

ICT を活用した大規模造成工事の施工事例

平井 崇・松本 将和

近年、建設業界では生産性向上と省力化が求められており、ICT（情報通信技術）の導入が進んでいる。大規模造成工事において、ICT を総合的に活用し、施工計画および施工管理を実施した。具体的には、航空レーザーや UAV（無人航空機）を用いた現況測量、切盛土の土量配分シミュレーション、ICT 施工、デジタルツイン技術を用いた施工管理、3次元データによる出来形管理を行った。本報では、さまざまな ICT ツールの活用により、工事での大幅な効率化と省力化を実現できた事例を紹介する。

キーワード：土工事、BIM/CIM、ICT 施工、デジタルツイン、生産性向上

1. はじめに

国交省が 2025 年度までに建設現場の生産性を 20% 向上させることを目的とする「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」を発表した。さらに、令和 6 年 4 月に、国交省が新たな建設現場の生産性向上の取り組みとして「i-Construction 2.0」を策定し、2023 年度比で 2040 年度までに、3 割の省人化と生産性 1.5 倍の向上を目指すことを発表した。

BIM/CIM（Building/Construction Information Modeling, Management）の導入が進む中で、点群データや AI などの先進技術が登場し、これまで多くの時間と労力を要していた業務プロセスが改革を遂げつつある。この変革の背景には、生産年齢人口の減少や高齢化にともなう労働力不足、長時間労働、DX（Digital Transformation）推進などの課題があり、特に労働力不足は業界全体で深刻な課題となっている。この課題に対処するためには、従来の方法を見直し、ICT ツールなどの先進技術を積極的に導入することが不可欠である。

ICT ツールを活用することで業務効率化が進展している。多様なツールが利用可能であり、これらのツールは工事現場で試行され、その有用性が確認されている。

本稿では、大規模造成工事での施工計画および施工管理を、3次元モデリング、ドローン測量、クラウドベースのプロジェクト管理ツールなど、さまざまな ICT ツールを活用した取り組みについて報告する。

2. プロジェクトの概要

開発区域約 60 ha、切盛土量合わせて約 900 万 m³ に及ぶ大規模な造成工事である。プロジェクトの工事概要は表 1 のとおりである。

3. 全体構成概要

起工測量、計画、設計、施工に関わる建設生産プロセスに関するデータを共有し、工事全体を一元管理した（図 1）。起工時の現況地形の測量には航空レーザー測量を実施し、日々の出来形管理にはドローン測量を行った。設計や測量など、建設プロジェクトに関するデータを一元管理するために、「Smart Construction Dashboard（EARTHBRAIN 社）」（以下、本 3次元モデル）を利用した。

本 3次元モデルを用いることで、土量計算や土量配分シミュレーションを効率的に実施することが可能で

表 1 工事概要

工事分類	土地開発, 造成, その他施設
切土工	約 4,300 千 m ³
盛土工	約 4,600 千 m ³
法面工	約 490 千 m ²
伐木除根工	約 590 千 m ²
暗渠排水工	約 16 千 m
雨水排水工	約 30 千 m
調節池工	4 箇所
高低差	約 240 m



図-1 全体構成イメージ

あり，システムから出力した3次元データを建設機械のマシンガイダンスに活用することができる。

工事現場内には，衛星インターネットサービス (SpaceX社) およびメッシュwifi (PicoCELA社) を利用してインターネット環境を整備し，関係者間の情報共有，施工管理ソフトの活用を行った。

4. ICT ツール活用による施工管理

(1) 航空レーザー測量

工事着工前の段階で航空レーザー測量を実施した。航空レーザー測量は山中に立ち入ることなく，約60haの地形を数時間で計測することが可能である (図-2)。

従来の測量と比較すると，コスト面ではUAVレーザー測量が優れている一方で，測量範囲と時間の面では航空レーザー測量が優れている (図-3)。伐採前に詳細な現地地形を把握することができ，施工計画の検討に大いに役立った。

また，日射量に対する樹木の影響を考慮し，発注者から伐採境界ライン周辺の樹高データの提出が求められた。航空レーザー測量では，点群データに加え，写真画像データも含まれ，樹木の頂部および根本 (地形データ) を取得できる。これにより，樹木の高さ，森林の体積を算出することが可能となる。

