

速報

リサイズ処理により作成したオルソ画像と
3次元点群データの位置ずれの評価*¹鎌田政諒*²

鎌田政諒：リサイズ処理により作成したオルソ画像と3次元点群データの位置ずれの評価 九州森林研究 75：113－116, 2022 近年、SfM技術を用いてUAVの撮影写真群からオルソ画像や3次元点群データを作成する機会が増えたが、処理に時間がかかることや容量の大きさがこの技術を広く活用する上で障害となると考えられる。そこで、処理の高速化と容量の削減を目的として、予めリサイズ（解像度を下げる）処理した写真群を用いてデータを作成し、リサイズ無処理のデータとの位置ずれの評価を行った。その結果、無処理の場合と比べて、オルソ画像・3次元点群データともに撮影範囲の広がりが大きくなるほど、解像度を下げるほど位置ずれが大きくなる傾向が認められた。また、オルソ画像の面積は解像度を下げるほど減少する傾向が認められた。この方法により、オルソ画像作成にかかる時間的・物理的な負担を大幅に削減でき、かつ、森林整備事業の申請に適用できることが示唆された。

キーワード：UAV、リサイズ、SfM、オルソ画像、3次元点群データ

I. はじめに

近年、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の普及により、高解像度の写真データを取得できるようになった (村上, 2018)。この写真データから SfM (Structure from Motion) 技術によりオルソ画像や3次元点群データを作成でき、測量や土量計算等様々に活用されている。林業分野においても、森林整備事業の申請にオルソ画像の使用が可能となり (林野庁, 2020 a)、今後 UAV や SfM 技術を使用する機会が増えると考えられる。一方、航空写真測量に使われる UAV に搭載されたカメラは高画素数であり保存される写真容量も大きい。そのため、このような画像を SfM により処理するには大きな計算リソースが必要となり、作成されるモデルの精度や計算に係る時間は使用する計算機の能力に依存する (内山, 2014)。また、作成されたオルソ画像や3次元点群データは容量が大きく、処理性能の高くない PC では表示に時間がかかることやフリーズ状態となることがある。これらの現象は、SfM 成果物を多くの媒体で使用する上で不都合である。そこで本研究では、処理時間と成果物の容量の軽減を目的として、予め UAV で撮影した写真の解像度を下げる処理 (以降、リサイズ処理と呼称する) をして容量を落としてから SfM 処理をおこない、オルソ画像と3次元点群データを作成した。本稿では、それらのデータの位置ずれや面積、処理時間、容量を元の画質のままの画像 (以降、元画質と呼称する) を用いて作成したデータと比較して評価し、実用可能であるかを検討した。

II. 方法

1. 試験地と飛行条件

オルソ画像と3次元点群データを作成する試験地として、長崎県農林技術開発センター内に試験地1 (苗畑) と試験地2 (圃

表-1. 使用機体、アプリおよび飛行条件

試験地	使用機体	使用アプリ	飛行高度 (m)	オーバーラップ (%)	サイドラップ (%)	撮影枚数 (枚)
1	Mavic2Pro	DJI GS PRO	15	80	80	174
2	(DJI 社)	(DJI 社)	70			229

場) の2つを設定した。撮影範囲は前者が約0.1 ha、後者が約5.0 haである。2つの試験地にはそれぞれ撮影範囲に対し偏らないよう5つの対空標識を設置し、位置ずれの測定の基準とした。各試験地の使用機体と撮影条件は表-1のようにし、自動航行により写真データを得た。

2. リサイズ処理

UAVにより撮影された画像は、フリーソフトウェアのリサイズ超簡単! PRO (千葉, 2021)によりリサイズ処理を行った。保存フォーマットはJPG、保存品質は80に設定し、Exif情報を継承するようにした。使用したUAVの写真の画素数は5472×3648ピクセルであり、リサイズ後の縦横の画素数がそれぞれ1/2、1/3となるように、処理画面の数値を2736×1824ピクセル、1824×1216ピクセルに設定した。最終的に写真の画素数はそれぞれ1/4、1/9となるため、今後これらを1/4処理、1/9処理と呼称する。また、リサイズ処理にかかる時間を計測した。

3. SfM処理

SfM処理に用いたPC、ソフトウェアを表-2に、主要な処理条件と成果物の出力形式を表-3に示した。これらの条件をもとに、元画質、1/4処理、1/9処理の写真群をSfM処理に供した。オルソ画像と3次元点群データの座標系はJGD 2000平面直角座標1系とした。すべての処理の終了後、レポートを出力し各オルソ画像の平均地上解像度と各処理工程にかかった時間を記録した。

*1 Kamada, M.: Evaluation of the position gap of ortho images and 3 D point cloud data created by resizing processing.

