

棚田における UAV 地形測量の精度評価 Accuracy verification of UAV-SfM survey of terrace paddy fields

○山崎由理^{*}・岡澤宏^{*}・関山絢子^{*}・藤川智紀^{*}・島田沢彦^{*}

Yuri YAMAZAKI, Hiromu Okazawa, Ayako Sekiyama,
Tomonori Fujikawa and Sawahiko Shimada

1. はじめに

近年，無人航空機（UAV）に搭載するカメラの機能向上に加えて 3 次元構造の復元に用いられる SfM-MVS（Structure from Motion and Multi-View Stereo）技術の進展により，高精度な写真測量および地形解析が可能となってきた。たとえば，国土地理院は 2018 年に UAV を用いた公共測量マニュアル¹⁾ を公開しており，測量現場における UAV のさらなる活用が予想される。ここで，SfM-MVS で合成された画像は相対的な位置情報を有しており，地理空間座標が定義されていないため地上基準点（Ground control point ; GCP）として既知座標による緯度・経度・標高の補正が必要である。しかし，GCP の個数や配置に関する明確な指針はなく，複雑な地形における測量精度の検証に関する報告は限られている。

本研究では，傾斜地に位置する棚田を UAV 写真測量の対象とし，GCP の個数および配置を変化させた場合の地形測量の精度を比較検証した。

2. 調査概要

調査対象地は，静岡県菊川市上倉沢地区に位置する千楯棚田であり，およそ 30m の比高を有する傾斜地において水稻が栽培されている。棚田内において，2018 年 5 月 25 日に RTK-GNSS（GRS-1, TOPCON）を用いて 15 地点の座標を測位し，これらを写真測量の位置情報の補正に用いる GCP とした（Fig.1）。

本研究で用いた UAV は Mavic pro（DJI）

であり，2018 年 8 月 30 日に撮影を行った。撮影高度は 70m，オーバーラップおよびサイドラップは 80%とした。Pix4D Capture（Pix4D）を用いて経路設計を行い，自動飛行により一定の高度で撮影を行った。

取得した画像は Pix4D Mapper（Pix4D）を用いて SfM-MVS 処理を行い，位置情報の補正に用いる GCP の個数および配置を変更した 11 パターンの Digital Surface Model（DSM）を復元した。なお，12 番の GCP 地点は空撮画像からの視認が困難であったため補正対象からは除外した。Pix4D mapper の raycloud を用いて，RTK-GNSS により取得した位置情報を最確値，復元した DSM に写っている GCP 地点の位置情報を観測値として，11 パターンの DSM における水平誤差および標高誤差を算出した。なお，観測値から最確値を差し引いた偏差の 2 乗を全地点で合計し，地点数で除した値の平方根を誤差として評価した。



Fig.1 対象地の GCP 番号と設置位置

^{*} 東京農業大学地域環境科学部 Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture
キーワード：UAV, SfM-MVS, GCP, 地形測量, 棚田

3. 結果および考察

Table 1 に、11 パターンの DSM における水平誤差および標高誤差を示す。

まず、GCP による補正をしない場合は水平誤差が 1.69 m、標高誤差は 4.88 m となった。地図情報レベルと比較すると、水平誤差では 2500 (1.75 m 以内) 相当の精度を有しているものの、標高誤差が大きく公共測量の精度を満たさなかった。つぎに、GCP で補正した場合、水平誤差ではパターン①～⑨の GCP 設置パターンにおいて地図情報レベル 500 (0.25 m 以内) 相当の精度を満たしたが、パターン⑩の 3 地点の GCP を直線上に設置した場合は地図情報レベル 1000 (0.70 m 以内) 相当に精度が低下した。また、標高誤差では⑥、⑦および⑩以外の 7 パターンで地図情報レベル 250 (0.25 m 以内) の高い精度を満たした。しかし、パターン⑥および⑦の 4 角形の GCP 配置とパターン⑩の 3 地点の直線配置では地図情報レベル 2500 (0.66 m 以内) 相当の精度であった。

ここで、各パターンの誤差を比較すると、補正に用いた GCP の地点数が多いほど水平誤差および標高誤差ともに小さい値を示した。ただし、③－④、⑤－⑥および⑦－⑧のように、補正に用いた GCP の個数が同じであっても配置が異なる場合には、外周に GCP をより多く設置した方が水平誤差・標高誤差ともに小さくなった。一方、②－③、④－⑤、⑥－⑦および⑧－⑨のように GCP の配置で比較すると、外周の配置が等しい場合には、中心付近に GCP を追加した方が小さな誤差を示した。

Table 1 11 パターンの水平誤差・標高誤差および地図情報レベル

GCPの配置	補正なし	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
		14地点	6角形+ 中心1地点	6角形	5角形+ 中心1地点	5角形	4角形+ 中心1地点	4角形	3角形+ 中心1地点	3角形	3点ライン
補正GCPの番号	—	1~15 (12番除く)	1-2-3-5-9 -15 + 11	1-2-3-5-9 -15	1-2-5-9- 14 + 11	1-2-5-9- 14	1-2-5-14 + 12	1-2-5-14	1-3-9 + 11	1-3-9	4-11-15
補正GCPの地点数	0地点	14地点	7地点	6地点	6地点	5地点	5地点	4地点	4地点	3地点	3地点
水平誤差 (m)	1.69	0.162	0.162	0.169	0.203	0.196	0.232	0.244	0.194	0.198	0.271
地図情報レベル	2500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	1000
標高誤差 (m)	4.88	0.092	0.159	0.176	0.144	0.193	0.349	0.514	0.133	0.204	0.472
地図情報レベル	—	250	250	250	250	250	2500	2500	250	250	2500

4. あとがき

UAV を用いた SfM-MVS による地形測量では、GCP による補正をしない場合、標高誤差がとくに大きくなり公共測量の精度が確保できなかった。また、今回検証した GCP の設置パターンの中で最も小さな誤差を示したのは、「多数の GCP を全体に満遍なく設置」した 14 地点の GCP で補正したパターンであった。ここで、水平誤差および標高誤差と地図情報レベルの比較から、作業効率を考慮すると 5 地点以上の GCP を設置することで地図情報レベル 500 相当の精度を満たすことができると考えられる。さらに、配置方法では「外周上に多くの GCP を設置し、中心に 1 か所追加する」方法が誤差をより小さくすると考えられる。

引用文献

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)，35p. (2017 年) 謝辞：この研究は平成 30 年度東京農業大学大学院先導的実学研究プロジェクトの助成を受けて実施されたものです。