航空レーザー測量 (LiDAR: Light Detection and Ranging) は，航空機に搭載されたレーザー測距装置を用いて地形の詳細なデータを取得する技術である。航空機から地上に向けてレーザーを照射し，レーザーが地表面上の点で反射して戻ってくるまでの時間差を測定することで，その点の三次元位置を算出し，地表面の形状を面的に取得するものである (図-4)。主な特徴として，高精度な地形データ (高さや形状) の計測が可能であり，広範囲の地形データを短時間で取得できる点が挙げられる。また，レーザー光は樹木の



図-2 航空レーザー測量業務計測計画

各種測量データ比較表

	航空レーザー測量	UAV写真測量	UAVレーザー測量	地上レーザー測量
コスト	△	○	○	△
時間	◎	△	△	×
範囲	◎	△	△	×
精度	○	×	○	○

図-3 各種測量データ比較

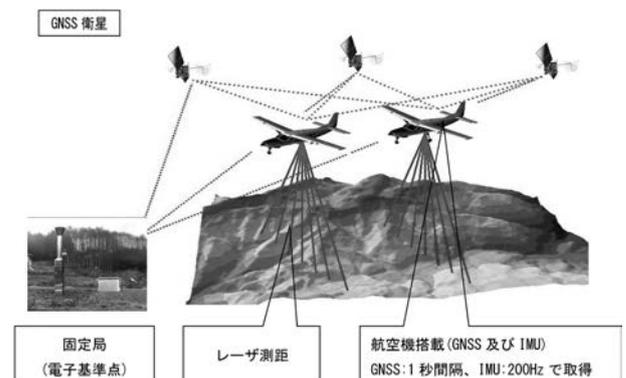


図-4 レーザー測量

葉を通過するため、森林地帯においても地表の詳細なデータを取得することができる。

今回採用した航空レーザーは、従来の航空レーザーに比べて高密度の点群データを取得することが可能である。具体的には、レーザー照射数が従来の50万発/秒から200万発/秒へと増加しており、これは従来の4倍に相当する。

(2) インターネット環境

現在の工事現場では、リアルタイムでコミュニケーション、関係者間の情報共有、および施工管理ソフトの活用のために、インターネット環境が不可欠である。インターネットの利用により、現場の状況を即座に報告し、必要なデータを迅速に共有することが可能になる。これにより、工事の効率化や品質の向上が図られる。

当該工事現場は過疎地に位置しており、通信キャリアのネットワーク接続が利用不可能または不安定であったため、インターネットの利用が制限されていた。そこで、地球上のほぼすべての地域で利用可能な衛星インターネットサービスを選定した。これは、SpaceX社が提供する衛星インターネットサービスであり、地球低軌道に配置された多数の小型衛星を利用して地上のアンテナと通信を行い、インターネット接続を提供する。主な特徴として、山間部や離島など従来のインターネットインフラが整備されていない地域でも高速インターネットの利用が可能になる点が挙げられる。

さらに、広範囲でインターネットを利用するためにメッシュwifiを併用することで、効率的なインターネット環境を整備することができた。メッシュwifiは、無線メッシュネットワーク技術を利用しており、複数のWi-Fiアクセスポイントが相互に通信することで、広範囲にわたる安定したネットワークを構築する

技術である。これにより、現場全体で安定したインターネット接続が確保され、すべての施工データをリアルタイムで共有・活用できる環境を整備した(写真-1)。

(3) 本3次元モデル

施工の検討段階から工事完了まで、3次元モデルを用いて連携し、工事現場を3次元地形データに基づいて俯瞰的に確認することができた。また、距離や面積の計測、現況地形と完了地形の比較、土量計算など、工事の実施に必要な機能を備えた本3次元モデルは、不可欠なツールであった。

測量データと3次元設計データを統合して現場のデジタルツインを構築することで、施工計画を円滑に作成することが可能となった。盛土および切土の土量配分シミュレーション(図-5)を短時間で自動的に作成することができ、従来の方法と比較して土量計算時間は約1/6に短縮することができた(表-2)。