*2 長崎県農林技術開発センター森林研究部門 Nagasaki Agri. & Forestry Tech. Dev. Center, Isahaya Nagasaki 854 - 0063, Japan

表-2. PC 構成と SfM ソフトウェア

OS	CPU	RAM	GPU	SfM ソフトウェア
Windows10 Pro	Core i9-9900K	64GB	GeForce RTX 2080 Ti (NVIDIA 社)	Metashape Professional Ver.1.6.5 (Agisoft 社)

表-3. 主要な処理条件と成果物の出力形式

アラインメント精度	高密度クラウド品質	メッシュ構築	オルソ画像出力形式	3次元点群データ出力形式
中	中	サーフェイス：自由形状 ソース：高密度クラウド	GeoTIFF (LZW 圧縮)	LAS

表-4. 対空標識ごとの位置ずれとずれ方角

試験地	評価内容	画質	対空標識番号					平均±標準偏差
			1	2	3	4	5	
1	位置ずれ (cm)	1/4処理	8.4	8.5	9.3	8.5	9.0	8.7±0.4
		1/9処理	25.0	14.2	34.9	59.1	63.3	39.3±21.3
	ずれ方角 (°)	1/4処理	168.5	156.7	163	166.9	166.3	164.3±4.7
		1/9処理	258.7	103.3	150.7	177.2	203.0	178.6±58.0
2	位置ずれ (cm)	1/4処理	45.7	32.4	56.7	46.5	47.4	45.7±8.7
		1/9処理	131.8	88.9	179.6	166.3	143.9	142.1±35.1
	ずれ方角 (°)	1/4処理	286.0	333.1	40.5	123.0	242.8	205.1±120.6
		1/9処理	283.6	338.9	44.1	122.7	236.9	205.2±120.2

