

ドローンによる画像処理ソフトに依存しない林分材積の推定

秋田森林管理署湯沢支署 業務グループ ○岡山 絢哉
寺田 佑輔

1. はじめに

無人航空機（以下ドローン）が広く普及し、農業や災害調査等様々な分野での活躍が期待されている。このような状況の中、林業分野においても鹿や熊などによる鳥獣害の忌避や、苗木の運搬などドローンの活用方法が模索されている。中でも、初心者でも直感的な操作で容易に航行出来る高い操作性と、高性能なジンバルを搭載していることにより画像の乱れも少なく、広範囲を俯瞰的に撮影できる等の様々な利点を有していることから、林況調査や樹高測定、材積測定などの林分計測の省力化が期待されている。

しかしながら、ドローン単体では写真撮影等の機能しか有しておらず、樹高や材積の測定など高度な計測を実施するには、レーザースキャナーや画像解析ソフト、これらのデータを処理する高スペックなPCが追加で必要になってくる。ドローン単体でも決して安価なものではなく、追加で上記の機材を組織的に導入することを考えた場合、イニシャルコストの点を鑑みると時間を要する事が想定される。

そこで今回の研究では、ドローンと林分密度管理図等既存の機材や手法を用いて林分の材積推定が可能か検証することとした。

2. 研究方法

(1) 使用機材

使用機材等については、東北森林管理局管内で導入されている phantom4pro と林野庁で発行されている、秋田地方国有林スギ林分密度管理図を使用した。今回の検証では主にこの二つを用いて、管内のスギ林分の材積推定を実施した。

(2) 調査地の概要

調査の対象となる林分については、当支署管内のスギ林分を中心に選定し、実地調査と比較できるよう収穫調査を終えた小班、加えてドローンを目視で確認出来るように林道に隣接した小班、この2つの条件に留意し3つの小班を選定した（表. 1）。

表. 1 対象林分の概要

	林分A	林分B	林分C
林 齢	65	100	58
伐 採 種	皆伐	皆伐	間伐
本数（本数/ha）	590	588	196
平均樹高（M）	23	21	20
材積（m ³ /ha）	884	718	216

(3) 撮影方法

実際の撮影の際には、Gsprio（以下システム）と呼ばれる DJI 社製の自動撮影アプリを使用した。これにより、システム上で撮影方向や飛行高度のみならず、バーチャルフェンスで飛行領域を設定することで、任意の空間を撮影することが出来る⁵⁾。(図. 1)

今回の調査では東北森林管理局の収穫調査規程第 38 条⁶⁾に基づき小班面積の 5%以上程度を目安に飛行領域を設定して撮影を行った。

撮影方向は、地上の標高差の影響をなるべく排除することが出来るよう等高線に沿うようにコースを設定した。

(図. 2) 今回はオルソ画像を作成する事を想定していないため、オーバーラップやサイドラップ率については特に考慮していない。ただし、本数測定の際に同一立木を重複してカウントすることのないよう、前後の写真のつながりを把握する観点からオーバーラップ率を 40%程度に設定して撮影を行った。



図.1 Gsprio 操作画面

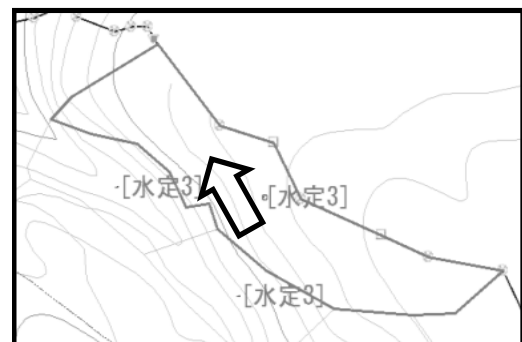


図.2 撮影方向イメージ

(4) 測定方法

林分内の本数については、上述の撮影方法において小班面積の 5%以上程度を自動撮影しているため、その空撮画像を基に標準地調査による手法で算出した。

一方樹高測定については、写真測量による手法で測定を行った。上空から地上の写真撮影すると、建造物など高低差のある被写体は、写真像のひずみにより図. 3 のように写真の中心から、放射状に傾くように撮影される³⁾。樹木においても、高低差が存在するため、同様に写真像のひずみが生じる。

