

DF Scanner の森林調査業務への利用について

芦生研究林 北川陽一郎

1. はじめに

芦生研究林では森林資源量を求めるために、固定標準地を設定して 5 年毎の毎木調査を行っており、多くの労力をかけている。しかし、技術職員の業務が多様になるなかで効率的な作業が求められており、毎木調査の省力化が課題となっている。

令和 5 年 5 月 18 日に上賀茂試験地で行われた「ドローン・DF Scanner 講習会」で紹介された森林解析ソフト DF Scanner (DeepForest Technologies 社) は、ドローンで撮影した画像をもとに SfM ソフトで作成したオルソモザイク画像と DSM (地表高データ) を素材にして、CHM (地形を除いた地表面の高さ) の作成、樹冠分離、樹種識別、樹木サイズ推定などの解析ができる。この DF Scanner のサイズ推定機能を用いて、従来の毎木調査を代替し、業務の省力化ができる可能性がある。本報告では、芦生研究林の固定標準地において、毎木調査によるサイズ測定値と、過去にドローンで撮影した画像を用いた DF Scanner によるサイズ推定値を比較し、ドローン・DF Scanner を利用した省力化が可能かどうかを検討した。

2. 方法

DF Scanner には材積や炭素蓄積量を推定する機能があるが、その算出基盤である樹木サイズとして、DBH (胸高直径) と樹高に注目した。

芦生研究林 33 林班内にある 3 つの固定標準地 (調査地名: 127_1、128_1、128_2、いずれもスギとヒノキ人工林) を対象とした。毎木データは、127_1、128_1 は 2019 年度、128_2 は 2021 年度の調査で得られたものを使用した。DBH は直径巻き尺を使って調査地内の全木を測定し、樹高はレーザー距離計 (トゥルーパルス 200 (LASER TECH 社)) を使って 128_2 は全木、127_1 と 128_1 は一部の樹木を測定した。

DF Scanner で使用したオルソモザイク画像と DSM は、2020 年 11 月にドローンを使って撮影した画像をもとに Metashape (Agisoft 社) で作成した。GNSS (GPSMAP64csx (GARMIN 社)) で取得した位置情報から作成した各固定標準地ポリゴンを DF Scanner に表示して、そのポリゴンの内側にある樹冠を固定標準地内の樹木として扱った (図 1)。なお、ポリゴンの線上にある樹冠は対象外の樹木として解析には含めなかった。CHM の作成には国土地理院から取得した 10m メッシュの DTM (数値標高モデル) を用いた。

毎木調査と DF Scanner から得られた DBH と樹高データについて、固定標準地それぞれのスギとヒノキのヒストグラムの作成し、対応の無い t 検定を行うことで、毎木調査と DF Scanner による推定の結果を比較した。グラフ作成とデータ解析は、R 言語によって行なった。なお、毎木調査のデータ数が少なかったため 127_1 ヒノキと 128_2 スギの DBH と樹高および、128_1 ヒノキの樹高に関するヒストグラムと対応の無い t 検定の結果は考察に用いなかった。

3. 結果

DBH では 2 つの調査方法のヒストグラムが概ね重なっていたが、127_1 スギや 128_1 スギではピークのずれが見られた (図 2)。本数では 127_1 スギ、128_1 スギ、128_1 ヒノキ、128_2 ヒノキで毎木調査の方が約 1.2 倍多い結果になった。127_1 ヒノキでは DF Scanner の推定本

数の方が約 1.8 倍多かった。また 128_2 スギでは、実際にスギが 3 本しかないにもかかわらず、DF Scanner ではスギが 25 本と推定された（表 1）。樹高では全ての固定標準地で DF Scanner の推定値が毎木調査よりも約 1.5~2 倍高く評価され、ヒストグラムが重ならない結果になった（図 3）。

2 つの調査方法で DBH と樹高の値に差があるか調べるために、対応の無い t 検定を行った。検定の結果、DBH はほとんどのプロットと樹種において、有意差が見られなかった（127_1 スギ（ $t(55) = -0.91$ 、 $p = 0.37$ ）、128_1 スギ（ $t(51) = -0.93$ 、 $p = 0.36$ ）、128_1 ヒノキ（ $t(4) = -1.01$ 、 $p = 0.37$ ）。一方で 128_2 ヒノキのみ、有意に異なった（ $t(35) = 2.76$ 、 $p = 0.01$ ）。樹高は全てのプロットと樹種において有意差が見られた（127_1 スギ（ $t(27) = 14.95$ 、 $p < 0.001$ ）、128_1 スギ（ $t(25) = 20.51$ 、 $p < 0.001$ ）、128_2 ヒノキ（ $t(53) = 50.3$ 、 $p < 0.001$ ））。

