

速報

UAV を用いた海岸マツ林のマツ枯れ被害木の把握^{*1}福永寛之^{*2}・加治佐剛^{*3}・寺岡行雄^{*3}

福永寛之・加治佐剛・寺岡行雄：UAV を用いた海岸マツ林のマツ枯れ被害木の把握 九州森林研究 70：57－60，2017 空撮画像を Structure from Motion (SfM) で処理する「UAV-SfM 手法」を用いて3次元モデルやオルソフォトを作成し、これらを基に計測などを行う実証が行われている。この手法を森林調査に活用することで、ある程度広域の現況確認や資源量把握、あるいは施業実施状況確認などの効率性向上や労務低減が可能になると考えられる。今回は、松くい虫被害対策において現状目視で行っている被害木の位置的・量的把握作業の正確性や効率性を向上させるため、「UAV-SfM 手法」で作成したオルソフォトを組み込んだ携帯端末を試作した。作成したオルソフォトや試作した携帯端末は現場で活用できることが示唆された。

キーワード：Unmanned aerial vehicle (UAV)，Structure from Motion (SfM)，森林調査，松くい虫，マツ枯れ被害木

I. はじめに

ドローン (UAV: Unmanned Aerial Vehicle, 以下, UAV とする) によって空撮が身近なものになり、これを活用した色々な取組が行われるようになってきた。計測関連分野においては、i-Construction (国土交通省, 2016) にあるように、UAV で撮影した画像を Structure from Motion (以下, SfM とする) で処理する「UAV-SfM 技術」を用いて3次元モデルやオルソフォトを作成し、これらを基に計測などを行う実証が行われている。この手法を森林調査に活用することで、ある程度広域の現況確認や資源量把握、あるいは施業実施状況確認などの効率性向上や労務低減が可能になると考えられる。

今回は、松くい虫被害対策において現状目視で行っている松くい虫被害木の位置的把握作業に「UAV-SfM 技術」を用い、オルソフォトを作成し、これを組み込んだ携帯端末で被害木の位置的把握の正確性向上や効率化を検討したので報告する。

II. 調査方法

対象地は、鹿児島県指宿市のフラワーパークかごしまに近接する松林 (約 10 ha) とした。ここ数年は毎年 500~600 m³ 程度の被害木が発生している。用いた機材等は表 1 に示すとおりで、対象地を空撮し、SfM ソフトウェアである PhotoScan (Agisoft LLC, 2016) (以下, PS とする) でオルソフォトを作成した。空撮は動画と静止画で行い、それぞれの長所・短所を検討した。位置精度は、GPS 端末で測定した結果を真値と仮定し、オルソフォトを組み込んだ GIS ソフトや Android 携帯端末で表示される位置情報と比較した。また、オルソフォト作成では PS に複数のパラメータの設定があるため、パラメータの設定による位置精度や画質への影響も併せて検討した。

表-1. 使用機材等一覧

使用機材等	詳細
UAV	DJI 社製 Phantom3
PC	Intel (R) core i7-4790 (3.6GHz), メモリ: 16GB, Windows 7 Pro SP1
SfM ソフト	Agisoft PhotoScan Professional
GIS	QGIS 2.16.1
GPS 端末	Garmin GPSMAP 64S
Android 端末	ASUS ZenPad S8.0, Android 5.0
位置情報表示ソフト	地図ロイド Ver.13.9

III. 結果と考察

1. オルソフォト作成

1 回目は平成 27 年 12 月末に対象地全域を対象地高度 60 m から動画で空撮し、動画から切り出した 251 枚の静止画を用いて PS 設定を初期設定 (写真アライメント: 中, 高密度クラウド品質: 中, 深度フィルタ: 低) のまま合成した。合成したオルソフォトを図 1 に示す。松くい虫被害木が単木単位で明確に確認でき、被害木の位置や被害木本数を確認する資料として使用できることが判明した。

