

地上レーザ計測と航空レーザ計測を組み合わせた収穫調査の効率化

中部森林管理局 飛騨森林管理署	次長	○久保 喬之
	一般職員	棚田 みのり
	一般職員	谷口 さゆり
	一般職員	細川 雅
	一般職員	川野 純也

要旨

本取組は、地上レーザスキャナ（以下「OWL」という。）と航空レーザ計測データ（以下「LPデータ」という。）を組み合わせ、従来は計測困難であった下層植生が繁茂する林分及び樹高20m超の高木における調査手法を検証しました。1.2mの胸高直径と地上3m直径の平均比率108.2%を活用した胸高直径推定、及びOWL直径階級とLPデータ樹高階級を対応づけた樹高推定手法を構築し、その精度検証を行いました。総計1,433本の直径データ及び514本の樹高データに基づく検証の結果、推定胸高直径の約79%が誤差±2cm以内、推定樹高の約80%が誤差±2m以内に収まり、計測困難であった下層植生が繁茂する林分及び樹高20m超の高木における調査の可能性を示します。

はじめに

現在、人工林の約6割が利用期を迎え、森林資源の循環利用に向け、森林資源量の調査、収穫調査の効率化が重要となっています。調査の効率化を目的として中部森林管理局では、平成28年頃よりOWLが導入されています。

OWLとは、レーザを照射し反射して戻る時間から距離を取得する計測機器です。レーザの届く範囲を網羅的に計測し、短時間で樹木や地形の詳細な3次元データを取得できます。取得したデータは専用アプリケーションで解析・表示できます。この技術により森林資源調査では、従来の調査に比べ時間と労力を大幅に軽減できます。

しかし、レーザの特性により、障害物や到達距離の影響で計測できる条件が限られ、現在活用が進んでいません。OWLが十分に活用されていない主な理由は、2点挙げられます。

・下層植生の影響

材積計算に必要な1.2mの胸高直径部分が、下層植生によりレーザが遮断され計測が困難になります。

・樹高の計測精度

OWLのレーザ到達距離は約20mであり、それを超える立木の樹高は著しく精度が低下します。

利用期を迎えた森林の多くは、除伐や間伐の整備が適切に行われ、森林内には、林床に光が入り下層植生が繁茂しています。また、50年生以上の森林は、ほとんど樹高が20mを超えます。このような、OWLでの計測が困難・計測精度が低下する林分は非常に多く、今後も増えていきます。

OWLの活用を進めるに当たり、この2つの課題の解消は非常に重要となります。このことから、現地での検証を重ね、計測・計算方法を工夫することで課題の解決に取り組みました。

1 下層植生の影響、課題解決に対する取組と検証

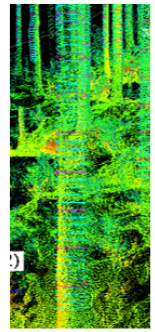
(1) 仮説

現地での計測を進める中で、胸高1.2m部分の直径が下層植生でレーザが遮断されていても、立木上層には正確にレーザが当たり直径が計測されています。この、上層で計測された直径から胸高直径を推定でき

るのではないかと仮説を立て検証を実施しました。

まず、上層の計測状況を判断するため下層植生が繁茂する林分で検証実施しました（図1）。OWLは、胸高直径及び地上から50cmごとの立木の直径を計測しています。計測状況を検証した結果、1.2mの胸高直径は、下層植生によりレーザが遮断され欠測率が高くなっています。また、計測できていても、立木周辺の下層植生を合わせた直径となる傾向があり、異常な数値を示すことがあります。

OWL計測高(m)	欠測数(本)	欠測率	(n=431)
5.0	0	0.0%	
4.5	0	0.0%	
4.0	1	0.2%	
3.5	2	0.5%	
3.0	9	2.1%	
2.5	20	4.6%	
2.0	38	8.8%	
1.5	61	14.2%	
1.2	101	23.4%	



