

ドローンによる林分の混み合い度の把握について

秋田森林管理署湯沢支署 主任主事 ○松田 悠吏
主任森林整備官 ○本田 康敬
森林整備官 村井 秀成

1 はじめに

湯沢支署では令和3年度の当発表会において「ドローンによる林分材積推定の林道支障木調査への活用」をテーマに研究・発表を行いました。

その結果、「高精度の材積推定は困難」なものの、「主伐期に達した林分では、本数や樹高を一定の精度で測定可能」であることがわかりました。本数、樹高が測定できるのであれば、林分の混み合い度を把握できるのではないかと考えました。

そこで本研究では、保育段階にあり、上層木・下層木が混在する林分でもドローン調査で本数や樹高を測定できるのかを明らかにし、ドローンを「林分の混み合い度の把握ツール」として活用できるか検証しました。

2 研究方法

本研究では、保育間伐等が行われていない保育段階のスギ人工林を調査対象とし、ドローン調査と毎木調査の結果を比較することで、ドローン調査の精度及び適応範囲を検証することにしました。加えて、文献調査などから、ドローン調査をもとに求めることが出来る「混み合い度の指標」を検討することにしました。

(1) 調査地について

調査地は秋田県横手市大森町坂部にある国有林を選出しました。

当該箇所は平成25年度に除伐を行って以降、保育間伐等が行われていない林齢29年生のスギ人工林です。

(2) ドローン調査について

ア 樹高計測の方法

ドローン調査による樹高測定は、立木の樹頂点と根元の標高差より求めます。

まずは、DJI社製ドローン「MAVIC2PRO」を用い、自動操縦アプリ「DJI GS Pro」により自動飛行で撮影を行い、その撮影画像からAgisoft社製点群解析ソフト「Metashape」により「数値表面モデル」を作成しました。数値表面モデルは、ドローンから視認できる林冠や地表面などの標高データです。そのため、ドローンから視認できない立木の根元の標高は持っていません。

そこで、国土地理院基盤地図情報HPから「数値標高モデル」をダウンロードします。このデータは、10メートル四方の区画に区切った中心の標高を、その区画の地表面の標高として地形を表します。そのままでは、実際の地形との乖離が大きいため、隣接する区画の標高を参照し、間の標高を推定する補間処理を行い「数値

地形モデル」を作成しました。

そして、後述する手法で抽出した樹頂点における数値表面モデルと数値地形モデルの標高差から樹高を求めました。

なお、本研究では数値表面モデルの補正を行いました。無立木地のように地表面が上空から視認できる箇所では、数値表面モデルと数値地形モデルの値は等しくなるはずですが、今回両データを比較したところ誤差が認められたことから、この誤差を補正值として数値表面モデルを補正しました。

イ 樹頂点の選別と本数計測の方法

樹頂点の選別には3D画像を利用しました。数値表面モデルはGIS上で3D画像(図1)に表示することができます。樹頂点にポイントが落ちていれば、画像のように突起の頂点が着色されるので、より高精度の樹頂点を抽出できます。そして選別された樹頂点をカウントすることで、本数を求めました。(図2)

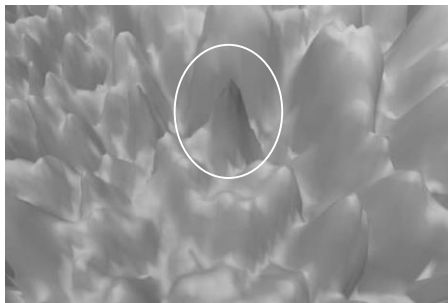


図1 3D画像

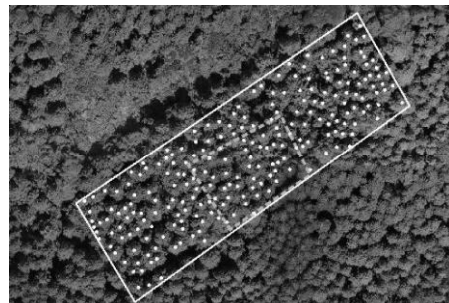


図2 選別された樹頂点

(3) 毎木調査の手法

毎木調査は、小班内に約0.05haの標準地を設定し、本数、樹高、層区分を実測しました。樹高測定にはトウルーパルスを使用し、0.1メートル単位で測定し、層区分は目視により上層木と下層木に分類しました。

