

UAV を用いた SfM 写真測量における写真重複度と地上画素寸法が精度に与える影響

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○曾我 敦也
 八戸工業高等専門学校 正会員 小屋畑 勝太
 八戸工業高等専門学校 正会員 藤原 広和

1. はじめに

我が国は少子高齢化の進展により、生産労働人口の減少や財政状況の悪化が懸念されている。建設業界では、ICT・ロボット・AI等の新技術を導入し、生産性の向上を図る取り組みが推進されている。新技術の中で、UAVを用いたSfM写真測量は急速に普及が進んでいる。しかし、その観測方法が十分に確立されていないのが現状である¹⁾。2018 高橋ら²⁾により、適正なカメラ条件及び空撮条件が提案された。本研究では、写真重複度及び地上画素寸法について、詳細に分析した。そして、これらの空撮条件が地形推定の精度に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 観測機器及び調査対象地

UAVによる観測ではDJI Phantom4 (P4), Matrice600 (M600)を使用した(図1)。八戸高専グラウンドを観測対象地とし、既知座標値を与える標定点(赤/6点)と推定座標値の精度を検証する検証点(青/10点)を、図2のように配置した。これらの標定点及び検証点の座標値は、GNSS-RTK法により観測した。SfMソフトウェアは、PhotoScan (Agisoft 社製)を使用した。

2.2 観測方法

SfM写真測量の観測手順を図3に示す。各検証点におけるGNSS測定値とSfM推定値の差を算出し、平均二乗誤差RMSEを整理して、空撮条件が精度に与える影響を分析した。空撮条件を以下にまとめる。

(1) 写真重複度

写真重複度は観測された画像の緻密さ(量)を表す。P4及び付属カメラ(焦点距離 $f=8.8\text{mm}$)を使用して、地上画素寸法 $R=20\text{mm}$ に設定した。オーバーラップ $OL=10\text{-}90\%$ とサイドラップ $SL=10\text{-}90\%$ を10%ごとに変化させた各9条件を観測した。そして、 OL と SL それぞれ組み合わせた全81条件を対象とした。



(a) Phantom4



(b) Matrice600

図1 観測用 UAV



図2 標定点と検証点の配置

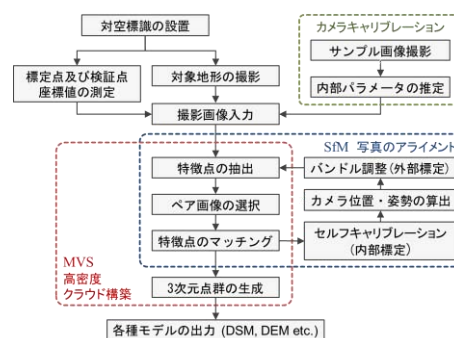


図3 UAV-SfM 写真測量の観測手順

(2) 地上画素寸法

地上画素寸法は画像の精細さ(質)を表す。M600に単焦点レンズ SEL50F18 ($f=50\text{mm}$)を装着したカメラ(SONY $\alpha 6000$)を使用して、 $R=5.0, 7.5, 10\text{mm}$ の飛行高度で観測した。また、2018 高橋ら²⁾によって取得された $R=10, 20, 30\text{mm}$ ($f=16\text{mm}$)の結果も合わせて比較した。各地上画素寸法において $OL=90, 80, 70\%$ 、 $SL=70, 60, 50\%$ を組み合わせた全54条件を対象とした。

キーワード：無人航空機，写真測量，写真重複度，地上画素寸法

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1

3. 結果および考察

3.1 写真重複度が精度に与える影響

各写真重複度 OL - SL における平面方向の $RMSE_{xy}$ を図4にまとめた。 $SL40\%$ 以下- $OL50\%$ 以下では誤差が著しく増大し、評価不能（表示：赤）と判断した。写真重複度が低い場合、隣接画像の重なりが過小となり、SfM 計算過程で特徴点を抽出できなくなると考えられる。一方、 $SL90\%$ - $OL90\%$ 付近では、サンプル画像が多く適用され、より緻密に計算されるが、逆に誤差が高まることが確認された。結果として、 $SL40\%$ - $OL80\%$ で $RMSE_{xy}=7.5\text{mm}$ で最小となった。

地上レーザースキャナの DEM との差分を算出し、整理した高さ方向の誤差 e_z 分布を図5に示す。写真重複度が高い $SL90\%$ - $OL90\%$ では、北側において青色が徐々に濃くなり、推定地形の湾曲化が確認された。

3.2 地上画素寸法が精度に与える影響

地上画素寸法 $R=5.0, 7.5, 10\text{mm}$ ($f=50\text{mm}$) と $R=10, 20, 30\text{mm}$ ($f=16\text{mm}$) における平面方向の $RMSE_{xy}$ を図6にまとめた。地上画素寸法が小さいほど高解像度なサンプル画像が適用される。しかし、 $R=5.0\text{mm}$ では精度が向上せず、写真重複度を高めると、推定地形が湾曲化して、逆に誤差が著しく増大した。このような条件では、撮影範囲が狭く、写真重複度を高めると、標定点の写らない画像の割合が増加する。その結果、内部パラメータの補正が十分機能せず、画像の歪みが蓄積して、推定地形を湾曲化させると考えられる。

