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

光田 靖*

宮崎大学農学部 〒 889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1

**Introduction of open source drone mapping software for promoting utilization of UAV in forestry
practice**

Yasushi Mitsuda*

Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, 1-1 Gakuenkibanadainishi, Miyazaki, 889-2192 Japan.

Key Words: SfM software, Open Drone Map, National subsidy system for forest management, On-site confirmation, Area measurement

キーワード: SfM ソフトウェア, Open Drone Map, 森林整備事業, 現地確認, 面積計測

はじめに

林業分野では UAV 活用の機運が高まっている。林野庁は令和 2 年 3 月に国の補助事業である森林整備事業において、その申請および検査に UAV を活用した測量を認めるように通達している。森林整備事業とは、森林の多面的機能に配慮した持続可能な森林経営を確立するため、森林計画制度における森林経営計画に則した植栽、下刈り、除伐および間伐といった作業を国が補助する制度である。補助金の申請に際しては、対象面積の現地測量や作業実施の現地確認が求められる。これまでは、対象地の周囲測量をコンパス測量で行い、作業後の現場を踏査して写真を撮影して実施確認を行ってきた。このような作業は多大な労力を要するものであり、補助金申請における大きなコスト要因となっていた。令和 2 年 3 月の通達によって、補助金の申請者は UAV 空中写真等から生成されるオルソフォトによって、パソコン上で対象面積の測量を行うことができるようになり、作業の実施確認も UAV 空中写真を提出することで認められるようになった。このような改定は ICT を活用したスマート林業の推進において大き

* 連絡先: mitsuda@cc.miyazaki-u.ac.jp

受付: 2021 年 6 月 28 日 / 受理: 2021 年 7 月 20 日

な進歩である。他にも、大型 UAV を利用した苗木の運搬(古家 2020)や、松くい虫対策における罹患木の抽出とピンポイント薬剤散布(星川 2021)など、様々な場面で UAV の活用が検討されている。

宮崎県での UAV 活用の現状について聴き取り調査したところ、先進的な取り組みで知られる南那珂森林組合(江藤 2009)では、UAV (DJI 社 Phantom 4 pro)を用いて造林地の測量、下刈り等作業の完了確認、森林被害の状況確認に用いているとのことであった。また、宮崎県森林組合連合会では RTK 測量が可能な UAV (DJI 社 Phantom 4 RTK)を導入し、県内の森林組合に対して業務を補助しているとのことであった。代表的な事例として、公有林(7 ha)の再造林事業において、UAV により空撮を行い、SfM 処理によってオルソフォトを作成して、GIS 上で面積測量を行った事例があった。伐採の盛んな宮崎県ではその再造林も盛んであるが、事業を請け負う際には面積測量が必要となる。また、伐採跡地に残材が集積された部分があり、植林できない除地として取り扱う必要が生じることも少なくないが、その場合には除地を地図化する必要も生じる。この公有林の再造林事業でも除地を設定せざるを得ない状況だったが、UAV 空中写真を用いて SfM により生成したオルソ写真を用いることで簡便に測量を実行

できたとのことであった。

このように、宮崎県では林業の実務に UAV が活用され始めているが、その普及における最大の障壁は高価な SfM ソフトウェアの導入コストである。宮崎県森林組合連合会に対する聴き取り調査では、県内で UAV を導入した森林組合はあるものの、コストの面から SfM ソフトウェアの導入には至らず、空中写真での概況確認にとどまっているとのコメントが得られた。森林整備事業で UAV を活用するためには SfM ソフトウェアを導入してオルソフォトを作成することが求められるため、林業の現場における UAV の活用を本格的に広めるためには、SfM ソフトウェアが不可欠である。

そのような状況の中、オープンソースの SfM ソフトウェアである Open Drone Map (ODM) およびユーザインタフェースとしてウェブブラウザを用いたバージョンである WebODM が注目を集めている(諏訪 2020)。ODM は Linux OS 用に開発されたオープンソースの SfM ソフトウェアであり、Windows OS では用いることができない。しかし、Windows10 に Linux OS 用のアプリケーションを容易に実行できる仕組みが採用されたため、比較容易に Windows OS で ODM を実行できる環境が整った。そこで本技術情報では、Windows OS 上で、オープンソースの SfM ソフトウェアである WebODM を用いてオルソフォトを作成した事例を紹介する。

