

地上型レーザースキャナを用いた樹高計測：誤差に与える樹種の影響

西園朋広¹・北原文章¹・齋藤英樹¹

1 森林総合研究所

要旨：地上レーザースキャナ (TLS) を用いた樹高計測の誤差に対して樹種の違いが与える影響を詳細に検討するために、隣接した複数のスギ・ヒノキ・カラマツ林分において TLS 計測を実施し、樹高の計測誤差を調べた。樹高はサイズの小さい個体では適切に計測されるが、サイズが大きくなると過小に計測される傾向があった。しかし、予想に反して、スギ・ヒノキ・カラマツの樹種間差は認められなかった。また、計測木に曲りがある場合に、計測がより過小になる傾向が認められた。

キーワード：地上型レーザースキャナ, TLS 計測, 樹種間差, 樹高の過小計測

Effect of tree species difference on measurement errors for tree height using terrestrial laser scanning

Tomohiro NISHIZONO¹, Fumiaki KITAHARA¹, Hideki SAITO¹

1 Forestry and Forest Products Research Institute

I はじめに

地上型レーザースキャナ (terrestrial laser scanner: 以下、TLS と記す) は、効率的な森林調査のための有望なツールだと期待される。著者らは、TLS を適切に活用するための基礎情報の一つとして、測定誤差の発生の特徴を明らかにしてきた(1~3)。先行研究において(1, 3)、条件の異なる複数の林分で、TLS を用いて立木サイズを計測し、測定誤差の発生要因を調べた。その結果の一つとして、樹種の違いが計測誤差の発生に影響を与える可能性があり、特にスギ林・ヒノキ林と比べて、カラマツ林における樹高の計測が著しく過小になる事例を示した。ただし、対象としたカラマツ林が2林分と少ないためさらなる検討が必要である。本研究では、樹種の違いが計測誤差に与える影響をより詳細に検討するために、隣接した複数のスギ・ヒノキ・カラマツ林分において、TLS 計測を実施し、その計測誤差を調べた。

II 材料と方法

1. 対象地 森林総合研究所千代田試験地(茨城県かすみがうら市)内の平坦地に成立するカラマツ林・スギ林・ヒノキ林を対象とした。

2. 調査方法と解析方法 2021年9月に、同林内のカラマツ42個体、スギ48個体、ヒノキ17個体について、直径巻尺・測高器で胸高直径・樹高を計測した(通常法と記す)。また、計測時に各個体の特徴(曲り、二又など)

を定性的に記録した。さらに、同じ個体について、TLS を用いて胸高直径・樹高を計測した(TLS 計測と記す)。TLS 計測には、森林3次元計測システムOWL (アドイン研究所)を用い、OWL Manager ver. 1.7.3.1により直径・樹高を算出した。対象木の全てを含むように、マニュアルに従って、間隔が概ね10mとなるようにTLSの測定点を配置した。測定木の概要を表-1に示す。

通常法の測定値を真値とみなし、TLS計測から得た直径・樹高の誤差を求めた。通常法で測定したサイズと誤差との関係に一次式を回帰して、樹木サイズと誤差との関係を調べた。集団間(樹種の違い・曲りの有無で分類)で一次式の係数に差があるモデルと係数に差がないモデルをAICで比較し、AICの小さいモデルを適切なモデルとして選択した。選択されたモデルに基づいて、集団間で回帰式に差があるかどうかを判断した。

表-1. 測定木の概要

樹種	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	測定本数 (本)	本数密度 (本/ha)
スギ	28.4	21.7	38	1349
カラマツ	27.9	19.8	42	712
ヒノキ	20.5	16.4	17	1504

注) 平均直径・平均樹高は従来調査の値から算出した。

III 結果と考察

胸高直径の誤差の平均値(平均誤差)はスギで0.40cm、ヒノキで0.93cm、カラマツで0.74cmであった。それぞ

れ平均胸高直径の1.4%、4.5%、2.6%に該当し、全般的に誤差は小さかった。樹高の平均誤差はスギで-4.58 m、ヒノキで-0.71 m、カラマツで-3.77 mであった。それぞれ平均樹高の-21.1%、-4.3%、-19.0%に該当し、誤差はヒノキで小さく、スギ・カラマツで大きかった。

誤差の発生をより詳細に検討するために、図-1に全ての対象木における通常計測・TLS計測の比較を示す。図-1aより、胸高直径は一部の外れ値を除いて、TLSにより適切に計測されていることがわかる。一方、図-1bより、樹高は、TLSによりサイズの小さい個体では適切に計測されるが、サイズが大きくなると過小に計測されていることがわかる。以上の結果は、先行研究(1~3)と合致している。以下では、樹高計測についてのみ、詳細に検討する。