画像枚数と計算時間の関係を図7に示す。この結果から、画像枚数は計算負荷を高めることが確認できる。また、地上画素寸法-焦点距離ごとに整理して二次近似すると、良好な相関性が示された。計算時間は画像枚数の他、撮影範囲に依存すると推察される。

4. まとめ

SfM 写真測量に適用する空撮画像の写真重複度・地上画素寸法を向上させると、推定地形の湾曲化が逆に精度を悪化させる要因となる。さらに、作業コストや計算負荷を考慮すると、空撮画像の高解像度化や緻密化は有効ではないと言える。一方、地上画素寸法が大きい場合は、地表の細かい凹凸が簡略化・平滑化されて植生や地物を再現できない等の欠点がある。このように、空撮条件が成果物に与える影響を十分に把握した上で、観測を実施していく必要がある。

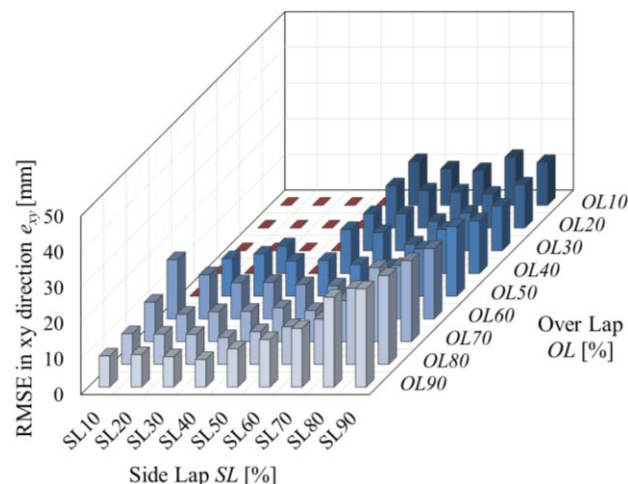
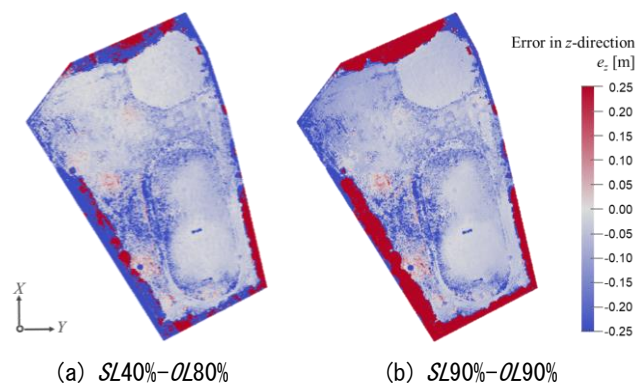


図4 写真重複度による平面方向の $RMSE_{xy}$ の変化



(a) $SL40\%$ - $OL80\%$

(b) $SL90\%$ - $OL90\%$

図5 写真重複度による高さ方向の誤差 e_z 分布の変化

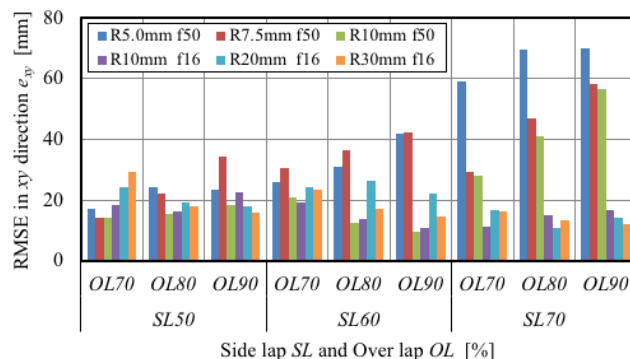


図6 地上画素寸法による平面方向の $RMSE_{xy}$ の変化

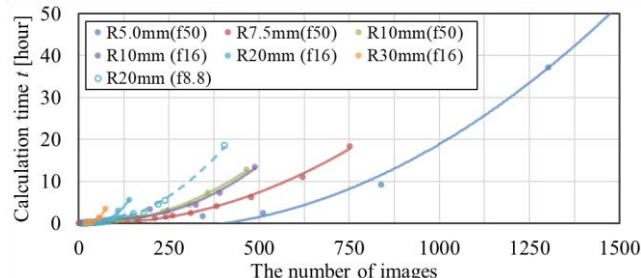


図7 各地上画素寸法における画像枚数と計算時間の関係

参考文献

- 菅井秀翔ら：UAV を活用した写真測量の精度検証，国土地理院時報，2017，No.129，pp.147-157.
- 高橋知世，小屋畑勝太，藤原広和：UAV を用いた写真測量に関する観測条件の適正化，土木学会東北支部技術研究発表会概要集 CD-ROM，IV-24，2019.