

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07499

研究課題名(和文) リモートセンシングによるスギ・ヒノキ人工林の広域林分材積マップ作成手法の開発

研究課題名(英文) Development of the method for creating a wide stand volume map in Japanese cedar and Hinoki cypress plantations using remote sensing techniques.

研究代表者

高橋 與明 (Takahashi, Tomoaki)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：90435587

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：スギ・ヒノキ人工林を対象に、プロットレベルの林分材積を低密度の航空機レーザ計測データで準広域にスケールアップし(第一段階)、それをLandsat衛星画像で広域にスケールアップ(第二段階)する方法の開発に取り組んだ。第一段階では、平均樹高を高精度に推定する方法の開発と、地上調査した平均樹高と林分材積との関係をモデル化した。第二段階では、テストエリアの林分材積推定値を教師としてLandsat衛星画像との関係をモデル化した。Landsat衛星画像による推定誤差は、テストエリアの平均林分材積(約670m³/ha)の約20%程度であったことから、林分材積推定能力の高さが示される結果となった。

研究成果の概要(英文)：I tried to develop the method for creating a wide stand volume map in Japanese cedar and Hinoki cypress plantations using remote sensing techniques. The method is composed of two scale-up processes. First, I developed a method for estimating mean tree height at plot scale precisely using airborne LiDAR data with low point density and then a method for mapping stand volume from the plot scale up to sub regional coverage through an empirical regression model constructed using mean tree height data and stand volume data in the field. Second, I performed modeling the relationship between the stand volume estimated with the LiDAR data and a Landsat data within a test area. The estimation error was approximately 20% of the mean stand volume (ca. 670m³/ha) within the test area. The result showed that the Landsat data would have a high potential ability for estimating stand volume.

研究分野：森林計測学

キーワード：林分材積 リモートセンシング 航空機LiDAR Landsat

1. 研究開始当初の背景

2011年の森林法の改正に伴い、2012年度からは零細な所有規模の民有林における施業の集約化を前提に、面的なまとまりをもった森林を対象とする森林経営計画制度が導入された(H25年度森林・林業白書)。そして、制度改正により2014年4月からは区域計画(市町村長が定める一定区域内において30ha以上の面積規模の森林を対象)が属地計画の一つとして新たに作成が可能となった(林野庁HP)。このような一体的なまとまりのある森林を経営計画の対象とする際、言うまでもなく人工林の林分材積とその分布の情報が必要不可欠であるが、その拠り所の一つである森林簿は、その正確性が長い間問題視されている(森林・林業百科事典2001)。このため、例えば人工林の林分材積とその分布を区域計画レベルで的確に把握できるような情報を、広域の森林を対象として新たに整備することができれば、現状の森林簿などの帳簿情報と照らし合わせることで、より適切な区域計画を立てることが可能になると申請者は考えている。

申請者はこれまでに、リモートセンシング技術を利用して、主に針葉樹人工林の材積推定手法の開発に取り組んできている。例えば、航空機レーザ計測データと高解像度衛星画像を併用し、スギ人工林の林分材積を推定する手法を開発した。若齢林から老齢林を含むテストサイトで精度検証した結果、一定のバイアスはあるものの、回帰直線周りのランダム誤差は平均林分材積(555m³/ha)のわずか10%程度で高精度に推定できることを示した(Takahashiら2010)。しかしながら、航空機レーザ計測には現状では高額な費用が掛かるため、広域の林分材積を航空機レーザ計測で隈なく把握しようとするのは、かなりの無理がある。他方、申請者は、観測幅が180kmで30m解像度のLandsat衛星画像に森林生態系多様性基礎調査(日本を4km間隔で0.1haのプロット調査をする)データを併用すれば、精度の改善の余地はあるものの、東北地域(約20,000km²)の針葉樹林と広葉樹林の林分材積を面的に把握できる能力があることを示した(田中と高橋ら、2013)。現在、国土の標高データ取得の目的で国土交通省によって航空機レーザ計測データが整備されてきており、例えば離島を除く九州(36,753km²)では2005年度以降のアーカイブデータの陸域面積カバー率が6割ほどになっている(日本測量技術協会HP)。場所ごとに面積と計測年度は異なるが、このデータをうまく利用すれば、プロット調査ではとうてい把握不可能な多地点での林分材積を高精度に把握できる可能性がある。つまり、航空機レーザ計測で推定した多地点での林分材積を教師データとして、Landsat衛星画像から林分材積を広域推定する方法が実行可能となる。これによって、小面積で少数の地上プロット調査データを利用して衛星画像で広域推定を

