

無人航空機（ドローン）を活用した森林調査方法について

北海道森林管理局 渡島森林管理署 岡田 直人
林野庁 森林整備部 研究指導課 加村 泰裕
(元 渡島森林管理署)

1. 背景

近年、日本の森林は戦後造成された多くの人工林が本格的な利用期を迎えています。渡島森林管理署においても人工林の多くが9～12 齢級を迎えています（図1）。今後の利用のために膨大な面積の現況把握が必要となるほか、ササが繁茂した林内の移動や積雪時の調査など、人力に頼らざるを得ない森林調査には多大な労力が必要となり、森林調査の省力化、簡素化が喫緊の課題となっています。

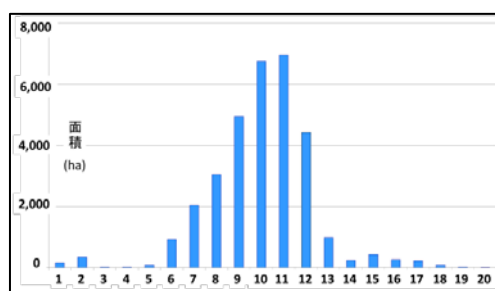


図1. 渡島森林管理署の人工林齢級構成

そのような中、ドローンによる森林調査が脚光を浴びています。ここ数年、ドローンを使用した森林の三次元計測の研究が行われており、ドローンによる森林調査技術の確立に大きな期待が寄せられています。しかし、この方法は専用ソフトウェアが必要となり、その導入には現在100万円程度の初期投資が必要なこと、自動航行アプリが必要となり、目視外飛行等ドローン操作に高い技術が必要とされるなど、専門性も高く一般への普及には時間がかかると考えられます。そこで、平成29年度の北の国・森林づくり技術交流発表会で「森林調査へのドローンの活用と可能性の考察について」と題して、誰にでもできることを前提に専用ソフトウェアを使用せず、簡易な面積調査及び林況調査手法についての発表を行っています。面積調査については高い精度での調査が可能であった一方、林況調査については、林分によってバラツキが大きく、手法を改善し精度を高めることが必要な結果となりました。

そのため、本研究ではドローンを活用し、簡易かつより正確に森林の材積を把握する方法を検証し、将来的には収穫調査で行われている標準地調査に代わる手法として利用できる精度を目指し取り組みました。

2. 調査方法

調査箇所は長万部町富野、今金町花石、今金町白石、せたな町若松、森町濁川の4町5地区で行いました。樹種は濁川地区のみカラマツで、ほかの地区はトドマツです（図2）。

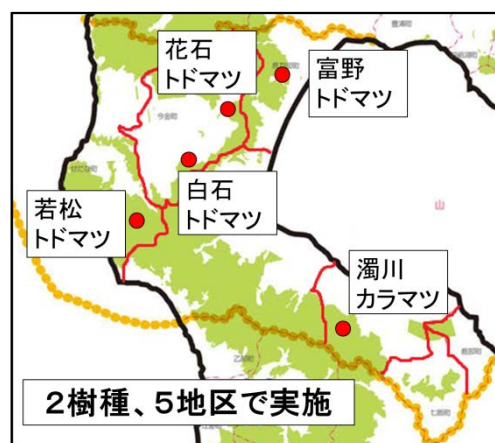


図2. 調査箇所位置図

調査対象林分の標準的な箇所を上空から判断し、小班

1箇所につき5～10枚程度撮影します(図3)。撮影高度はA4フルページで印刷したときに1/(高度×6)になることを平成29年度に確認しており、80m、100m、149mのいずれかで行っています。

A4フルページで印刷した写真の中心部0.04ha分(120mでの撮影で中心部2.8cm四方の正方形)を調査対象とします。平成29年度の研究では中心0.25ha(80mの撮影で10cm×10cm)としていましたが、写真の倒れ込みにより誤差が大きくなっていたため、今回は影響を少なくするため、より中心に近い部分のみを使用し調査しています。

