

# F1 林分情報の効率的な更新のための UAV による 3D 点群データの分析法

Analysis of 3D Point Cloud Data from UAV for the Efficient Forest Stand Information Update

地球循環共生工学領域

08E13060 藤本彩菜 (Ayana FUJIMOTO)

**Abstract:** In the forest monitoring for management, use of remote sensing techniques has been expanded. Aiming for a cost effective forest monitoring, I developed a method to detect individual tree crowns and height from 3D point cloud using UAV (Unmanned Aerial Vehicle), SfM (Structure from Motion) software, and LiDAR processing software. The results at a Japanese cypress stand in Takayama, Japan showed that about 90% of tree canopy are detected, but the detection rate dropped for hidden understory trees. Estimated stand timber volume was about 83% of that by the forest register.

**Keywords:** remote sensing, individual tree detection, tree height, timber volume

## 1. はじめに

林分情報を正確に把握し、森林を適切に管理するためのモニタリングには、広範囲の3次元情報を効率良く取得できるリモートセンシングの技術が有効である。現在はレーザー測定の一種の航空機 LiDAR (Light Detection and Ranging) <sup>1)</sup>を用いた方法が主流であるが高コストであるため、低コストな無人航空機である UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の利用が期待される。しかし、地表面のデータを取得できないことや国内での研究例が少ないことから、画像解析プロセスが未完成である。

本研究では、UAV で撮影した林分の画像と、複数の2次元画像から物体の3次元構造を復元する手法である SfM (Structure from Motion) <sup>2)</sup>によって作成された3D点群データから林分情報を抽出するプロセスを一般化することを目的とし、分析方法の検討と森林簿および実測との比較を行った。

## 2. 分析方法

### 2.1 調査対象林分と使用した3D点群データ

岐阜県高山市朝日町の0.81 haのヒノキ人工林を対象とし、2016年11月2日に樹種と胸高直径(DBH)の毎木調査を実施した。この林分で2016年9月21日にUAVにより撮影された129枚の画像から、SfMソフト Photo Scan Professional (Agisoft) で作成された3D点群データ (図1) の提供を受けた (中部大学・杉田暁, 名古屋大学・林希一郎)。

### 2.2 樹冠と樹高の検出

地理情報システム ArcGIS (ESRI), LiDAR 処理ソフト FUSION (USDA 森林サービス), R ver.3.3.1 の上のパッケージ rLiDAR を使用し、3D点群データからの樹冠・樹高の検出方法を検討した。主な手順は①点群データから0.1 mメッシュ DSM (digital surface model)の作成, ②基盤地図情報10 mメッシュ標高<sup>3)</sup>をDTM (digital terrain model)とする0.1mメッシュ DCM (digital canopy model)の作成, ③DCMからの樹冠・樹高検出である。

### 2.3 材積の推定

毎木調査で取得したDBH  $d$ と樹冠検出で取得した樹高 $h$ より、式(1)に示した黒川ら<sup>3)</sup>の材積式を用いて毎木材積 $v$ を求め、これより林分の材積を推定した。また森林簿に記載の2015年のha材積とha成長量から毎木調査時の林分の材積を計算したが、2015年10月に実施された強間伐による材積の減少を考慮するため、樹冠検出結果から推定した間伐率を使用した。2つの方法で推定した材積を比較した。

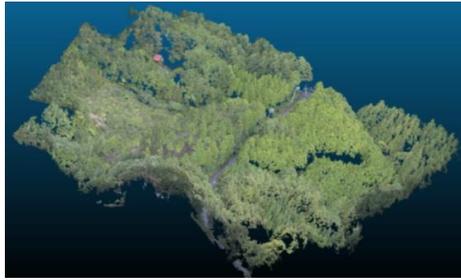


図 1 3次元点群データ

$$v = \frac{\pi d^2 h}{4\{2(1-1.2/h)\}^{1.060}} \quad (1)$$

### 3. 結果と考察

#### 3.1 樹冠密度と検出本数の評価

手順②における分解能が異なるモデルの差分の処理，手順③における樹頂点検出ウィンドウサイズなど6つのパラメータの決定方法の検討を経て，取得した樹冠検出結果を図2に示す．手順③で，樹頂点検出ウィンドウのサイズが小さいと樹冠は過分割になり，サイズが大きいと過小分割になる．そこで，ウィンドウサイズと検出本数の回帰直線と相関係数から，適切なサイズを決定した．図2で示す非間伐地Aは，2015年に間伐が行われなかった部分である．樹冠検出数と密度を，表1に示す．非間伐地Aの密度は，森林簿（間伐前）の密度1100本ha<sup>-1</sup>と比較すると，精度は99.4%であった．間伐前の密度は均一と仮定すると，間伐地Bの間伐率は約81%と推定された．間伐地Bで検出できた樹冠139本に対し，毎木調査では153本であり，検出率は89.9%であった．検出できなかった樹冠は，樹高が15m程度の低い樹木であり，樹高が高い樹冠によって被覆されていることや，樹冠の密集が原因として挙げられる．対象地周辺の林班で同じ手順で樹冠を検出すると，場所によって検出の精度に差が生じた．これは，対象林班以外の樹冠表面高の精度や，地表面高の推定精度に問題があると考えられる．

#### 3.2 材積推定の評価

式(1)による間伐地Bの林分材積は，120.8 m<sup>3</sup>であった．森林簿によると2000年のha材積は607.7 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>，年成長量は35 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>年<sup>-1</sup>であり，対象地全体における間伐地Bの面積の割合85.0%，推定間伐率81.7%を用いると毎木調査時の間伐地Bの林分材積は146.9 m<sup>3</sup>となった．式(1)による林分の材積は，森林簿による推計より17%小さかった．この原因としては，樹高推定の誤差，式(1)の適合性が挙げられる．今回は現地調査データが無く，樹高の推定精度は不明であった．また，樹冠検出プロセスによって検出できなかった約10%の樹冠の材積や，間伐率と材積量の関係を調査し，材積推定過程に組み込むことで，過小評価が改善されると考えられる．

#### 3.3 今後の課題

様々な樹種，林齢，密度の林分への適用の可能性は，今後調査する必要がある．発展的な課題として，樹冠の形状等から樹種を判定することや，3次元点群データを2次元化せずに樹冠を検出することで，高精度な林分情報を得ることが挙げられる．

#### 参考文献

- 1) 佐々木 剛：航空機 LiDAR を用いた森林構造の推定，基礎生態学，Vol.17， No.2， p.43-55， 2012
- 2) 満上育久：私の研究開発ツール 第46回 Bundler: Structure from Motion for Unordered Image Collections，映像情報メディア学会誌，Vol. 65， No.4， pp.479-482， 2011
- 3) 井上 昭夫，黒川 泰亨：針葉樹における二変数材積式の理論的誘導，日本林學會誌，第83巻(2)，pp.130-134，2001

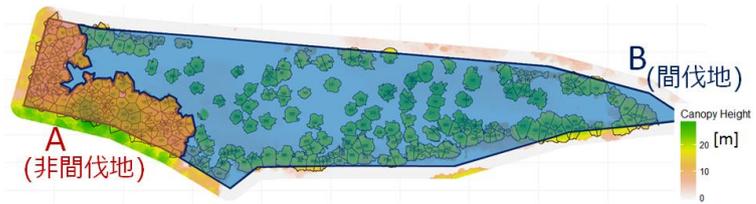


図 2 樹冠検出結果

表 1 対象地別検出結果

	単位	A	B
検出本数	本	135	139
面積	ha	1217.3	6735.5
密度	本 ha <sup>-1</sup>	1109	206