

UAV による空中写真測量により求めた標定点を使ったスギ林内の地上写真測量について

福岡大学 正員 ○大隣 昭作 渡辺 浩 下妻 達也

1. はじめに

写真測量を行う際には、座標がわかっている標定点を設置する必要がある。一般的にはトータルステーションやGNSS 測量などで標定点の測量を行う。標定点は写真測量を実施する範囲全体に設置することで、精度の向上が見込める。ただし、森林内は、上空を樹木が覆われており GNSS の電波を受信することが難しことや、足場の悪い斜面での作業になること、樹木や下草などの障害物になることなどから、トータルステーションやGNSS 測量を実施することが難しい場合が多い。本研究では、スギ林を対象として、林内での作業を減らし省力化することを目的としてスギ林内で写真測量を行う際に必要な標定点を、UAV による空中写真測量で設置した場合、どの程度の精度が得られるかを検証し、UAV による空中写真測量による標定点の設置が可能かを検討する。

2. 実施した写真測量について

(1) 対象とした場所

株式会社アサモクの協力により福岡県朝倉市柿原にあるスギの人工林 (0.16 ヘクタール) を対象地とした。ふくおか森林オープンデータによると林齢 50 年のスギの人工林となっている。道路より 20 メートル程斜面を登った場所にあり、樹高 30 メートル程のスギが傾斜地に植林されている。南東方向に道路があるがそれ以外は森林に囲まれており、GNSS による測量は困難な場所である。図-1 に対象地のオルソ画像と測点を示す。



図-1：対象地のオルソ画像と測点

(2) 使用機材

UAV は DJI 社 Phantom4 Pro を使用している。UAV 測量の自律航行支援アプリケーションとして DJI 社 GSPPRO を用いた。SfM ソフトウェアは Agisoft 社の Metashape 1.5.5 を

使用した。標定点の測量には 2 周波 GNSS 受信機 トプコン 社 GNSS HiPer SR を使用した。

(3) 標定点について

まず、スギ林外の道路に GNSS 測量により空中写真用標定点を設置して UAV による空中写真測量を行った。今回は南東は開けているが、山中に林道のみがある場合を想定して図-1 に示すように測点を配置した。○は GNSS 測量により測量した点で空中写真測量の基準となる標定点として利用する点。△は林内の測点で、林内での写真測量の際に使用する林内標定点である。林内標定点は、UAV から空中写真測量の精度の違いを検証するために、表-1 に示す特徴を持った場所に設置した。標定点には 0.5 メートル四方の対空標識を設置した。

表-1 林内標定点を設置した場所の特徴

点名	特徴
P1	スギ林の端に位置し、南東に樹高が低い雑木林があり、比較的空が開けている
P2	林内の枯れ木の近くで、枯れ木の枝の間から空が見える。
P3	均一に並んでいるスギの根元付近。

3. UAV による空中写真測量とその解析について

(1) UAV による撮影について

空中写真測量を行った対象地周辺は、約 60 メートルの高低差があり、同一高度での撮影では最高点と最低点で、写真の地上解像度が大きく変わってしまい、精度に大きな差が出ることとなる。そこで、現地で UAV を飛行させながら飛行コースを決定した。飛行高度 80 メートルから 199 枚、飛行高度 50 メートルからは 237 枚の写真を撮影し、解析を行った。

(2) 林内の対空標識の写真撮影について

林内の対空標識は、写真の中に小さく写っているため、探すのが困難であったため、標定点のみ使い解析した後、検証点付近の写真を検索して、検証点に設置した対空標識が写っている画像を探した。写真の中心ではなく、少しずれた場所に写っているものが多かった。高低差 80 メートルの写真に中心付近に写っている対空標識は 22pix、高低差 50 メートルの場合は 36pix の大きさと確認することができた。

(3) 検証点の精度検証

空中写真測量の精度を検証するため、林内標定点をトータルステーションで測量し、その値との解析値の差を誤差とした。その結果を表-2 に示す。平面直角座標系の 2 系で行った。

表－2 林内標定点の誤差（単位：メートル）

点名	X 誤差	Y 誤差	水平誤差	高さ誤差
P1	-0.003	-0.001	0.003	0.021
P2	-0.006	-0.002	0.006	0.075
P3	-0.003	-0.002	0.004	0.053

