

TLSを用いた林分構造の計測：間伐履歴の異なるヒノキ人工林での事例

西園朋広¹・細田和男¹・高橋正義¹・齋藤英樹¹・北原文章²・小谷英司³

- 1 森林総合研究所
- 2 森林総合研究所四国支所
- 3 森林総合研究所東北支所

要旨：67年生ヒノキ人工林において、地上型レーザースキャナー（TLS）による林分構造計測の精確さを調べた。計測には森林3次元計測システムOWL（アドイン研究所）を用いた。全般的に、TLSによって本数・胸高直径は良好に推定されたが、樹高・材積は過小に推定された。サイズ別にみると、樹高・材積は小サイズで過大、大サイズで過小に推定された。間伐区と無間伐区を比較すると、無間伐区の樹高計測で、大きな誤差を伴って過小に推定された個体が多数みられた。間伐履歴の違いが樹高計測の誤差分布に差異を生じさせたと考えられる。

キーワード：地上型レーザースキャナー，TLS，ヒノキ人工林，間伐履歴，林分構造

Measuring stand structure using TLS on thinning experiment site in *Chamaecyparis obtusa* plantation

Tomohiro NISHIZONO¹, Kazuo HOSODA¹, Masayoshi TAKAHASHI¹, Hideki SAITO¹, Fumiaki KITAHARA², Eiji KODANI³

- 1 Forestry and Forest Products Research Institute
- 2 Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute
- 3 Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

I はじめに

近年、効率的な森林調査のため、地上型レーザースキャナー（terrestrial laser scanner：以下、TLSと記す）を導入する動きがみられる。TLS計測ではこれまでの方法よりも迅速に樹木のサイズや位置を測定でき、また、これまで計測困難であったデータを得られる(2)。そのため、研究現場においても活用が期待できる。一方、条件によっては正確な測定が難しいと予想できる。例えば、樹高の高い林分ではレーザーが梢端まで届かず、樹高が正確に測定できないと思われる。計測が困難な林分では計測精度を補う手法を考案する等運用上の工夫が必要だと考える。そのため、まずはTLS計測の特徴や限界を知る必要がある。本研究では、条件の一つとして間伐の有無を取り上げた。履歴の明らかなヒノキ林を対象に、間伐区と無間伐区でTLS計測の精確さを比較し、TLS計測に与える間伐履歴の違いの影響を調べた。

に、試験区が設定され、以後2012年までに9回の毎木調査が実施されてきた。間伐区では、林齢35年と51年時に下層間伐（本数間伐率23.5%・31.4%）が実施された。

2. 調査方法と解析方法 2017年10月に、直径巻尺・測高器で両区の立木の胸高直径・樹高を計測し、材積を二変数材積式から推定した（通常法と記す）。また、両区の内部に新たに試験区を設定し（表-1）、TLSを用いて樹木サイズを計測した。新設の間伐区・無間伐区の面積は0.165haと0.197haである。間伐区内では下層植生が多く、計測の支障となる一部の下層植生を刈払った。よって、間伐区では刈払前後の2回、TLS計測を実施した。無間伐区内では下層植生が少なく刈払は行わず、1回のみ、TLS計測を実施した。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. 1.4.2.3により直径・樹高・材積を算出した。

表-1. 対象地の概況

プロット名	林齢 (年)	面積 (ha)	本数密度 (本/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	林分材積 (m ³ /ha)	計測本数 (本)
間伐区	67	0.165	1200	25.6	20.2	679.5	191
無間伐区	67	0.197	2096	22.9	20.7	749.0	297

^{注)} 林分構成値は通常法の計測から算出した。“本数密度”には枯損木が含まれている。これらの枯損木は“計測本数”には含まれておらず、誤差の解析にも用いなかった。

II 材料と方法

1. 対象地 林齢67年のヒノキ人工林試験地（栃木県那珂川町）を対象とした。同試験地には、間伐区と無間伐区の二つの試験区が設置されている。両区は傾斜23°の北西向き斜面に位置している。1965年（林齢15年時）

通常法の測定値を真値とみなし、T L S計測から得た直径・樹高・材積の誤差を求めた。誤差の平均と標準偏差を求めて、測定バイアスと精度を評価した。有意水準5%のt検定で、誤差の平均が0と異なるかを調べた。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。

III 結果と考察

1. 個体の検出率 T L S計測は刈払前と後の間伐区において198本の個体を検出した。検出数は通常法の立木本数(枯損木含む)と一致し、検出率は100%であった。無間伐区におけるT L Sによる検出数は409本で、通常法の立木本数413本(枯損木含む)より小さく、検出率は99.0%であった。両区で高い検出率を示した。

