

速報

高隈演習林における森林簿地位と航空機レーザ計測による小班地位の比較*¹米森正悟*²・加治佐剛*³・寺岡行雄*³

米森正悟・加治佐剛・寺岡行雄：高隈演習林における森林簿地位と航空機レーザ計測による小班地位の比較 九州森林研究 71：43－46, 2018 森林経営や森林計画を行う上で、森林簿に集約された森林情報が用いられてきた。しかし森林簿に記載された数値は、森林の実態を調査した結果ではないため現地の林分状況と乖離しており、その精度に問題がある。森林簿の地位は、対象林分で林業を行う適地かどうかの判断をする上で重要な指標である。近年、LiDARの発展により林分内の樹高を単木レベルで計測が可能になっている。そこで本研究では、森林簿地位とLiDARによる小班地位の比較を行った。その結果、小班全体の7割で森林簿地位とLiDARの小班地位が異なっていた。LiDARの発展によって、森林簿地位の更新が可能になることで材積収穫の予測が変わることや地位に適した森林調査や施業プランの提案などが考えられる。

キーワード：航空機レーザ計測、森林簿、林分収穫表、地位、樹高

I. はじめに

森林経営や森林計画を行う上で、経営対象となる森林の資源情報が必要である。これまで森林資源情報は都道府県によって管理された森林簿に集約されており、それを基にして森林経営や森林計画が行われてきた。森林簿に記載されている森林蓄積や成長量は、各県で調製された林分収穫表等を利用して林齢と地位から求められている。また森林簿の成長に関する数値は、時間の経過により林分収穫表上で自動的に更新されている。しかし、森林簿に記載された蓄積や成長量などの数値は、森林の実態を調査した結果ではないため現地の林分状況と乖離しており、その精度に問題があると指摘されてきた(白石, 1999)。

地位は対象林分の林地生産力を示す指標であり、林分収穫表での重要な区分として用いられている。材積は肥大成長と上長成長の関数として取り扱うことができる。胸高直径と立木密度は、林分密度管理により人為的にコントロールができるが、樹高は林地生産力である地位によって決まってくる。そのため地位は、対象林分が林業を行う適地かどうかを判断する上で重要な指標となる。地位を表す尺度としては、林分密度の影響が少ないと考えられる上層木の平均樹高が用いられており、林齢と上層木の平均樹高の関係から上、中、下などに分けて区分されている。地位の推定方法は直接法と間接法の2種類がある(西沢, 1972)。直接法は、対象林分に生立する上層木の平均樹高と林齢から地位指数曲線上で地位を決定する方法である。間接法は、幼齢林や無立木地あるいは林種や樹種が異なり、直接法によって計測できない林分において、立地条件(気象、標高、地形、地質などの因子)を調査し、多変量解析の手法により地位を推定する方法である。森林簿の地位は、林野庁が定めた地位指数調査要領に基づく間接法によって決められたものである。これまで、直接法で地位を求めることは、対象小班の面積が大きいほど時間、労力、費用の面から全林毎木

調査が不可能とされてきたため、森林簿の地位は立地条件の数量化による間接法により推定されてきた。

過去の地位に関する研究では、カラマツの造林地における土壌因子と環境因子の数量化による地位指数の推定(西沢ほか, 1965)や九州各県におけるヒノキの林地生産力の研究(九州地区林業試験研究機関協議会, 1982)から、地位は立地条件の違いによって変わってくるとされてきた。しかし数量化による地位推定は因子間の内部相関が高いものや、推定に多くの因子を用いることで普遍性に欠ける場合が多いとの指摘がある(吉田, 1982)。

