

デジタルツインプラットフォームによる 現場施工管理の効率化

澤 城 光二郎

国土交通省では i-Construction 2.0 などの取り組みを通じて、建設現場の DX 化や ICT の全面的な活用を推し進めている。そのような情勢のなかで、様々な ICT が建設現場に適用され、施工に関するデータが取得されているが、その多くは 3 次元測量や ICT 建機など、限られた工種や担当者での活用に留まっており、工事全体の効率化には至っていない。そこで、工事全体の作業調整や進捗確認などの施工管理業務を効率化するため、現場で取得された点群、画像、映像をもとに現場のすがたをデジタル空間に再現するプラットフォームを開発し、実現場で効果検証を行った結果を報告する。

キーワード：デジタルツイン、3次元データ、施工管理、情報共有、施工進捗率

1. はじめに

国土交通省では、少子高齢化に伴う建設現場の担い手不足や働き方改革による労働環境の改善など、建設業界が抱える多くの課題を解決するために、ICT を導入することで工期短縮と省人化による生産性向上を図る i-Construction の取り組みを進めている。その結果、多くの工種で ICT の普及拡大¹⁾が進んでいるほか、施工に限らず建設業に係る一連の業務プロセスを DX 化して、働き方改革や生産性の向上を図る取り組みも盛んである²⁾。このような情勢のなかで様々な ICT が建設現場に適用され、施工に関するデータが取得されている。

しかし、現状の ICT 活用は 3 次元計測技術による測量工や ICT 建機による土工事など、工種単位や限られた担当者での作業の効率化に留まっているため、現場で取得されている種々の施工データを統合・分析することにより ICT 施工を建設現場全体の効率化の段階へ繋げることが求められている¹⁾。

そこで筆者らは、工事全体の効率化を目標とし、現場職員の施工管理を省力化・省人化するべく、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（以下、プラットフォーム）の開発を進めている。

このプラットフォームを活用することで、点群、画像、映像のデータから仮想空間を構築し、現場情報の円滑な共有、施工実績に基づく将来の進捗予測、危険リスクの抽出といった業務の省人化、施工管理の最適化実現が可能となると考えた。本稿では、開発したプ

ラットフォームの概要と基本的な機能について述べるとともに、当社の大規模造成工事に試験適用し、施工管理に活用した事例とその効果について報告する。

2. デジタルツインプラットフォームの概要

(1) 建設業界におけるデジタルツインの取り組み

国土交通省では建設現場のオートメーション化によって施工の省人化、働き方改革の実現を目指しており、その柱のひとつ「データ連携のオートメーション化」では、デジタルツインの構築を容易にできるよう、国土交通データプラットフォームの改良や xROAD（クロスロード）、3次元都市モデル PLATEAU（プラトール）など各種オープンデータベースの整備が進められている^{3)、4)}。

ゼネコン各社においてもデジタルツインを施工管理に活用する取り組みを進めている。重機や作業員の位置情報と現場 3D モデルを連携して現場状況を把握する土木工事用アプリケーションの施工管理への導入⁵⁾や、異なるアプリケーション間でデジタルデータの相互連携を行うための共通データ環境 CDE（Common Data Environment）の構築⁶⁾など、デジタルツイン実現に向けた環境構築が進んできている。

一方で、現状のデジタルツインの施工管理への適用は特定工事での試験的な活用に留まっており、現場で一般的に利用されるまでには至っていない。デジタルツインを今後多くの建設現場に普及させていくためには、多様な工種に利用できる汎用性や利用者が負担な

く扱えるユーザービリティを考慮した開発を行うことが重要だといえる⁷⁾。

(2) プラットフォームの考え方

上記のような状況を踏まえ、デジタルツインを実現するプラットフォームの開発においては、適用する工種を限定せずに汎用的なシステムとして構築することを前提とした。また、プラットフォームはwebアプリ形式を採用し、発注者や受注者など認証されたユーザー間の円滑なアクセスと情報共有を可能にしている。

プラットフォーム内で扱うデータは点群、映像、画像、設計データとし、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。各データには位置情報と時刻情報が付与されているため、ユーザーはPCを通して仮想空間上の正確な位置に配置された現場データを時系列で確認することができる。最新状況の共有や打合せでの活用だけでなく、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。

(3) プラットフォームの運用フローと基本的な機能

開発したプラットフォームの運用フローは図-1に示すように、以下の3つの段階からなる。

(a) 現場をデータ化する段階

デジタルツインを実現するためには、現実に存在している建設現場をデータ化することが必須である。地形や構造物のような形状をデータ化する場合は TLS

等の測量機器やドローン写真測量などを用いて点群データを作成する。現場の状況や外観は、スマートフォンやタブレット端末とGNSSアンテナを組み合わせて位置情報を持つ画像や映像データとする。仮想空間と現実空間を対応させ、様々な分析を行うために、これらの点群、画像、映像は位置情報を持つデータであることを基本としている。