施工の進捗状況を可視化し、問題点を特定するため

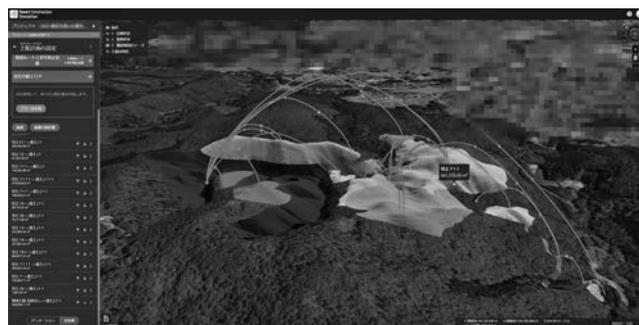


図-5 土量配分シミュレーション

表-2 従来の土量計算との比較

計算方法	計算面積	土量計算日数
平均断面法	約 60 ha	3 人工
本3次元モデル		0.5 人工

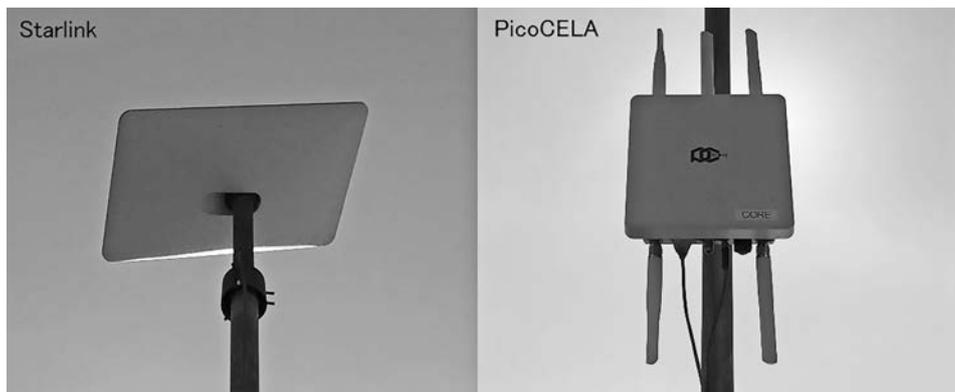
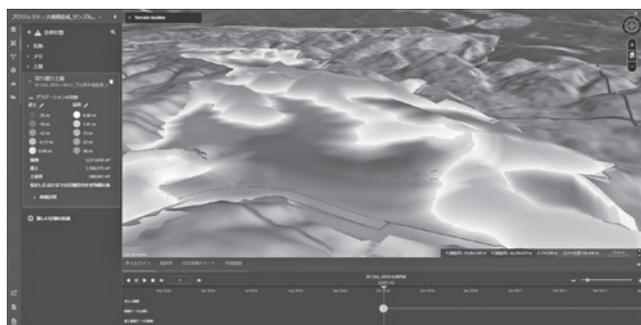


写真-1 インターネット環境

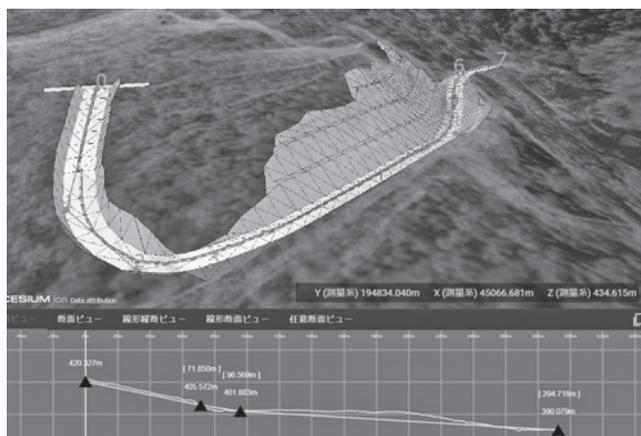
にヒートマップ表示が必要不可欠である（図—6）。計画地形である3次元設計データとの差分を出来形の数值情報やヒートマップ表示で可視化することで、進捗状況を視覚的に把握し、次に施工すべき箇所を特定することが可能になる。ヒートマップ表示により、施工が計画通りに進んでいる箇所と遅れている箇所を色分けして直感的に確認できるため、施工が遅れている箇所や追加の作業が必要な箇所を迅速に特定し、効率的にリソースを配分することができる。また、数值情報を併用することで、具体的な施工量や必要な機材を正確に把握し、次の施工ステップを計画的に進めることが可能になる。