近年、航空機レーザ計測技術(Light Detection And Ranging, 以下LiDAR)の発展により林分内の樹高を単木レベルで広範囲の計測が可能になった。樹高の計測精度はスギ、ヒノキいずれも誤差1m未満の高い精度であり(平田, 2005a; 松英ほか, 2006)、また単木の抽出精度は本数密度が高い林分ほど抽出精度が低くなるものの、スギにおいて8~9割であると報告されている(平田, 2005b; 田口ほか, 2008)。LiDARの発展によってこれまで時間、労力、費用の面で不可能であった全林毎木調査による樹高から地位の計測が可能になる。またLiDAR計測を用いることで、これまで現地の林分状況と乖離しているとされている森林簿データの更新が可能になると考えられる。

そこで本研究では、森林簿地位とLiDAR樹高から求めたLiDARの小班地位を比較することで、林業経営情報としての地位の活用について考察した。

II. 方法

1. 対象地

本研究の対象地は、鹿児島県垂水市に所在する鹿児島大学農学部附属高隈演習林(以下、高隈演習林)である。年平均気温は14℃、年降水量は2,600mmである。標高は250m~885mで

*¹ Yonemori, S., Kajisa, T., and Teraoka Y.: Comparison of site index estimated in stand record and from airborne LiDAR data in the Takakuma experimental forest.

*² 鹿児島大学大学院農学研究科 Grad. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan

*³ 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan

あり、起伏に富んだ地域である。高隈演習林の総面積は3,000 haであり、そのうち人工林は1,100 haとなっている。大部分の人工林の植栽樹種はスギである。調査対象小班は32~92年生のスギ人工林のうち67カ所である。対象小班は7齢級以上を対象とし、各齢級で小班全体の1~2割に相当する小班数を無作為に抽出した。13~17齢級はスギ純林の小班が少なかったため本研究の対象小班から除外した。小班面積は0.07~6.00 haの範囲である。高隈演習林の森林簿地位は、高隈演習林全体の8割が中に区分されている。本研究の対象小班も全体の9割が中に区分されている。

2. LiDAR データと解析方法

LiDAR 計測は、2012年5月27~29日にアジア航測株式会社のLeica製ALS 50-IIおよびALS 60を用いて行われた。計測範囲は、高隈演習林全域3,000 haである。計測時の対地高度は、1,700~3,000 mで行われた。レーザ光の広がり角は0.22 mradであり、レーザの照射密度は1 m²あたり4点となっている。LiDAR データの解析には、ArcGIS (ESRI社製)を用いた。メッシュサイズ0.5 m×0.5 mの数値標高モデル (Digital Elevation Model, 以下, DEM) と数値表層モデル (Digital Surface Model, 以下, DSM) から、林冠高モデル (Digital Canopy Model, 以下, DCM) を作成した。さらに樹頂点の抽出には、樹冠形状指数 (大野ほか, 2008) を用いて抽出した。抽出した樹頂点位置の林冠高モデルの値を単木樹高とした。

3-1. LiDAR 樹高からの LiDAR の小班地位の算出方法

IUFRO では、小班内の一番高い木から順次 ha 当たり 100 本を上層木とし、その平均樹高を小班の地位指数としている。しかし、小班内で谷部から尾根部にかけて地形が変化している場合は、高い木が谷部にあり、低い木が尾根部にあることが多いため、高い木から順次 100 本をとれば谷部の成長の良い場所のみの地位を評価することになる。そのため小班内に谷部から尾根部にかけて地形が変化している場合は、林分を 10 m 正方形単位に分けて、

その単位ごとの最高樹高の平均を用いて小班全体の地位を評価するのが妥当である (西沢, 1972)。そこで本研究では、西沢の指摘に基づき小班内を 10 m×10 m に区分し、その単位ごとにおける最高樹高の平均を小班における LiDAR 樹高とした。小班の LiDAR 樹高と林齢に基づき、鹿児島県林分収穫表 (鹿児島県林務水産部, 2008) を用いて地位を区分したものを LiDAR の小班地位とした。