行う場合よりも、推定精度と結果の信頼性の双方の向上が期待される。

2. 研究の目的

空間解像度等が異なる複数のリモートセンシング技術を組み合わせることで、スギ・ヒノキ人工林の林分材積を広域で的確に図化するためのスケールアップ手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究では、スギ・ヒノキ人工林を対象に、プロットレベルの林分材積を低密度(1~4点/m²以下)の航空機レーザ計測データで準広域にスケールアップし(第一段階)、それを30m解像度のLandsat衛星画像で広域にスケールアップ(第二段階)する方法の開発に取り組んだ。

第一段階のスケールアップ

低密度の航空機レーザ計測データから林分材積を推定するために、航空機レーザ計測データから平均樹高を高精度に推定する方法をシミュレーションによって開発した。また、地上調査した平均樹高と林分材積との関係をモデル化した。

第二段階のスケールアップ

テストエリア(図-1)の林分材積マップ(図-2)を教師としてLandsat衛星画像(図-3)との関係をモデル化した。

4. 研究成果

低密度の航空機レーザ計測データから林分のプロットレベルの平均樹高を最も精度良く推定するための「処理解像度とプロットサイズの最適な組み合わせ」を決定するシミュレーション手法を開発した。スギの壮齢林でシミュレーションしたところ、5mの処理解像度の場合に、20m×20m、30m×30m、40m×40mのいずれの仮想プロットサイズでも平均樹高を最も小さい誤差(RMSEは最大で約30cm)で直接的に推定可能であることが示された。Landsat衛星画像の解像度が30mであることから、テストエリア内の航空機レーザ計測データの平均樹高を30mグリッドで計算し、平均樹高を説明変数とするモデルを介して林分材積マップを作成した(図-2)。

次に、NASAが配信している大気補正済みの地表面反射率に変換されたLandsat衛星画像に対して、地形効果の補正を行い、その大気・地形効果補正済みのLandsat衛星画像(図-3)と先の航空機レーザ計測データによる林分材積推定値(図-2)の関係を、機械学習を用いてモデル化した。モデル化では、まずテストエリア内のスギ・ヒノキ人工林の中でも樹冠閉鎖している可能性の高い画素を約1500個抽出した。そのうちの300画素をランダムサンプリングして林分材積推定モデルを構築して推定誤差(RMSE)を算出し(モデル

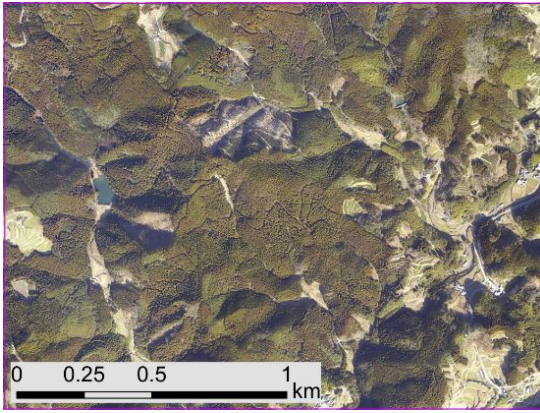


図-1.テストエリア（スギ・ヒノキ人工林）

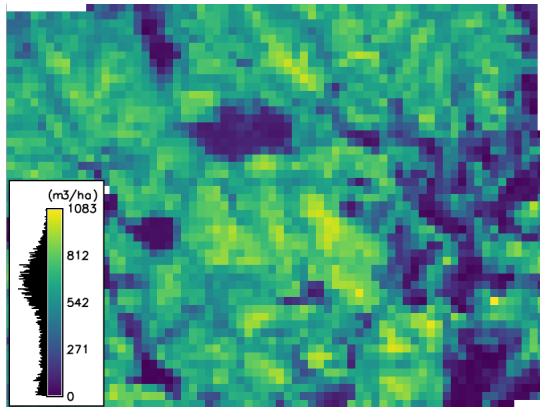


図-2. 国土交通省国土地理院が管理する航空機レーザ計測データから推定した30mグリッドの林分材積マップ

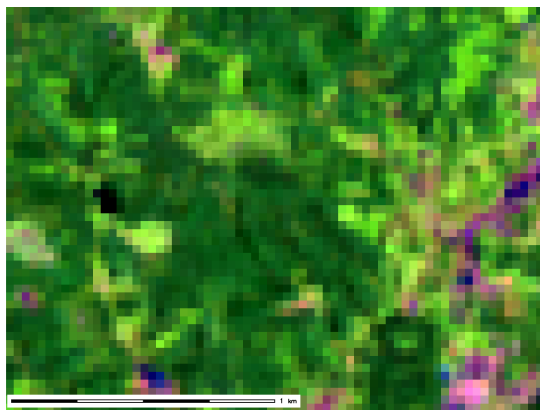


図-3.30m 解像度の Landsat 衛星画像（大気・地形効果補正済みの地表面反射率）

の推定精度)、残りの約 1200 画素をモデルの検証に用いた場合の誤差(RMSE)を算出した(モデルの予測精度)。この操作を 100 回繰り返して得られたモデルの推定精度とモデルの予測精度を、それぞれ図-4(上と下)に示す。30m 解像度の Landsat 衛星画像による推定誤差は、テストエリアの平均林分材積