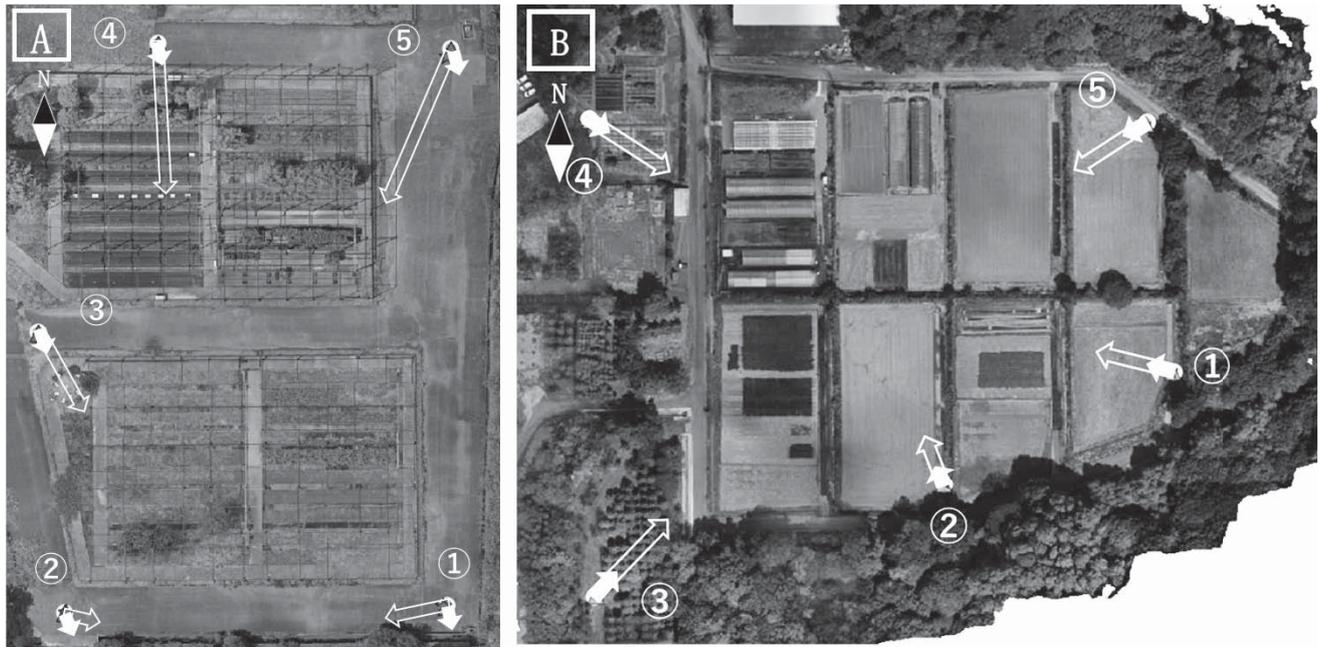


図-1. 試験地 1 (A) と試験地 2 (B) の位置ずれとずれ方角

注) 図中の①～⑤は対空標識の番号, 白塗りの矢印が1/4処理画質, 枠線のみ矢印が1/9処理画質を表し, 矢印の長さをずれの大きさ, 向きをずれの方角として表現している。長さは約16倍に誇張し表現している。

4. オルソ画像の解析

作成されたオルソ画像3枚(元画質, 1/4処理, 1/9処理)を試験地ごとに QGIS Ver.3.10.13で読み込み, 5つの対空標識の真中にそれぞれポイントを打点した。元画質のポイントを基準に, 1/4処理, 1/9処理で2点間の距離と角度をフィールド計算機によりそれぞれ求めた。また, 5点のポイントを繋いで画質表-3. 主要な処理条件と成果物の出力形式ごとに面積を求めた。

5. 3次元点群データの解析

作成された3次元点群データ3つ(元画質, 1/4処理, 1/9処理)を試験地ごとに TREND-POINT Ver.8(福井コンピュータ社)に読み込み, 5つの対空標識の真中に最も近い点のXYZ座標値をそれぞれ取得し, 元画質の点を基準に, 1/4処理, 1/9処理でそれぞれ3次元の位置ずれを算出した。

Ⅲ. 結果と考察

1. オルソ画像の位置ずれと面積について

試験地1, 2の結果を図-1, 表-4および表-5に示す。まず試験地1では, 1/4処理は概ね同じ方向に平行移動するように

ずれている。一方, 1/9処理は各値のばらつきが大きく, 位置ずれとずれ方角に規則性は見られない。位置ずれは1/9処理の方が約4.5倍大きい結果となった。次に試験地2では, 1/4処理と1/9処理共に同じ方向にずれしており, ずれ方向は画像の中心に向かって縮むような形となっている。位置ずれは1/9処理の方が約3.1倍大きい結果となった。また, 試験地ごとに同じリサイズ割合で位置ずれを比較すると, 試験地2が試験地1に比べて1/4処理で約5.3倍, 1/9処理で約3.6倍大きい結果となった。これらの結果から, 位置ずれは解像度を下げる, または撮影範囲が広がると誤差が大きくなると考えられる。一方, ずれ方角に関しては試験地2では解像度に関わらず同様の傾向が

表-5. 平均地上解像度

試験地	画質	平均地上解像度 (cm/pix)
1	元画質	0.34
	1/4処理	0.69
	1/9処理	1.01
2	元画質	1.54
	1/4処理	3.05
	1/9処理	4.54

表-6. 画質ごとの面積測定結果

試験地	画質	面積 (m ²)	誤差率 (%)
1	元画質	1108.85	-
	1/4処理	1108.38	-0.04
	1/9処理	1079.00	-2.77
2	元画質	26062.88	-
	1/4処理	25849.14	-0.83
	1/9処理	25385.57	-2.67

あったものの、試験地1では1/4処理と1/9処理で異なる方向にずれており傾向は不明であった。

次に、面積の測定結果を表-6に示す。まず試験地1では1/4処理で-0.04%とほぼ差は無く、1/9処理では-2.77%と誤差が大きくなった。次に試験地2では1/4処理で-0.83%、1/9処理で-2.67%と試験地1と同様に誤差が大きくなった。これらの結果から、リサイズ処理をすることで面積は縮小し、解像度を下げるとより誤差が大きくなるものと考えられる。

2. 3次元点群データの位置ずれについて

試験地1, 2の結果を表-7および図-2に示す。Z方向（高さ）の位置ずれはXY方向（平面）の位置ずれと比べて2つの試

験地の1/4処理, 1/9処理のどちらも大きくずれている。特に試験地1の1/9処理では、XY方向の位置ずれが 39.3 ± 21.3 cmであった（表-4）のに対し、Z方向のずれは 1014.2 ± 14.5 cmとなり、XYZ方向のずれの成分のほとんどがZ方向由来となっている。さらに、試験地1では元画質に対し高度が高い方向にずれているのに対し、試験地2では低い方向にずれている（図-2）。また、前項では撮影範囲が大きくなると位置ずれが大きくなっていったが、今回は撮影範囲が大きくなってもZ方向に関しては1/9処理では小さくなる結果となった。これらのずれに対する原因は全く不明であるものの、リサイズ処理はXY方向に比べZ方向のずれに大きな影響を与えると考えられる。