4. 考察

DBH は 2 つの調査方法でヒストグラムが概ね重なり、t 検定でも有意差が検出できないプロットが多かったことから、DBH では 2 つの調査方法による差が比較的小さい可能性がある。一方で 127_1 スギや 128_1 スギでは、DF Scanner ヒストグラムの幅が毎木調査ヒストグラムの幅よりも狭かった。これらの林分は個体間での DBH にばらつきがあり、ヒストグラムは明瞭なピークが見られないあるいは複数のピークが見られた。DF Scanner はこのような人工林では実際よりも DBH のばらつきの幅が小さくなる傾向があるのかもしれない。DF Scanner は樹種、樹高、地域などのデータから適当な推定式を選択して DBH を推定しているが、芦生研究林の現状を反映した独自の推定式を作成すれば、DBH の推定精度をより高くすることができると思われる。また DF Scanner では 127_1 スギの DBH が 20cm 以下の下層木を推定していないと考えられ、樹冠下にあるためドローンで撮影した画像に写りにくい下層木がある人工林を対象とした利用は注意が必要と思われる。

固定標準地 128_2 はスギの本数、DBH とともに 2 つの調査方法の結果が大きく異なっていた。実際はヒノキ 31 本、スギ 3 本と広葉樹を含む人工林だが、DF Scanner の描画画面上で確認すると広葉樹とヒノキがスギとして識別され、また、実際よりも多くの樹冠に分離されているのが分かった。今回の 1 例だけの調査ではあるが、ヒノキ林分での樹木識別の精度が良くなかった。DF Scanner を業務に取り入れる場合は、より多くのヒノキ林分で毎木調査の結果を比較して正確性を確認する必要がある。

樹高は全ての調査地と樹種において 2 つの調査方法でヒストグラムが重ならず、t 検定でも有意差が検出された。樹高は DSM と DTM との標高差で計算するため、研究林で作成した 33 林班の DSM に問題がある可能性がある。講習会時に講師の方から、「ドローンが飛行しながら撮影した写真は、GNSS の精度が特に垂直方向の精度が悪いことや、SfM ソフトで加工後に DSM がドーム状に変形する特徴がある」という指摘があり、これらが DSM の精度に影響していると考えられる。これらの点に注意し DSM を再度作成した上で、DF Scanner による樹高の推定値の再評価を行う必要があるだろう。

5. 結論

今回 3 つの固定標準地の毎木調査結果を用いたが、DF Scanner を実際に利用するうえでの課題を明確にするには、より多くの毎木調査結果と比較する必要がある。それを承知のうえで今回の結果のみで検討すると、DBH についてはヒストグラムのピークのずれがみられるが、独

自の DBH 推定式を作成することで推定精度を向上できると考えられた。また、ヒノキ人工林での樹種同定や樹冠分離の精度を確認する必要があると思われた。樹高については DSM の作成方法を改善する必要がある、ドローンで撮影する写真の位置情報精度を上げるために RTK（2 つの受信機間でずれを補正することで、より精度の高い位置情報を得る測定方法）ドローンの導入や SfM ソフトでの処理方法の検討が必要だと思われた。これらにより単木単位の推定精度を高めることができれば、現行の固定標準地調査データを引き継ぐことができ、ドローンで上空から森林を撮影するだけで森林蓄積量を推定できるかもしれない。



図 1 DF Scanner で推定した 182_2 の樹種と樹冠

表 1 各プロット、樹種についての毎木結果と DF Scanner の推定値

調査地名	樹種	調査方法	DBH平均値	DBH標準誤差	樹高平均値	樹高標準誤差	本数
127_1	スギ	毎木調査	48.1	2.3	28.7	0.6	34
		DF Scanner	45.6	1.6	43.8	0.5	26
127_1	ヒノキ	毎木調査	30.0	5.2	22.7	0.6	5
		DF Scanner	24.2	1.1	42.5	0.9	9
128_1	スギ	毎木調査	50.5	2.4	29.8	0.6	30
		DF Scanner	47.5	1.8	51.3	0.5	27
128_1	ヒノキ	毎木調査	24.8	2.0	24.9	0.7	11
		DF Scanner	23.6	1.3	49.5	1.1	8
128_2	スギ	毎木調査	66.0	11.7	29.6	3.4	3
		DF Scanner	47.5	1.6	51.3	0.7	25
128_2	ヒノキ	毎木調査	33.8	0.8	23.1	0.3	31
		DF Scanner	25.5	0.8	50.7	0.4	25

