

# ドローンとフリーSfMによる低コスト写真測量の精度

宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科 日高静公・櫻井倫

## 1. はじめに

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)の活用は林業分野でも大きく進んでいる。現在のところ、森林や崩壊地の測量、林相の確認、資源量の把握など、空中から画像を撮影し、その画像を活用して何らかの処理を行い、結果を得るのが主な用途である。また、造林用の苗木の運搬、架線集材におけるリードロープの運搬などにも用いられている。

このうち森林資源の把握とはすなわち立木の位置（樹頂点）と樹高、樹冠の把握であり、樹冠をふくむ森林の表層の高さ、および地表面の高さを得ることにより行われる。森林の測量も含め、このように、任意の地点の「高さ」を得るためにドローンを飛行させるということが多い。

ドローンを用いて高さを把握する手段として、現在主流となっているものは2種類がある。ひとつはLiDARを用いたレーザー測量であり、もうひとつが複数の画像を撮影してその視差によりドローンとの距離を計算するSfM(Structure from Motion)測量である。レーザー測量にはLiDAR装置を搭載したドローンが必要となるため、数百万円するような高価なドローンが必要となり、小規模な事業者が多い林業ではなかなか入手が難しい。一方SfM測量はレーザー測量と比較すれば安価であるが、ドローンの費用が1台数十万円、またSfM処理を行うソフトウェアも数十万円を要し、やはり簡単に手が出せる金額ではない。

一方で、SfMソフトウェアには導入の難易度はやや高いものの、無料でインストール可能なソフトウェアが存在する(光田ら 2021)。また、ドローンにも十万円を切りながら屋外での安定した飛行を実現した安価な期待が発売されており、SfM測量導入の経済的ハードルは下がってきている。

そこで本研究では、安価なドローンとSfMソフトウェアによる低廉な写真測量の可能性を検討するため、小型で安価なドローンと無料のSfMソフトウェアによる写真測量で得られたDSMを、従来の手法により得られたDSMと比較することによりその精度についての検証を行った。

## 2. 方法

調査は、宮崎大学農学部附属田野フィールド21林班に4・に5小班の主伐跡地を用いて行った。ドローンは、小型で安価なドローンとしてDJI社のDJI Mini 2、通常用いられるドローンとして同じくDJI社のDJI Air 2S、Phantom 4 Proを用いた。値段は、DJI Mini 2が59,400円でDJI Air 2Sが143,800円、Phantom 4 Proが207,680円であり、主な性能は表-

1に示す通りである。

これらのドローンで撮影した画像を、無料の SfM ソフトウェアである WebODM と有料の SfM ソフトウェアである Pix4D mapper (サブスクリプション 45,000 円/年, 買い切り 865,000 円) を用いて DSM に変換した。WebODM は web ブラウザ上で動作する SfM ソフトウェアで、ドローンの空撮画像からオルソ写真や DSM(Digital Surface model)等を無料で誰でも作成することが可能である。また Pix4D mapper はスイスの Pix4D 社がドローン測量のために開発したソフトであり、土木工事等にも用いられている。

DSM の精度の評価は、高精度の GNSS-RTK 測量結果より得られた測点の標高を、SfM より得た DSM の標高と比較することを行った。GNSS の標高を真値と想定し、DSM の標高は誤差を含んでいるものとした。

精度を評価した測点は図-1 に示す、対象地域内の 185 点である。また、DSM 作成にあたっては、高い精度での測量を実現するために GCP を範囲内に 5 点設定した。評価基準は各測点における標高の真値 (GNSS 測量値) と DSM との誤差の平均とするのが一般的であるが、ここでは全測点の誤差の分散を用いて評価した。これは、図-2 に示す、真の地形にまとりつくような DSM (図-2, DSM-A) と各測点において真の地形から等量ずれた DSM (DSM-B) では、誤差としては DSM-A が小さいものの、地形の再現度を考えると DSM-B のほうが優れているとも解釈できるためである。



