

デジタルツインプラットフォームによる 施工管理効率化の取り組み

早川 健太郎¹・澤城 光二郎¹

¹安藤・間 技術研究所 フロンティア研究部

建設現場における施工管理業務を効率化するため、筆者らが独自に開発したデジタルツインのプラットフォームを施工中の造成現場に適用して効果を検証した。デジタルツインを活用した結果、作業の進捗具合や資材の場所などの最新状況が反映された仮想空間を用いて打合せを行うことで、勘違いや誤解による手戻りを防止する効果が確認された。加えて、遠隔地から現場の状況を確認できるため、盛土の仕上がり高さ、ヤードの広さ、工事用道路の状態などの情報が2〜3分で取得でき、移動時間が大幅に削減された。また、デジタルツインが効果的な施工管理業務は、所長、中堅、若手等の立場によって異なる特徴も明らかになった。

キーワード：デジタルツイン、施工管理、点群、ドローン

1. はじめに

就業者数の減少と高齢化が進む建設業では、生産性向上を目指す「働き方改革」につながる抜本的な対策が期待されている。既存の業務を変革すべく、AIやデータサイエンス、ロボットなどがキーワードになった技術開発が盛んに進められており、さまざまな現場に導入さつつある。そのような中、国土交通省はi-Construction 2.0¹⁾を策定し、建設現場のオートメーション化によって2040年までに生産性を1.5倍にする目標を据えた。特にデータ連携のオートメーション化に向けたロードマップでは、現実空間をデジタル化して仮想空間に「双子」を構築するデジタルツインが注目されており、デジタルツインの活用による現場作業の効率化が掲げられている。

デジタルツインに関連する既往研究としては、ビジョンベースで進捗監視を自動化してデジタルツインを構築する構想²⁾や建設業界におけるデジタルツインの用途、課題、技術的ギャップをレビューした研究³⁾があるが、建設現場での具体的な効果を示したものではない。施工段階の建設現場へ試験適用した事例⁴⁾も存在するが、実際の施工管理業務における活用シーンと効果を検証した研究はまだ少数である。

そこで筆者らは、現場職員の施工管理を効率化することを目的として建設現場のデジタルツインを実現するプラットフォームを開発し、大規模造成工事の施工管理業務に適用した際の効果を検証した。本稿では、開発したプラットフォームの概要や特徴的な機能について述べ、施工管理での活用シーンとその効果について示す。

2. デジタルツインを運用するためのプラットフォームと計測機器

(1) プラットフォームの概要

本研究で用いるデジタルツインのプラットフォームは筆者らが独自に開発⁵⁾したものであり、図-1にプラットフォームが有する機能を示す。プラットフォーム内で扱うデータは点群、映像、画像データとし、現場職員が計測作業や巡回中に得たデータをプラットフォームにアップロードすることで、仮想空間を構築していく。各データは位置情報、時系列、工種に基づいて整理されているため、利用者が目的とするデータを探しやすいことが特長である。図-2に示すように、利用者はPCのwebブラウザから仮想空間上の正確な位置に配置された現場データを確認することができ、最新状況の共有や打合せでの活用、工程表と連携して工事の進捗率や遅れを提示するなど、作業計画の立案を支援するシステムである。

(2) 現場データの取得・処理を自動化するシステム

デジタルツインを通じて現場の状況をタイムリーに把握するには、日々変化する現場状況を定期的に計測し、

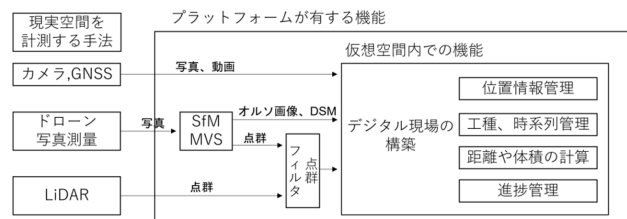


図-1 プラットフォームが持つ機能の概要

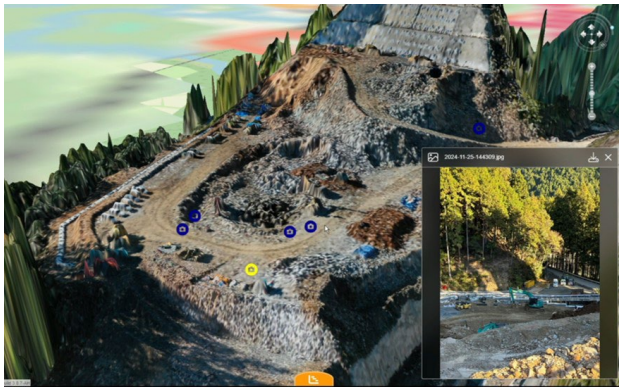


図-2 仮想空間を表示した様子

仮想空間に反映する必要がある。しかし、このような現場データの定期計測やその後のデータ処理作業を行うことは、デジタルツインを導入する現場にとって大きな負担となる。そこで、筆者らは点群、画像、映像などの現場データの取得からデータ処理、プラットフォームへの反映までの一連のフローを自動化したデータ取得システムを開発した。