3-2. 森林簿地位と LiDAR の小班地位の比較方法

高隈演習林の森林簿地位は、調査簿に記載された樹種及び林齢別の ha 当たり材積を、鹿児島県林分収穫表にあてはめて地位を決定している。森林簿の樹高 (以下、森林簿樹高) は、森林簿地位と林齢に応じた地位指数曲線から求められる上層木平均樹高を値として用いた。鹿児島県のスギ地位指数曲線 (長濱・近藤, 2006) は基準齢 40 年生で地位上 20.6 m, 地位中 17.4 m, 地位下 14.2 m である (図-1)。

本研究での森林簿地位の検証として、①森林簿樹高と LiDAR 樹高の平均値の差の検定による比較を行い、②森林簿地位と

LiDAR の小班地位の地位区分の比較を行った。

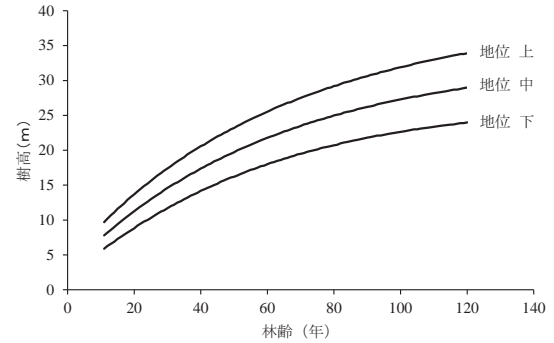


図-1. 鹿児島県スギ地位指数曲線

III. 結果

森林簿樹高と LiDAR 樹高の違いを図-2 に示す。LiDAR 樹高と森林簿樹高の差 (LiDAR 樹高-森林簿樹高) は最大で 8.4 m, 最小で-5.6 m となった。また、対象小班の LiDAR 樹高の平均値は 21.8 m, 森林簿樹高の平均値は 19.5 m となった。LiDAR 樹高と森林簿樹高の平均値の差の検定を行った結果、有意差を示し LiDAR 樹高が森林簿樹高よりも高い結果を示した ($p < 0.05$)。

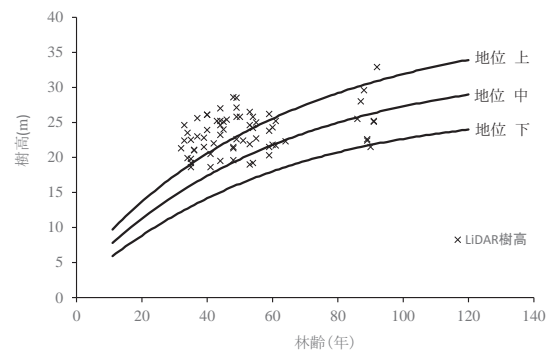


図-2. 森林簿樹高と LiDAR 樹高の違い

地位区分では、LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも高い小班が 40カ所、LiDAR の小班地位と森林簿地位が同じ小班が 20カ所、LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも低い小班が 7カ所となった。森林簿地位と LiDAR の小班地位が乖離していた小班が対象小班全体の 7割を占めた。また、LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも高くなった小班の 9割は、7~11 齢級の小班であった。

IV. 考察

1. 森林簿地位と LiDAR の小班地位が異なる要因

これまで森林簿の成長に関する数値は、林分収穫表によって自動的に更新されてきた。林分収穫表は昭和 30~40 年代に全国的に調製されてきたが、当時は高齢級の林分生育データが少なかったため 60 年生までの収穫予測となっており、60 年生以上は成長しないと仮定されていた。しかしながら、長伐期施業に関する研

