

# UAV を活用した三次元再構成の精度検証

第一工業大学 学生会員 ○剥岩 智成  
 第一工業大学 正会員 田中 龍児  
 鹿児島大学 正会員 長山 昭夫

## 1. はじめに

近年、無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle, 以下「UAV」という.) の利活用が急速に進み、調査・測量、インフラ点検等の多くの分野で利活用されるようになった。一昨年の熊本地震では、立ち入りのできない条件下における早期被災状況の把握のために、動画や静止画が空撮され、インターネットでも多数公開された。UAV は有人航空機よりも低空で飛行でき、より高解像度の画像が取得できるため、今後ますますその活用が期待されている。しかしながら、撮影対象地が長大で高低差の大きい傾斜面では、基準面に平行に撮影する方法では、精度が不均一となることが指摘されている<sup>1)</sup>。また、UAV 搭載のカメラは測量を目的として開発された製品ではないため、内部標定要素の調整計算にも問題があることが指摘されている<sup>2)</sup>。本稿では、撮影高度の違いによる精度検証およびカメラレンズのキャリブレーションの検証結果について報告する。

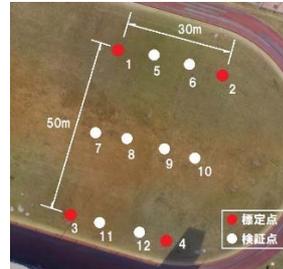


図-1 標定点と検証点



図-2 対空標識

## 2. 使用した UAV および撮影元

使用した UAV の諸元を表-1 に示す。搭載カメラの諸元を表-2 に示す。撮影はフリーソフトの自律飛行プログラム Altizure を用い、オーバーラップ 80%、サイドラップ 60%以上で、撮影高度を 10m, 20m, 30m, 40m, 50m と変化させ、平坦な同一範囲の静止画を撮影した。図-1 は、標定点と検証点である。図-2 は、使用した対空標識であり、検証点範囲 (30m × 50m) の 4 隅を標定点とし、他の 8 点を検証点とした。

表-1 UAV の諸元

項目	概要
機体	DJI, PHANTOM3 STANDARD, 1.3kg
操縦装置	DJI, PHANTOM3 STANDARD専用GC390wA
最高速度	16m/s
飛行最大距離	500m

表-2 カメラ諸元

項目	概要
画角	94°
焦点距離	20mm/35mm
動画画素数	2.7K(2.704 × 1.520ドット)/30fps
センサーサイズ	1/2.3型(6.2 × 4.7mm)

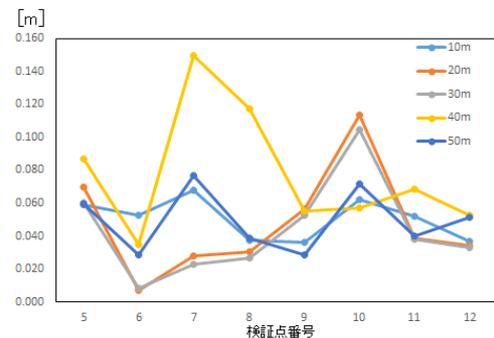


図-3 水平位置の測定値と実測値の差

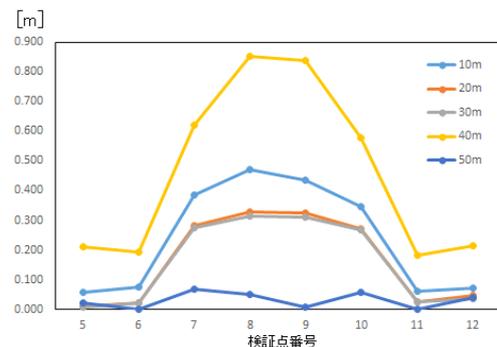


図-4 標高の測定値と実測値の差

## 3. 撮影高度の違いによる精度の検証

解析には、3次元再構成ソフト Photo Scan Professional Edition (以下「Photo Scan」という.) を用いた。検証点の水平位置と標高は、ソフトの中で「推定値」と表示された数値を、トータルステーションによる実測値と比較した。

