

棚田における UAV-SfM 測定の精度検証 Accuracy verification of UAV-SfM survey in terrace paddy fields

○李坤明*・山崎由理**・張可*・岡澤宏**

Konmei LI, Yuri YAMAZAKI, Ka CHOU, Hiromu OKAZAWA

1. はじめに

近年、小型 UAV の低価格化が急速に進んでおり、カメラ性能の向上によって SfM-MVS 技術を利用した農地の画像収集が行われている。そして、農業農村工学分野では農地を対象とした地形計測、作物の生長量評価などで活用されている。一方、SfM-MVS の合成画像を解析するには、高精度測量データを有する現地の GCP (Ground Control Point) と画像内の GCP とを合致させて、画像データに正確な地理的空間座標を付記する必要がある。しかし、農地のなかでも傾斜地において GCP の個数や配置が合成画像の位置データに及ぼす影響を検討した事例は少ない。ここでは、傾斜地に展開する棚田を対象に、GCP の個数と配置が UAV による UAV-SfM 測定の精度に及ぼす影響を検証した。

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框棚田である。千框棚田は、およそ 30m の比高を有する傾斜地であり、水田の形や規模が不揃いであることが特徴である。

棚田内において、RTK-GNSS 測量器 (GRS-1, TOPCON) を用いて 22 地点の座標を測位した (Fig.1)。また、RTK で測位した全 22 地点は、9 地点を写真測量の位置情報の補正に用いる GCP とし、残りの地点を検証点 (11~22 点) とした。なお、本研究で使用した UAV は Phantom 3 advanced であり、2019 年 5 月 13 日 (晴れ) に空撮を行った。空撮には Pix4D capture (Pix4D) を用いた。撮影高度は 50m、オーバーラップ率は 80% で一定とし、サイドラップ率は 70%, 60%, 50% の 3 パターンの飛行経路を設計した。取得した画像は、Pix4D mapper (Pix4D) を用いて SfM-MVS 処理を行った。ここでは、位置情報の補正に用いる GCP の数および配置を変更した 12 パターンに GCP 補正を行わないものを加えた 13 パターンの画像を合成した。

位置精度の検証には ArcGIS (Ver.10.6) を用いた。ArcGIS に読み込んだ 13 パターンの画像上の検証点の位置にポイントを作成し、各検証点の座標値 (観測値) を取得した後、RTK-GNSS の測位座標を最確値として観測値との水平誤差を算出した。

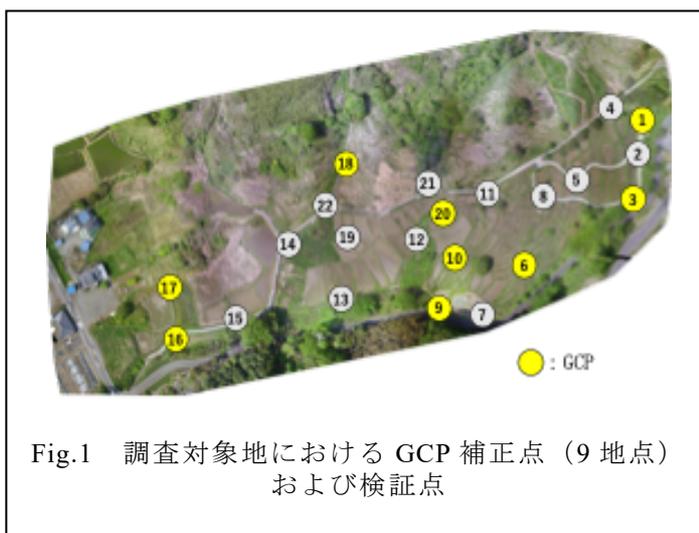


Fig.1 調査対象地における GCP 補正点 (9 地点) および検証点

* 東京農業大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** 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

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地図情報レベル（国土地理院）と比較した。

3. 結果および考察

Table 1 に、15 パターンの GCP 補正における水平誤差を示す。

まず、サイドラップ率 70% (S70)、60% (S60) および 50% (S50) において 15 パターンの画像の水平誤差はそれぞれ 0.137m~3.110m(S70)、0.116m~11.622m (S60) および 0.120m~9.781m (S50) となった。また、15 パターンの画像の水平誤差の平均値は、0.942m (S70)、1.385m (S60) および 2.838m (S50) と、サイドラップ率が高いほど水平誤差の平均値は小さい傾向を示した。

つぎに、GCP の個数および配置ごとに水平誤差を比較すると、いずれのサイドラップ率でも GCP 数が 6 個以上または多角形の頂点が 5 個以上（パターン①~⑦）の設置パターンにおいて地図情報レベル 1,000 (0.700m 以内) の精度を満たした。ただし、S60 のパターン⑤では水平誤差が地図情報レベル 1,000 よりもわずかに大きくなった。一方、GCP 数が 4 個以下または多角形の頂点が 4 個以下（パターン⑧~⑬）では水平誤差が大きくなり、とくに、サイドラップ率 50%では地図情報レベル 10,000 相当もしくは基準を満たさない場合も確認された。

ここで、サイドラップ率は飛行経路の折り返し数および飛行時間に大きく影響していることから、サイドラップ率を低くすることで飛行時間を短縮することができ、広範囲の効率的な空撮が可能となる。対象地において、サイドラップ率 70%では GCP を 6 個以上設置することで地図情報レベル 500 相当の精度を確保できた。一方、サイドラップ率 60%の場合は、GCP を 7 個以上設置することにより、地図情報レベル 500 相当の精度を得られる。このことから、サイドラップ率を下げる場合には GCP 数を増やすことで測量精度を維持することができると考えられる。

GCP数	GCPの配置	GCPのNo.	水平誤差 (m)			
			S70	S60	S50	
①	9	7角形+中心2点	1-3-6-9-10-16-17-18-20	0.358	0.116	0.120
②	8	7角形+中心点	1-3-6-9-16-17-18-20	0.163	0.124	0.315
③	7	7角形	1-3-9-16-17-18-20	0.137	0.133	0.289
④	7	6角形+中心点	1-3-6-9-16-17-18	0.151	0.129	0.294
⑤	6	6角形	1-3-16-17-18-20	0.177	0.863	0.297
⑥	6	5角形+中心点	1-3-9-16-17-18	0.237	0.296	0.303
⑦	5	5角形	1-3-16-17-18	0.285	0.283	0.291
⑧	5	4角形+中心点	1-3-16-17-20	2.167	0.150	6.271
⑨	4	4角形	1-3-16-17	null	11.622	4.423
⑩	4	3角形+中心点	1-9-17-20	2.178	0.742	9.781
⑪	3	3角形	1-9-17	3.110	null	9.140
⑫	3	ライン	1-16-20	0.757	null	4.325
⑬	0	なし	-	1.585	0.780	1.042
平均				0.942	1.385	2.838

250	500	1000	2500	5000	10000
0.120以内	0.250以内	0.700以内	1.750以内	3.500以内	7.000以内