

論文

宮崎大学田野フィールドスギ人工林における航空写真から求めた DSM を用いた地位指数マッピング手法の開発*¹宮原史浩*²・光田 靖*³

宮原史浩・光田 靖：宮崎大学田野フィールドスギ人工林における航空写真から求めた DSM を用いた地位指数マッピング手法の開発
九州森林研究 75：27 - 29, 2022 本研究では、航空写真から生成される表面高 (DSM) を用いて広域のかつ面的に地位指数を推定する方法を開発した。宮崎大学田野フィールドのスギ人工林を対象に、航空 LiDAR 計測由来の国土地理院 5 m 解像度地盤高 (DTM) と宮崎県撮影航空写真から求めた DSM (解像度 50 cm) から解像度を 50 cm とする林冠高 (DCHM) を計算した。DCHM を 5 m 解像度で最大値抽出したものを上層木樹高ラスタとした。田野フィールド GIS データから 5 m 解像度で林齢ラスタを作成した。上層木樹高ラスタと林齢ラスタから、樹高成長曲線モデルを媒介して地位指数分布を推定した。本研究により面的な樹高計測値に基づいた面的かつ高解像度な地位推定が可能になった。

キーワード：航空写真 DSM, 地位指数分布図

I. はじめに

現在、林業の成長産業化を図る目的と森林の適正な管理を行うために森林経営管理制度が開始された。この制度は林業適地を市町村が判別する必要があるが、林業適地の選択には地位指数分布図が重要である (竹下ほか, 1966)。

これまで地位指数分布図を作成する際には環境要因を用いた統計モデルを開発し、それによって面的な推定を行っていた (Mitsuda *et al.*, 2007)。近年、航空 LiDAR や写真測量技術の普及・発達により面的な樹高測定が可能になってきた。面的な樹高分布を用いることで、面的な地位指数を直接的に推定することが可能になる (Mitsuda 2014)。そこで本研究では航空写真による地表面高データ (Digital Surface Model, DSM) (以下、航空写真 DSM とする) と航空 LiDAR による地盤高データ (Digital Terrain Model, DTM) を用いて、広域のかつ面的な地位指数を推定する方法を開発することを目的とする。

II. 調査地と方法

調査地は宮崎県宮崎市田野町に位置する宮崎大学田野フィールド内のスギ人工林とした。研究に用いたデータは航空 LiDAR 計測由来の国土地理院作成の 5 m 解像度 DTM, 宮崎県が平成 28 年に撮影した航空写真から作成された 0.5 m 解像度 DSM, および田野フィールド GIS データ (小班ポリゴン) である。これらソースの異なる 3 つのデータを使用しているため、データ間に微妙なずれが生じている部分や、陰影等の影響で DSM の値が適正ではない箇所があった。そこで DSM の作成元になったオルソ画像を目視で確認しながら、田野フィールド GIS データから研究対象となるスギ人工林小班を抽出し、ポリゴン形状の修正を行った。

DTM を 0.5 m 解像度へリサンブルして、DSM との差分を計算して林冠高データ (Digital Canopy Height Model, DCHM) を作成した。DCHM を 5 m 解像度で局所最大値抽出し、上層木樹高ラスタを作成した。修正したスギ人工林ポリゴンを用いて林齢ラスタを作成した。

作成した 5 m 解像度上層木樹高ラスタと林齢ラスタから、ガイドカーブ法 (西澤, 1972) により地位指数曲線を求めて、地位指数を面的に推定した (Mitsuda, 2014)。年齢でデータをグループ化し、各年齢における上層木樹高の中央値を算出し、リチャーズ関数 (1) を用いて地位指数曲線のパラメータ推定を行った。

$$H = A(1 - \exp(-k \times \text{age}))^m \quad (1)$$

ここで、 H は上層木樹高 (m), age は林齢を示す。また、 A , k , および m はパラメータである。ガイドカーブ法ではパラメータ k および m を共通パラメータとして固定し、地位指数によりパラメータ A が変化する。よって、各セル固有のパラメータ A を求めることが可能であり、 i 番目のセルにおけるパラメータ A (A_i) は以下のように計算される。

$$A_i = \frac{H_i}{(1 - \exp(-k \times (\text{age}_i)))^m} \quad (2)$$

ここで、 H_i および age_i はそれぞれ i 番目のセルにおける上層木樹高と林齢を示す。基準齢を 40 年生とすると i 番目のセルにおける地位指数 SI_i は以下のように計算される。

$$SI_i = A_i(1 - \exp(-k \times 40))^m \quad (3)$$

このような手順で上層木樹高ラスタと林齢ラスタから対象となる全てのセルについて地位指数を推定し、地位指数ラスタを作成した。また、推定した地位指数の妥当性を検討するため、樹幹解析によって得られた地位指数 (Mitsuda *et al.*, 2007) との相関係

*¹ Miyahara, F., Mitsuda, Y.: Developing a methodology for site index mapping using aerial photo derived DSM in sugi plantations of Tano experimental forest, University of Miyazaki.