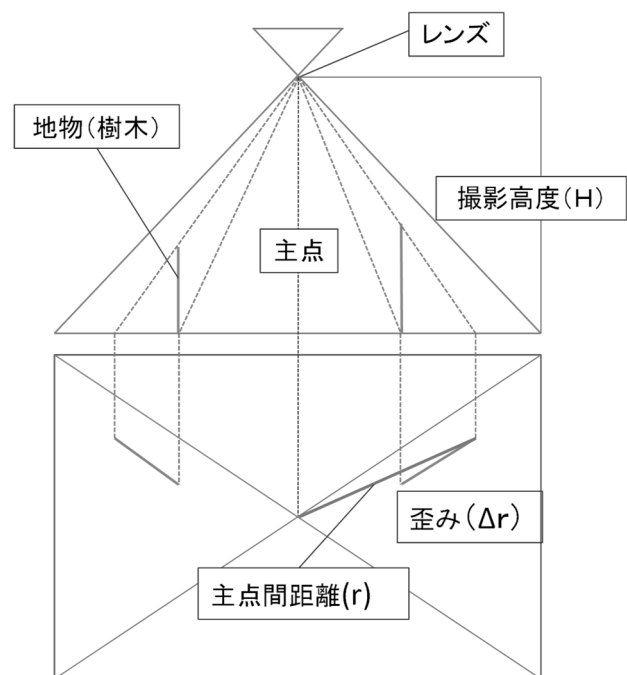


図.3 写真像のひずみイメージ

写真測量では、この写真像のひずみと、地物から主点までの距離、撮影高度の3つを利用して、下記の式により地物（建造物等）の高さを測定する方法がある。今回は、この手法を利用して林分内の平均樹高を測定した。

$$h = \Delta r \cdot H / r^3$$

h:地物高 Δr :地物延長（歪み量）

H:撮影高度 r:主点間距離

式. 1 地物高測定の計算式

地物延長と主点間距離については、windows のペイントソフトを用いてそれぞれのピクセル数を求め、画素寸法から実際の長さを求めた。

ドローンを使用して上記の式を利用する際には、撮影高度について注意する必要がある。操縦画面に飛行高度（表示高度）が表示されるが、表示されている高度は対地高度（撮影高度）ではないため、そのまま式に使用することが出来ない。撮影高度については、表示高度から離陸地点と現在地の標高差を除いた値を撮影高度とした。

以上の工程で、ha あたりの本数と平均樹高を求め、林分密度管理図⁷⁾により材積を測定した。

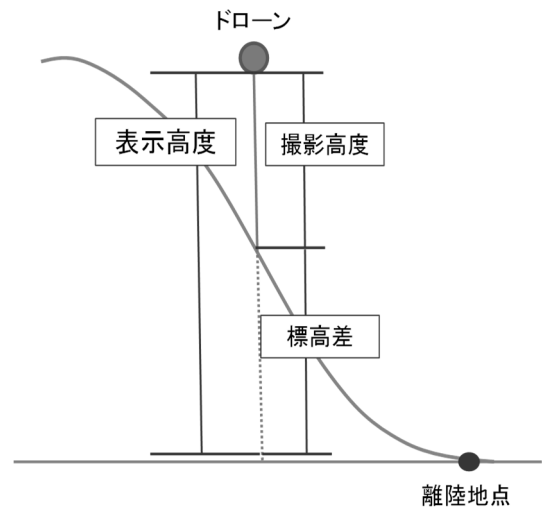


図.4 高度関係図

3. 結果

表. 2 は、林分ごとのドローンによる測定値と実地調査の実測値とを比較したものである。ここで、林分Aの撮影高度が84mと一番高く、林分Cの撮影高度が26mと一番低くなっていることがわかる。

また、林分Cは、間伐予定箇所であるため、本数測定、樹高測定、材積は間伐設計後の数値となる。

表.2 測定結果

	林分A(皆伐)		林分B(皆伐)		林分C(間伐)	
	ドローン	実測	ドローン	実測	ドローン	実測
撮影高度(m)	84		56		26	
平均傾斜(°)	26		27		36	
本数(本/ha)	916	590	757	588	193	196
平均樹高(m)	32	23	28	21	18	20
材積(m ³ /ha)	1,300(147%)	884	980(136%)	718	152(70%)	216

本数の結果については、撮影高度が50m以上であった林分AとBは、ドローンと実測値の差が最大で300本程度あった。さらに、林分A・Bは平均傾斜がほとんど同じであることから、撮影高度の上昇に伴いドローンと実測値の差が増加する傾向にあることが今回の調査でわかった。一方で、撮影高度が30m未満の林分Cでは、林分A・Bとは対照的に、ドローンと実測値に明確な差は見られなかった。

