

定期撮影航空写真とドローン撮影航空写真による伐採量の推定^{*1}

光田 靖^{*2}

光田 靖：定期撮影航空写真とドローン撮影航空写真による伐採量の推定 九州森林研究 71：103－104，2018 近年新たな問題として浮上してきた違法伐採について，地域森林資源に与える影響を把握し，被害を受けた所有者に情報を提供するために，違法伐採の被害箇所において伐採量を推定する手法の開発を行った。伐採前の情報として県により定期的に撮影されている航空写真を，伐採後の情報として伐採地でドローンにより撮影した航空写真を用いた。それぞれに対して SfM 解析を行って 3 次元点群データを生成し，伐採前航空写真から樹木等の地物高を含む地表面高の情報を，伐採後航空写真からは地表面高の情報を得た。両者の差分を計算することによって得られる林冠高情報を利用して単木の抽出およびその樹高推定を行った。別途用意した樹高と胸高直径の相対成長関係から単木の直径を推定した。抽出された個々の単木について，細り式を利用して採材を推定し，伐採量を推定した。宮崎大学田野演習林における伐採現場の事例では，大きな過小推定となった。

キーワード：違法伐採，航空写真，SfM，UAV

I. はじめに

近年，宮崎県では違法伐採が問題となっており，相談件数は平成 27 年の 4 件から平成 28 年には 19 件へと急増している（宮崎県森林経営課，2017）。違法伐採は個人の財産を奪うと共に，地域の森林資源を損ない，資源計画に大きな不確実性を与えるものである。違法伐採によってどれほどの森林資源が失われたのかを把握することは，地域の森林資源を適切に管理するために重要であり，また違法伐採の被害者へ情報提供するために必要である。

これまでの航空機だけでなく，ドローンで撮影した航空写真を用いた森林資源の把握技術が発達してきている（例えば，Lisein *et al.*, 2013）。オーバーラップをもって撮影された複数枚の航空写真に対して Structure from Motion (SfM) 技術を適用することにより，樹木などの地物を含んだ地表面高を再現することができ，これを利用して森林資源の把握を行う。伐採前と伐採後の航空写真から地表面高の情報を得ることができれば，伐採前の地表面高は地盤高と樹木の高さを含み，伐採後の地表面高のみとなることから，その差分は伐採前の林冠高情報となる。林冠高情報から単木抽出を行い，単木からの積み上げによって森林資源を推定することは，LiDAR データを用いた森林資源把握手法（例えば，Næsset, 1997）を応用することで可能である。

ここで重要となるのが，伐採前後の航空写真をいかに得るかということである。伐採前航空写真については都道府県が 5 年に 1 回撮影する航空写真が有効である。都道府県全体を五つの地域に区分して，毎年一つの地域を撮影する場合が多いので，最も時期がずれるとしても伐採から 5 年前の航空写真を得ることが可能であると考えられる。伐採後航空写真については，近年普及が著しいドローンを用いれば容易に入手することができる。そこで本研究では都道府県が定期的に撮影する航空写真とドローンで撮影した航空写真を用いて伐採量を推定する方法を開発する。この手法を確立することができれば，違法伐採によって失われた森林資源

量を推定することが可能となる。

II. 調査地と使用データ

本研究の対象地は宮崎大学田野演習林 7 林班へ 2 小班（スギ 100 年生）である。対象林分においては，平成 28 年に部分的な皆伐が実施された。

伐採前の航空写真として宮崎県国土整備部が平成 25 年に県全体を撮影した航空写真を用いた。航空写真はデジタル撮影されており，対象地を含む未加工のデジタル航空写真と，それをもとに作成されたデジタルオルソ画像の提供を受けた。伐採後の航空写真として平成 29 年に対象地においてドローン（DJI 社，PHANTOM 3）により撮影したものを利用した。航空写真に地理座標を与えるため，写真上で明らかに判別できる点やドローン撮影時に設置した標識点について，GPS（Trimble 社，Pathfinder ProXH）により地理座標を計測し，電子基準点を用いて補正した。

III. 方法

伐採前後の航空写真に SfM 技術を適用し（Agisoft 社，PhotoScan），3 次元点群データを生成した。その際には標識点に地理座標を付与して，成果物が地理座標（x, y, z）を持つようにした。宮崎県撮影航空写真をもとに生成した 3 次元点群データが約 40 cm に 1 点の密度であったため，点群データを解像度 40 cm のラスタデータへと変換した。なお，伐採前である宮崎県撮影航空写真については 40 cm 格子内で最も高い点を，伐採後であるドローン撮影航空写真については最も低い点を格子の高さとして採用した。ここで伐採前のラスタデータは樹木の高さを含むため地表面高（DSM）とみなし，伐採後のラスタデータは樹木の高さを含まないため地盤高（DEM）とみなす。地形の影響を含まない林冠高の情報を得るため，DSM から DEM を差し引いて林冠高のラス

^{*1} Mitsuda, Y.: Estimating harvested timber volume using periodically taken aerial photos by Prefectural government and UAV photos.