動画のメリットは、オーバーラップを考慮した静止画切り出しを事後で行うことが可能であるため、空撮時はサイドラップを考慮するのみで一定速度で飛行できること、一定速度で飛行することからバッテリーの節約も期待できることである。一方、デメリットとしては、静止画撮影の際は画像の EXIF に記録される UAV の GPS 情報が動画切り出しの画像にはないため、GPS 端末や GIS 等での活用を考えると GCP の設置が必須になる。今回の海岸林のような場所であれば、複数の GCP を対象地内に一様に設置することは可能であるが、山林内や災害地など、森林・林業分野で想定される多くの活用場面では、このような GCP の設置は困難な場合が多いと考えられる。以上のことから、以降は

*1 Fukunaga, H., Kajisa, T. and Teraoka, Y.: Monitoring of pine wilt disease damaged trees in a coastal black pine forest using UAV.

*2 鹿児島県森林技術総合センター Kagoshima Pref. Forestry Technology Ctr., Kamo, Kagoshima 899-5302, Japan.

*3 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

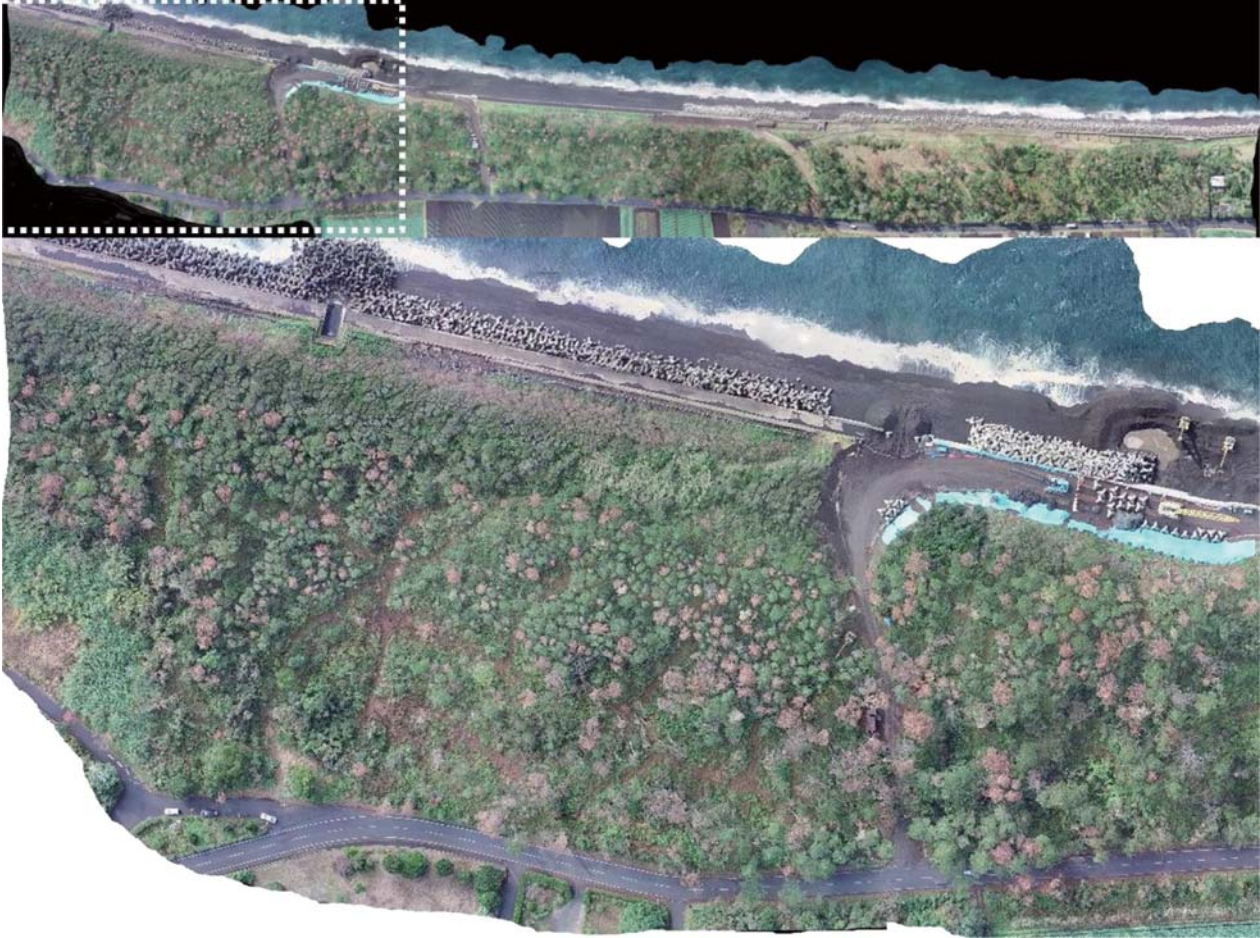


図-1. 動画から作成したオルソフォト（図上：対象地全体，図下：破線部を拡大）
