測定精度や点群密度が下がらないよう飛行計画の時点で縦方向と横方向共にラップ率90%を確保した。また飛行計画の経路を90°回転させ、2度目の撮影を行うことで、測定精度と点群密度の規定値をクリアすることができた。

- ② 検証点を多く設置した。

地表面から杭頭までが約8m掘り下げられているため、撮影が難しい環境であった。杭頭の基準高の3次元点群を正確に作成するため、本来であれば、2ヶ所で良い検証点を対象区域の外側に4ヶ所、内側に3か所設置して精度確認を行った。最大誤差は約10mmであり出来形管理のTLSの測定精度である±30mmを満足することができた。

3.4 考察

場所打ち杭の出来形管理を実際にすることで、ドローンを使用するメリットとデータ処理に関する課題等が抽出することができたので以下に示す。

- ① ドローンを活用して3次元計測を行うことで従来の方法に比べて大幅な省力化ができた。ただし現段階では3次元計測と併せて現地での実測確認を行うので、杭の偏心量を計測する際に杭自体が真円ではないためデータを処理する人により実測と結果に差が出る。(写真-5) 対策は、計測前に従来の方法で杭芯をマーキングしておくことで3次元点群化後も現地との相違なく出来形管理ができる。

- ② 地表面と杭頭に高低差がある現場状況においても、測定精度の基準を満足することができた。ただし杭径の測定をするために作成した3次元点群の断面を切り出すと杭の端部がわかりにくい箇所がみられた。場所打ち杭の3次元点群の断面を写真-6に示す。ドローンによる3次元点群の作成では鉛直面の点群取得が難しく、撮影枚数やラップ率の工夫では効果が薄い。そのため撮影角

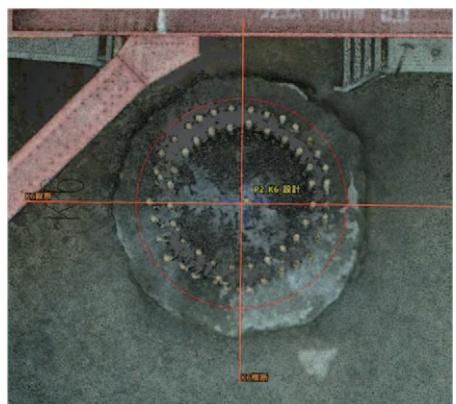


写真-5 3次元点群 杭形例



写真-6 3次元点群断面

度によって補完することが理想であるが、本工事のように土留めがあり角度を変えて撮影することが困難な場合は、TLS にて 3 次元点群を取得するなど他の測定方法と使い分ける必要があると考える。

4. ドローンによる点群データと 3 次元設計データを活用した ICT 土工の施工管理

4.1 工事概要

本工事は平成 29 年 7 月に九州北豪雨により被害を受けた福岡県朝倉市の復興計画で、砂防ダムを建設する工事である。また発注者指定型の 3 次元データを活用する ICT 活用工事である。当工事におけるドローンの活用方法は現場着工前に 3 次元点群を作成し、3 次元設計データと併せて施工量の把握と施工箇所の可視化、MC(マシンコントロール) 建機を使用した土工事を行うことである。

4.2 問題点

今回 ICT 土工に使用するソフトは 3 次元データを設計図から線形要素と縦断図、横断図を取り込むことによって 3D モデルを半自動的に作成することができる。

しかし、本工事における土工図は線形を持たないものがあり、上記の手順では正しく 3 次元設計データの作成ができないことが懸念された。ICT 土工の精度確保、省力化を図るため、ICT 土工の活用法を確立することとした。以下に問題点を示す。

- ① 施工箇所が GPS の弱い環境であること。
- ② 着工前の為樹木が生えていて、上空からでは地表面が確認できないこと。
- ③ 線形を持たず、縦断図の無い土工図の設計データの作成方法。(図-3)