a) 自動運用型ドローンによる現場全体の計測

現場に設置した離発着基地に機体を格納し、自動で充電、飛行計測、データ伝送を行う自動運用型ドローン（図-3）と、ドローン撮影画像から自動で点群やオルソ画像を生成する自動データ処理システムを連携させることで、ドローンによる写真測量から点群とオルソ画像を生成するまでの作業の大部分を自動化した。

遠隔地からインターネットを介して飛行指示を出すことで、機体が自動で離発着し、設定した飛行プランに沿って計測を行う。計測終了後、撮影データは離発着基地から自動でクラウドサーバへアップロードされ、API連携で自動データ処理システムへ伝送される。生成された点群やオルソ画像はプラットフォームへ自動で入力され、閲覧やダウンロードができる仕組みとなっている。これにより、現場全体の広範囲な3次元計測とデータ処理を現場職員の負担を最小限に抑えて実施することが可能となった。

b) スマートフォン・タブレットによる局所的な計測

構造物や資材など限定的な範囲での点群計測と画像、映像の撮影用にiOSアプリケーション（以下、iOSアプリ）によるデータ取得システムを独自に開発した。このシステムはLiDAR機能付きのスマートフォンもしくはタブレット端末と専用のGNSSレシーバを図-4に示すように組み合わせ、位置情報を持つ画像、映像及び点群データを取得する。

計測の際には筆者らが開発した専用iOSアプリを使用しており、iOSアプリ内でプラットフォームへ送りたいデータを選択し、アップロードボタンをタップするだけの簡便な操作で、位置情報をもつ点群や画像のデータをプラットフォームに反映させることができる。



図-3 離発着基地とドローン



図-4 GNSSレシーバ付きデバイス

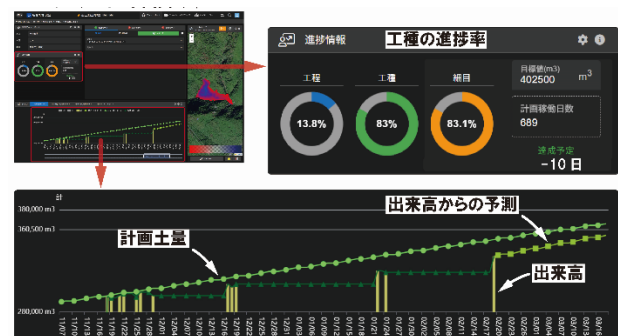


図-5 土工事進捗の可視化画面

(3) 工程情報と連携した施工進捗分析システム

前項の自動データ取得システム等で計測し蓄積された異なる時期の点群データの差分から土量の変化（出来高）を自動算出し、切盛土工事の実績を確認することができる。算出された累積の土工実績は図-5に示すように、棒グラフおよび折れ線グラフとして可視化されるため、利用者は直感的に現在の施工進捗を把握することが可能となっている。

また、プラットフォームに対象工種の設計数量、設計モデル、施工日数などの情報を入力することにより、全体の工程に対して現在の進捗率を提示するほか、予定の工程に対して計画通りか、前倒して進んでいるか、遅延しているかを推定する。その結果を工種毎に日数表示や



図-6 工遅延リスクの可視化画面

図-6に示すヒートマップ表示で利用者に提示することができ、工程全体を俯瞰して進捗状況を把握できるため、遅延リスクなどへの迅速な対応が可能となる。

3. 適用した現場と効果

デジタルツインを適用した際の効果を検証するため、開発したプラットフォームと計測機器を建設現場の施工管理に導入した。適用した現場は図-7に示す敷地造成工事で、延長が約750m、高低差は約140m、切土数量は約37万m³、盛土数量は約42万m³である。造成エリアで発生した土砂を重ダンプで土砂置き場へ運搬・盛土することから、地形が日々変化することに加え、重ダンプの運行で他の現場車両の場内移動が制限されている。このような現場状況に対してデジタルツインを導入することで施工管理が効率化すると予想し、本現場を選定した。運用期間は3か月間で、期間中に取得した現場データをプラットフォームに入力し、施工管理の実務に活用した。以下にデジタルツインの活用シーンと効果を示す。