（図1：下層植生繁茂林分のOWL欠測率）

高さごとの欠測率を確認してみると、上層にいくにつれ欠測率が低くなっています。この計測結果から、欠測が少なく、かつ、胸高に近い地上3m地点の直径により胸高直径を推定する検証を行いました。

（2）調査地の概要

検証を行った調査地は以下のとおりです。

- ・岐阜県：宮・庄川、飛騨川、木曽川の各森林計画区
- ・長野県：千曲川上流・千曲川下流（4か所）・中部山岳・木曽谷（2か所）の各森林計画区
- ・愛知県：尾張東三河森林計画区

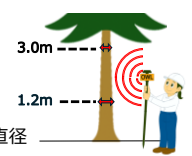
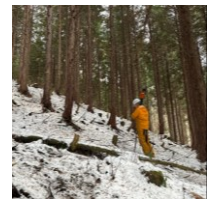
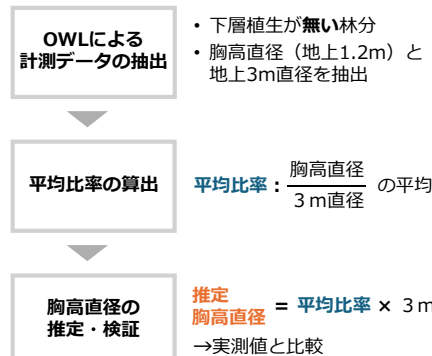
各森林計画区で計測されたデータ14か所のプロットを検証しました。

調査木は、各プロットで計測された1,433本です。

（3）検証方法

検証方法は、下層植生が無い林分で、OWLにより計測を行い取得した計測データから、胸高直径と地上3mの直径を抽出します。次に、抽出した胸高直径を地上3m直径で割った値の平均値、平均比率を算出します。算出した平均比率を、あらかじめ地上3mの直径にかけ、推定胸高直径を求めます。求めた推定胸高直径と、OWL実測の胸高直径を比較・検証しました。

検証方法



（図2：平均比率の検証方法）

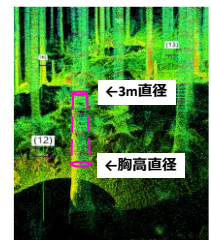
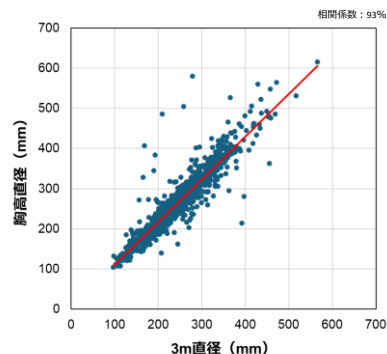
（4）結果

OWLで計測した胸高直径と、地上3m直径の比率は、（図3）の結果。

横軸が地上3m直径、縦軸が胸高直径です。大きく外れた値は計測時のブレが原因と考えられます。調査結果から直径の平均比率は108.2%となります。

この108.2%に、OWLで計測した地上3m直径を乗じた推定胸高直径と、OWL実測の胸高直径との誤差を検証。推定胸高直径とOWL実測胸高直径との誤差検証結果は図4のとおり。

赤枠が誤差2cmの範囲を示します。



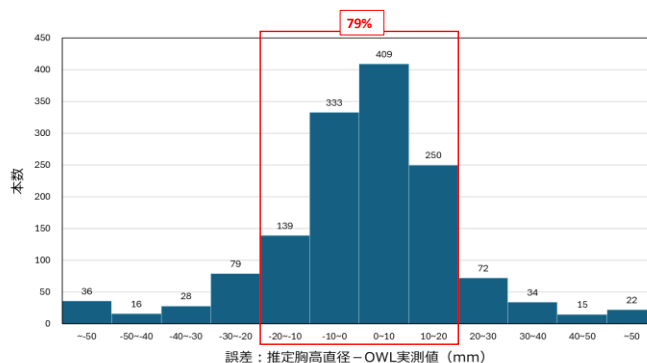
胸高直径と地上3m幹径の平均比率は108.2%

（図3：平均比率の検証結果）

検証では調査木の79%が、誤差2cmの範囲内に収まりました。

従来の輪尺による計測は、胸高直径を2cm括約で測っていますので、誤差が2cm以内であれば、従来の調査方法と同程度の精度といえます。

このことから、検証した上層計測値からの推定胸高直径は精度が高く、下層植生が繁茂しOWLでの計測が困難とされていた林分においても、胸高直径を実用的な精度で推定できます。