標定点が設置されている道路より離れるに従って誤差が大きくなっていることがわかった。高さ方向の誤差は、水平誤差と比べて 10 倍前後あることがわかった。水平報告に比べて高さ方向の誤差が大きくなるのは、一般的な UAV による空中写真測量の特徴でもある。

（4）林内に座標点を設置した場合の精度検証

林内に空中写真測量用標定点がある場合、精度がどのように変化するかを確認するため、林内標定点 P2 をトータルステーションで測定した座標を使い空中写真測量の解析を行った結果を表－4 に示す。

表－4 林内に標定点を設置した場合の誤差

点名	X 誤差	Y 誤差	水平誤差	高さ誤差
P1	-0.003	-0.002	0.004	-0.009
P3	0.000	-0.004	0.004	-0.002

（単位：メートル）

対象地内に標定点を配置したことで、水平誤差は 5 ミリメートル以下となった。可能であれば 1 点でも標定点を配置することが望ましいことが確認できた。

4. 林内での地上写真測量とその解析について

（1）林内での写真撮影について

林内写真測量の精度検証のために検証点として a1～a3 を設置し、林内標定点と検証点のすべてが写るように約 1 時間で 259 枚撮影した。林内は傾斜が大きく倒木等で足場が悪かったためカメラの高さや写真同士の重なりを調整しながら撮影した。撮影にはミラーレスカメラを一脚に固定し、カメラ位置を高くし、タブレット端末と接続し撮影を行った。各点の配置を図－2 に示す。

（2）林内での写真測量の精度について

まず、林内における写真測量の精度検証のため、P1～P3 をトータルステーションで測量した座標を標定点の座標として解析をおこない、検証点の誤差を求めた。その結果を表－5 に示す。

表－5 トータルステーションを標定点とした写真測量の精度

点名	X 誤差	Y 誤差	水平誤差	高さ誤差
a1	0.007	-0.001	0.007	-0.012
a2	-0.016	0.003	0.017	-0.010
a3	-0.014	0.002	0.015	0.012

（3）空中写真測量で求めた標定点を使った解析

次に、UAV による空中写真測量で求めた P1～P3 の値を林内標定点の座標として、林内における写真測量の解析を行

った結果を表－6 に示す。

表－6 空中写真測量を標定点とした写真測量の精度

点名	X 誤差	Y 誤差	水平誤差	高さ誤差
a1	-0.174	0.220	0.280	-0.434
a2	-0.192	0.080	0.208	-0.158
a3	-0.012	0.196	0.197	-0.602

水平誤差で 0.2 メートル程度の誤差となった。高さ方向は最大約 0.6 メートルとなり、水平方向より大きな誤差が出た。

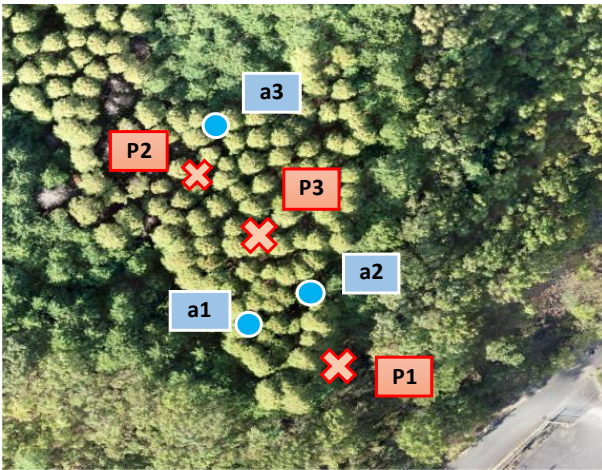
5. まとめ

スギ林内で写真測量を行う際に必要な標定点を、UAV による空中写真測量で設置することが可能かを検討した。今回の対象地では、周辺の道路に標定点を設置し、それらを含めた空中写真測量を行うことで、スギ林内で、上空からの写真で確認できる点の写真測量が可能なが確認できた。

また、空中写真測量から求めた座標を標定点として、林内で写真測量を行う場合、水平精度で 0.2 メートル、高さ精度で 0.6 メートルほどの誤差があることが確認できた。

UAV による空中写真測量を用いて標定点を求める場合、トータルステーションによる標定点測量と比較すると、省力化が可能であることが確認できた。林内の状況を把握する場合の予備的な計測としては活用できるのではないかと思われる。

今後は、位置的な精度の向上を目指すとともに、林内の樹木の直径など、局所的な精度がどの程度なのかを検証する予定である。



図－2：林内標定点・検証点の配置