2. 直径・樹高・材積の計測誤差 直径の誤差平均は刈払前の間伐区で正の値を示し、その他のケースでは0と差が無かった(表-2)。樹高の誤差平均は全般的に負の値を示した。材積の誤差平均は刈払前の間伐区で0と差が無く、その他のケースでは負の値を示した。間伐区の誤差の標準偏差は、刈払によって、直径・樹高・材積の全てで小さくなった。特に直径で差が大きく、刈払が直径の推定精度を向上させたといえる。刈払後の間伐区と無間伐区で、誤差の標準偏差を比較すると、直径・樹高・材積の全てで、無間伐区の方が大きな値を示した。特に樹高で差が大きく、無間伐区における樹高の推定精度が悪いといえる。

胸高直径の誤差分布について、一次式の傾きは、全てのプロット・処理において(図-1)、0と大きく異ならず、誤差の大きさはサイズに依存していなかった。樹高・直径の誤差分布について、一次式の傾きは、全てのプロット・処理において(図-1)、負の値を示した。

以上から、胸高直径について、T L S計測は、サイズにかかわらず、全般的に良好に推定できた。しかし、樹高・材積については、T L S計測は全般的に過小推定であり、サイズ別に見ると小サイズで過大、大サイズで過小に推定していた。小サイズ木の樹冠・梢端は、隣接する上層個体の樹冠下部と近接して位置する場合が多い。この状況下では、小サイズ木の樹冠と隣接する上層個体の樹冠を区別することが難しく、上層木の樹冠の一部を誤って小サイズ木の梢端位置として誤認識する可能性がある。この誤認識により、小サイズ木では樹高が過大に推定されたと考えられる。また、大サイズ木では、レーザーが上部まで届きにくいために、樹高が低めに推定されたと考えられる。なお、直径や樹高の誤差平均の符号(表-2)は先行研究(1)と一致しなかった。この不一

致は、計測に用いたハードウェア・ソフトウェアの違いに起因すると思われる。さらに検討を進める必要がある。

3. 間伐履歴の影響 刈払後の間伐区と無間伐区を比較すると(図-1中、下)、無間伐区の樹高計測において、大きな誤差を伴って過小に推定された個体が多数みられた。毎木調査野帳によるとこれらの個体の多くで幹曲りの記載がみられた。OWLのアルゴリズムは通直な幹を想定している(2)、幹曲りの影響で梢端位置が正確に把握されずに、樹高が低めに推定されたのかもしれない。間伐区では二回の間伐によって曲り木の多くが伐採されたが、無間伐区では曲り木が伐採されずに、多数残存していたと考えられる。よって、間伐履歴の違いが、林分内の残存樹木の形質に差異をもたらし、樹高推定の誤差分布に影響したと考えられる。今後、現地調査を追加して、さらに検討を進める必要がある。

表-2. TLS計測における測定誤差の統計

プロット名/処理	誤差の平均			誤差の標準偏差		
	直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³)	直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³)
間伐区/刈払前	0.774*	-0.414*	0.010	2.431	1.262	0.114
間伐区/刈払後	0.131	-1.016*	-0.032*	1.032	0.911	0.063
無間伐区	0.057	-1.565*	-0.042*	1.143	1.625	0.070

*は0と有意な差がある(t-test, p<0.05)ことを示している。

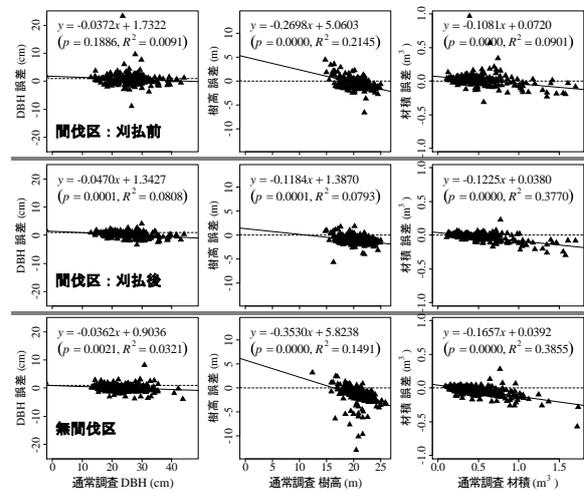


図-1. TLS計測の胸高直径・樹高・材積の誤差分布
点線はy=0を示し、実線はy=ax+bを示している。

謝辞: 本研究は一般財団法人日本森林林業振興会平成29年度森林林業振興助成事業の助成を受けて実施した。

引用文献

- (1) 川北憲利ら(2018) 地上型レーザー扫描仪を用いた森林計測の精度検証. 森林計測誌 51: 47-56
- (2) 千葉幸弘(2017) 地上レーザー計測による森林調査のこれから. 森林科学 80: 32-35