対象木の79%が誤差±20mm以内に収まった。

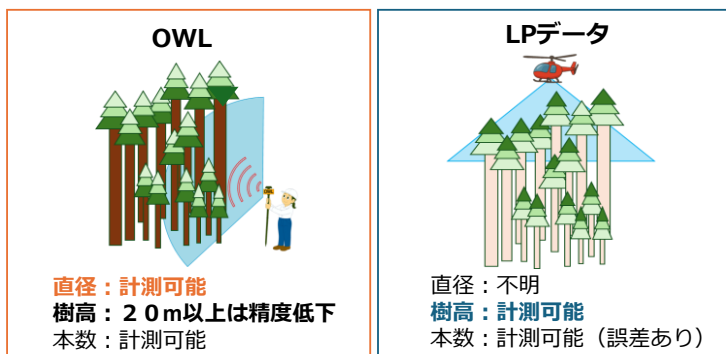
(図4: 推定と実測値との誤差)

2 樹高の計測精度、課題解決に対する検証と結果

(1) 仮説

OWLで精度が低下する20m超えの樹高を、LPデータから推定できないか検討しました。LPデータは、航空機に搭載したレーザスキャナから地表に光を照射し、反射して戻る時間から距離を測定し取得したデータです。特徴として、地形や建物の形状、標高を精密に調べることができ、広範囲の3次元データを取得可能です。森林を計測した場合は、樹冠や樹高情報を取得できます。なお、LPデータの精度については、測量法公共測量の準則に従い実施し、精度検定が行われています。

OWLとLPデータの特徴について整理します(図5)。OWLは、直径と本数の計測は得意ですが、20mを超える樹高は精度が低下します。LPデータは、樹高計測が得意で、本数計測は、ある程度の誤差はありますが計測できます。一方、計測の性質上、直径計測はできません。2つのデータを、同じ立木としてひもづけることができればよいのですが、ひもづける作業は、非常に手間がかかります。そこで、OWL計測で本数の多い(出現率の高い)直径階級は、LPデータで本数の多い(出現率の高い)樹高階級であると仮定し、直径と樹高をひもづけ、このデータから樹高を推定する方法を検討しました。



(図5: OWLとLPデータの特徴)

中部森林管理局の規程では、直径階を同じくする立木の樹高がおおむね均等であるときは、標準木を設定し樹高曲線により平均樹高を算定できることとなっています。

この、直径と樹高を対応させた標準木データを用いて樹高曲線を作成し、その曲線による樹高推定の精度を検証しました。

この、直径と樹高を対応させた標準木データを用いて樹高曲線を作成し、その曲線による樹高推定の精度を検証しました。

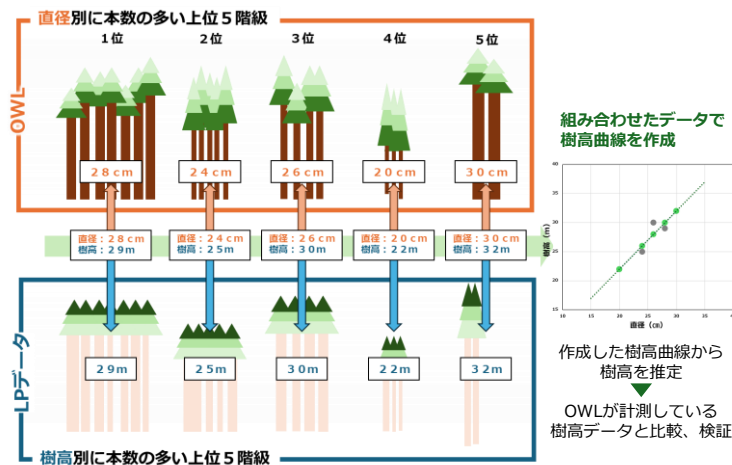
(2) 調査地の概要

検証した調査地は、飛騨署管内の国有林16箇所に設定しました。調査対象は514本です。この内、比較したのは、OWLで計測できている樹高20m以下の250本を検証しました。

