

最新 ICT 土工技術 (簡易ドローン測量、重機搭載レーザー) の紹介

渋谷 光男

一般社団法人 日本建設業連合会中国支部

i-Construction では、建設生産プロセス全体で ICT や 3D データの利活用を推進している。一方、測量データの 3D 化は、現在の測量方法では限定的な対応となっているのが実態である。この原因は、3次元測量に必要な写真測量では写真枚数が膨大なことから解析処理の複雑さが、レーザー出来形測量では盛替え手間がかかり過ぎることにある。そこで、施工中の出来高数量算出と出来形計測の効率化を図り、現場職員や監督員がいつでも容易に 3D データを利活用できることを目的として開発した 2 件の最新 ICT 土工技術について概要と現場検証の結果を報告する。

キーワード：i-Construction、ICT 施工、省力化、UAV、レーザースキャナ

1. はじめに

2016 年から国土交通省が導入した i-Construction (以下、i-Con と称す) により、起工測量および竣工時の出来形測量に UAV 写真測量が多く活用されている。UAV の高機能および低価格化によりドローン測量が注目され、急激に普及している。しかし、現状では測量事前準備や飛行操作技術、データ処理の問題などから専門業者に委託するケースが主であり、ドローン測量による日常出来高管理を現場職員が行うまでに至っていない。また、出来形計測に用いる 3D レーザースキャナは、依然高価な精密機器のため、測量業者が取り扱うケースが多く、現場の検査対応に普及するまでに至っていない。

本報告では、これらの問題点を改善し、現場職員によるドローン測量と重機オペレータによる出来形計測が容易に行える「簡易ドローン測量」と「重機搭載レーザー計測システム」を開発した経緯および現場検証の結果を報告する。

2. 簡易ドローン測量

(1) 技術の概要

切盛土工事の日々の出来高管理にドローン (UAV) による測量を活用する技術「簡易ドローン測量」(図-1) は、基準測量から点群データ解析までの一連作業に要する時間を従来比 1/3 に短縮 (表-1) し、作業所の職員が土量算出の必要性を感じた時に、手軽に出来高を算出できる技術で、道路工事の盛土作業で実証され、運用を開始した。

本技術は、基準測量に GNSS 搭載標定点 (写真-1) を利用することで、煩雑な標定点の「設置」～「測量」～「座標データの入力」といった一連の手間を省略することが可能となった。さらに、ドローンによる写真撮影時には、現場の土量管理に必要な精度確保の条件 (写真枚数、画素数、点群密度など) を設定 (表-2) することで、データサイズを抑制し、処理時間の大幅短縮を実現した。

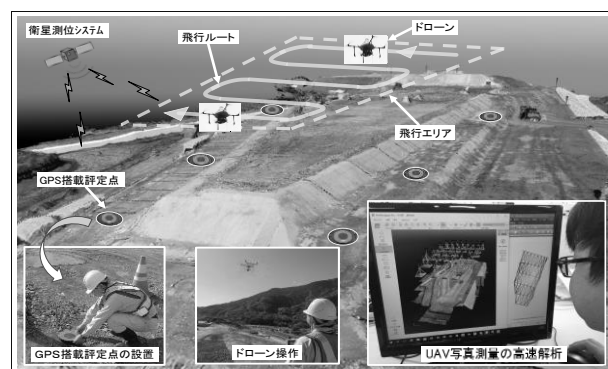


図-1 簡易ドローン測量概念図

(2) 開発の背景

従来のドローン写真測量では、事前準備として評定点を設置し、トータルステーションを用いた測量作業、写真撮影後の点群データ解析処理に膨大な費用と時間が必要である。また、せっかく設置して測量した評定点も、工事の進捗に合わせて設置・撤去を繰り返さなければならない。近年では、高額な高性能 PC や専用ソフトウェアを不要とし、インターネットブラウザ上で

一括 3D モデルを作成するサービスなども提供されている。しかし、解析処理に半日程度かかることや、出来形データの外注時の責任の所在、また山間部などでは作業所の通信環境に影響されるといった問題があった。

(3) 技術の特徴

日常の出来高管理で「簡易ドローン測量」を活用することで、適切な工程管理や生産性・品質の向上に大きく寄与する。

- ・出来高管理の地上測量が不要で、現場の測量工数とデータ処理工数を大幅削減
- ・これまで以上に安価かつ高速に日常的なドローン測量が可能
- ・ドローン測量は重機稼働中でも実施でき、測量担当職員の負担を軽減
- ・従来のドローン測量と比べ、基準測量から点群データ解析までの所要時間を大幅に短縮