表-7. 対空標識ごとのZ方向とXYZ方向の位置ずれ (cm)

試験地	画質	位置ずれ方向	対空標識番号					平均±標準偏差
			1	2	3	4	5	
1	1/4処理	Z	86.0	82.7	72.7	67.2	73.8	76.5 ± 7.7
		XYZ	86.3	83.1	73.6	68.0	74.2	77 ± 7.5
	1/9処理	Z	1029.8	1029.0	1003.1	998.7	1010.6	1014.2 ± 14.5
		XYZ	1030.1	1029.1	1003.8	1000.5	1012.7	1015.2 ± 13.9
2	1/4処理	Z	-83.5	-62.9	-93.7	-71.8	-85.1	-79.4 ± 12.1
		XYZ	48.1	71.8	107.5	82.2	95.5	81 ± 22.8
	1/9処理	Z	-258.2	-203.0	-336.3	-297.5	-277.4	-274.5 ± 49.3
		XYZ	293.4	293.4	218.9	385.8	337.1	305.7 ± 61.7

注) XY方向の位置ずれはオルソ画像の位置ずれの比較と概ね一致していたため記載を省略した。

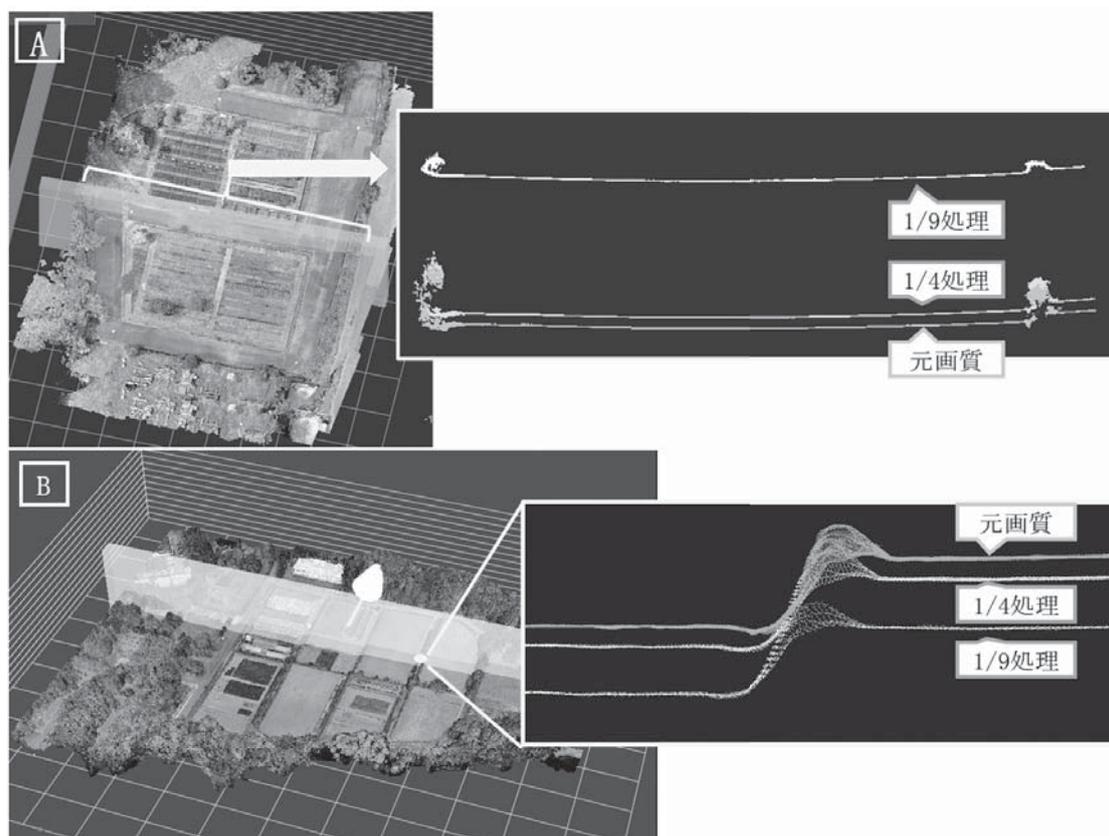


図-2. 試験地1 (A) と試験地2 (B) の3次元点群データの断面図

3. 解析時間とデータ容量について

リサイズ処理と SfM 処理に要した時間を表-8に、作成されたデータの容量を表-9に示した。処理合計時間について試験地1は元画質と比べて、1/4処理で約66%、1/9処理で約82%削減された。同様に試験地2では1/4処理で約66%、1/9処理で約80%削減された。これらはリサイズ処理時間を含めた結果であることから、リサイズの手間を増やしても多くの処理時間を削減できることが分かった。データ容量については、試験地1と2のオルソ画像・3次元データを合わせて平均すると、1/4処理で約75%、1/9処理で約89%容量が削減されたことが分かった。このことから、リサイズした割合と概ね同じ割合で成果物の容量も削減されるものと考えられる。

表-8. 画質ごとのリサイズ処理と SfM 処理に要した時間

試験地	画質	リサイズ処理	アラインメント	高密度クラウド	メッシュ	オルソモザイク	合計
1	元画質	-	2分10秒	8分30秒	6分57秒	2分57秒	20分34秒
	1/4処理	1分29秒	0分58秒	2分21秒	1分37秒	0分32秒	6分57秒
	1/9処理	1分16秒	0分28秒	1分07秒	0分34秒	0分14秒	3分39秒
2	元画質	-	2分35秒	12分09秒	11分30秒	2分46秒	29分00秒
	1/4処理	1分53秒	1分12秒	3分29秒	2分36秒	0分41秒	9分51秒
	1/9処理	1分33秒	0分44秒	2分01秒	1分07秒	0分19秒	5分44秒

表-9. データの容量

試験地	データの種類	容量 (MB)		