究の推進に伴い 60 年生以上の林分においても継続して成長することが明らかになってきた (竹内・伊東, 2003)。またそれに対応した林分収穫表や地位指数曲線などが、いくつかの県で作成されてきた (長濱・近藤, 2006; 和口ほか, 2013; 前田・田嶋, 2015)。本研究で用いた鹿児島県林分収穫表にある地位指数曲線は 120 年生まで対応しており、いずれの地位においても 120 年生に至るまでに上, 中, 下の上層木の平均樹高はそれぞれ 34.2 m, 29.2 m, 24.2 m となっている (図-1)。また現在の地位指数曲線は、旧基準として使われていた地位指数曲線 (林野庁熊本管林局, 1965) と比較すると、現存の地位指数曲線は 40 年生において上, 中, 下それぞれ 20.6 m, 17.4 m, 14.2 m, 旧基準では上, 中, 下それぞれ 18.6 m, 14.9 m, 11.6 m となっており旧基準よりも高くなっていることがわかる (図-3)。これらのことから、現存の地位指数曲線から求められる森林蓄積や成長量は、旧基準のものよりも高くなり、森林の実態を反映した数値になっている。

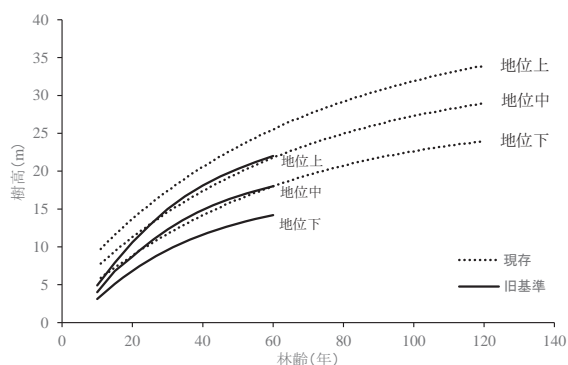


図-3. 鹿児島県スギの新旧の地位指数曲線の比較

しかし本研究では、対象小班の7割で森林簿地位と LiDAR の小班地位が異なっていた (図-2)。本研究で用いた鹿児島県林分収穫表は、標準地調査による現地調査の結果が用いられている。標準地調査は、標準地の選定が測定者の主観に左右されるため、標準地調査から得られた上層木が必ずしもその小班の地位の代表値であると限らない。それと比較して本研究で求めた LiDAR の小班地位は、LiDAR によって計測された全林毎木調査による、小班全体を対象とした上層木のサンプリングによって地位が決められている。そのため、多くの小班において森林簿地位と LiDAR の小班地位が乖離したと考えられる。また LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも低い小班においては、上層木平均樹高の算出方法の違い以外の別な要因が考えられる。竹下・高木 (1977) は、林地生産力である地位の差は、林木を取り巻く水分条件の差であると仮定している。また吉田 (1985) は、小班内における単位斜面内の堆積様式 (斜面の形状と傾斜角からなる地形因子) の違いによる林地生産力の違いを明らかにしている。一般的に斜面内においても斜面上部の尾根性の地形では、樹高が低くなることがわかっている。本研究において、LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも低くなった小班7カ所でも、尾根性を含む地形であった (図-4)。そのため尾根性の地形においては、森林簿地位の地位指数曲線の樹高成長よりも低くなっていることで LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも低くなったと考えられる。これまで地位は、標準地調査や間接法による推定しかできなかつ

