

ドローンを利用したヒノキ林床の下層植生高のマッピング

—課題の検討—

粟屋善雄・荒木一穂・西尾優花（岐阜大）

ドローンを利用してヒノキ壮齢林の林床の空中写真を撮影し、オルソ空中写真を作成して下層の植生高分布を図化するための課題を検討した。林内の4か所に対空標識(GCP)を設けて地理座標を2台のGNSS受信機で計測し、GCP間の水平距離を計測して幾何精度を検証した。撮影時にプロペラが生じる風で下層植生が揺れることが植生高の推定精度を低下させると危惧された。GNSS受信機毎の測位精度の差が大きく、オルソ空中写真を位置づけるには正確な測位が重要と判断された。GCP間の距離からオルソでは14%ほど距離が短く示されることが分かり、正確なGCPに基づいてオルソと標高データを作成する必要があることを確認した。

キーワード：GNSS, 地理座標, 水平距離, SfM

I はじめに

今日、伐期に達した人工林が過半数を占める中で、間伐遅れによる過密林は依然として多く、下層植生が貧困なことから表土流亡を引き起こすと危惧されている。渡邊ら(1)はヒノキ林床の下層植生を5タイプに分類して表土流亡との関係性を評価している。災害防止の観点から表土流亡を発生しやすいタイプの下層植生の分布を把握して、早期に間伐することが必要で、航空レーザのデータを利用して下層植生の状況を判定することが求められている。この分類に基づく調査結果と航空レーザデータを対比するには調査プロットを正確に座標づけることと、通常のコドラートよりは広域のデータが必要になる。このため、UAV(ドローン)を利用して下層植生を空撮し、Structure from Motion(SfM)(2)によってオルソ空中写真を作成して、撮影からオルソ作成の過程で生じる課題を検討することを目的とする。

II 方法

1. 調査対象地

岐阜県高山市の生井川沿いの標高約1190mの傾斜17.5°の西北西斜面に位置するヒノキ人工林の下層植生を対象にした。2013年の調査ではヒノキ林の平均胸高直径は29.5cm、平均樹高は21.4cm、立木密度は約740本で、その後間伐は行われていない。

2. 撮影と測位

2020年9月10日に林内の4か所に高さ2mの支柱の上に白い十字(一辺60cm,幅10cm)の対空標識(GCP)を設置し、2コースを設定してドローン(Phantom-4 Pro, DJI, 中国)と制御ソフト(Litchi, VC Technology Ltd, USA)を利用して林床植生を撮影した(図-1)。対地高度は約5~8mでドローンをマニュアルで操縦し、

枯れ枝の状況などに応じて高度を変更した。オルソの作成にはPix4Dmapper(Pix4dスイス)を用い、高速3D Mapsモードでオルソを作成し、平面直角座標7系に投影した。

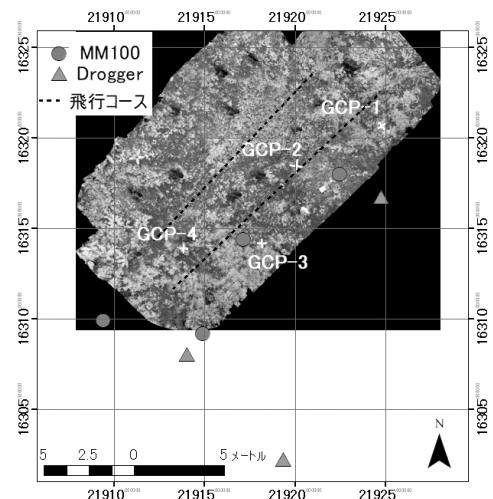


図-1. オルソ空中写真とGNSSで計測したGCP座標

空撮の終了後にGCP-1,3,4(図-1)にMobile Mapper 100(MM100, Ashtech USA)とDrogger DG-PR01(Drogger, BizStation 松本)を設置し、1秒間に1回の間隔で1時間以上測位した。MM100は2.6mの支柱の上に乗せ、GCP設置点に据えた。Droggerは三脚に乗せ、MM100から30cmほど離して約1.5mの地上高で測位した。後日MM100を用いてGCP-2を測位した。また、Vertex IV(Haglof, スウェーデン)でGCP間の距離と傾斜角を計測して水平距離を求めた。

約5.2km離れた国土地理院の基準点(高山)の情報を利用して測位結果に後処理ディファレンシャルを適用して地理座標を求めた。後処理ディファレンシャルのソフトはMM100では添付のMobile Mapper Officeを、

Drogger では RTKLIB (3) を用いた。RTKLIB では仰角 25° 以上のデータを利用して後処理を施した。

いずれの計測も受信データが安定するまでの最初の 5 分のデータを除いて、MM100 では衛星数 10 以上、位置精度劣化度(PDOP)が 2 以下の計測値についてみちびきの受信の有・無の場合、Drogger では全計測値の場合の平均値を求めた。また、ドローン写真から作成したオルソ上で GCP の地理座標を計測した。

