

## RTK 搭載ドローンを用いた GCP 点数削減に関する実験的研究

(株)砂子組	○正会員	八戸	政人
HELICAM(株)	非会員	丹野	宏柄
(株)エル技術コンサルタント	非会員	山本	公志
(株)砂子組	非会員	阿部	和人
(株)砂子組	非会員	千葉	大樹

## 1. 背景と研究目的

近年の建設現場においてドローン及び Structure from Motion (以下 SfM) 処理を用いた地形計測は、その利便性から急速に普及が進み、既に珍しい物では無くなりつつあるが、高精度な計測の為に必須となる地上基準点 (以下 GCP) の設置・観測・撤去には、依然として人手・時間を要し、建設現場における重要テーマの一つである、「生産性の向上」を妨げるボトルネックとなっている。GCPは、モデル全体の精度をコントロール為に必要な物だが、何らかの手法により、事前に精密なカメラ位置が明らかとなっている場合、理論上 GCP は不要となる。本研究は RTK-GNSS を搭載したドローンを用い、GCP の設置数削減について、実験および精度検証を行い、今後の計測業務における新たな基準策定の一助となることを目的とする。

## 2. 実験概要

ドローンは、中国 DJI 社、Phantom4 RTK(以下 P4R)を使用した。GNSS は NW 型 RTK(VRS)等 3 種類のモードに対応しており、本実験では VRS 方式を採用した。実験場所は北海道美唄市北美唄町 経営体北美唄地区 41 工区圃場整備現場、100m×400m の範囲内とした。圃場整備では、平坦な施工を行うため、SfM 処理において、特にレンズ歪みの影響が出やすく、通常多くの GCP 設置が求められる。今回は検証用に、国交省において定められる規定に基づいたデザインで GCP を 21 箇所設置した。

フライトは平成 30 年 10 月 22 日風力 1m の条件下で行った。飛行高度 3 パターン、ラップ率 2 パターンの計 6 パターンを、それぞれ RTK ON (A セッション)、OFF (B セッション) で撮影し、合計 12 回のフライトを行った (表 1)。尚、A-4 セッションについては、フライト途中で RTK の接続が切れるトラブルが発生した為、今回の評価対象からは外すこととした。

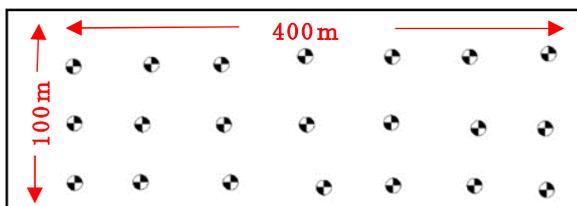


図 1 GCP 配置図

表 1 フライト一覧 ※右段 ( ) 内は撮影枚数

高度 (地上画素寸法)	ラップ率 (%)	
	80×60	60×50
30m (0.82cm)	A-1 (550枚)	A-4 (179枚)
50m (1.40cm)	A-2 (233枚)	A-5 (89枚)
70m (1.90cm)	A-3 (135枚)	A-6 (52枚)
30m (0.82cm)	B-1 (543枚)	B-4 (170枚)
50m (1.40cm)	B-2 (230枚)	B-5 (84枚)
70m (1.90cm)	B-3 (131枚)	B-6 (49枚)

## 3. 精度検証

各セッションで撮影した画像データを AGI Photo Scan Pro で解析処理を行い、精度検証を行った。先ず、各 GCP を参照せずに解析処理を行ったところ、B セッションでは数 m の誤差が認められたのに対し、A セッションでは水平誤差が 1 cm ~ 3 cm 以内に収まることが確認された。Z 方向では 10 cm ~ 50 cm 程度の顕著な誤差が見られたが、一定のオフセット誤差となっている為、平均値でオフセットした場合の標準偏差は 2 cm ~ 3 cm 程度となる。以上の結果から、P4R を RTK-ON で利用すれば、GCP を一切

キーワード ドローン, RTK, SfM, 空中写真測量, 点群

連絡先 〒060-0033 札幌市中央区北 3 条東 8 丁目 -8-4 (株)砂子組 技術管理室, TEL 011-232-8231

参照しない場合であっても,十分な水平精度が確保され,標高においても,一定量のオフセット計算を行えば,数cm以内の高精度な結果となることが判った.しかし,完全な NO-GCP による運用では,Z 方向のオフセット量が推定出来ない為,Z 精度が重要ではない場合や,緊急の災害調査時等,限定的な場面での使用となる.