写真の中心0.04haの中にある樹冠の数と各樹冠の面積を計測します。樹冠面積についてはプランメータを使用し計測しています。

中心に描いた正方形の中に完全に入っている、若しくは

大部分が入っているものについては1本、半分程度かかっているものは0.5本として計測しています。(図5)樹冠判読の正確性を上げるため、写真を立体視、若しくは白黒で拡大コピーしています。各小班0.20ha分となるよう5枚調査を行っています。

写真で計測した樹冠面積から径級を算出するため、花石、白石の2地区でトドマツ、濁川地区でカラマツの樹冠面積と径級の関係を各100本調査したところ、強い相関がみられたため(図6)、樹冠面積から径級を算出しています。また、過去の収穫調査データから流域毎の樹高曲線を作成し、径級から樹高を算出しています。

写真から得られた径級、樹高、本数の情報から、各小班的ha本数、ha材積を算出し、その結果を収穫調査の結果と比較し、精度の検証を行っています。



図3. 樹冠写真



図4. 写真の印刷方法

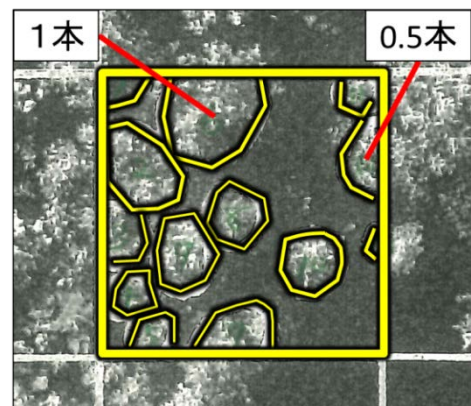


図5. 調査方法イメージ

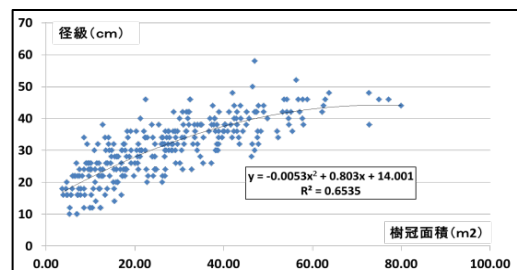


図6. 径級-樹冠面積曲線

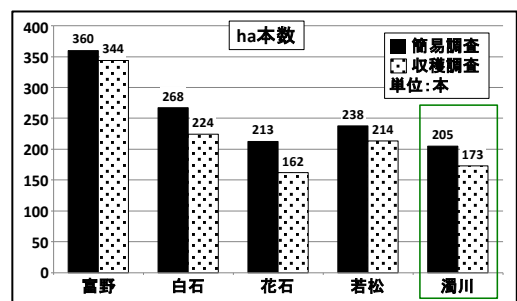


図7. ha本数結果

3. 結果と考察

ha 本数（図 7）と ha 材積（図 8）の結果をグラフで示します。

なお、ha 材積については森林総合研究所の幹材積計算プログラムを用いて算出しています。ha 本数については花石地区を除き収穫調査と近い値となり、ha 材積については花石、白石地区を除いた 3 地区については収穫調査と非常に近い値となりました。

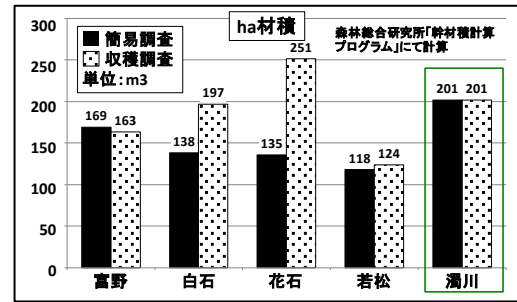


図 8. ha 材積結果

今回の結果と平成 29 年度の結果を図 9 にまとめます。花石、白石地区を除いた 3 地区については平成 29 年度の結果よりも収穫調査との誤差が小さくなっており、写真の倒れ込みを小さくすることや樹冠の正確な判断手法の検討によって精度を向上させることができました。その中で、花石地区及び白石地区については大きな誤差が出ましたが、その原因について富野地区と比較した写真を示します。（図 10、11）

		ha本数				ha材積			
		簡易調査	収穫調査	現地比	誤差率	簡易調査	収穫調査	現地比	誤差率
H30	富野	360	344	105%	5%	169	163	104%	4%
	白石	268	224	120%	20%	138	197	70%	-30%
	濁川	205	173	118%	18%	201	201	100%	0%
	花石	213	162	131%	31%	135	251	54%	-46%
	若松	238	214	111%	11%	118	124	95%	-5%
H29	47い	326	540	60%	-40%	233	195	119%	19%
	47ろ	266	400	67%	-33%	201	267	75%	-25%
	47は	362	490	74%	-26%	280	251	112%	12%
	48い	344	507	68%	-32%	258	215	120%	20%