また、標準地の設定に当たっては、ドローン撮影時に対空標識を設置し、同対空標識を既知点と見立てた基準点測量を行うことで両調査法を厳密に比較しました。

3 検証結果

(1) ドローン調査の精度及び適応範囲

毎木調査とドローン調査の調査結果を比較(表1)すると、本数では、ドローン調査は毎木調査に比べ、58%と少なく測定されていました。また、平均樹高では、ドローン調査は毎木調査の124%と、高く測定されていました。

一方、毎木調査のうち上層木のみと比較(表2)すると、本数では112%、平均樹高でも109%と、いずれも近い値でした。

表1 調査結果の比較

区分	本数 (本)	樹高 (m)		
		最小	最大	平均
毎木調査	79 (100%)	4.7	22.0	16.1 (100%)
ドローン 調査	46 (58%)	15.5	25.3	19.9 (124%)

表2 上層木の調査結果との比較

区分	本数 (本)	樹高 (m)		
		最小	最大	平均
毎木調査 (上層木)	41 (100%)	16.7	18.3	18.3 (100%)
ドローン 調査	46 (112%)	15.5	25.3	19.9 (109%)

次に測定された樹高を箱ひげ図（図3）で比較すると、ドローン調査では毎木調査（全成立木）で測定された低い樹高がほとんど測定されていませんでした。しかし、ドローン調査と毎木調査（上層木）を比較すると、上下にばらつきはあるものの、近い分布を示しました。これらのことから、ドローン調査で測定できたのは上層木のみであったと考えます。

また、ドローン調査による樹高測定について、標準地内と小班全域で比較（図4）すると、調査本数の増加に伴い上下のばらつきは拡大しますが、平均樹高はほとんど変化しません。これは先に紹介した補間処理でも、実際の地表面が正しく再現できないためだと考えます。しかし、正・負の誤差の発生頻度と大きさが概ね等しいため、平均することで相殺されているものと考えます。

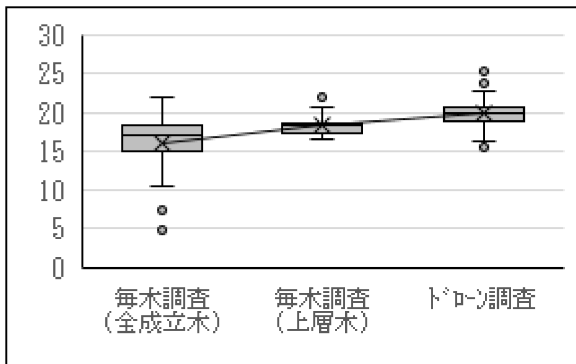


図3 樹高の分布

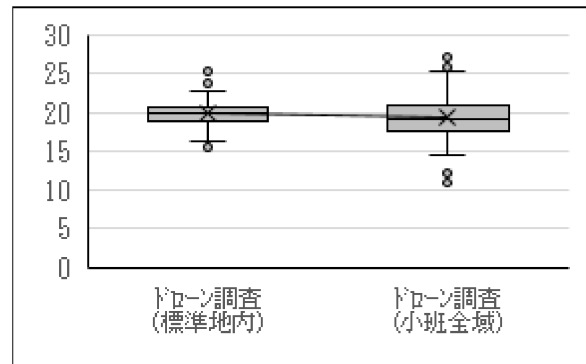


図4 樹高の分布（ドローン調査）

(2) 「林分の混み合い度の把握ツール」としての活用について

調査結果の検証より、保育段階にあり、上層木・下層木が混在する林分におけるドローン調査では、上層木の本数及び平均樹高を一定の精度で測定することができます。つまり上層平均樹高を求めることはできます。一方、下層木の本数及び樹高を測定することは出来ませんでした。つまり、本数密度を求めることはできません。

これらの条件からドローンを「林分の混み合い度の把握ツール」として活用できないか検討しました。

ア 収量比数の検討

収量比数 (Ry) は、(1)式で示すとおり ha あたり幹材積 (V) を最多密度における ha あたり幹材積 (V_{RF}) で除して求めます。また、ha あたり幹材積は (2) 式より、最多密度における ha あたり幹材積は (3) 式及び (4) 式より求めることができます。つまり、収量比数は上層平均樹高 (H) 及び本数密度 (N) から求めることができます。