平均樹高の結果については、撮影高度が50m以上である林分A・Bは、ドローンによる樹高測定が実測値を9m程度上回った。対して、撮影高度が30m未満の林分Cでは、わずかに実測値を下回る結果となった。また、全体的な傾向として、撮影高度が上昇するとドローンの樹高測定値が大きくなり、それに伴いドローンと実測値の値に開きが出るのがわかった。

材積の測定については、今まで示した本数測定と樹高測定の結果をそのまま反映する形となるので、林分A・Bはドローンによる材積算出の値が実測値を上回り、林分Cは実測値を下回る結果となった。また、林分Cが、一番ドローンと実測値の差が小さい結果となった。

4. 考察

撮影高度が50mを超えている林分AとBは、ヘクタールあたりの立木本数が実測値よりも明らかに多くなった。これは、ドローンによる実際の撮影面積が、システム上で設定した任意の範囲より大きくなってしまったことによって、本来カウントすべきではない立木まで余分にカウントしたことが原因だと思われる。実際の撮影面積が、システム上で設定した任意の飛行範囲より大きくなってしまう要因として、撮影高度、地形等が考えられる。本数測定の結果でも述べたとおり、平均傾斜が同じ林分AとBにおいて、ドローンによる数値と実測値は撮影高度に伴い変化することがわかった。つまり図. 5のとおり、撮影高度が高くなると、実際の撮影面積が大きくなり結果として余分な立木も本数としてカウントしてしまっただと考えられる。

平均樹高に関しても、撮影高度が高くなるにつれてドローンによる平均樹高の推定値が大きくなり、結果として実測値との差も大きくなった。これは、樹高測定に用いた計算式が、撮影高度の値に大きく依存したためであると考えられる。

また、林分Cにおいて、わずかではあるがドローンによる樹高測定値が実測値を下回った。これは、林分Cが林分A・Bと比較して立木密度が高く結果として、図.6のように対象樹木の根元が正確に目視できず、地物延長の値が過小評価されてしまったためだと思われる。

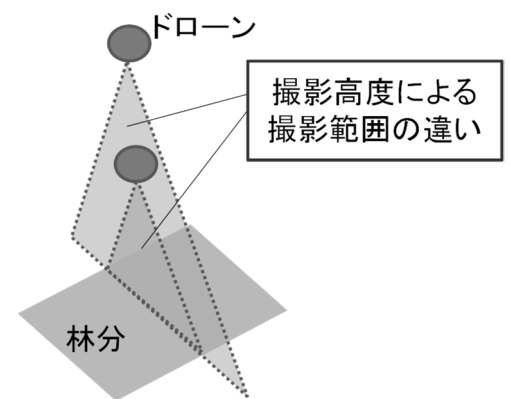


図.5 撮影範囲への影響イメージ

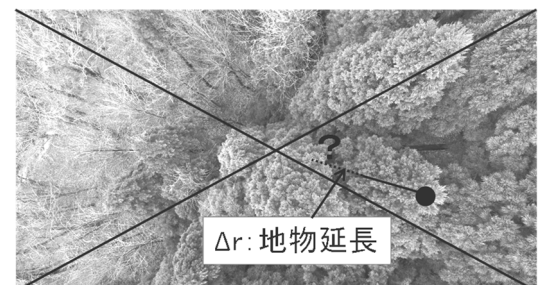


図.6 地物延長測定イメージ

5. まとめ

これまでの、結果や考察から本数測定及び樹高測定において、撮影高度が 50m以上の測定では実測値との差が広がり、対して 30m以下だと実測値との差が縮まる等、ドローンの撮影高度が与える影響が大きいことがわかった。

今回の検証で、撮影高度が 30m程度だと測定結果が実測値に近づく事が示唆された。今後の展望として、撮影高度 30mを目安に様々な林分を測定し測定結果を増やすことで、実測値に近づけるための条件を整えていく必要がある。

6. 参考文献

- 1) 相浦英春. 空中写真簡易測量方法の検討：日林誌, 1988, 71(1)89', p. 15-p. 19
- 2) 国土地理院. UAV を用いた公共測量マニュアル (案)：国土地理院
<<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/>>
- 3) 実教出版株式会社. 測量：実教出版株式会社
- 4) 細田和男. et al. 低コストの空中写真で林分材積を高精度に推定する：森林総合研究所
- 5) dji. DJI GS PRO ユーザーマニュアル：dji
- 6) 林野庁東北森林管理局. 収穫調査規程：林野庁東北森林管理局
- 7) 林野庁. 秋田地方国有林スギ林分密度管理図：林野庁