

小型 UAV 撮影画像を用いた SfM 解析による樹木帯の三次元測定
Three-dimensional measurement of tree belt by SfM analysis using small UAV images

○別所隼也¹⁾，羽柴秀樹²⁾，園部雅史²⁾
*Bessho Junya¹⁾，Hashiba Hideki²⁾，Shonobe Mashashi²⁾

Abstract: Recent years, abandoned forests have increased, and this has caused problems such as sediment disasters. The UAV applications have expanded their scope of use in place of aerial photography in slope disasters and tree growth analysis. In this study, the number of trees and the height of trees were measured from 3D point cloud data by SfM analysis using small UAV images that can be easily measured at low cost, and the accuracy was evaluated. As a result, when the tip of the tree height was able to confirm on the point cloud, the number of trees and the tree height could be measured roughly.

1. はじめに

近年の日本国内の林業では採算の取れなくなった森林が放置されていっている²⁾。木々が密集すると、根が地中深くまで張らず土砂災害の原因にもなる。また、密集した木々は一部分しか葉をつけず、二酸化炭素の吸収量も通常の木に比べて低下することが報告されている²⁾。

山地域での斜面災害と樹木繁茂の関係を分析するためには、樹林帯の樹高分布、樹種、樹林密度などを調査する必要がある。これまでにこのような調査には主に空中写真によって行われてきているが、斜面崩壊危険箇所などでの局所的な樹林状況をより詳細に調査する場合は現地調査に頼らざるを得ない。また、近年 UAV に搭載されたレーザー測定器によって樹高などの情報を取得する試みがなされているが、調査のためのコストが高くなり、加えて UAV 自体の大型化が必要になる面など課題も多い。

以上のことから、森林の効率的な維持管理・作業のために、より小型 UAV で効率的な樹木の調査方法を検討する必要がある。本研究では、より機動性が高い比較的小型の UAV による空撮写真を利用し、SfM(Structure from Motion) 技術による三次元点群データから、樹高や樹木数などの調査の精度と特徴を検討した。

2. 調査地と方法

(1) 調査地の概要

今回は、斜面崩壊地等での調査の事前検討として、日本大学理工学部二和校地内の平地上の樹林帯を検討対象とした。(Figure.1) 調査日は2019年8月19日 AM11:00 天気雨のち曇 平均風速 1.9m/s の環境で測定を行った。精度比較をするためにトータルステーションを用いて木々間の距離と樹高を測定し、12本分の樹木の位置と樹高を調査した。なお、測定範囲内では樹木の種類は広葉樹が2本、針葉樹が20本であった。



Figure.1 Aerial view of Futawa Campus

(2) 解析機器と入手データ

本研究で使用した UAV と撮影カメラ、自動撮影のための制御ソフトウェアおよび SfM 解析ソフトウェアを Table.1 に示す。また、解析ソフトでの点群データ生成のためのパラメータ設定を Table. 1 に示す。設定した飛行ルートに沿った撮影を自動で行った。今回は、地表対高 50m から撮影を行った。撮影方法はホバリングモード、オーバーラップ率 80%で行った。同じ飛行ルートを 2 回撮影し、撮影枚数は 2 回ともに 48 枚であった。2 回目のデータ群は風の影響から不十分な三次元化となったため、1 回目の補助のデータとして使用した。解析の精度を比較するために、1 回目のデータのみで解析した場合をケース 1、1 回目と 2 回目のデータを合わせて解析したものをケース 2 として、2 つ場合での精度比較を行った。SfM 解析ソフトでオルソ化及び三次元化を行い、DSM データを作成しエクスポートし、GIS 上で詳細解析を行った。

Table.1 Analysis equipment

使用機材		パラメータ設定
UAV	DJI Phantom 4 Pro	写真のアライメント
制御ソフト	DJI GS pro	制度 高(5段階中4)
SfM解析ソフト	Metashape	キーポイント制限 40,000点(デフォルト)
	カメラ	タイポイント制限 4,000点(デフォルト)
センサー	1" CMOS 有効画素数: 2,000万画素	高密度クラウド構築 品質 高(5段階中)
レンズ	視野角: 84° 8.8mm/24mm (35mm判換算) f/2.8 ~ f/11	深度フィルタ 低(4段階中3)

1: 日大理工・学部・土木 2: 日大理工・教員・土木

3. 結果と考察

(1) 立木本数の推定

入手したデータから樹木帯部分だけを切り抜き樹木の高さごとに色分けを行い32分割した。分割したデータから標高が高いものを木の頂点として立木本数をプロットした。ケース1, 2共にともに点群データ表示上での目視判断による本数は19本であった(Figure.2)。なお、実際の木的位置を正確に特定しているものは12本であった(Figure.3)。