表-1 測量解析時間の従来比較

※測定面積2ha(20,000m²)で検証

	手順	適用機器	従来 測量解析	簡易ドローン 測量解析
事前	① 標定点計測	GPS搭載標定点	4.0h	1.0h
測量	② UAV飛行	ドローン写真撮影	(0.5h)	(0.5h)
解析	③ 標識紐付け	座標変換ソフト	5.0h	2.0h
	④ 点群処理	空撮データ加工ソフト		
	⑤ 点群編集	点群編集ソフト		
	⑥ 3D処理	3次元CADソフト		
		時間合計	9.0h	3.0h (従来の1/3)

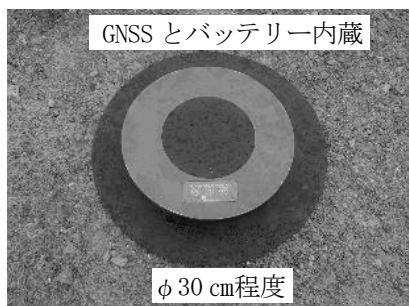


写真-1 GNSS 搭載標定点

(4) 検証結果

「簡易ドローン測量」は土量計算など日常の出来高管理において、現場で気軽かつ迅速に利用することに主眼をおいている。日々の土工事作業終了後にドローンを飛行させ、撮影写真データの点群処理から土量算出までを当日中に完了させる測量技術として開発した。本技術は、評定点設置作業の省力化と点群データ解析作業の時間短縮を図る簡易測量でありながら、出来形精度±50mmの確保と算出土量の誤差±5%以内を達成した。また、高精度の測量が必要な際には、写真撮影

時の設定条件を変更することで、従来と同様に「i-Con」での要求精度を確保することも可能となる。

表-2 簡易ドローン測量の飛行解析条件

項目	規格
飛行条件	
飛行高度	72m
解像度	2.0cm/PX
写真ラップ率	縦断80%、横断60%
機体	Phantom 4 Advanced (DJI社)
カメラセンサーサイズ	13.2mm×8.8mm (1" CMOS)
焦点距離	9mm
撮影写真サイズ	4864PX × 3648PX
地上画素寸法	2cm/PX
点群密度	22cmメッシュ



写真-2 簡易ドローン測量（盛土工で検証）

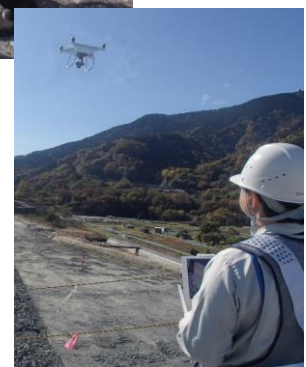


写真-3 GNSS 搭載標定点設置と UAV 飛行

2. 重機搭載レーザー計測システム

(1) 技術の概要

このシステムは重機に搭載したレーザースキャナ（以下LS）の計測により、移動しながら現場内の任意の位置で面的な出来形座標を取得するシステムである（図-2）。従来の地上型LSを用いた測量は、盛り替えに時間を要するという難点もあり、自己位置を高精度に測位でき、移動しながら計測できる技術の開発が望まれていた。

本システムは、LSとGNSS受信機、傾斜計、解析モニターで構成した（写真-4、5）。オペレータが運転席で計測ボタンを押し、計測範囲を重機が旋回スキャンすることで、GNSSが位置座標、LSが作業面までの距離、傾斜計が重機姿勢を各々計測し演算処理を行い、その結果を現況の点群データに変換する。このデータを3次元設計データと重ねあわせ、差分を色分けしたヒートマップ（写真-6）で表示することで、現況と設計を比べ切土すべきか盛土すべきかの判断や出来高土量も容易に算出できる。また、点群データを専用ソフトに取り込めば、ヒートマップの応用により規格値に比べて異なる計測箇所を色分け表示し、出来形合否判定（図-3）が可能となる。