図-2aに、樹高の誤差分布を樹種別に示す。3つの直線は樹種別に求めた一次式の回帰結果であり、得られた一次式が樹種ごとに異なるかどうかをAICに基づいて調べたところ、差は認められなかった。以上の結果は、樹高サイズが樹高の計測誤差に与える影響にはスギ・ヒノキ・カラマツの樹種間差は認められないことを示している。先行研究において(1, 3)、スギ林・ヒノキ林と比べて、カラマツ林における樹高の計測が著しく過小になる要因として、以下の二つを想定した。一つは、カラマツ枝葉の形態特性としてレーザーを反射しにくいため梢端部を適切に再現できないことである(要因①)。もう一つは、カラマツ林では比較的曲がり個体が多く、通直な幹を想定したアルゴリズムで梢端位置を正確に把握できないことである(要因②)。本研究の結果(樹高サイズが計測誤差に与える影響に樹種間差が認められなかったこと)は要因①を支持していないと判断できる。また、先述のように本研究ではヒノキの樹高の平均誤差がスギ・カラマツよりも小さかった。この樹種差は、樹種特有の枝葉の形態特性に起因するものではなく、単純にヒノキ測定木の樹高がスギ・ヒノキと比べて小さいこと(表-1)に起因していると考えられる。

要因②について検討するために、全ての対象木を「曲り」の有無に基づいて2集団(「曲りあり」・「曲りなし」)に分類した。図-2bに樹高の計測誤差の分布を集団別に示す。2つの直線は集団別に求めた一次式の回帰結果であり、得られた一次式が樹種ごとに異なるかどうかをAICに基づいて調べたところ、集団間に差が認められた。「曲りあり」集団では、樹高が大きくなるにつれて、より過小計測になる傾向があった。この結果は、曲りの存在によって、過小計測の傾向が強くなることを示しており、上記の要因②の可能性を示唆している。

本研究では、TLSによる樹高の過小計測の傾向について、樹種間の差は認められなかった。本研究と先行研究(1, 3)で結果が異なる理由については、先行研究のカラマツではスギ・ヒノキと比べて曲りが多かった可能性が考えられるが、現段階では明確ではない。先行研究及び本研究のデータを併せてより詳細な解析を行うなど、今後の検討課題としたい。

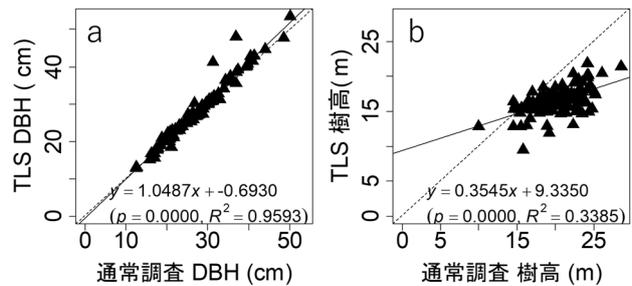


図-1. 通常計測と TLS 計測の比較
点線・実線は 1:1 の関係・回帰式を示す

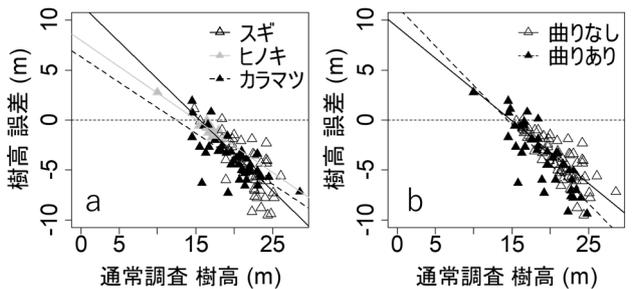


図-2. TLS 計測の誤差分布

謝辞: 現地調査にご協力頂いた森林総合研究所の小田龍聖博士に感謝申し上げます。本研究は一般財団法人日本森林林業振興会の森林林業振興助成事業の助成を受けた。

引用文献

- (1) 細田和男ら(2020) 地上型レーザーキャナーによる効率的な収穫調査と素材生産現場への活用方法の提案(概要版). http://www.center-green.or.jp/jff/jyosei/2020/report2019_3.pdf, 8pp
- (2) 西園朋広ら(2020)ヒノキ人工林における地上型レーザーキャナーを用いた樹木サイズの計測-間伐履歴や林分条件が計測誤差に与える影響-. 森林計画学会誌 54(1):37-44
- (3) 西園朋広ら(2021) 地上型レーザーキャナーによる樹木サイズの測定誤差: 多数の計測事例の分析. 日林学術講 132:114