特にケース2の場合の方が実測点よりも樹木位置が大きくずれている傾向が示された。これは1回目と2回目撮影時での風向き・強さが変化しており結果として点群データが変動したことが原因していると考えられる。また樹林帯の中でも樹高が高い場合はある程度の精度で樹木本数は特定できるが、樹高の低い場合は樹木の先端部分の判定が難しいため本数の確定は困難になる傾向が示された。

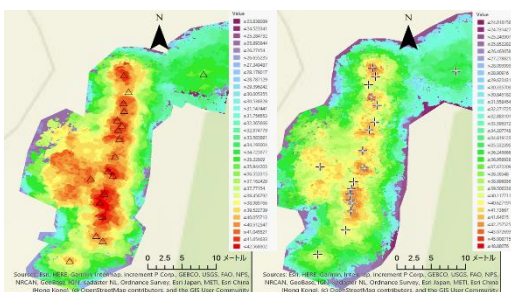


Figure. 2 DSM and number of standing trees(Left:case1 Right:case2)

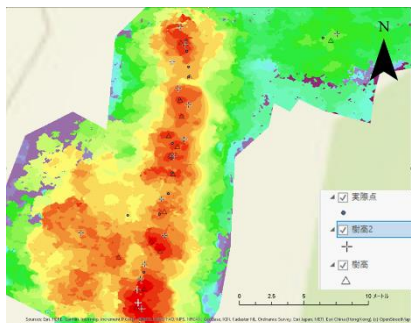


Figure. 3 The direct survey and estimate of the tree

(2) 樹高の測定

現地での地表面から樹木の上部先端までの高さ(対地樹高)をここでの樹高としてトータルステーションにて測定した。SfMでの解析結果と現地測量の比較をFigure.4に示す。なお図中、SfMによって算出されたケース1の点群データ上で目視判断から樹高先端位置を決定しその点の樹高を示したものをP1、ケース2での結果をP2とする。また、現地調査による樹木位置での点群データ上の樹高を示したものをケース1の場合をR1、ケース2の場合をR2とする。得られた12本の実際の樹高から推定樹高の差分をとり、この値の絶対値の平均値が(Figure.4)中に示す表である。

以上のことから、ケース2で得られるP2, R2のデータのほうが現地測定に比べ樹高が過剰に測定さ

れている傾向が示された。目視判読の位置と調査による樹木位置での樹高では、前者のほうが過剰に判読されている傾向が示された。このことから、立木本数と同じように、風の影響による点群データの値の変動が原因であると考えられる。また、現地調査による樹木位置での点群データ上の樹高ではR2の方が良い精度が示された。これは、2本の広葉樹の根元の位置と木の頂点の位置が異なる傾向があることからこのような結果が示されたと考えられる。これに対し、針葉樹のみでの平均値はケース1の場合の方が良い精度となり、R1が今回の撮影条件下では最も良い精度が示された。

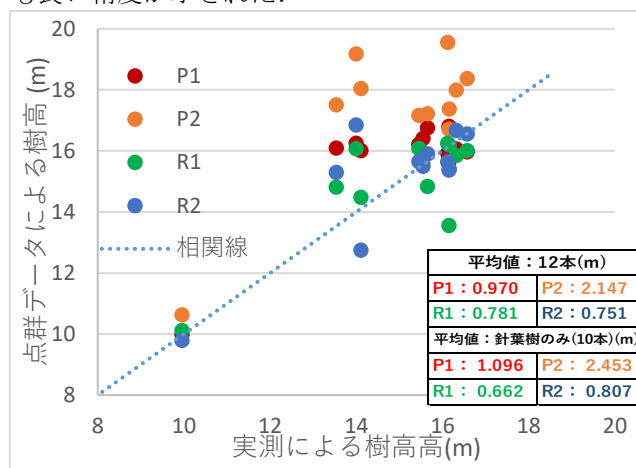


Figure. 4 Comparison of tree height between 3d point cloud data and direct survey

4. おわりに

今回得られた結果から、樹木本数や樹高の測定精度に対して、撮影データ数の影響は小さいことが考察された。これに対して、風や雨等の外的要素によって樹木位置の判定が困難な場合には短時間でのデータ採取が重要であることも考察された。これらの留意点を考慮し、樹高先端部が点群データ上でおよそ判定できる場合、樹木本数及び樹高は概ね測定することが出来ることが示された。しかしながら、樹高が低い場合は樹高先端部の点群上での識別が難しい場合もあり、点群上での樹木先端部の位置や高さの判定に工夫がより必要なことが検討できた。

今後は UAV での撮影方法と点群上での画像解析をさらに検討し、山地など斜面地帯での樹林観測に応用する予定である。

4. 参考文献

- [1] 室木 直樹,井 崇行『UAV 空撮画像と地上レーザスキャナを併用した林分材積の推定』, 森林計画学会誌, 52 巻 2 号, p. 83-88, 2018.
- [2] 林野庁『森林・林業・木材産業の現状と課題』, (更新日 2019 年 6 月 19 日)
[http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/genjo_kadai/] (最終閲覧日:2019 年 9 月 21 日)