(1) 打合せでの情報共有

現場の職員は自らが担当する工種やエリアにおいて、関係する協力業者と毎日打ち合わせを行っている。従来は2次元の設計平面図や施工図を用いて打合せを実施していたが、それらの図面には作業の進捗具合や資材の場所が反映されていないため、情報不足による勘違いが発生することがある。そこで、作業打合せにデジタルツインを活用した。図-8は前日午後に取得した現場データを反映したプラットフォームの仮想空間を表示し、職員や協力業者間で最新の状況を共有している様子である。最新の状況が反映された仮想空間を用いることで、錯綜する作業の障害にならない資機材の置き場所や重ダンプが往来する中での大型車両の走行ルートへの指示、現場巡視で不備のあった場所の是正指摘などが詳細かつ円滑に実施できることを確認した。これにより関係者間での理解度が向上し、手戻り防止と情報共有の効率化に寄与した。

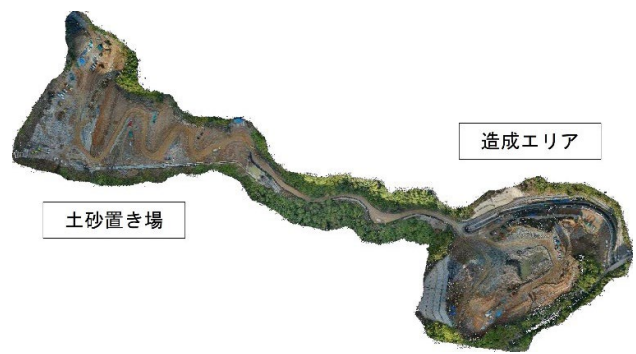


図-7 適用現場の全体図

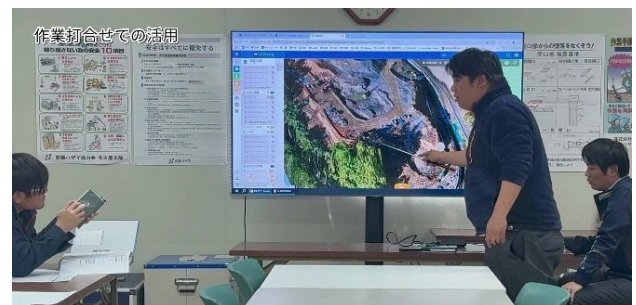


図-8 昼礼でのデジタルツイン活用状況



図-9 点群での盛土高さの確認

(2) 遠隔地からの状況確認・計測

翌日以降の作業指示書や計画書を作成する際には、現況の把握が不十分だと的確な指示書の作成は困難である。そのような場合、現場へ移動して最新の状況を目視で確認することが一般的だが、デジタルツインの仮想空間を用いることで、事務所等の遠隔地から状況を知ることができる。適用現場の例では、現場状況の確認のために事務所から現場へ移動すると帰着までに最低でも20分を要するが、仮想空間では2~3分で同等の情報を得ることができた。具体的には、盛土の仕上がり高さ(図-9)、ヤードの広さ、工事用道路の状態、敷き鉄板の位置、沈砂池の状態の確認などで移動時間を削減する効果があった。適用現場は事務所から現場までの距離が比較的近かったが、現場までの距離が遠くなるほど移動時間の削減効果は増加する。

(3) 土砂運搬量の進捗確認

異なる時期の点群データの差分からその期間における土砂の変化量を算出し、計算結果を工程表機能と連携させることで、土工の進捗確認に活用した。現場への適用期間中は、造成エリアの掘削および土砂置き場への土砂運搬・盛土が継続して行われていた。そこで、日々の現場地形をドローン写真測量で計測し、日時の異なる点群の差分からその期間内で変化した現場の切盛り土量を算出した。その結果をプラットフォームの工程表と連携させ、図-5, 6で示した施工進捗分析機能を用いて設計値に対する現在の進捗率として表すことで、現場職員は測量や計算に労力を費やすことなく、土砂運搬量を確認して出来高を把握することが可能になった。