造成工事においては、仮設道路の設置計画が非常に重要な工程である。仮設道路は、工事用車両や機材の搬入・搬出を円滑に行うために必要不可欠であり、その計画が工事全体の効率に大きく影響する。特に大規模造成工事においては、その検討および見直しには多大な労力と時間を要する。しかし、Smart Construction Design3Dを用いることで、さまざまな仮設道路の設置シミュレーションを短時間で実施できた。

視点や経由ポイントを指定するだけで仮設道路の設置シミュレーションが可能となり、土量計算も瞬時に行うことができるため、複数のルートと比較・検討することが可能となった（図—7）。従来の方法（図面



図—6 ヒートマップ表示



図—7 仮設道路設計

作成から土量計算まで）と比較すると、検討時間は1/5に短縮され、大幅な効率化が実現した。作成した道路データは、ICT建機の設計データとして活用し、施工の効率化を図った。

また、雨水解析シミュレーション機能を活用し、施工中の最新地形（ドローン測量で取得した地形データ）から水たまりが発生しやすいエリアを検討した。今回の検討では1時間に30mmの雨量を想定した。図—8の丸囲い部では、最大で249m³の水たまりが予想されることが分かり、施工検討の段階で対策を実施することができた。

現場でデジタル化された情報を活用することで、現場判断の迅速化が可能となるが、デジタル化された現場においても、施工計画の検討は依然として現場監督の知識と経験に依存している。具体的には、どのような手順で、いつ、どこに、どれだけの建設機械や作業員を配置するかといった計画を立てる業務は従来と大きく変わらず、多くの時間と労力を要している。

しかし、本3次元モデルは、施工計画の問題点を3次元モデルで可視化し、膨大なパターンから最適解を瞬時に抽出するシミュレーション機能を搭載している。これは、本3次元モデル上で作成したデジタルツインを用いて、さまざまな現場の制約条件を考慮し、施工プロセス自体を可視化するソリューションである。運土量、運搬距離、片側通行などの制約条件を踏まえ、AIを用いた最適化技術で最適な計画や機械編成を出力する。

常に変化する現場状況に合わせて、短時間で最適な再計画が可能であり、計画の見直しも容易に行うことができる。

熟練の現場監督が有する知識と経験に基づく判断は、現場のさまざまな要素を考慮して決定するため、そのすべてをデジタル上で完全に再現することは困難である。しかし、最適計画の一例をアプリケーションから提案することは可能である。これにより、熟練の



図—8 雨水シミュレーション

現場監督を支援するだけでなく、若手技術者への技術継承を効率化することができる。

(4) ICT 施工

建設現場においては ICT 建機の導入が進んでいる。建設機械に 3 次元設計データを搭載し、GNSS 等の技術を用いて建機の位置情報を取得することが可能である。これにより、オペレータに対して施工位置のガイダンスを提供する機能や、オペレータの操作の一部を自動化する機能が実現されている。この技術革新により、丁張りの作業の省略が可能となり、作業性の向上が図られることで施工の効率化が進んでいる。

本工事所でも、ICT 建機を採用し、マシンガイダンス技術を導入した（写真—2）。これにより、3次元設計データを用いて設計に忠実な施工をすることが可能となった。本 3 次元モデルからマシンガイダンス用のデータを自動転送することが可能であり、効率的な運用が実現した。

オペレータは、刃先と設計ラインをモニターで確認しながら操作することができるため、視覚的に理解しやすく、精度の高い施工が可能となった。また、危険な法面での丁張り作業が不要となり、計測や確認作業がほとんど不要になったため、安全性向上と省力化が実現した。