(b) データを格納、分析する段階

データ化したものを単純に保存するだけでは、目的とするデータを探し出すことが困難であるため、このプラットフォームでは、データを位置情報と工程の時間情報に関連付けて4D管理している。図-2にプラットフォームの基本画面を示す。画面上部には仮想空間を表示し、点群の概観と画像、映像が撮影された位置を仮想空間にプロットしている。なお、位置情報は(a)にて各データに付与したものが反映されている。仮想空間のアイコンをクリックすると、画面右下に撮影した画像・映像が表示される。画面下部は工程表を表示しており、プラットフォーム内で工種と作業期間を入力するとガントチャート形式で表示される。データをプラットフォームにアップロードする際、工程表に入力されている工種を選択すると、ガントチャートの下部にデータが存在することを表すアイコンが表示される。現場形状を再現した仮想空間と日常的に目にする工程表のどちらからでもデータを選択できるため、必要なデータにアクセスしやすいプラットフォームとなっている。

本プラットフォームは格納したデータを閲覧するだけでなく、分析、比較する機能も有しており、点群データの場合は長さや面積、体積の計算に加えて、異なる時期のデータの差分を求めることができる。画像と映像の場合は2つのデータを横並びに表示し、ユーザーが変化点を観察しやすいようにしている。

(c) データを閲覧、活用する段階

あらかじめ権限を付与すれば、施工者、協力業者発



図-1 プラットフォームの運用フロー



図-2 プラットフォームの基本画面

注者など誰でもプラットフォームにアクセスすることが可能であり、格納、分析したデータを閲覧することができる。各工種の担当者が現場巡視の際に収集したデータをプラットフォームに集約しているため、自身が担当する工種だけでなく現場全体の情報共有が可能である。プラットフォームを閲覧すれば現場の様子を把握できるため、データを探す、現場へ確認に行くといった行為を大幅に削減するシステムだといえる。

3. 実現場におけるプラットフォームの試行

(1) 適用現場

開発したプラットフォームを建設現場の施工管理に導入した際の効果検証のため、当社の造成工事に試験適用した。適用した現場は図-3に示す敷地造成工事で、切土数量は約37万 m^3 、盛土数量は約42万 m^3 である。敷地造成の掘削で発生した土砂を重ダンプで土砂置場へ運搬し盛土することから、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が場内移動に時間を要している。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・省人化すると予想し、本現場を選定した。試行期間は2週間（現場稼働日10日間）とし、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。

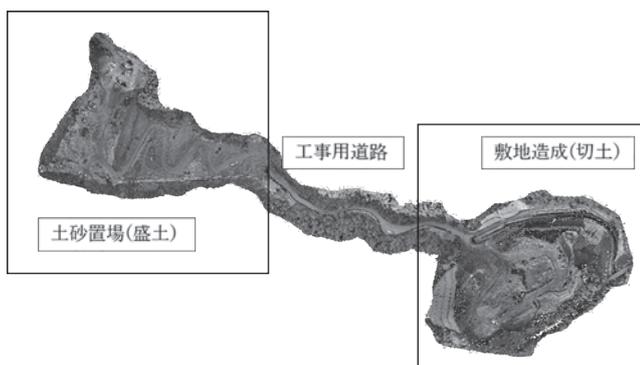


図-3 適用現場の全体図

(2) データ取得方法

プラットフォームに取り込むデータとして、現場全域の3次元データをドローン空中写真測量で1日2回午前と午後に計測した。図-4に示すように撮影画像をプラットフォームとAPI連携した自動SfM処理プログラム⁸⁾にアップロードし、点群、オルソ画像、数値標高モデル(DSM)の3種のデータがプラットフォームに自動で生成、反映される。SfM処理やプラットフォームへの反映を自動化したことで、データ処理にかかる職員の手間を大きく削減している。また、ハンディ型LSや地上型LSなど他の計測手法で取得した点群データの取込みも可能であり、現場条件に応じた計測手法を選択することができる。

局所的な点群、画像、映像を計測する手段としては、筆者らが独自に開発した専用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用いた。このシステムはスマートフォンやタブレット端末とGNSSレシーバを用いることで、建設現場で画像や映像および点群データを取得してプラットフォームへ伝送するまでの過程を簡略化、高速化するデータ取得システムである（図-4）。本システムは、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-5左に示すように組み合わせて、位置情報を持つ画像、映像及び点群データを取得する。計測の際は図-5右に示す当社が開発したiOSアプリを使用しており、端末のカメラやLiDARセンサをアプリ内で制御し、画像、映像、点群の計測項目を単一画面内で変更できるため、計測項目の切り換えをスムーズに行える。

計測データに付与する高精度位置情報は、2周波GNSS受信機とRTK測位の手法を用いて取得し、計測中の測位状態はアプリの画面上部でリアルタイムに確認することができる。