^{*2} 宮崎大学農学部 Fac. Agr., Univ. Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan

タデータ (DCHM) を作成した。

DCHM を用いて Local Maximum Filter 法 (Wulder *et al.*, 2000) により樹頂点を抽出し、その高さを樹高とみなした。田野演習林に設定されたスギ固定試験地データからパラメータを推定した樹高と直径の相対成長関係 (ネズランド式による) を用いて、樹高から各個体の直径を推定した。

手法の検証データとなるのが素材生産データ (長級別・径級別本数) であったため、各個体について採材を予測した。素材生産データではほとんど全てが 4 m 材であったため、各個体について末口が 12 cm 以下になるまで採材することとして、長級別・径級別素材生産本数を予測した。なお、細り式には理論的相対幹曲線式 (Inoue, 2001) を用いた。

IV. 結果と考察

航空写真から 3 次元点群データへの SfM 処理において、算出された標識点の誤差は宮崎県撮影航空写真で 2.31 m およびドローン撮影航空写真で 0.07 m であり、生成された 3 次元点群の位置精度は信頼できるものであった。SfM 処理によって生成された伐採前後のオルソフォト画像を図-1 に示す。

DCHM を解析して推定された立木本数は 80 本であった。これは画像と比較すると少ない本数であったため、樹頂点を目視判読によって抽出したところ 138 本が抽出された。抽出された 138 本について樹高のヒストグラムを図-2 に示す。樹高は 22 m 付近を中心とした一山型の分布をしており、最低樹高が 16 m、最高樹高が 28 m であって、樹高の推定値として不適切なものではないと考えられる。

実際の素材生産データと推定された素材生産量の比較を図-3 に示す。出材した素材本数が 580 本であったのに対し、予測は 328 本にとどまった。また、径級別本数を比較すると特に径の大

きな素材で過小推定となっていた。

今回の結果では大きな過小推定となっていたが、これは対象林分が高齢林分であることが一因となっていると考えられる。対象林分では個体の樹冠が発達し、隣接個体と判別がつかない状況であったため、DCHM の解析による個体抽出が上手くいかず、目視判読も難しかったものと考えられる。また、今回用いた樹高と直径の相対成長関係は 60 年生程度の林分が多いデータから推定されたものであり、高齢林分ではその関係性が変化している可能性が高い。

今回の事例では上手く伐採量が推定できなかったが、本研究で提示した手法の有効性について、さらに事例を増やして検討する必要がある。

V. 謝辞

本研究を行うにあたって宮崎県県土整備部から航空写真およびオルソ写真の提供を受けた。宮崎大学田野演習林からは素材生産データの提供を受けた。また、ドローンによる航空写真の撮影は宮崎大学農学部森林緑地環境科学科 溝口拓朗氏、末吉智秀氏および久保田陸斗氏にご協力いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

Inoue A (2001) J For Plann 7: 89-94
 Lisein J *et al.* (2013) Forests 4: 922-944
 宮崎県森林経営課 (2017) 林業みやざき 2017 年 9・10 月号: 2
 Næsset E (1997) Remote Sens Environ 61: 246-253
 Wulder M *et al.* (2000) Remote Sens Environ 73: 103-114
 (2017 年 11 月 10 日受付; 2017 年 11 月 27 日受理)

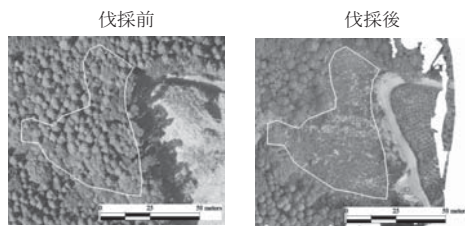


図-1. 航空写真から作成されたオルソ写真

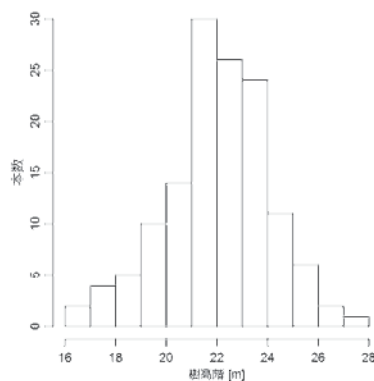


図-2. 伐採木の推定樹高

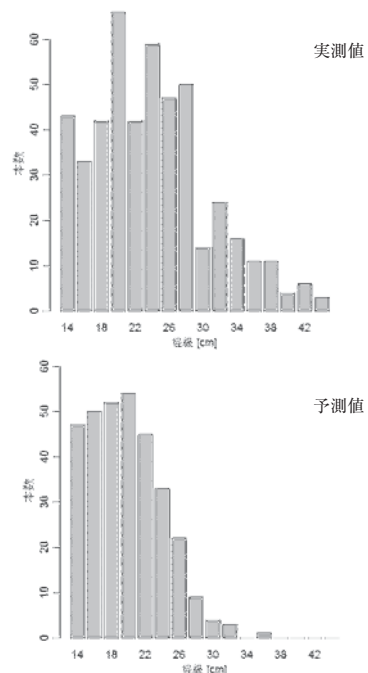


図-3. 径級別素材生産量の実測値と予測値の比較