WebODM のインストール

Windows OS で WebODM を利用するためには、WSL 2 (Windows Subsystem for Linux 2) および Docker Desktop for Windows を導入して環境を整える必要がある。WebODM が Windows OS 上で動作する仕組みとそのインストール方法については、ウェブ上に優れた解説記事があるのでそちらを参照されたい(「Windows 10 で WebODM を動かし SfM の点群データ・オルソモザイク画像を生成する」<https://qiita.com/kitashu/items/eb9b907d5e189e08f3a6> 最終確認日 2021 年 6 月 17 日)。Windows PowerShell を使ってコンソールからコマンドを打ち込むなどの手順はあるが、著者の環境では記事のとおりに行うことで問題なくインストールすることが可能であった。記事にあるように、インストールにあたっては CPU の仮想化機能を有効にしておく必要がある。近年の CPU であれば仮想化機能が利用可能であるが、マザーボードの設定で無効化されていることがある。著者の環境でも無効化されていたので、BIOS の設定を行って有効化した。事前にタスクマネージャーで確認しておくといよい(図 1)。

図 1. タスクマネージャーによる仮想化の確認
「仮想化」の項目が有効になっているか確認する。
処理実行時には、CPU やメモリの使用率が高くなる。

WebODM によるオルソフォト作成

WebODM はユーザインタフェースとしてウェブブラウザを利用するため起動方法が複雑であるが、これも先の記事のとおりに行うことで問題なく起動する。ウェブブラウザとして Microsoft Edge を用いて WebODM を起動する（アドレスバーに「http://localhost:8000」と入力する、図 2 ア）と、図 2 のような画面になる。ここで「Add Project」ボタンを押して新しいプロジェクトを作成し（図 2 イ）、「Select Images and GCP」ボタンを押して、オルソフォト作成に用いる画像を選択する（図 2 ウ）。その後、「Options」の項目について、「Edit」ボタンを押して編集する（図 2 エ）。編集可能な項目は多岐にわたるが、作成されるオルソフォトの品質に大きく関係する項目としては、特徴点抽出の質「feature-quality」、抽出する特徴点の 1 画像あたり最低数「min-num-features」、オルソフォトの解像度「orthophoto-resolution」、および途中で生成される点群データの質「pc-quality」などがある。なお、「Option」の項目には用途に合わせた設定が予め準備されており、「Forest」を選択し

たところ「min-num-features」が 8,000 から 18,000 へ、「feature-quality」が「high」から「ultra」へと変更された。設定を終えた後に「Review」ボタンを押すと（図 2 オ）、デフォルトから変更した項目が表示され、「Start Processing」ボタンが現れるのでこれを押すと処理が開始される（図 2 カ）。

処理が終了すると、地図上に作成されたオルソフォトを表示したり（図 3）、点群データを 3 次元表示したりすることができる（図 4）。これらの画面においては、距離計測、高低差計測、面積計測や体積計測を行うことができる。オルソフォトなどの成果物は個別のファイルとして保存することができる。

WebODM では SfM 処理を行う際に GCP を利用することができるが、そのための GCP 情報ファイルを作成する機能「GCP Interface」を備えている（図 2 左側メニュー）。対象地に含まれる GCP の地理座標情報をあらかじめテキストファイル（図 5a）で準備して読み込み、各写真上で GCP をマークして対応を指示することで（図 6）、GCP 情報ファイルを作成することができる（図 5b）。このファイルを「Select Images and GCP」から読み込むことで、SfM 処理において

図 2. WebODM の起動画面

- ア. アドレスバーに「localhost:8000」を入力する。
- イ. プロジェクトを追加する。
- ウ. 画像を追加する。
- エ. オプションを設定する。
- オ. 設定を確認する。
- カ. 処理を開始する。

