

土木施工現場の3次元可視化による進捗管理の実験

原田 風渚[†] 山口 愛加[‡] 窪田 諭[†]

関西大学 環境都市工学部[†] 関西大学大学院 理工学研究科[‡]

1. はじめに

建設事業においては、生産性を向上するためにICT技術を全面的に導入するi-Constructionが進められている。ここでは、UAV（無人航空機）による空中写真測量やICT建機施工などが行われているが、工事進捗を3次元データによって可視化するための現場状況に応じた具体的な手法が明らかになっている例は少ない。これは、土木施工現場の現場毎に地形の状況が異なり、3次元データの計測や処理に工夫を施すことが必要となるためである。xyz座標の3次元情報を持つ点の集まりである点群データは、現場状況を把握するデータとして利用され、進捗を可視化することで現場把握が容易になり、業務の効率化が図られる。しかし、データの構築時間、計測方法、計測時間、精度向上などが課題として挙げられる。

本研究では、UAV空中写真測量と高所からのカメラ撮影にて得られた動画データより作成された点群データを用いる進捗管理と施工管理手法の提案を目的として、日々の工事進捗である出来高を確認する方法を提案し検証する。撮影機器と計測高度を変更し、計測時間、点群データの精度と処理時間によって評価する。

2. 研究方法

本研究では、UAVとカメラで動画を撮影し、SfM/MVS（Structure from Motion/Multiple Virtual Storage）処理によって点群データを生成する。空中写真測量において撮影機器と高さを変更し、計測時間、点群データ構築時間、および点群精度を比較する。ここでは、TLS（地上型レーザスキャナ）を現場全体の最確値とするとともに、TS（トータルステーション）測量により得られた絶対値を持つ座標点を用いて評価する。

Experiments for progress management using 3D visualization on civil engineering construction sites

[†]Kazana Harada and Satoshi Kubota

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

[‡]Aika Yamaguchi

Graduate school of Kansai University

3. 現場計測と点群データの構築

3.1 現場状況の設定

施工進捗の可視化を行うために、2021年11月1日～4日に岐阜県揖斐川町にて、仮想現場の盛土を施工前、施工後（図1）に設定して計測した。施工前後で盛土の形だけを変更する。人が立ち入ることができない場合はInspire2、UAV飛行制限場所や狭域な現場ではGoPro Hero9 Black（カメラ）にて写真測量を行う。TLSとしてFARO Focus 3D X330を利用し、現場の最確値を得る。

3.2 現場計測

TLSによる点群データを最確値とした写真測量の精度検証と進捗の可視化のために、写真上の特徴点となる白黒のマーカを4点用意した。TLS計測は現場に用意したTS座標と白黒マーカをすべて含むよう15箇所で行った（図2）。UAVを高度20mと30m、カメラを撮影高さ3mと8mとして動画を撮影した。UAVは同じ条件での写真測量を可能にするため、コース設定を



図1 施工前の盛土（左）と施工後の盛土（右）

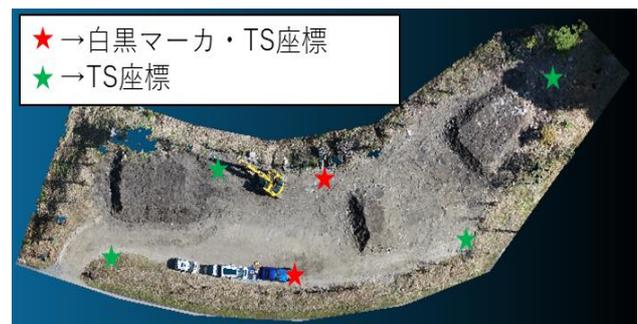


図2 白黒マーカ・TS座標位置

行い飛行させた。飛行高度は撮影機器の画角の関係より 30m で 1 往復, 20m で 2 往復とした。カメラによる撮影は仮想現場内を 1 周ですべて撮影できる高さ 8m と, 正面と内向きの 2 周で撮影できる高さ 3m とで行った。