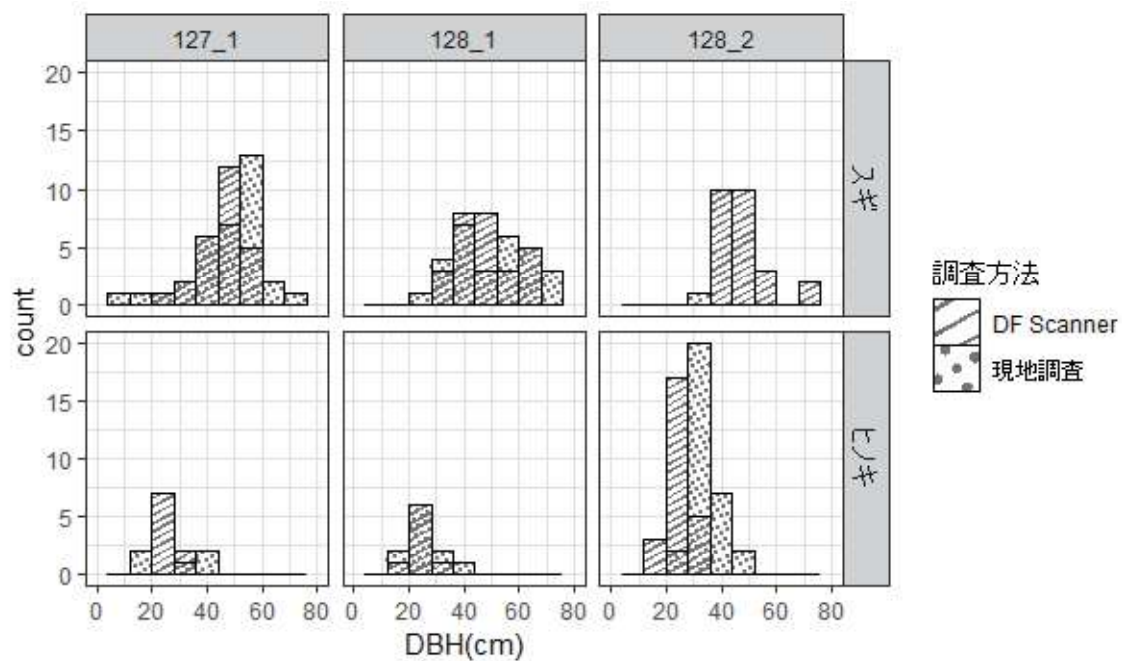


図 2 DF Scanner と毎木調査から求めた DBH のヒストグラム

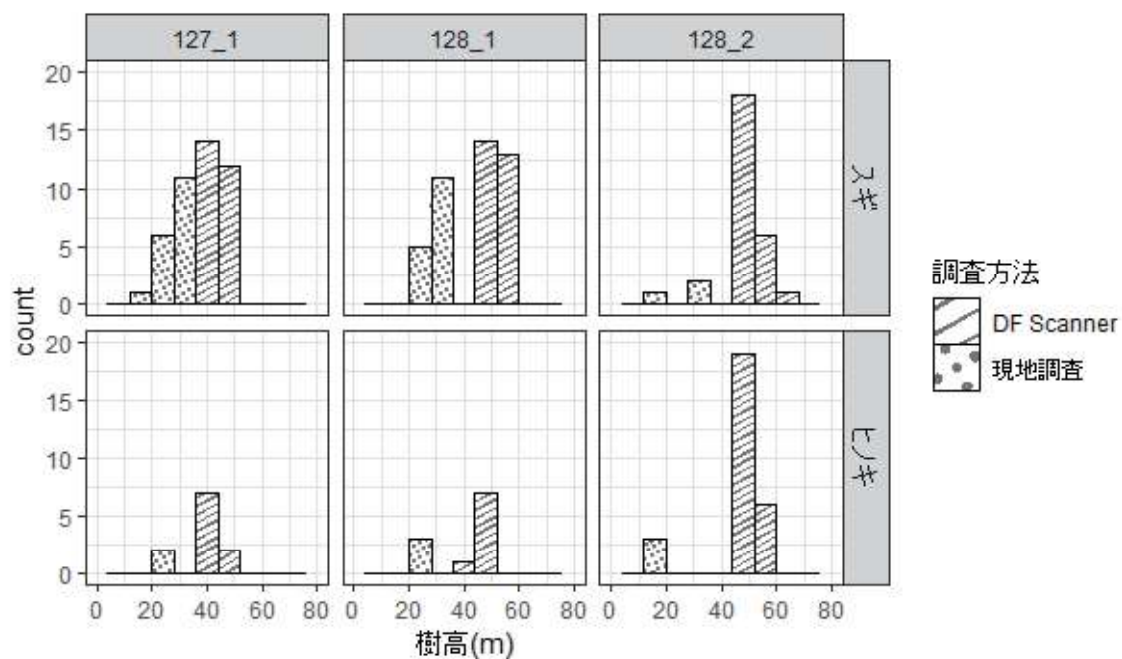


図 3 DF Scanner と毎木調査から求めた樹高のヒストグラム
毎木調査では 127_1、128_1 は一部の樹木のみ樹高を測定した。