図 3. オルソフォトの表示と面積の計測

図 4. 3次元点群データの表示と標高差の計測

(a) 事前に準備するGCP情報ファイル。1行目は座標系の設定。
2行目以降はGCPの座標情報（GCP名、X座標、Y座標、Z座標
（NaNは値なし））。

```
+proj=utm +zone=52 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
GCP0 716955.33 3527287.66 NaN
GCP1 716946.86 3527252.97 NaN
GCP2 716951.88 3527260.32 NaN
GCP3 716959.45 3527276.15 NaN
GCP5 716974.99 3527302.48 NaN
GCP6 716994.38 3527294.42 NaN
GCP7 716998.30 3527269.17 NaN
```

(b) GCP設定機能により生成されるGCP情報ファイル。2行目
以降はGCP座標と各写真画像中の位置との対応情報。

```
+proj=utm +zone=52 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
716998.30 3527269.17 NaN 2885.44 2697.88 DJI_0176.JPG GCP7
716998.30 3527269.17 NaN 2776.93 2656.45 DJI_0180.JPG GCP7
716998.30 3527269.17 NaN 2680.43 3403.89 DJI_0182.JPG GCP7
716998.30 3527269.17 NaN 1571.69 2115.88 DJI_0340.JPG GCP7
716998.30 3527269.17 NaN 2955.73 1097.44 DJI_0355.JPG GCP7
716998.30 3527269.17 NaN 2920.30 2487.06 DJI_0359.JPG GCP7
716994.38 3527294.42 NaN 3429.40 2722.62 DJI_0209.JPG GCP6
716994.38 3527294.42 NaN 4351.10 1048.29 DJI_0355.JPG GCP6
---- 以下略 ----
```

図 5. WebODM による SfM で用いる GCP 情報ファイル

左側の写真画像で映り込んでいるGCPをマークして、右側に読み込んだGCPのうち対応するものを選択する。

図 6. 写真画像に対する GCP の設定

(a) WebODMによって作成されたオルソフォト

(b) Metashapeによって作成されたオルソフォト

図 7. 生成されたオルソフォトの比較

表 1. 生成されたオルソフォトの位置精度

SfMソフト		WebODM				Metashape
		0	1	2	3	
誤差	平均値 [m]	2.004	1.781	1.921	1.855	1.796
	標準偏差	1.256	0.855	1.138	1.085	0.865
実行時間 [分]		42	42	59	61	

GCP 情報を利用することができる。なお、WebODM では処理に際して UTM 座標系（測地系：WGS1984）を用いているので、GCP の地理座標値は UTM 座標系のものとした。

一般的に用いられる UAV のセンサー解像度は高くなっており、DJI 社 Phantom 4 pro+ では画像サイズが 5472 × 3648 ピクセルとなっている。WebODM は SfM 処理において大量のメモリを消費するようで、サイズの大きな画像を多量に処理しようとするメモリ不足で処理が停止することがある。そのため、「Resize Images」オプション（図 2）を Yes として、長辺のピクセル数を指定することで、写真画像を事前に縮小することが可能になっている。

WebODM により作成されたオルソフォトの検証

先の報告（宮原・光田 2021）と同じ UAV 空中写真（Phantom 4 Pro+ によるダブルグリッド撮影）を用いて、WebODM によるオルソフォト作成を行った。ただし、319 枚全ての写真を用いて実行しようすると著者の環境（メモリ 31.9 GB、図 1 参照）ではメモリ不足となった。そこで写真を 240 枚まで間引いたところ、オルソフォトを作成することができた。

先述のように WebODM では様々なオプションを設定できるが、今回はオルソフォトの質に大きく関係すると考えられる「pc-quality」と「orthophoto-resolution」について検討した。デフォルトでは「pc-quality」は medium で、「orthophoto-resolution」は 5 cm に設定されている（設定 0 とする）。これらの設定による影響を検討するため、「pc-quality」を high にした場合（設定 1）および「pc-quality」を high として「orthophoto-resolution」を 1 cm にした場合（設定 2）についてオルソフォトを作成した。これら 3 パターンの設定で生成されたそれぞれのオルソフォトについて、7 点の GCP を用いて位置精度を検証した。WebODM でも、オルソフォトを作成する際に GCP を利用して補正することが可能である。そこで、設定 2 に GCP 情報を加えてオルソフォトを作成した場合（設定 3）についても検証した。