4. 出来高管理と進捗管理

4.1 盛土工の出来高管理

施工現場の日々の進捗を定量的に把握するためには, 日々の出来高を正確に算出する必要があるが, UAV 空中写真測量を対象とする出来高算出要領は存在しない。そこで, 本研究の要求精度は, 国土交通省の「ステレオ写真測量(地上移動体)を用いた 土工の出来高算出要領(案)」[1]と「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)」[2]を参考に, TLS による点群データを最確値として ± 200 mm 以内とする。検証方法としては, 点群処理ソフト CloudCompare 内で TLS による点群データに写真測量による点群データを重ね合わせ, これらの差分を計算する。

UAV とカメラで撮影した動画を元に, Agisoft 社製 Metashape を用いて SfM/MVS 処理を施し, 点群データを構築する。空中写真測量では相対座標のみの点群が生成されるため, TS 測量で得た絶対座標のデータを 4 点に付与し, 現場実寸を測定できるようにした。ここでは付与する絶対座標数が図 2 の白黒マーカの 4 点のみでは現場全体の点群データの中央部が湾曲し, 要求精度を満たさなかった。そこで, 湾曲した部分に 2 点の TS 点を追加し, 計 6 点とした。これにより本研究で行った写真測量のすべては, 点群データの 90% 以上の点が要求精度である ± 200 mm 以内となった。出来高算出において, 計測時間, 処理時

表 1 写真測量点群の精度検証

	要求精度 ± 200 mm 以内の点数の割合 (%)			総計測時間	総処理時間
	盛土1	盛土2	盛土3		
UAV20m	92.85	95.85	99.98	3m19s	24m
UAV30m	93.89	96.16	99.98	4m58s	8m
カメラ3m	99.82	96.83	99.97	5m58s	8h30m
カメラ8m	98.47	95.71	99.83	3m43s	1h50m

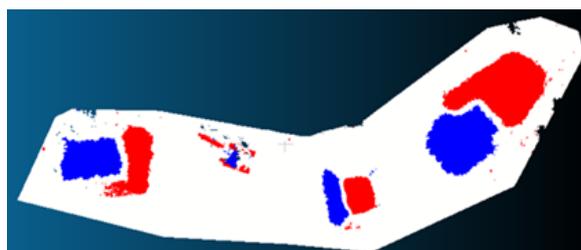


図 3 進捗カラー表示



図 4 施工前後の盛土体積の算出

間を考慮した場合に UAV30m が最も有効であるといえる。

4.2 進捗可視化

現場における工事進捗をカラー表示によって可視化する。図 3 では, 施工前に対して施工後が高さ方向にプラスであれば赤色, マイナスであれば青色, 変化が無ければ白色に表示する。工事進捗をカラー表示することにより現場状況の変化を視覚的に把握できる可能性がある。工事進捗毎に計測を行うことで施工進捗管理にも利用できる。

4.3 体積算出

現場の盛土を図 4 のように範囲指定することで体積を算出可能である。盛土と地表面の断面変化点を選択して囲うことにより土量を測定し, 現場に必要な土の搬入量などを調べることができる。また, 盛土周囲の TS 座標点などの特徴点を選択し, 盛土周辺ごと土量算出を行うことで体積変化を可視化でき, 進捗毎に体積変化を算出し, 土の締固め率の計算などに利用できる可能性がある。

5. おわりに

本研究では, 土木施工現場における出来高の算出と進捗の可視化のために, UAV とカメラによる写真測量を用いる方法を検証した。今後は, これをシステムとして利用する検討を行い, 効率的に施工進捗を可視化することを目指す。

参考文献

- [1]国土交通省：ステレオ写真測量(地上移動体)を用いた 土工の出来高算出要領(案), <<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001336378.pdf>> (2020 年 3 月)
- [2]国土交通省：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), <<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001340122.pdf>> (2020 年 3 月)