4.3 問題を解決するための検討

問題点の解決方法を下記に示す。

- ① GNSS 方式のドローンではなく、RTK 方式のドローンを使用した。MC 建機に関しても GNSS ではなく TS に対応した機種を使用した。
- ② 空中写真では正しい 3 次元点群を作成できないため、レーザースキャナを搭載したレーザードローンを使用して 3 次元点群データを作成した。ただし当社ではレーザードローンは未導入の為今回は外注とした。
- ③ 線形を持っていない状態では 3 次元データを作成できないことから、基準となる線を任意の位置に引くことによって疑似的な線形を作成し、横断図を使用して 3 次元設計データを作成した。(図-4)



図-3 本堤土工 平面図

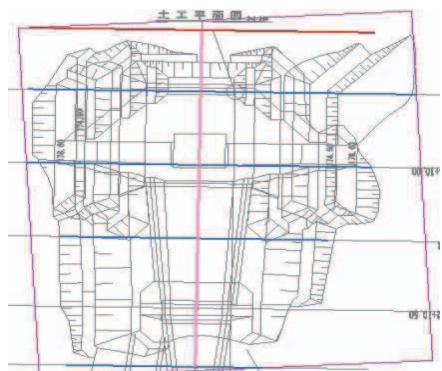


図-4 疑似的な線形

4.4 結果

- ① TS を使用した MC の採用により通信障害による作業遅延が起こらなかっただため、円滑に作業を進めることができた。(写真-7)

- ② レーザードローンを使用することで問題なく3次元点群データを作成することができた。(写真-8)
- ③ 線形を持たない土工図については疑似的な線形を作成することにより基本的な部分の3次元設計データを作成することができた。ただし細部を表現するには膨大な横断図を必要とするため、現場合合わせとした。

4.5 考察

ドローンによる点群データと3次元設計データを活用したICT土工の施工管理を実践しメリットやデメリットと今後の課題が抽出できたので、考察を以下にまとめる。

- ① 今回GPS電波の弱い環境においても、TS対応したMC建機を使用することでICT土工を実践することが可能であった。ただしTSを据える手間やTSとMC建機の間を障害物が通った際接続が切れてしまい、TSの操作を行うことが数回あつたため、現場ごとにGNSSとの使い分けを行う必要があると考えられる。
- ② レーザードローンの有用性は十分に感じられたため、導入を検討する。
- ③ 今回は細部を現場合合わせとしたため、今後の課題としては線形を持たない土工図に対して平面的に3次元設計データを作成する方法を確立し、細部まで3次元設計データを作成することで現場の作業量を減らし、さらなる省力化を目指す。

5. おわりに

建設ICTの分野は急速に発展しており、さまざまな用途で活用されている。今後技術者は複数のツールを使いこなし、得られたデータを処理・評価する力が求められるので、対応できる人材を育成する必要がある。今回、現場の生産性向上・省力化のためドローンをメインに建設ICTを活用した事例を3つ挙げた。どの事例も実際にやってみることでメリットデメリットがわかり、今後の課題についても見えてきた。今回の事例では業務で実践することに重点を置いたが、今後は建設ICTの活用方法を確立して、従来の方法と比較を行い、生産性の向上や省力化への効果を“見える化”していく。確立した活用方法を現場へ水平展開を行うことで技術者の育成に大きく寄与し、技術力のさらなる発展につながると考える。近い将来、当社および関連会社の全現場で適用したいと考えている。



写真-7 MC建機施工状況

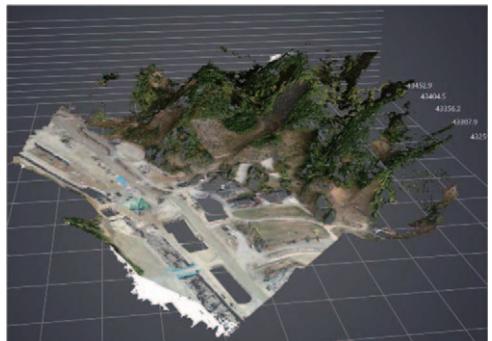


写真-8 3次元点群データ