*² 宮崎大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Univ. Miyazaki 889 - 2192, Japan

*³ 宮崎大学農学部 Fac. Agric., Univ. Miyazaki, Miyazaki, 889 - 2192, Japan

数を計算した。

IUFROの定義によると上層木樹高はヘクタールあたり上位100本の平均樹高となっている(西澤, 1972)。よって, 上層木樹高を計算するには5m解像度は細かすぎる可能性があるため, 解像度を10m, 15m, 20m, および25mと下げて推定される地位指数の比較を行った。なお, 5m解像度も含めて, グリッド内の50%以上がスギ人工林であるものを対象として地位指数の推定を行った。

Ⅲ. 結果

ガイドカーブ法により推定したリチャーズ関数(1)のパラメータ k および m の値は, それぞれ0.03および1.09となった。(図-1)。

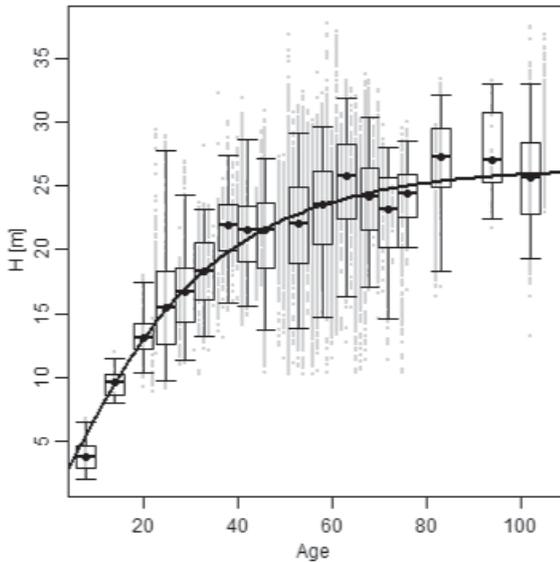


図-1. リチャーズ関数による地位指数曲線

※各年齢における上層木樹高について中央値を黒点, 50%範囲をボックス, 95%範囲をラインで示す。また, 5m解像度で求めた上層木樹高と林齢を灰色ドットで示す。

5m解像度における地位推定の結果, 平均値は19.7, 標準偏差は3.2, 最小値は5.8, および最大値は42.4であった。(図-2)

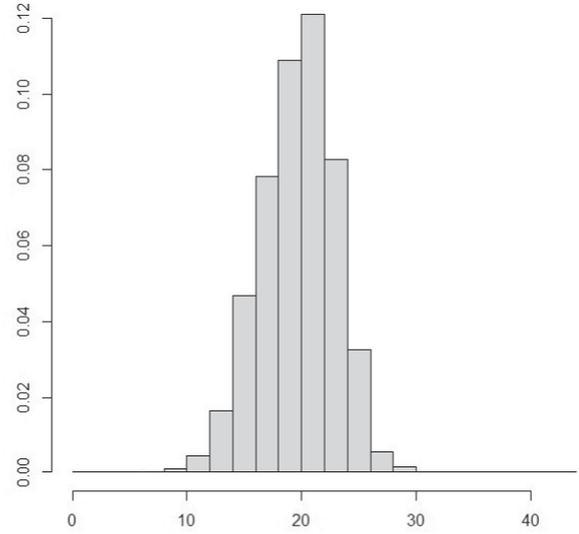


図-2. 5m解像度における地位指数のヒストグラム

また, 推定結果を図化すると図-3のような地位指数分布図が得られた。地位指数の推定値と樹幹解析によって得られた地位指数の実測値を比較したところ, 相関係数は0.796 ($p=0.001$)となった。解像度ごとの地位指数を推定して平均と標準偏差をそれぞれ比較したところ, 解像度を粗くしていくと地位指数の平均値が高くなり, 標準偏差は10mと20m解像度で, ばらつきが少ない結果になった。(表-1)。

表-1. 各解像度における推定された地位指数の統計

解像度	5m	10m	15m	20m	25m
平均	19.7	20.6	21.2	21.7	22.2
最大	42.4	41.0	38.4	38.8	36.5
95%	24.6	25.5	26.1	26.5	27.0
5%	14.2	14.9	15.5	16.1	16.6
最小	5.8	6.3	3.0	9.6	6.1
標準偏差	3.2	2.4	2.5	2.4	3.2