(2) 開発の背景

近年の土工事は、建設機械のICT（情報通信技術）化により、重機運転の経験が浅いオペレータでも熟練者と同等の作業が可能になるなど目覚ましい進化を遂げている。しかし現状のICT化は、重機オペレータへ作業中の刃先位置を表示し、設計ラインを超えないよう誘導する技術であり、操作の簡便化は図れるものの、作業面全体の形状変化や設計面との差分量が分からないため、施工中の出来形精度を確認するには、巻尺やレベルを用いた計測作業が必要となっていた。また、出来形の良否は、地上型LSや従来型のUAVで計測したデータにより後処理解析で判定するため、多大な時間と労力を要しリアルタイムでの確認が行えないのが現状だった。

本システムは施工後すぐにオペレータ自らが計測し、リアルタイムな出来形良否判定を可能にすることで、施工の不具合箇所を直ちに手直しできるため、品質と生産性の向上に貢献できる。



写真-4 システム重機搭載状況



写真-5 システム構成



図-2 重機搭載レーザー計測概念図

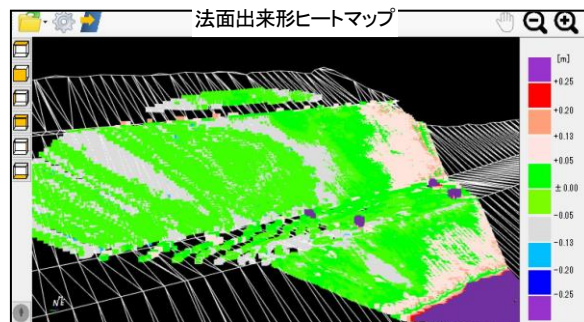


写真-6 オペレータ表示ヒートマップ

(3) 技術の特徴

- ・屋外用の安価な2次元LSを使用し、重機を旋回させて計測することで3次元データを取得できるため、高価で耐久面で課題のある3次元LSに比べ、汎用性と普及性の高いシステム
- ・作業の進捗に応じた部分的なLS計測で、簡易的な出来高数量の算出が広範囲で可能
- ・重機に外付けで容易に搭載でき、計測は運転席のタッチスクリーンで操作が可能
- ・UAV測量のように雨天・強風など作業環境や地形条件の影響を受けずに安定した測量が可能
- ・計測時間が短いため、測量作業が大幅に省力化され土工事の生産性が向上



写真-7 重機旋回速度の検証

(4) 検証結果

本システムは、岐阜県土岐市の開発造成工事に導入し精度検証(写真7, 8)を実施した。この結果、測定距離15m以内において±50mm以内の精度で計測できることが確認でき、国土交通省で示された出来形管理の基準値を満たすものとなった。また、この計測データをICT建機と連携することで、測量作業が効率化されるとともに、高精度の施工やデータ管理の簡略化が可能となり、生産性の向上につながる。

本技術は、土工事全般だけでなくダムやトンネルの施工管理への展開も可能であり、今後は様々な応用に向けて更なる機能向上を進めていきたい。



写真-8 重機姿勢角度の検証

5. おわりに

本稿では、現場のニーズに合致した、最新のICT土工技術を紹介した。2つの技術は何れも作業中の測量・計測が可能となる技術で、作業を中止することなく出来高土量や出来形が把握できるため、作業効率を大幅に向上できる。また、測量の省人化だけでなく、検査の合理化にも貢献できると考える。今後は、使用者の意見を取り入れ、より使いやすくスピーディに計測できる改良を進める所存である。

謝辞

紹介した2つの技術開発と現場検証にあたり、多岐にわたりご指導・ご協力を頂きました関係者各位に厚く御礼を申し上げます。

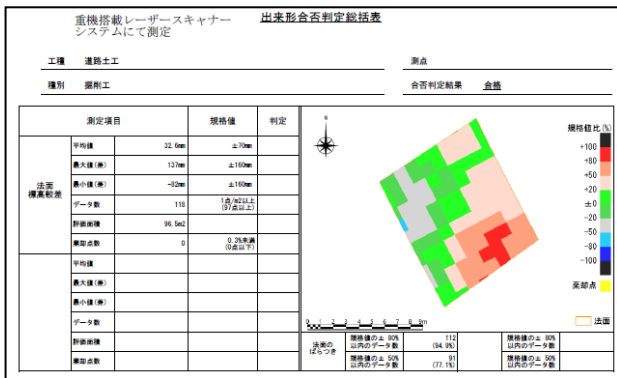


図-3 法面出来形帳票(合否判定)