その結果、撮影高度 10m では、地上基準点の平均二乗誤差の最大値は 0.11m, 最小値は 0.07m。撮影高度 20m では、最大値は 0.09m, 最小値は 0.02m。撮影高度 30m では、最大値は 0.09m, 最小値は 0.03m。撮影高度 40m では、最大値は 0.13m, 最小値は 0.07m。撮影高度 50m では、最大値は 0.10m, 最小値は 0.08m。

という結果が得られた。検証点における水平位置の測定値と実測値の差を図-3に示す。また、標高の測定値と実測値の差を図-4に示す。

#### 4. キャリブレーションの検証

撮影高度 40m で撮影された 30 枚の静止画を用い、標定点設定なし、ありの場合のセルフキャリブレーションと独立したキャリブレーションの 4 パターンについて、Photo Scan で SfM / MVS (Structure from Motion / Multi view stereo) を作成し、形状を比較した。図-5(a), (b)にその結果を示す。



標定点なし

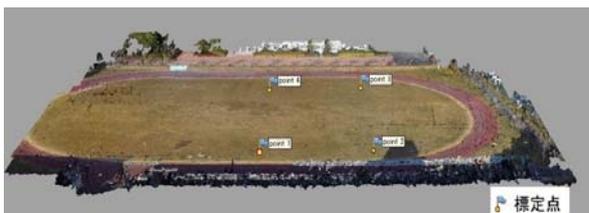


標定点あり

図-5(a) セルフキャリブレーション



標定点なし



標定点あり

図-5(b) 独立したキャリブレーション

#### 5. 考察

##### (1) 撮影高度の違いによる SfM 精度の比較

従来の写真測量の原理では、撮影高度が高くなると写真縮尺が小さくなり精度も悪くなるが、SfM の場合は、水平位置の精度は図-3に示す通り検証点位置によってばらつきはあるものの、撮影高度との関係は見られない。これに対して標高の精度は、図-4に示す通り、撮影高度 40m を除き、50m の精度が最も高く、10m から 30m ではこの順に精度が悪くなるといった逆転の現象が見られた。標高の精度に関し

ても本検証のような 50m 程度の撮影高度では SfM の精度に影響しないという結果になった。また、図-4において、検証点番号 7~10 の誤差が大きいが、撮影範囲の中央付近であり、標定点から離れているためであると考えられる。このことから、外側標定点は、計測対象範囲を囲むように配置し、内側標定点は、最低 1 点とする必要性が示された。

##### (2) キャリブレーションの影響

図-5(a)より、セルフキャリブレーションの場合は、標定点の有無に関係なく全体が湾曲している。標定点がある場合、標定点に囲まれた部分は平坦に見えるが、他は逆に湾曲が大きくなっている。これに対して、独立したキャリブレーションを設定すると(図-5(b))、標定点が無くても平坦になっており、キャリブレーションの効果が出ている。このことから、UAV に搭載されたカメラを用いる場合は、セルフキャリブレーションではなく、予め計測されたキャリブレーション係数を設定してから、SfM / MVS を作成すべきである。

#### 6. まとめ

SfM はコンピュータビジョンやロボットビジョンからきた概念であり、バンドル法を用いることなど基本的な部分は従来の写真測量の解析法と同じである。しかし、それと大きく異なるのは、カメラの位置・姿勢推定(外部標定)が自動で行われることである。また、内部標定も自動で行う(セルフキャリブレーション)ことが多い。そのため、同じ静止画を用いても、使用するソフトにより、あるいは、わずかな条件の違いでも精度が大きく異なる場合があり、その挙動は複雑である。公共測量マニュアル(案)<sup>3)</sup>では、カメラキャリブレーションに関して、「セルフキャリブレーションを標準とし、独立したカメラキャリブレーションは必ずしも求めない。」となっており注意を要する。今後さらに検討を進める必要がある。

謝辞:本研究は、(公財)鹿児島県建設技術センターの助成により実施された。ここに記して、謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 松田裕也:長大法面における空中写真測量による出来形管理,平成29年度近畿地方整備局研究発表会論文集,12.
- 2) 菅井秀翔,宮地邦英,中村孝之,南秀和,橘克巳: UAV を活用した写真測量の精度検証,国土地理院時報,129,2017.
- 3) 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),平成29年3月改正.