まず、目視によって生成されたオルソフォトの質を確認した。WebODM と測量等の用途で広く用いられている商用ソフトウェアである Agisoft 社 Metashape で作成したオルソフォトを PC の画面上で同じ縮尺（1:500）にして見比べてみると、大きな差はみられなかった（図 7）。しかし、細部を見ても

と、WebODM で作成したオルソフォトは Metashape で作成したものと比較して、画像が歪んでいたり、不整合になっていたりする箇所が多く見られた。WebODM を利用して作成したオルソフォトについて、7 点の GCP を用いて位置精度を検証した結果を表 1 にまとめた。いずれの設定においても、測量等の用途で広く用いられている商用ソフトウェアである Agisoft 社 Metashape で作成したオルソフォトと同等の精度であった。ただし、付近の画像が歪んでいた GCP が複数点あり、正しく精度評価できていない可能性がある。

UAV の活用推進に向けて

林業の現場における UAV の促進において、オルソフォトを作成するための SfM ソフトウェア導入コストが大きな障壁となっており、その解決策としてオープンソース SfM ソフトウェアである WebODM に着目し、その実用性について検討した。インストールには技術的に難しい点もあるが、良質な解説記事のおかげで容易になってきている。WebODM によって生成されるオルソフォトは、細部を見ると問題があるが、ある程度の縮尺（例えば、1:500）で林相をとらえるには問題ない品質であった。森林整備事業に関しては、植栽木を計数するような造林の実施検査には使えないかもしれないが、下刈り等における面積計測に関しては十分に利用できると考えられる。

実際に WebODM を利用して問題を感じた点もあった。先に述べたように、WebODM はメモリを大量に消費するので、メモリ不足で処理を実行できない状況が生じやすい。特に「pc-quality」や「feature-quality」を ultra に設定すると、小数枚であってもメモリ不足となり実行できなかった。また、処理を実行すると CPU の全てのコアを使うので、CPU 使用率が 100% となる時間が長く続くことにも注意が必要である（図 1）。商用ソフトウェアである Metashape では GCP 情報の付与についての操作が洗練されているが、それと比較すると WebODM では作業にストレスを感じた。Metashape においては、1 枚の写真で GCP を与えると、自動的に他の写真にも GCP の予測位置が示されるため、スムーズに作業を進めることができる。一方、WebODM にはそのような機能はなく、1 枚ずつ GCP が映り込んでいないか探しながら作業を行わなければならない。

本報告にあたって、WebODM をインストールして実際に利用してみたが、予想よりもはるかに使いやすく、品質の良いオルソフォトを作成することができた。林業の実務において十分に利用可能なソフトウェアであるという実感をもった。林業の現場である山地における現地測量は、非常に労力を要するものである。全国に先駆けて伐採および再造林が進行している宮崎県では、それに伴う現地測量の業務が激増している。UAV とオープンソース SfM ソフトウェアである WebODM を導入することによって、現地測量の労力が軽減され、より適切な森林管理へつながることが期待される。

謝 辞

今回の報告にあたって、宮崎県森林組合連合会 大地俊介氏および南那珂森林組合 江藤祐樹氏から情報提供いただいた。また、WebODM のインストールを解説したウェブ記事の著者の方には引用をご快諾いただいた。ここに記して、心より謝意を表します。

引用文献

- 江藤祐樹. 2009. 宮崎県・南那珂森林組合一境界管理班を設立し GIS・GPS も駆使一. 森林の境界確認と団地化 (志賀和人編著), 50-80. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 古家直行. 2020. 森林・林業現場でのドローン活用最前線. 現代林業 650: 12-34.
- 星川建史. 2021. 無人航空機による松くい虫防除体系の実用化. 現代林業 665: 36-40.
- 宮原史浩・光田 靖. 2021. UAV 空中写真を用いて SfM により生成したオルソ写真の位置精度検証に関する事例報告—宮崎大学田野演習林スギ人工林における事例—. 景観生態学 26: 9-13.
- 諏訪 実. 2020. 森林整備事業の申請・検査におけるリモートセンシング技術等の活用について. 日本リモートセンシング学会誌 40: 26-31.