

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について

秋田森林管理署湯沢支署 森林整備官 ○村井秀成
 森林官補 岩崎隼
 一般職員 松田悠吏

1. はじめに

林道支障木調査は、林道工事の際に伐採が必要な立木を測定し、林分材積を算出する調査です。調査では林内の傾斜地を歩く必要があり、大きな労力を必要とします。工事を円滑に開始するため、支障木調査は消雪が遅い地域では施工の前年度に行います。支障木の伐採区域は、設計完了後に確定するため、調査時期は10月から12月ごろとなり積雪により、転倒・転落による事故が発生する危険があります。

東北局の職員が令和2年度当発表会において、ドローン空撮画像を用いた林分材積推定について発表を行ったことから、その手法を用いて安全かつ省力的に林道支障木調査の実施が可能か、検証を行いました。

2. 検証方法

(1) ドローン画像を用いた材積推定の方法

林分材積を推定するためには、立木の「樹高」、「胸高直径」、「一本あたり材積」、「樹木本数」の把握が必要となります。現在の収穫調査では、「樹高」と「胸高直径」を現地で実測し、この2つの値をもとに立木材積表から「一本あたり材積」を求め、樹種ごと全本数加算することで林分材積を算出します。

一方ドローンによる材積推定は、「樹高」と「樹木本数」をドローン画像解析により計測します。現地測定などの方法で求めた小班ごとの「平均胸高直径」と、「平均樹高」で立木材積表から「1本あたり材積」を求め、「樹木本数」を乗じることで林分材積を推定しました。(表1)

本検証での各数値の具体的な計測方法は以下の通りです。

表1 収穫調査とドローン調査の比較

測定項目	収穫調査	ドローン調査
樹高	現地測定	ドローン画像解析
胸高直径	現地測定	現地測定
1本あたり材積	立木材積表による	立木材積表による
樹木本数	現地測定	ドローン画像解析

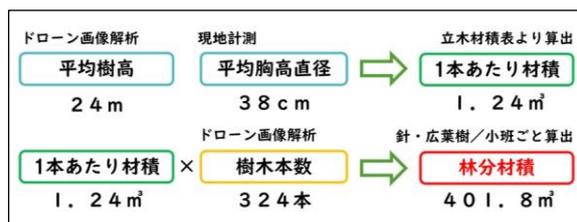


図1 ドローンによる材積推定の流れ

ア、 樹高計測の方法

まず調査地の対象区域をドローンで撮影を行います。

ドローンは「MAVIC2PRO(DJI 社)」を用い、自動操縦アプリ「DJI GS Pro」を使用し自動飛行で撮影を行いました。続いて、その撮影した画像を使用して点群解析ソフト「Metashape(Agisoft 社)」により「オルソ画像(図2)」と「樹頂点標高データ(図3)」を出力しました。この樹頂点標高データは、立木の樹頂点の標高を持つ画像データで、立木の凹凸が表れています。

国土地理院基盤地図情報 HP から「地表面標高データ(図4)」をダウンロードします。この地表面標高データは、立木の根元の標高を持つ画像データであり、樹頂点標高データよりも滑らかに見えます。

最後に、この2つの標高データの差を求めることで「樹高標高データ(図5)」を作成します。この樹高標高データの数値をのちの工程で作成する樹頂点へ付与し、樹高の計測、集計を行いました。



図2 オルソ画像

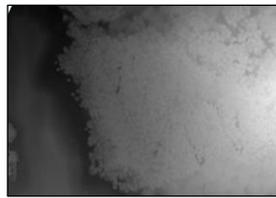


図3 樹頂点標高データ



図4 地表面標高データ

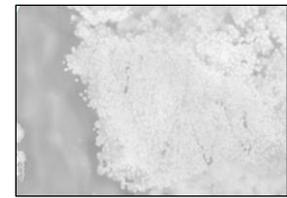


図5 樹高標高データ

イ、 胸高直径計測の方法

胸高直径の計測は、オルソ画像から求めた樹幹面積と胸高直径の相関を利用した推定式で算出する方法がありますが、高度な技術と時間を要することから今回は断念しました。本検証では、ドローン撮影時に現地で小班ごとに、針葉樹と広葉樹それぞれの胸高直径を5~10本計測することで、各小班・樹種別に平均胸高直径を求めました。