高精度位置情報が付与された計測データは、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

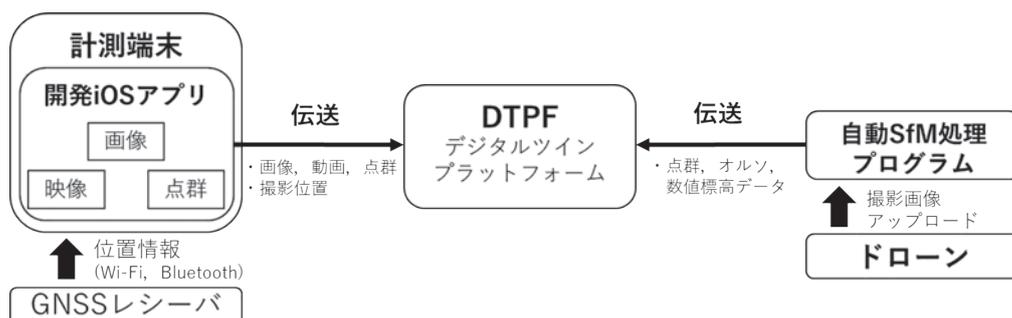


図-4 データ取得システムの構成



図一五 データ取得システムのデバイスとアプリ画面

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。このデータ取得システムを活用することで、現場巡視の際に気になった箇所の情報を即座にプラットフォームを介して関係者と共有することが可能となる。

(3) プラットフォームの活用事例と効果

(a) 作業打合せやトラブル対応での現場情報共有

建設現場で日々行われている作業打合せの際に、現場で取得した最新の3次元点群データや画像、映像を反映したプラットフォーム画面を参加者に共有することで、当日や翌日の作業調整に活用した(図一六)。従来は2次元の設計図面や施工図面を用いて現場職員と協力会社が作業打合せを行っていたが、本プラットフォームを用いたことで図面では把握することが困難な現場の現況地形や資機材の配置状況、立体的な作業スペースなどを3次元データや位置情報付き画像を使って工事関係者全体が共有し、より詳細な情報に基づいた打合せを行った。その結果、両者の作業イメージの齟齬が少なくなり、スムーズな作業指示や手戻りの防止につながった。また、現場でトラブルが発生した際に担当者が問題箇所をiOSアプリで撮影し、その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てることができた。

(b) 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、その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。

現場での試行期間中は、敷地造成箇所の掘削および土砂置場への土砂運搬と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図一七のように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、図一八に示すように設計値に対する現在の進捗率として示すことで、現場職員が測量や計算に労力を費やすこと



図一六 プラットフォームによる現場状況の確認



図一七 土量算出画面



図一八 施工進捗率の表示

なく土砂運搬量を確認して出来高を把握することに効果を発揮した。また、工程表に示されたこれまでの進捗状況から今後の施工進捗を定量的に予測して土運搬計画の見直しを図るなど、作業内容の調整にも活用できる。

4. おわりに

造成工事を対象に筆者らが開発したプラットフォームとデータ取得システムを試行した結果、仮想空間に再現された現場3次元データを関係者で共有することで従来よりも打合せの理解度が向上し、その後の作業を効率的に進めることができた。また、遠隔から現場の状況を把握して即座に対応を指示するなど、現場確認や作業調整に費やす時間と人員の削減により、現場の施工管理業務を効率化・省人化することができた。

今後は各工種のデータを工程表と連携させた4D施工管理や業務分析機能の拡充を行っていくとともに、自動航行ドローンや歩行ロボットと連携した現場計測の効率化に取り組んでいく。これにより、多くの工種において、現場全体の日々の変化を手間なく高頻度にプラットフォームへ反映させ、個別の業務だけでなく工事全体を総合的に分析することで、施工プロセスの最適化に活用できるプラットフォームを構築していく。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：ICT 施工の普及拡大に向けた取組。
<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/sosei_constplan_tk_000052.html>, (入手2024.3.28).
- 2) 国土交通省：インフラ分野のDXアクションプラン（第2版）, p.5, 2023.
- 3) 国土交通省：i-Constructon 2.0～建設現場のオートメーション化～, p.15, 2024.
- 4) 土橋 浩：インフラデータプラットフォームによるデジタルツインの実装と将来展望, AI・データサイエンス論文集 4巻2号, p.1, 2023.
- 5) 元村 亜紀, 湯浅 知英, 山中 哲志：建設施工段階の汎用的なデジタルツインの実現—CPS 施工管理システムの開発—, AI・データサイエンス論文集 4巻2号, pp.89-96, 2023.
- 6) 宮岡 香苗, 松下 文哉, 宮崎 文平, 森田 俊彦, 小澤 一雅：建設施工段階のCDEにおける共通情報モデル, 土木情報学シンポジウム Vol. 49 No.34, p.1, 2024.
- 7) 山口 愛加, 田中 友悠, 窪田 諭：3次元点群データを基盤とする工事現場デジタルツインに関する研究, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 22, 22-22044, p.8, 2023.
- 8) ㈱スカイマティクス, KUMIKI ホームページ
<<https://smx-kumikicom/function/index.html#cloud01>>, (入手2024.12.16).

【筆者紹介】

澤城 光二郎（さわき こうじろう）
 ㈱安藤・間
 技術研究所 フロンティア研究部
 ICT・ロボティクスグループ