		元画質	1/4処理	1/9処理
1	オルソ画像	1030	253	114
	3次元点群データ	587	137	50
2	オルソ画像	1070	288	130
	3次元点群データ	941	225	95

IV. おわりに

本研究では、SfM 処理する前に写真をリサイズ処理し、オルソ画像と3次元点群データを作成した。その結果、①オルソ画像は用いる写真の解像度を下げるほど、撮影範囲が広いほどずれが大きくなる傾向がある、②面積はリサイズをすることで縮小する傾向がある、③3次元点群データはZ方向のずれが大きくなる傾向があることが分かった。今回は平坦な2つの試験地の結果であり、詳しいずれの傾向は不明であるため、傾斜地などの試験地

を増やし、より詳しくずれの傾向を検証する必要があると考えている。また、リサイズ処理により大幅に計算リソースを削減できることから、処理能力の低いPCでもSfM処理の実行やデータの表示ができる可能性が示唆された。今後はいくつかのスペックのPCやタブレット端末を用意し、処理の実行や操作性について評価をおこなっていく予定である。

今回の方法の実用可能性について、現行の森林整備事業におけるオルソ画像を用いた申請要件と照らし合わせて考察する。各都道府県は、「造林補助事業竣工検査内規例について」(林野庁, 2020 b)をベースに竣工検査内規を定めている。ここで、内規例第12条1項を参照すると、コンパス測量等における測量やGNSS等における測量では許容される誤差の限度が設定されているが、オルソ画像等による場合については設定されておらず、「位置等に差異がないか目視で確認すること」となっており、検査者の裁量に任されている。リサイズ処理し作成したオルソ画像はこれまでに示したような誤差は生じるものの、極端に大きく位置が変わることはなく、他の航空写真等と重ねてみても違和感はない。以上のことから、リサイズ処理は現行の申請要件では十分実用可能であると考えられる。ただし、施業地の周囲測量や作業道の延長の測量はリサイズ後の低い解像度でも可能であるが、高い解像度が必要な苗木の確認等は不向きであり、使える施業種について整理が必要である。

本研究の方法を用いることで、迅速に軽いデータを作成でき、森林整備事業の申請者である事業者等のオルソ画像作成にかかる時間的・物理的な負担を大幅に削減できるものと考えられる。

引用文献

- 村上拓彦 (2018) 日本リモートセンシング学会誌 Vol.38 No.3 : 258 - 265
- 林野庁 (2020 a) 令和2年度森林・林業白書 : 80 PP
- 内山庄一郎ほか (2014) 防災科学技術研究所研究報告第81号 : 37 - 60
- 千葉一夫 (2021) URL:<http://my.reset.jp/triton/> (2021年11月8日利用)
- 林野庁 (2020 b) 「造林補助事業竣工検査内規例について」の制定について 令和2年12月25日改正 2林整整第832号 (2021年11月12日受付 ; 2021年12月24日受理)