注）原図はカラー画像で松くい虫被害木を単木ごとに明確に判別できる

GCP を設置しない静止画撮影で行うこととした。

2. オルソフォトの端末への組み込みと位置精度

端末に組み込む画像の空撮は、平成 28 年 7 月に対象地の一部を対地高度 60 m から静止画で空撮した。今回は、携帯端末や QGIS に組み込むため位置情報を持った GeoTiff 形式で出力、あるいは、画像の位置情報を別途 Text 形式で作成する Jpeg 形式で出力した。図 2 は携帯端末組み込み用に作成したオルソフォトで、空撮した静止画 121 枚を PS の設定は上述と同様の初期設定で合成した。作成した画像を今回は Android 端末用位置情報表示ソフト「地図ロイド」に組み込んだ。組み込んだ状況を図 3 に示す。このソフトは、画像の四隅の座標値が既知の Jpeg 形式のオルソフォトを組み込むことができる。また、組み込んだ画像を表示させ、画像中の対象物の場所までナビさせながら、画像中にタグをつけて座標管理されたメモや写真を取ることができることから、松くい虫被害木の把握や処理状況の記録などを簡易に作成・管理できると思われる。

精度の確認のため、対象地内に検証ポイントとして A2 サイズのパネルを設置し、GPS 端末で測位した。これらと携帯端末上で読み取った位置情報を比較した結果を表 2 に示す。誤差は、計算上では 1.5 m ~ 3.0 m 程度となったが、端末上での検証ポイントは、現地では実際の検証ポイントから 3 m ~ 4 m 離れた場