3. 画像の確認とオルソの位置精度の評価

撮影された各写真を比較して下層植生と GCP の状況を観察した。次に処理した GNSS の測位結果およびドローンに計測結果を比較して、GCP 間の測位誤差(距離)を評価した。また、GCP 間の距離を測位結果で計算し、地上測定値との比を比較した。この結果に基づいて GCP の地理座標測定についての課題とドローンオルソの水平方向の地理精度について検討した。

III 結果と考察

ドローンの各写真を比較すると、プロペラが生じる風の風圧で下層植生が揺れていた。揺れ幅は 20~40cm 程度で、標高データ(植生高)の精度にどの程度の誤差を生じるのかを今後検討したい。解決策は飛行高度を高くするか、小型のドローンを利用して風圧を下げるかのいずれかである。下枝の高さで飛行高度が制約されるため、小型のドローンを利用することが解決策と考えられた。4か所の GCP は多くの写真に記録されており、オルソ空中写真で良好に再現された(図-1)。

MM100 と Drogger を比較すると 3箇所の GCP の測位結果の差は 2.6m から 8.2m に及び、両機種間の測位精度の差が大きいことが予見された。とくにオルソ上の GCP と Drogger の計測値の差が大きかった(図-1)。GCP 間の水平距離に対する GNSS の測位結果で求めた距離の比は MM100 (みちびき有) が 1.00~1.11 なのに対して Drogger は 0.91~1.56 と差が大きく、Drogger の測位結果が不正確なことを裏付けた(表-1)。2013 年に GCP-2 を MM100 で測位したが、今回の測位結果との差は 0.46m で、MM100 の測位精度はかなり高いと考えられた。MM100 の受信衛星数は 4~13 で Drogger は 6~21 で受信数は Drogger のほうが多いが測位精度は低かった。この理由としてアンテナ面積が考えられる。MM100 のアンテナ面積は約 240cm² だが、Drogger は 22.5cm² と MM100 の 1/10 に満たない。アンテナ面積の広い MM100 は樹冠によるマルチパスで多少電波が揺らいでも同じ衛星の信号を受信し続けることができるが、面積の狭い Drogger では受信が途切れ途切れになることが測位精度の違いを生じたと考えられた。

MM100 でみちびき衛星からの信号を加えて後処理した場合と加えずに後処理した場合を比較すると、4 つの GCP 間の距離の比はみちびき無で 1.04~1.14 (平

均誤差 7.3%) だったが、みちびき有では 1.00~1.11 (平均誤差 5.2%) で若干改善した。多少の測位誤差があるが、みちびきを含む MM100 の測位結果を GCP の座標値とすることは可能と考えられた。

オルソ空中写真で計測した座標値による GCP 間の距離は地上測定値の 0.849~0.857 (平均 0.858) だった(表-1)。いずれの側線も距離の比率がほぼ同じことから、オルソは XY 方向に同様の比率で縮んでいると考えられた。林内ではドローン機体上の GNSS 受信機の測位が不安定なため、SfM ソフトによる写真上の物体のマッチングで距離(縮尺)が定まると思われる。このような誤差は高さ方向でも生じている恐れがあり、今後、検討したい。

オルソで計測した GCP 間の距離と MM100 (みちびき有) の GCP 間の距離の比は 0.775~0.861 (平均 0.816) だった。この比率は地上距離に対する比率にかなり近いが、GCP3 を含む組み合わせでやや差が大きく、GCP3 の測位精度が少し低いと思われた。

表-1. GCP 間の距離の測位結果の比較

GCPの 組合せ	地上距離 Vertex (m)	地上距離に対する比率			
		Drogger	MM100	みちびき無・有	オルソ
gcp1-2	6.08		1.083	1.063	0.857
gcp1-3	10.83	1.428	1.081	1.074	0.855
gcp1-4	15.14	0.912	1.049	1.017	0.849
gcp2-3	5.41		1.045	1.046	0.863
gcp2-4	8.92		1.042	1.003	0.863
gcp3-4	5.02	1.563	1.137	1.108	0.859
平均	-	1.301	1.073	1.052	0.858

IV 結論

ドローンの風圧で下層植生が揺れるため、小型のドローンを利用することが望ましいことが分かった。精度の高いオルソ作成の基準となる GCP の座標値として、MM100 の測位結果を利用できると判断した。今後はドローン空中写真から標高データを作成して植生高をマッピングし、植生高の推定精度を検証する。

謝辞

本研究は岐阜県森林研究所との共同研究「森林管理のための高精度情報の活用技術の開発」で実施した。本研究に協力していただいた方々にお礼申し上げる。

引用文献

- (1) 渡邊仁志・井川原弘・横井秀一 (2018) 表土流亡の抑止効果に着目したヒノキ人工林の下層植生分類へのササ型の追加とその序列化。森林立地, 60:55-61
- (2) 織田和夫 (2016) 解説: Structure from Motion (SfM) 第一回 SfM の概要とバンドル調整. 写真測量とリモートセンシング, 55:206-209
- (3) 高須知二 <http://www.rtklib.com/> (2020 年 12 月アクセス)