(4) 現場データ取得の自動化による業務負荷の軽減

自動運用型ドローンを活用したことで、現場全域の3次元計測にかかる職員の負担を軽減することができた。従来作業と自動運用型ドローンを導入した場合の写真測量に関わる作業時間比較を図-10に示す。従来は職員が現地で手動操縦し、その後のデータ処理を行っていたが、上記の対応によって、現地までの移動時間やデータ処理時間を大幅に削減することが可能となり、1回の計測あたりの作業時間が9.5時間から1.8時間になり、80%程度の作業効率化を図ることができた。

また、自社開発したiOSアプリを活用したことで、現場でトラブルが発生した際に担当者が問題箇所をその場で撮影し、写真をプラットフォームへアップロードすることで、事務所にいる所長や主任が状況を正確に把握し、迅速な対応指示に役立った。

(5) その他の業務への効果

上記以外にも効率化が確認できた施工管理業務を表-1にまとめる。現場における若手、中堅、所長の業務内容は異なるが、全ての役職において効果に傾向があることを確認した。若手職員は移動時間の削減や協力業者との情報共有がスムーズになることで手戻りが減り、中堅職員は点群データでの土量出来高の計算や仕上がり高さの確認等これまでの業務プロセスを変革した。所長や副所長

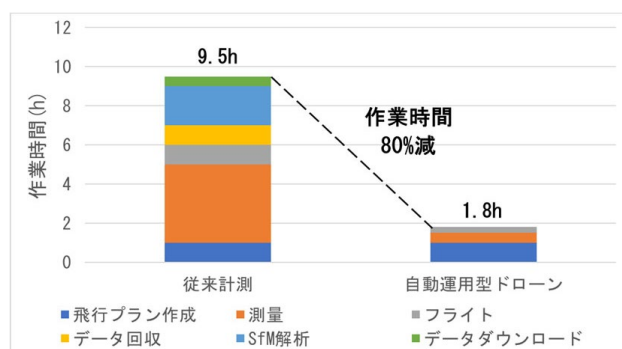


図-10 写真測量の作業時間削減効果

表-1 効率化する業務一覧

立場	業務内容	効果
若手	職長と作業場所、搬入箇所の打ち合わせ	情報共有
	ドローンでの定点写真の撮影	時間削減
	大雨の翌日、沈砂池の濁り状況の確認	時間削減
	新しく赴任した職員へ現場状況の説明	情報共有
中堅	現場の最新状況がわかる平面図の作成	時間削減
	計画書や手順書などの作成	時間削減
	点群データでの土量出来高の計算	業務の変革
	点群データでの切盛り土の仕上がり高さ確認	業務の変革
所長 副所長	要是正箇所の指摘、気になる箇所の聞き取り	情報共有
	社内監査での現場状況の説明	情報共有
	点群やオルソ画像での現場状況の確認、説明	時間削減

など指示出しやステークホルダーとの協議をする立場では、仮想空間を用いた確実な情報共有が効果的だった。

4. まとめ

本稿では、造成工事にデジタルツインを適用した際の施工管理業務への効果を検証した。作業打合せの理解度向上、現場移動やデータ処理時間の削減、現場を俯瞰した施工進捗把握など、現場のあらゆる立場の職員の施工管理業務効率化に有効であることを確認した。

今後は本技術を標準的なシステムとして他の造成工事への普及展開を進めていくとともに、ダム、トンネル等のより多くの種類の現場への適用についても進めていくことで汎用的な技術として機能の高度化を図り、建設現場の施工管理業務の効率化に資するデジタルツインプラットフォームとしての完成度を高めていく。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化～、<<https://www.mlit.go.jp/tcc/constplan/content/001738240.pdf>>、(入手 2025.10.2)。
- 2) Aritra, P., Jacob J. L., Shang-Hsien, H., Mani, G. F. : Automated vision-based construction progress monitoring in built environment through digital twin, Developments in the Built Environment, Vol.16, 100247, 2023.
- 3) Ashtarout, A., Hala, N., Nadine, A., Anwar, A., Juliano, T., Harald, U., Christian, S. : Digital Twins in the Construction Industry : A Perspective of Practitioners and Building Authority, Frontiers in Built Environment, Vol.8, 834671, 2022.
- 4) 山中哲志, 湯浅知英, 西川輝, 安田晋, 毛利亮太 : 建設施工段階におけるデジタルツインを構成するデータ基盤の開発, AI・データサイエンス論文集, 4 巻 3 号, pp.924-931, 2023.
- 5) 澤城光二郎, 早川健太郎, 星加夢輝 : 建設現場の施工管理を変革するデジタルツインプラットフォーム, 土木情報学シンポジウム講演集, vol.49, pp.125-128, 2024.