ウ、 1本あたり材積算出の方法

算出した平均樹高と平均胸高直径から、小班ごと針葉樹・広葉樹ごとの立木1本あたり材積を算定しました。算定にあたっては、秋田営林局立木材積表(昭和47年4月)を用い、針葉樹はスギ人工林立木材積表、広葉樹はブナ立木材積表を使用しました。

エ、 樹木本数計測の方法

ドローン画像から出力した樹頂点標高データを用いて、樹木本数を計測しました。標高画像データは、最小単位の点(ピクセル)ごとに高さの値を持っています。

「QGISVer. 3.12.1 with GRASS 7.8.2」で処理を行い、一定範囲の中で最も標高が高い点を抽出させます。抽出された点の内、樹頂点ではない点を目視で除去すれば、樹頂点抽出が完了します。抽出した樹頂点を小班ごと樹種ごとに集計することで、樹木本数の計測を行いました。

(2) 検証した林道について

検証を行ったのは、湯沢支署において令和3年度に調査設計業務を発注した林業専用道規格の2林道です。いずれもスギ林で伐採面積は約1haです。大倉沢作業道は伐開延長550mで1小班であったのに対し、蟻坂林道は伐開延長860mと長く、7つの小班を通過しました。

表2 検証林道の概要

	大倉沢作業道	蟻坂林道
伐開延長	550 m	860 m
伐採面積	1.20 ha	0.92 ha
主な樹種・林齢	スギ67年生	スギ56～91年生
針広本数比(毎木調査)	86 : 14	85 : 15
小班数	1小班	7小班

(3) 林道支障木調査へ適用にあたっての留意点

ドローンによる林分材積推定を林道支障木調査へ適用するにあたり、2つの点に留意しました。一つは撮影範囲です。新設林道は延長が800m以上となり撮影範囲を広く設定しすぎると、目視外飛行や通信不能、地表高低差による空撮画像の重なり不足の恐れがあります。また伐採区域は、切土盛土高、拡幅によって幅が一定でないため、伐採区域の設定についても留意しました。具体的な方法は以下の通りです。

ア、 撮影範囲の設定

現地での撮影範囲の設定は難しいことから、あらかじめGISで撮影範囲を作成し、前述の「DJI GS Pro」にデータを送信しました。設定した範囲は林道予定線に余裕を持たせ、目視外飛行等にも考慮し概ね横150m、縦300mとしました。1範囲の撮影所要時間は約5分です。自動撮影にあたっては、オーバーラップ率90%、サイドラップ率70%、飛行高度130mと設定しました。また自動撮影終了後には、標高データの精度向上のため斜め方向からの空撮も適宜実施しました。大倉沢作業道は見晴らしが良好なことから離着陸箇所は1箇所としましたが、蟻坂林道は谷部で見渡すことができなかつたため、林内を移動し離陸可能な開けた4箇所から離着陸しました。(図6.7)

イ、 伐採区域の設定

林道支障木の伐採区域は、切土盛土の端から余幅2.0mを確保した区域となります。この区域は、切土盛土、曲線拡幅を考慮して設定される「保安林作業行為区域」と一致します。そこで設計業者により作成された平面図の保安林作業行為区域線を、座標・方位・縮尺を合わせGISに表示させました。続いて、伐採区域内の樹頂点のみを選別し、樹高と樹木本数の集計を行いました。(図8.9)



図6 撮影範囲の設定(大倉沢作業道)



図7 撮影範囲の設定(蟻坂林道)



図8 伐採区域の設定(大倉沢作業道)



図9 伐採区域の設定(蟻坂林道)

3. 検証結果

ドローンによる調査と毎木調査の結果は以下の通りとなりました。(表3)

「平均樹高」は針葉樹・広葉樹ともに過大に測定されました。一方「樹木本数」は、針葉樹が少なく、広葉樹は多く計測されました。針葉樹本数が少ないのは、下層木の検出ができなかったためと考えられます。一方広葉樹は、針葉樹のように樹頂点が明確ではないため、樹頂点除去が不十分だったことが原因と考えられます。