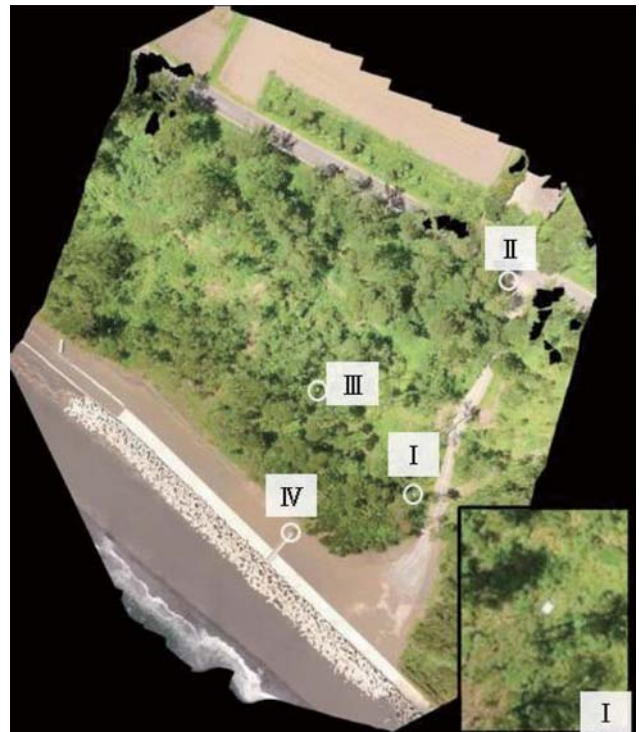


図-2. 携帯端末組み込み用に作成したオルソフォト
注）図中のアラビア数字は対象地内に設置した検証ポイント

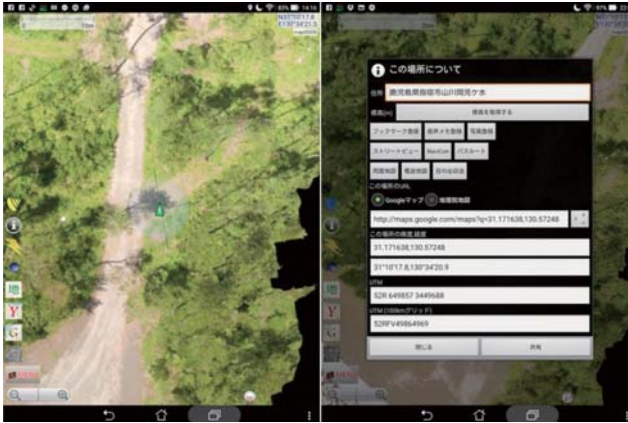


図-3. Android 端末ソフト「地図ロイド」への組み込み状況

表-2. 携帯端末とGPSとの位置測位の誤差

検証ポイント	座標				誤差 (m)
	携帯端末読み取り		GPS 現地計測		
	経度	緯度	経度	緯度	
I	130.57250	31.17161	130.57249	31.17163	2.194
II	130.57281	31.17225	130.57282	31.17224	2.141
III	130.57214	31.17194	130.57217	31.17194	2.901
IV	130.57206	31.17150	130.57205	31.17151	1.319

注) 誤差の距離は、 $距離(km) = \sqrt{((緯度1 - 緯度2)/0.0111)^2 + ((経度1 - 経度2)/0.0095)^2}$ と簡易的に計算した。

表-3. PS 設定別の高密度クラウド点数

アライメント設定	高密度 (Dense) クラウド設定				
	最低	低	中	高	最高
最低	87,716	355,133	1,392,301	4,649,081	12,355,244
低	380,172	1,567,579	6,616,917	22,492,142	65,829,896
中	384,499	1,603,582	6,306,527	23,307,532	72,427,421
高	384,121	1,604,280	6,297,674	23,197,018	72,520,984
最高	387,185	1,617,795	6,324,158	23,307,956	72,584,057

注) 1 深度フィルター設定「弱」
2 表中の一点破線囲み部分は、図5の抜粋箇所と一致

表-4. アライメント別の位置精度の誤差

写真アライメント		(a) 画像上座標		(b) GPS 測定 (15分程度の平均測定値)		誤差 (ab間距離, m)
		経度	緯度	経度	緯度	
検証P I	低	130.57249	31.17164			1.072
	中	130.57249	31.17164			1.072
	高	130.57250	31.17164	130.57249	31.17163	1.114
	最高	130.57250	31.17164			1.114
検証P II	低	130.57282	31.17227			3.573
	中	130.57282	31.17227			3.573
	高	130.57283	31.17226	130.57282	31.17224	2.611
	最高	130.57283	31.17226			2.611
検証P III	低	130.57215	31.17195			2.281
	中	130.57215	31.17195			2.281
	高	130.57216	31.17195	130.57217	31.17194	1.691
	最高	130.57216	31.17195			1.691
検証P IV	低	130.57206	31.17153			2.183
	中	130.57206	31.17153			2.183
	高	130.57207	31.17152	130.57205	31.17151	2.030
	最高	130.57207	31.17152			2.030

注) 1 誤差の距離は、 $距離(km) = \sqrt{((緯度1 - 緯度2)/0.0111)^2 + ((経度1 - 経度2)/0.0095)^2}$ と簡易的に計算した。
2 PhotoScan の高密度クラウドのパラメータは「中」、深度フィルターは「低」で作成
3 写真アライメント「最低」は合成範囲の約2/3部分のオルソフォトが作成出来なかったため除外している。



図-4. PS 設定別のオルソフォトの画質

所を指す結果となった。この誤差が、PS のオルソフォト合成で生じた誤差なのか、あるいはGPSの精度により生じた誤差なのか疑問は残るが、両者とも一般的なGPS機器の測位誤差の範囲