図 9. H29、H30 結果比較

花石地区については、撮影した写真が非常に暗く、樹冠を正しく判断することができなかつたため、ha 本数、ha 材積ともに大きな誤差が生じたと考えられます。このことから、写真の明度は樹冠を判別する上で非常に重要な要素といえます。



図 10. 花石地区比較写真

白石地区については、初回間伐前の箇所であり、樹冠密度が高くなっていました。樹冠の頂部は判断できるため、ha 本数では大きな誤差とはなりませんでしたが、樹冠が重なって見えることで周辺部を正しく判断できず、樹冠面積に誤差が生じたため、ha 材積については大きな誤差が生じたと考えられます。従って、初回間伐前の箇所など樹冠の重なりが多い林分では材積の推定は困難であるといえます。

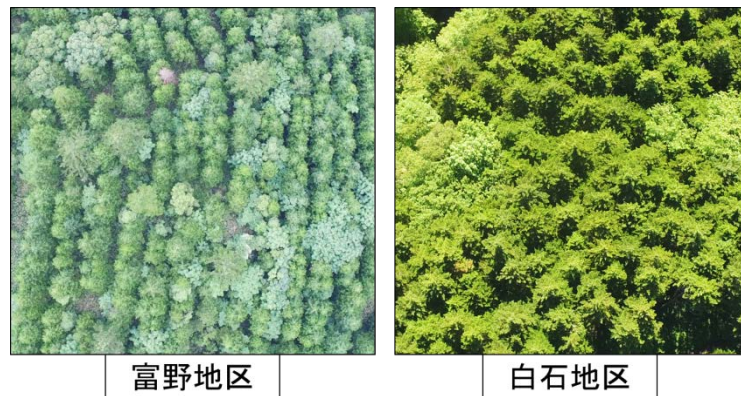


図 11. 白石地区比較写真

林野庁で実施した「国有林材の販売

に係る収穫調査等の効率化手法検討委託事業」報告書の中で、UAV 解析は「標準地調査と同程度の精度を確保できていることから、立木販売に当たり標準地調査を行う林分、ほとんどの請負生産事業地においては実用上問題なく使用できると考えられる」とされており、

「収穫調査に係る調査要員を確保しづらくなっている中で労力を軽減する手法として有効と考えられる」とされています。

UAV 解析はドローンで調査林分を撮影し、画像から3次元情報を取得し画像解析によって調査を行う手法であり、今回の調査方法と非常に近い手法です。

今回、大きな誤差が出た花石、白石地区以外の3地区の調査結果と UAV 解析の結果を比較した表を図 12 に示します。

	UAV解析	簡易調査 (花石、白石除く)
本数(誤差率)	10~20%	10~20%
材積(誤差率)※	10~20%	~5%
工期(人日/ha)	3.30(標準地調査と同程度)	0.29+0.2(区域表示)

図 12. UAV 解析との比較

今回の調査は標準地調査との誤差は UAV 解析と同程度のもとなっており、UAV 解析と同程度の精度を確保することができました。また、作業工期については、UAV 解析では不慣れな点があったこと等から標準地調査と同程度であったと報告されていましたが、今回の調査では 1 ha の解析結果を出すために必要な人工は 0.29 人に区域表示を加えた人工となり、少ない人数で同程度の精度で調査を行うことができました。これには樹冠面積-径級曲線の作成に必要な現地調査の人工は含んでいませんが、一度作成すれば繰り返し使えるものであるため、調査を重ねるほど影響は少なくなると考えられます。