しかし、先述のとおりドローン調査では本数密度を求めることができないことから、ha あたり幹材積を求めることができません。そこで、別の方法で ha あたり幹材積を求め、ドローン調査を補完できないか検討しました。

$$Ry = \frac{V}{V_{RF}} \dots (1)$$

$$V = (-0.55983H^{-1.350974} + 3741.2H^{-2.821983}/N)^{-1} \dots (2)$$

$$V_{RF} = (-0.55983H^{-1.350974} + 3741.2H^{-2.821983}/N_{RF})^{-1} \dots (3)$$

$$\log N_{RF} = 5.27421 - 1.47121 \log H \dots (4)$$

$$\left(\begin{array}{l} R_y : \text{収量比数} \quad V : \text{ha あたり幹材積} \quad V_{RF} : \text{最多密度における ha あたり幹材積} \\ H : \text{上層平均樹高} \quad N : \text{本数密度} \quad N_{RF} : \text{最多密度本数} \end{array} \right)$$

イ ビッターリッヒ法による補完

ビッターリッヒ法は、標準地を設定することなく林分材積を求めることができます。近年では、全天球カメラの撮影画像を利用する手法も普及しつつあります。

そこで、全天球カメラによるビッターリッヒ法での林分材積調査を追加し、ドローン調査を補完できないか検証しました。

(ア) 検証方法

RICOH 社製全天球カメラ「RICOH THETA SC2」を用いて対象小班内 8 箇所撮影を行い、撮影画像を元に一般社団法人 日本森林技術協会製「簡易林内計測ツールⅡ」により材積を求め、毎木調査より得られた上層平均樹高及び本数密度を元に林分密度管理図から求める従来の手法と比較しました。

なお、断面積定数は 4、林分胸高係数は 0.5、平均樹高は 19m としました。

(イ) 検証結果

従来の手法では 581.87 m³であったのに対し、全天球カメラによるビッターリッヒ法により求めた林分材積は 574.75 m³で、従来手法の 99% とほとんど違いが無いことから、全天球カメラによるビッターリッヒ法によりドローン調査を補完することは十分可能だと考えました。

ウ 収量比数算出結果の比較

現地調査によって得られる本数密度及び上層平均樹高を元に、林分密度管理図から読み取る従来の手法と、本研究における手法により求めた結果を比較（表 3）します。

ヘクタールあたり幹材積は先述のとおり、全天球カメラによるビッターリッヒ法で求めた場合でも、従来の手法とほとんど違いがありませんでした。

次に最多密度におけるヘクタールあたり幹材積です。本研究における手法としては、ドローン調査で得られた上層平均樹高をもとに、林分密度管理図より求めました。ドローン調査での上層平均樹高の方が毎木調査で得られた上層平均樹高よりやや高かったため、従来手法の 112% と、やや多くなりました。

最後に収量比数です。従来の手法では 0.87 であったのに対し、本研究における手法では 0.77 と、差は -0.10 でした。

表 3 収量比数の比較

区 分	ha あたり幹材積 (V)	最多密度における ha あたり幹材積 (V _{RF})	収量比数 (R _y)
従 来 手 法	581.87 m ³	670.30 m ³	0.87
ドローン調査 + ビッターリッヒ法	574.75 m ³ (99%)	749.87 m ³ (112%)	0.77 (-0.10)

4 まとめ

本研究から、ドローン調査は下層木の測定は困難なもの、ビッターリッヒ法を併用することで収量比数を求めることが出来ました。

この手法の最大のメリットは、機械処理のため客観性、再現性のあるデータを取得できる点です。測定者の習熟度に関係なく収量比数を求めることが可能なことが分かりました。また、本手法は標準地設定に係る現地踏査や測量を短縮・省略でき、調査も2名（うち1名はドローンの飛行状況の監視など補助的な役割）で可能なため、効率的な調査を行うことができました。

今回の研究を通じて、収量比数をはじめとする「従来から確立されている概念」と、ドローンのような「比較的近年に生まれたツール」を組み合わせることで、新たな方法や発想が生まれることを実感しました。

今後も様々な概念やツールを組み合わせることで、森林測定をする上でより良い方法を模索していきたいと考えています。

5 参考資料

林野庁. 秋田地方国有林スギ林分密度管理図
国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービス
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>