内であり、松くい虫被害木の把握には必要な精度を持っていると考えられる。

3. オルソフォト作成時のパラメータ設定と位置精度、画質

PSで3次元モデルやオルソフォトを合成する時のパラメータは、これらの画質、位置精度などに影響するとされているが(Agisoft LLC, 2016)、パラメータを質の高い設定にすると合成に要する演算時間が極端に長くなるため、必要な位置精度や画質を持ちつつ、演算時間を最小限に留める最適な設定を検討する必要がある。図2と同じ範囲をPSの写真アライメント設定別、高密度クラウド品質設定別に合成した際の高密度クラウドの点数の結果を表3に示す。PSでは、この高密度クラウド点群からオルソフォトを作成するが、この点数が多いほど精密になるとされ、点群数は9万から7300万程度と数値的にはかなりの差が生じた。また、高密度クラウド設定が「最低」の場合は、対象地の1/3程度のオルソフォトしか作成されなかったが、他は対象地全域のオルソフォトが作成された。全域のオルソフォトが作成された4つについて、検証ポイントI～IVの位置精度の誤差を表4に示す。なお、表4はPSの高密度クラウドの設定を品質パラメータ：中で作成している場合を掲載しているが、高密度クラウドの品質設定を「低」、「高」、「最高」に設定した場合も、この誤差は全く同じ結果となった。誤差は、1m～3.5m程度で、UAVの離陸地点に近いほど誤差は小さく、写真アライメント設定による違いも小さい。

作成されたオルソフォトの画質について、図4にそれぞれのパラメータで作成したオルソフォトから検証ポイントIIを同縮尺で切り出したもの(一部抜粋)を示す。画質的にはどれもほぼ変わらない画質である。高密度クラウド点群の点数が極端に異なるのに、オルソフォトの画質に大差がない理由は高密度クラウド点群は3次元モデルであるが、オルソフォトはその3次元モデルのDSMに相当する面を水平面に射影し、内部構造に相当する点群は画質に影響しないのではないかと考える。このため、一定水準を超えた点数(今回の試験の場合は160万点以上)の高密度クラウド点群から作成したオルソフォトの画質は大差がなくなると考えられる。

以上のことから、PSでオルソフォト作成する場合、パラメータの設定は位置精度や画質にあまり影響を与えないことから、演算に掛かる時間等も考慮すると、中庸の設定(アライメント：中～高、高密度クラウド品質：中～高)で問題はないと考えられる。

IV. おわりに

現在、多方面でUAVを導入し、資源調査や災害調査などについて空撮による情報収集が行われるようになってきた。UAV-SfM技術の活用には、UAVとともにSfMソフトウェアの導入が必須で、さらなる経費が必要となるが、これまで、経費的な面で作成しなかった、あるいは、作成経費のため最小限の作成に抑えていたオルソフォトを撮影のタイミングを逃さず自前で簡単に取得することができる。また、試作した端末は、既存のAndroid端末とソフトを用いて作成しているが、今回のオルソフォトのような有用なデータがあれば、GISやGPS端末などの既存の機器などの更なる活用が広がり、かつ、資源調査や災害調査などの効率化も併せて可能になると考えられる。UAV-SfM技術の活用のメリットは非常に大きいと言える。

今回は、松くい虫被害木の把握や伐倒駆除などの作業管理などに活用する携帯端末を想定し、UAV-SfM技術を用いてこれに組み込むオルソフォトの作成を試みた。一般的手法ではGCPを設置するのが基本であるが、森林や災害地などではGCPを視認できる適切な場所に十分な数を設置できない場合が多いと思われるため、敢えてGCPを設置せずUAV取得の位置情報のみで作成したが、想定用途では必要な精度は確保できているのではないかと考えている。今後はこの端末を実際の現場で試用していただき、改良などを行っていく予定である。

謝辞

本研究開発を行うに当たり、御協力を頂きました、指宿市、鹿児島県森林組合連合会、鹿児島県南薩地域振興局それぞれの関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

引用文献

- 国土交通省(2016) i-Construction: http://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000028.html (2016年11月参照).
- Agisoft LLC (2016) agisoft PhotoScan User Manual-Professional Edition, Version 1.2: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_en.pdf (2016年11月参照).
- (2016年11月17日受付; 2016年12月20日受理)