昨年度の発表の中で、林地傾斜の影響について考える必要があるとしていました。今回の調査では写真の中心 0.04ha 分を使用しており、実測で 20m×20m の範囲です。平成 29 年度の調査から A 4 フルページ印刷では、縮尺 = 1 / (6 × 高度) に近い値となることがわかっているため、最も離れている対角線上の点でも中心から 14.1m となります。(図 13) 従って、30° の急傾斜地であっても対角線上の点での中心との縮尺の誤差は約 5% となり、樹冠面積 10.95m² の場合は図 14 の値となり、材積に対する傾斜の影響はほとんど無いと考えられます。

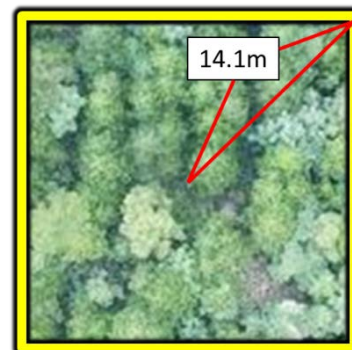


図 13. 対角線距離

縮尺誤差	樹冠面積(m ²)	径級(cm)	樹高(m)	幹材積(m ³)
-5%	10.43	21	16	0.309
0%	10.95	22	16	0.334
5%	11.53	22	16	0.334

図 14. 傾斜による誤差の影響

今回の調査の結果から、樹冠密度が高い箇所以外では UAV 解析や標準地調査と同程度の精度での調査が可能であり、標準地調査の代用となり得る手法であると考えています。

4. 今後の展開

今回の調査結果から、樹冠を判別可能な林相であれば標準地調査と同程度の精度を出すことが可能であり、伐採箇所選定のために行う地林況調査として、高い精度で使用することができます。更に、標準地調査と比較し作業の省力化が可能であることから、高精度で大面積の調査が可能であり、より多くの森林の現況を把握することで、森林調査簿の精度向上が期待できます。

現在、森林調査業務のスリム化について検討されているところですが、今後ドローンによる収穫調査を行うためには、データの積み上げを行いつつ、北海道内での基準を探る必要があります。また、他樹種、他流域での針葉樹の樹冠面積と径級の関係进行调查し、樹冠面積－径級曲線を作成することも必要です。さらに、それぞれの場所に適した多様な森林づくりを推進するため、広葉樹を含めた森林資源量を正確に把握し、場所によって誘導する林種を考え施業を行っていくことが重要ですが、広葉樹は樹冠面積と径級の相関が弱いため、今回の手法では正確な資源量の把握は困難であると考えています。そのため、針葉樹の成長量から広葉樹の成長量を推定し、材積を推定するなど評価方法の検討が必要となります。

ドローンによる森林調査の主目的となる針葉樹の人工林については樹冠密度が高い箇所では不向きといった結果となりましたが、将来的には樹冠の重なり具合を評価する方法を検証し、樹冠密度の高い箇所での使用を可能としていくことも必要となります。例えば、間伐率と間伐年数から樹冠の重なり具合を評価する式を作成することができれば、樹冠密度の高い箇所での調査も可能となると考えています。

先に述べたように、今回の手法では調査可能な林分は樹冠が判断できる針葉樹林と限定されています。しかし、主伐量の増加に伴う膨大な面積の森林調査に対応する上では1つの有用な手法になり得ると考えています。UAV解析技術は非常に重要であり、検証を進め早期に使用可能となることが期待されていますが、現状解析を行うために必要なオルソ画像の作成には1haで2時間30分程度必要となり、データ量は5GBと膨大なものとなります。平成30年度に当署で行った請負生産事業の伐採面積は280haであり、これを1日24時間オルソ化し続けたとしても29日の時間が必要となり、データ量で1,400GBと膨大なものとなります。このように、現時点では日本の森林全てをUAV解析で調査を行うことは現実的に不可能に近く、UAV解析の機器改良を進めると同時に、今回のように簡易な手法を併用していくことが必要であると考えています。

ドローンによる簡易的な調査手法を確固たるものにできれば、誰でも短期間で莫大な面積の調査を低コストで行うことが可能となり、林地内に常時立ち入る必要がなくなるなど、森林調査の労力を大幅に軽減する革命的なものとなります。

今後も継続して様々な調査、解析を行い、調査方法を改善し、現場作業の省力化に資するドローンによる簡易的な森林調査手法の確立を目指します。