

# スギ林内における地上写真測量のための標定点の空中写真測量による設置可能性の検討

福岡大学 正員 ○大隣 昭作

## 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くことや、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. 実施した空中写真測量について

### (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GSPRO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・検証点について

まず、スギ林外の道路にGNSS測量により標定点を設置して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、林内における地上写真測量の際に、標定点として使う点である。本研究では、この測点の座標の精度を検証することが目的であるため検証点とする。検証点はトータルステーションで、測量を行いその座標を、検証点の座標として検証を行った。林内に設置した3つの検証点は、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。標定点および検証点には0.5メートル四方の対空標識を設置した。

表-1 検証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。

### (4) UAVによる空中写真測量について

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。測量エリアに高低差がある場合、精度のばらつきを抑えるためには予備測量を行い、樹木の高さも含んだ高さのモデルであるDSMを求め、DSMから飛行コースを計画することが望ましい。ただ、今回の対象地は斜面が急なため、今回使用するUAVに搭載されているGNSSの精度では誤差が大きく、樹木に接触する可能性があった。本研究では、測量当日に現地でUAVを飛行させながら飛行コースを決定した。高低差による地上解像度の違いを緩和するため高度80メートルから撮影した後、可能な場所のみ高度50メートルでの撮影を行った。

## 3. 撮影した写真とその解析について

### (1) 撮影した写真について

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枚の写真が撮影された。道路上に設置した標定点を入力し、metashapeで解析を行った。撮影した写真に含

まれる位置情報は、GNSS の誤差を多く含んでいるため削除した。解析は「写真のアライメント」は高で行い、カメラの最適化まで行った状態で精度の検証を行った。

## (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 の大きさを確認することができた。P1 は雑木林側から撮影した写真に多数写っていた。枯れ木の付近に設置した P2 は 15 枚の写真で確認することができた。P2 の可視点として図-2 に示す。P3 は 9 枚の写真で確認することができた。P3 の可視点として図-3 に示す。両写真とも周辺の樹木の隙間から確認することができた。P2 は、さらに枯れ木側から撮影した写真にも写っていること



から、P3 と比べて多くなったことが確認できた。

図-2 P2 の可視点

図-3 P3 の可視点

## (3) 検証点の精度検証

標定点および検証点を設置後、改めて解析を行い、検証点の座標を求めた。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 検証点の誤差 (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。標定点が写っている写真の枚数と精度の比較のため P2 と P3 を比較すると、枚数が少ない P3 の方が精度が良いことから、大きな影響はないものと思われる。ただし、設置した点が写真で確認できない場合、そもそも計測できないため、枯れ木周辺など、UAV から撮影な場所に設置したほうが良いことがわかった。

## (4) 標定点の配置における精度の検証

標定点の配置を変更して精度を検証する。山中で林道のみ GNSS 測量が可能な場合を想定し、道路上の 5 点のみを使って解析を行った。その結果を表-3 に示す。

表-3 標定点を直線に配置した場合の、検証点の誤差

点名	X 誤差	Y 誤差	水平誤差	高さ誤差
P1	0.020	-0.029	0.035	0.167
P2	0.048	-0.072	0.087	0.481
P3	0.034	-0.055	0.065	0.354

(単位:メートル)

道からそれた 2 つの点を外すと、誤差が非常に大きくなることが確認できた。これは、道路上に直線状に並べて標定点を設置した場合、解析が全体として非常に不安定になったものと思われる。特に高さ方向の誤差が大きく出ている。

次に、検証点である、P2 にトータルステーションで求めた座標を使い、標定点として解析を行った。その結果を表-3 に示す。

表-4 標定点を直線に配置した場合の、検証点の誤差

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わかった。

## 3. 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ことが確認できた。

測点が写っている写真の枚数の多少と精度の影響は確認できなかった。標定点を対象地内に設置することが望ましいが、設置が難しい場合でも、標定点は同一方向だけに配置するのではなく、反対方向に設置しても精度が向上することが確認できた。

一般的に林内での測量では、高い精度を求めることが難しくことから、林内に撮影可能な点がある場合、空中写真測量による標定点の設置は可能であることが確認できた。