図-1 測点の位置

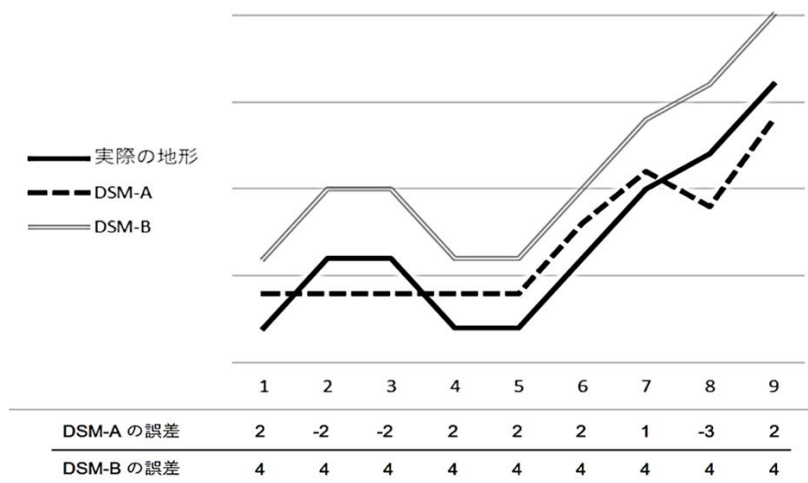


図-2 誤差のモデル

表-1 ドローンの性能

機種名	DJI Mini 2	DJI Air 2
質量	199g	570g
カメラセンサー	1/2.3 インチ CMOS 有効画素数：12 MP	1 インチ CMOS 有効画素数：20 MP
カメラサイズ	FOV：83° 35 mm 判換算：24 mm 絞り：F2.8 フォーカス範囲：1m~∞	FOV：83° 35 mm 判換算：24 mm 絞り：F2.8 フォーカス範囲：1m~∞
カメラ ISO	動画： 100~3200 (オート) 100~3200 (マニュアル) 写真： 100~3200 (オート) 100~3200 (マニュアル)	動画： 100-3200 (オート) 100-6400 (マニュアル) 写真： 100-3200 (オート) 100-12800 (マニュアル)

### 3. 結果

ドローンと SfM ソフトウェアの組み合わせによる誤差の分散を表-2に、誤差の平均を表-3に示す。に示すとおりとなった。SfM ソフトウェアの差を検討すると、誤算分散、平均とも Pix 4D mapperの方が小さい

表-3 誤差の平均(m)

	DJI Mini 2	DJI Air2S
WebODM	0.194	0.217
Pix4D Mapper	0.117	0.134

傾向があった。ドローンの差について検討すると、Phantom 4 の画像から得られた DSM において、誤算の分散がやや大きくなったが、t 検定の結果はソフトウェア、ドローンの違いによる有意差は見られなかった。

### 4. 考察

今回の結果から、SfM ソフトウェアの違いにおいて DSM の精度にわずかな差が見られた。ただし、SfM 処理に用いたコンピュータの性能により WebODM では画像の解像度を下げて処理せざるをえなかったため、十分に高性能な PC を用いることができれば有料ソフトと同等な精度が可能となる可能性もある。また精度に差があるとはいえ、両者で有意差は検出されず、また 1cm~2.5cm 程度の差であることから、WebODM でも十分に実用に耐える DSM が得られたと言える。

一方、機体差でみると、高価である Air2S のほうが誤差の平均、分散ともわずかながら大きくなった。ただし有意差が検出されないほどのわずかな違いであり、Air2S と Mini2 を順番に飛ばして撮影を行ったため、その時々画像の明るさ、影の長さ等により影響を受けた可能性も高いと思われる。しかしながら、安価な Mini2 であっても、すくなくとも画像の面からは十分に SfM 用途に耐えられることが示された。

これらのことから、安価なドローンとフリーSfM を用いて低コストで作成した DSM であっても、十分に実用可能な精度をもっていると言える。

### 5. おわりに

本研究により、空中写真測量の低コスト化の可能性を示すことができた。今回は裸地および幼木のみが存在する、SfM 処理に好条件の場所で行ったが、今後成林した林分で同様の実験を行うとまた違う結果となることも考えられる。適用条件を突き詰めることで、低コスト SfM 測量の可能性をさらに示していきたい。

### 引用文献

光田 靖 (2021) 林業の実務における UAV の活用推進にむけたオープンソースソフトウェアの導入. 景観生態学 26(1): 15-21.