(5) ドローン測量

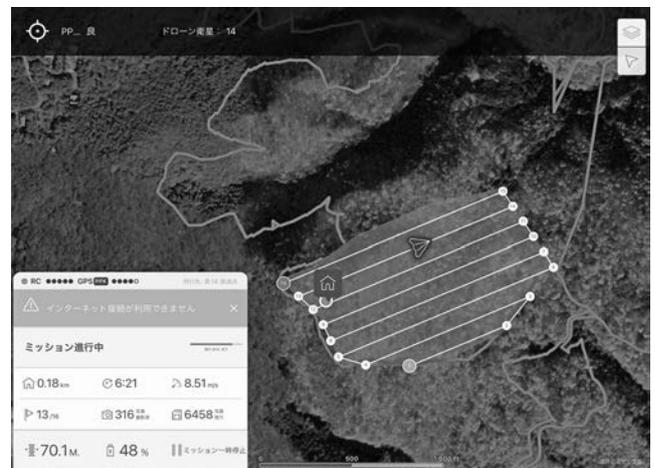
大規模造成工事では、工事の進捗管理を適切に行うために、現況地形の測量と土量の算出は不可欠である。従来の光波測量では、測量から土量算出までの作業に膨大な手間と時間を要していた。

しかし、ドローン測量を活用することにより、測量から土量管理までの作業の高速化が実現され、施工の重要なポイントにおいて進捗状況や残りの工事量を的

確に把握することが可能となった（図—9）。

ドローン測量の効果は絶大で、従来の光波測量と比較すると、測量・解析・土量計算にかかる 60 人工に対しドローン測量は 2 人工と約 1/30 に削減できた（造成面積約 60 ha を 1 回測量した場合）（表—3）。

今回採用した SmartConstructionEdge2 は、ドローンで取得した画像から SfM 処理による点群生成やオルソモザイク画像の作成、不要物除去をその場で行う「エッジコンピューティング」技術を用いている。これにより、20,000 m² の現場写真を約 150 秒で点群データ化することが可能となり、迅速かつ精度の高い出来形管理を実施することができた。



図—9 ドローン測量経路

表—3 従来測量との比較

測量方法	測量面積	現地測量・解析・土量計算
光波測量	約 60 ha	60 人工（3 パーティ）
レーザー測量		10 工（1 パーティ）
ドローン測量		2 人工（1 人）



写真—2 マシンガイダンス

5. 本工事により得られた成果と課題

工期が厳しい中で、効率的な進捗管理と省力化の向上を目的として ICT ツールを導入した大規模造成工事の施工を実施した。特に、工事着工前の計画段階における切盛土量の把握と土量配分シミュレーションは迅速な対応が求められた。航空レーザーやドローン測量による現況測量は、現地に立ち入ることなく実施でき、施工中においては重機との混在作業が不要となり、重機との接触リスクが排除された。また、測量にかかる所要時間と概算費用が大幅に削減できることが確認できた。

大規模造成工事においては、大型重機を使用し、日当たりの施工量が数万立方メートルに達するため、日々変化する土質条件や施工条件に応じて土量配分計画を変更することが非常に困難であった。また、施工途中での進捗確認においては、計画と現状の差異をいかに早期に発見し、それを施工にフィードバックするかが重要であったが、従来の平均断面法およびメッシュ法を用いた土量計算では、計算に要する時間が非常に長く、実務において十分な時間を確保することが困難であった。

しかし、これらの課題に対して、本3次元モデルなどの ICT ツールを活用することが効果的であることが分かった。日々の土量管理において、土質や施工条件の変化を即座に把握し、迅速に土量配分計画を調整することが可能となり、効率的な施工が実現した。これらの ICT ツールの活用により、大規模造成工事の生産性が向上し、省力化も達成された。

6. おわりに

ICT を活用し、従来の施工からデジタルを駆使した施工に置き換えることで、業務の効率化を省力化、安全性の向上を実現することができた。現場のデジタルツインを構築し、リアルタイムでの進捗管理や問題点の早期発見が可能となった。これにより従来では困難であった迅速な対応と計画の見直しが容易になり、全体的な施工プロセスの最適化が図られた。

今後の建設現場においては、生産性向上と省力化が一層求められる中、ICT の力を活用して現場の諸課題を克服し、さらなる効率化と省力化を目指していきたい。

JCMA

《参考文献》

- ・ 川口貴大：地理空間情報と DX THE JOURNAL OF SURVEY 測量 2023.7

【筆者紹介】

平井 崇 (ひらい たかし)
 ㈱奥村組
 ICT 統括センター イノベーション部
 i-Construction 推進課
 課長



松本 将和 (まつもと まさかず)
 コマツカスタマーサポート(株)
 直轄事業部 直轄営業部
 担当課長