図-3. 5m解像度における地位指数の分布図

IV. 考察

本研究による手法により推定された地位指数はおおむね妥当な値をとり、実測値との相関係数も有意で高い値を示したことから、国土地理院のLiDAR由来5m解像度DTMと定期撮影される航空写真から生成されたDSMを用いて、広域的かつ面的に地位指数を推定することが可能であると考えられる。また、推定された地位指数の統計値(表-1)やヒストグラム(図-2)をみると、極端な数値は多少あるものの、現実的に妥当な数値で推定されていると考えられる。現地調査による地位指数と航空機計測由来の地位指数の間には林分構造の複雑さや林齢等の影響による数mの誤差がある(Tompalski *et al.*, 2015)とされているが、本研究ではスギ人工林という単一した林が対象であることや、森林簿により林齢の管理がされていたことにより、既往の研究に比べ誤差が少なかったと考えられる。国土地理院が提供する航空LiDAR計測データから作成されたDTMは、利用できる場所が限られるものの、データが存在していれば無償で容易にダウンロードして利用することが可能である。また、宮崎県のように航空写真の定期撮影に際してオルソ画像とあわせてDSMも取得していれば、航空写真DSMも比較的に入手が容易なデータであるといえる。このことから、本研究で開発した手法は様々な地域で利用可能なものであると考えられる。

今回はDTMの解像度である5m解像度での地位指数を主題としたが、立木密度が低い場所では樹頂点以外が5mグリッド内の最高値となっている場合もあると考えられる。上層木樹高の定義を考えると、5mグリッド内の最高樹高では正しく地位指数を表現できない可能性がある。また、市町村森林整備計画におけるゾーニングのような実用面を考えると、広域を対象とした場合に5m解像度ではデータ容量が大きくなって扱いづらくなる可能性がある。本研究では様々な解像度について試行したが、統計値(表-1)やヒストグラムを比較したところ、20m解像度で地位指数を推定することで信頼性が高く使い勝手の良い地位指数のマップの開発ができると考えられる。本研究では20m解像度で地位指数を推定するのにグリッド内に含まれる50cm解像度DCHMの最高値を用いたが、定義からすると上層木樹高とは異なる。高橋ほか(2013)は航空機LiDARデータを用いて林分平均樹高と林分内に含まれる点群データにおける高さの80パー

ンタイル値との間に頑健な関係性があることを明らかにした。このような考え方を応用して20mグリッドの上層木樹高とグリッド内に含まれるDCHMのパーセンタイル値との関係が明らかになれば、より良い地位指数の推定が可能になる。

本研究で開発した手法は複数の空間データを使用するためデータ間に位置のずれがある可能性があり、オルソ画像よりスギ人工林として抽出した箇所がDSMでは適切な林齢や樹高が反映されない等といったエラーが発生し、それが地位指数推定誤差の発生要因となっている可能性がある。地位指数推定を5m解像度で行った際の最大値が42.4となっているのは、そのような空間データ間の位置ずれによるものであると考えられる。またそのような位置ずれや陰影の影響を手作業で取り除く必要があることも、本研究で開発した手法の欠点であるといえる。さらに、本研究では大学演習林を対象としたため森林簿の林齢は正しく管理されているが、一般の民有林では正しく林齢が記載されていない林分があることも予想される。そのような場合には、時系列航空写真を用いて樹高成長から林齢と地位指数を同時に推定する手法(Véga and St-Onge, 2009)が有効であると考えられる。宮崎県では5年おきにデータが得られることから、今後はこの手法を応用して林齢情報が正しくない場合にも適用できる手法の開発を進めたい。

V. 謝辞

本研究を行うにあたり、宮崎県から航空写真DSMおよびオルソ画像の提供を受けた。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

- Mitsuda Y (2014) FORMATH 13 : 41 - 59
 Mitsuda Y *et al.* (2007) J For Res 12 : 177 - 186
 Tompalski P *et al.* (2015) For Sci 61(5) : 861 - 873
 西澤正久 (1972) 森林測定, 348 pp, 農林出版, 東京
 高橋與明ほか (2013) 九州森林研究 66 : 6 - 9
 竹下敬司ほか (1966) 福岡県林試時報 18 : 41 - 76
 Véga C and St-Onge B (2009) For Ecol Manage 257 : 951 - 959
 (2021年11月14日受付; 2022年1月4日受理)