(3) 検証方法(図6)

まず、OWLで計測したプロットを含むように、LPデータから樹高を取得する区域を設定します。次に、QGISとそのプラグインを使い、設定した区域のLPデータから、樹高と本数を抽出します。この際、LPデータは過去に取得されたデータであるため、計測年からの経過年数に応じ、収穫予想表を用いて樹高を補正し

ます。LPデータの樹高と、OWLで得られた直径について、それぞれ本数の多い順に並べ、上位5つの階級を抽出します。OWL計測で本数の多い直径階級は、LPデータでも本数の多い樹高階級であると仮定し、直径と樹高を1位同士、2位同士、という形で組み合わせます。図5を例にすると、1位の直径28cmは1位の樹高29mと組み合わせるといことです。この5組の組合せを標準木とし、樹高曲線を作成します。残りの直径階級は、作成した樹高曲線に直径を当てはめ、樹高を推定します。この推定した樹高の精度を検証するため、樹高実測値と比較します。

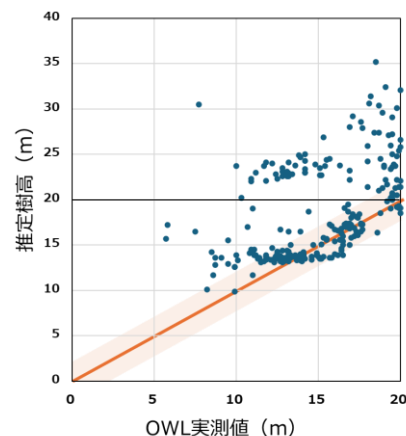


(図6：樹高推定検証方法)

(4) 結果 (図7)

推定樹高が20m以下となった調査木では、約80%が誤差2mの範囲に収まり、推定した樹高の精度が比較的高いことが確認できました。一方、推定樹高20m以上について確認してみると、OWL実測値と大きくかい離しています。この結果は、樹頂点がOWLのレーザ到達範囲を超えた場合、樹高が正しく計測できておらず、OWLが高い木の樹高計測が苦手であることが再確認できました。

検証の結果、LPデータを活用した樹高推定は、2m程度の誤差で樹高の推定ができ、OWL計測精度が低下する樹高20m以上の林分でも比較的高い精度で樹高の推定が可能であることがわかりました。



(図7：推定樹高の誤差)

3 まとめ

検証結果から、OWLとLPデータから比較的高い精度で胸高直径と樹高を推定でき、いままで計測不可、計測精度が低下するとされていた下層植生が繁茂している林分、樹高20m以上の林分でも、実用的な制度で調査が可能であると考えます。

今回の検証に当たり、検証した手法が利用しやすいよう、直径の推定・樹高の推定と材積計算までできるエクセルファイルを作成しました。この手法が妥当と認められ、OWLのアプリケーションに機能が追加されることで普及が進むと考えます。LPデータは、国有林・民有林ともに整備が進んでおり広域で利用可能です。

今後の課題と取組

今回の取組、また、現地の調査を重ねる中で新たな課題も確認できました。

下層植生については、今回対象とした下層植生は主に笹でしたが、灌木が繁茂している場合や複層林の場合は、上層も込み合っているため、レーザが遮断されやすいという問題があります。

樹高計測については、LPデータは、計測から15年以上経過したデータもあり、更新が必要ですまた、データの活用には、職員の知識・技術の習熟が求められます。

今後の取組として、計測実績を重ね、樹種や地域に応じた平均比率や材積計算を整備することで、精度の向上を図りたいと考えています。そして、今まで計測不可、計測精度が低下するとされていた林分を含め利用を進めたいと考えています。