#### 4. GCP 減少試験

3 の結果により,NO-GCP であっても十分な水平精度が得られることが判ったが,実際に施工現場で運用する場合は,Z 方向オフセット誤差を解消する為,必要最小限の GCP で標高値をコントロールする必要がある.使用する GCP の数とモデル全体の精度の関係性を確認するため,A-3 セッションを抽出し,徐々に GCP を減らしながら,各検証点の Z 方向誤差を確認した.GCP を 8 点~2 点まで減らし,それぞれの点群データから,各位置の Z 方向誤差量を算出した結果が図 2 である.

何れのパターンにおいても,公共測量マニュアル案で定められている 50mm 以内の精度に収まっていることが確認された.また,外周部のみの GCP を使用することに起因するモデル形状の歪みも生じていないことが確認された (図 3) .

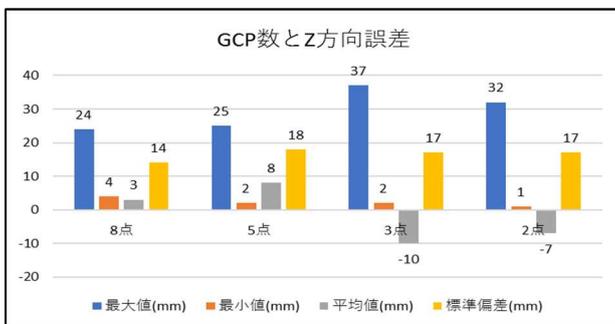


図 2 使用 GCP 数と Z 誤差の相関

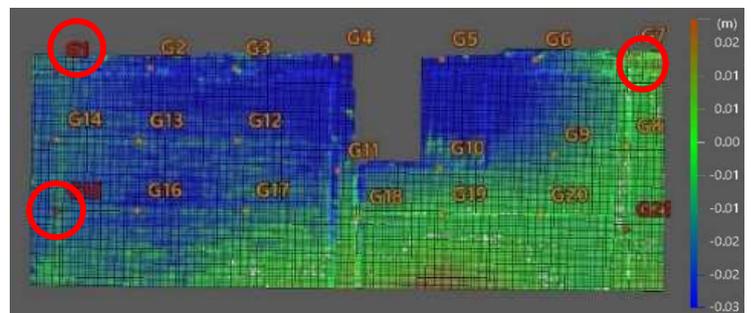


図 3 GCP 全使用時と 3 点使用時の差分評価

#### 5. まとめ

今回の研究結果では,P4R を使用することにより,GCP の設置数に依存しない高精度な結果を得られることが判った.ただし,GCP 減少試験においては,事前に Z 方向のオフセットを正確に設定した上でのモデル作成を行っており,正確なオフセット量推定の為にも,最低でも 2 点以上の GCP は必要であると考える.

#### 6. 今後に向けて

本研究では,平坦な圃場地帯での実験を行ったが,今後は,起伏の多い地形や,構造物の多い道路工事現場等においても同様の検証を行う必要がある.今回の実験では,カメラレンズの歪み率補正を,セルフ・キャリブレーションによって行ったが,正確な歪みパラメータを用いたプレ・キャリブレーションを行うことにより,更なる精度向上が期待される.また,Z 方向のオフセット誤差が発生する問題については,解析処理時に斜め撮影画像を加えることで解決できる可能性があることが判った為,詳細に検討を進めたい.今後の本格運用時においては,今回行った VRS 方式以外にも,固定局を使用した RTK や,後処理キネマティック方式等 (PPK) ,計測手法も選択肢が増える為,いち早く各種現場における,最適な設定及び処理手法の確立を目指したい.

#### 参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院 : UAV を用いた公共測量マニュアル (案) 2017
- 2) 国土交通省 : 空中写真測量 (無人航空機) を用いた出来形管理要領 (案) 2018