針葉樹「総材積」はどちらの林道も過大に計測されました。この原因としては、針葉樹の樹木本数は少なかったものの、樹高が過大に計測されたことで1本あたり材積が大きな値となり、林分材積も過大となったためと考えられます。

表3 毎木調査とドローン調査の計測数値比較

測定項目	樹種	大倉沢作業道			蟻坂林道		
		毎木調査	ドローン	差	毎木調査	ドローン	差
平均樹高	針葉樹	15.4m	24.4m	+9.0m	16.9m	23.0m	+6.1m
	広葉樹	13.2m	24.4m	+11.2m	13.1m	16.6m	+3.5m
樹木本数	針葉樹	606本	324本	-282本	362本	342本	-20本
	広葉樹	98本	113本	+15本	62本	148本	+86本
総材積	針葉樹	323.8m ³	401.8m ³	+78.0m ³	372.8m ³	484.9m ³	+112.1m ³
	広葉樹	20.9m ³	37.3m ³	+16.4m ³	29.7m ³	56.2m ³	+26.5m ³

4. 考察

本検証では、ドローン画像から「樹頂点標高データ」を出力し、国土地理院ホームページからダウンロードした「地表面標高データ」との差を求め「樹高標高データ」を取得しました。2つのデータが別の方法で取得されたデータであることから、垂直方向及び水平方向の誤差がある程度発生した可能性があります。今後は必要に応じて、出力された樹高標高データを現地での測定結果と比較し補正をかけ修正することが、材積推定精度の向上のために有用だと考えられます。

今回ドローン調査を実施して、広葉樹や下層木の樹木本数を正確に計測することは難しく感じました。また、品質や広葉樹の樹種を判別することはさらに難しく、それらが必須項目である収穫調査への代替は、今後さらなる工夫が必要であると思われます。

その一方で、今回のドローン調査が優れている点も多くみられました。ひとつは、対象区域全体を少人数で短時間に測定が可能なことです。大倉沢作業道における現地調査の所要時間は、毎木調査が8人で2時間だったのに対し、ドローン調査は20分程度の撮影で完了しました。またドローン撮影自体は体力や高度な技術を必要とせず、調査者の体力や経験年数にかかわらず誰でも調査可能なところも優れている点です。さらに本検証で実施した方法であれば局や署が所有しているもので調査できるため、レーザ照射による調査と比べ、かなり安価に調査可能である点も大きなメリットと感じます。

5. 今後の活用

今後は本検証で実施したドローン調査を、林道設計において支障木処理工へ計上する数量の簡易算出ツールとしての活用を想定しています。また森林計画を樹立するにあたり、小班蓄積の把握手法としてビッターリッヒ法のような活用ができると考えています。いずれも現段階では、品質や樹種判別を必要とせず、高度な材積推定精度を必要としない分野での活用が主となってくると思います。

今後は、ドローンにより測定できる任意区域全体の上層木の「平均樹高」と「樹木本数」を用いて林分密度や収量比数 R_y を算出することで、保育間伐等の実施指標への活用も検討していく考えです。

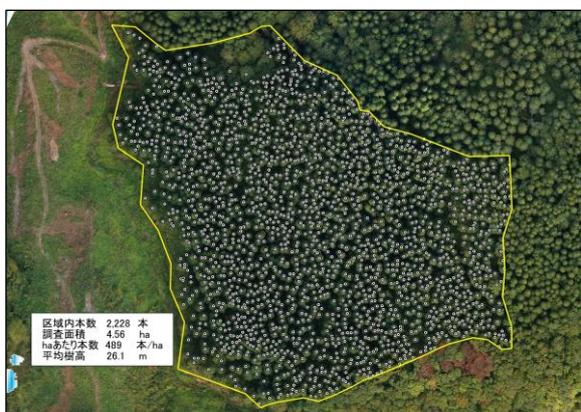


図 10 小班内上層木密度の計測



図 11 樹高データの付与

6. 参考文献

岡山絢哉. ドローン空撮画像を用いた林分材積推定の簡易的手法の検討. 森林・林業技術交流発表集, 2020, 89-94

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/mapGis.php?tab=dem>