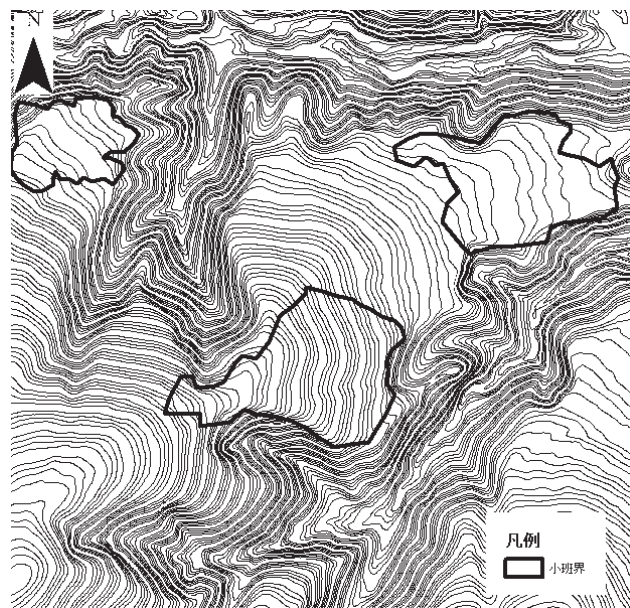


図-4. LiDAR の小班地位が森林簿地位よりも低い小班と地形

たが、LiDAR の発展によって全林毎木調査による直接法で地位を計測できるようになった。そのため LiDAR の小班地位は、対象林分の林地生産力の実態を反映したものとなっており、小班の代表値として妥当であると考えられる。

LiDAR 計測技術の展開によって、森林簿地位の更新が可能になり、材積収穫の予測が変わると考えられる。例えば鹿児島県では、伐期 50 年で地位上 700 m³, 地位中 540 m³, 地位下 400 m³ と予測されている (鹿児島県林務水産部, 2008)。地位の評価が、中から上になることで材積収穫量が通常の 2~3 割増加すると予測される。

また地位が決まることで、地位に適した植栽密度の決定が出来るようになる。一般的に林分収穫表にもあるように、地位の高い所では疎植、地位の低い所では密植とされており、地位の評価に応じた森林調査や施業プランの提案が行えるようになると考えられる。

V. おわりに

本研究では、高隈演習林において森林簿地位と LiDAR を用いた小班地位の比較を行った。小班全体の7割で森林簿地位と LiDAR の小班地位が異なっていた。

LiDAR を用いることで地位の更新が可能になる。地位の更新が可能になると、材積の収穫予測が変わり、地位に適した施業プランが提案できるようになる。

VI. 謝辞

本研究で使用した LiDAR データは、アジア航測株式会社の協力の下に取得された。本研究は、「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト)「ICT を活用した木材 SCM システムの構築」(研究代表者: 仁多見俊夫 (東京大学)) の支援を受けて行った。

また、鹿児島大学農学部附属高隅演習林関係者の方々には、調査に際して種々の便宜を図っていただいた。心より感謝を申し上げます。

引用文献

- 平田泰雅 (2005 a) 日林誌 87 (6) : 497 - 503
平田泰雅 (2005 b) 森林計画誌 39 (2) : 81 - 95
鹿児島県林務水産部 (2008) 鹿児島県林分収穫表
九州地区林業試験研究機関協議会 (1982) 九州各県のヒノキ林地
生産力 - 主として経済限界林について -, 昭和堂, 長崎,
1 - 314
前田 一・田嶋幸一 (2015) 長崎農林技研報 6 : 89 - 101
松英恵吾ほか (2006) 写真測量とリモートセンシング 45 (1) : 4 -
13
長濱孝行・近藤洋史 (2006) 日林誌 88 (2) : 71 - 78
西沢正久ほか (1965) 林業試験場報告 176 : 1 - 49
西沢正久 (1972) 森林測定 (林業教育研究会編集), 農林出版株
式会社, 東京, 243 - 283
大野勝正ほか (2008) 日本写真測量学会学術講演会発表論文集秋
季 : 59 - 62
林野庁熊本営林局 (1965), 鹿児島地方すぎ林分収穫表
白石則彦 (1999) 森林科学 27 : 35 - 37
田口 仁ほか (2008) 日本リモートセンシング学会誌 28 (4) : 331 -
341
竹下敬司・高木潤治 (1977) 福岡県林業試験場時報 26 : 1 - 51
竹内郁雄・伊東広樹 (2003) 日林誌 85 (2), 121 - 126
和口美明ほか (2013) 奈良県森技研報 42 : 5 - 9
吉田茂二郎 (1982) 鹿大農演報 10 : 1 - 6
吉田茂二郎 (1985) 鹿大農演報 13 : 1 - 63
(2017 年 11 月 20 日受付 ; 2018 年 1 月 22 日受理)