(約 670m³/ha)の約 20%程度であることから、Landsat 衛星画像の林分材積推定能力の高さが示された結果となった。

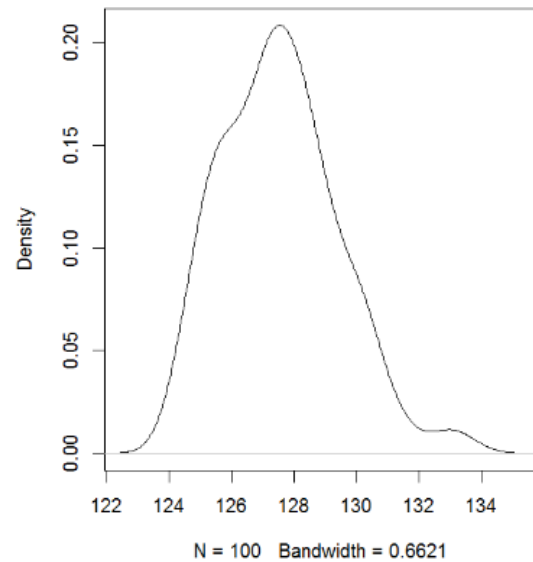
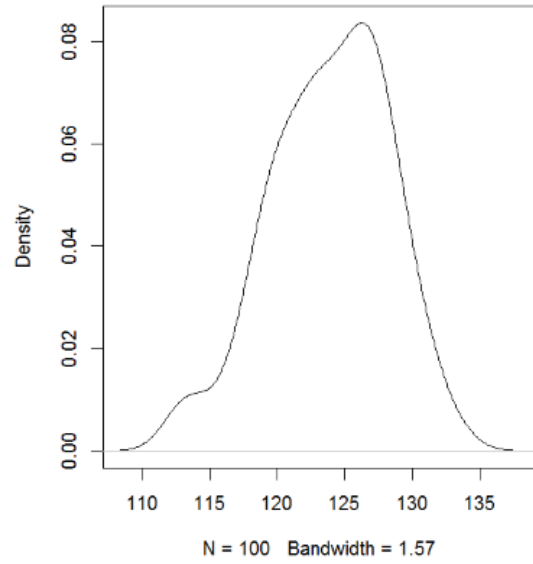


図-4.Landsat 衛星画像による林分材積推定モデルの推定誤差(上)と予測誤差(下)。誤差には二乗平均平方根誤差(RMSE)を用いている。

謝辞

本研究の技術開発には、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを利用しました。当該機関に感謝の意を表します。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

高橋與明、田中真哉、小型のドローンによる森林の空中写真撮影の留意点、森林総合研究所九州支所年報、査読無、Vol.29、2017、21

高橋與明、Landsat 8 号から観た平成 28 年(2016 年)熊本地震による土砂崩壊の位置、森林総合研究所九州の森と林業、査読無、Vol.119、2017、1-2

高橋與明、細田和男、地図情報レベル 5000 の簡易オルソ空中写真からの立木密度推定 - 秋田県のスギ人工林での事例 -、森林総合研究所九州支所年報、査読無、Vol.28、2016、23

高橋與明、航空機 LiDAR による森林の三次元計測、季刊森林総研、査読無、Vol.35、2016、8-9

高橋與明、山川博美、近藤雅信、航空機 LiDAR の高密度点群データのメッシュ化に関する一考察、九州森林研究、査読有、Vol.69、2016、19-22

高橋與明、田中真哉、簡易空中写真からの立木密度情報の抽出の可能性 - ヒノキ人工林での事例 -、森林総合研究所九州支所年報、査読無、Vol.27、2015、23

〔学会発表〕(計 5 件)

高橋與明、低密度の航空機 LiDAR データによる林分の平均樹高推定、第 129 回日本森林学会大会発表会、2018 年

高橋與明、田中真哉、UAV 画像の SfM-MVS 処理による三次元点群データを用いたスギ林の単木樹冠抽出、第 73 回九州森林学会研究発表会、2017 年

高橋與明、山川博美、近藤雅信、1 伐 5 残のスギ列状間伐林分における樹冠量と定期直径成長量との関係、第 128 回日本森林学会大会発表会、2017 年

高橋與明、山川博美、近藤雅信、航空機 LiDAR データによるスギ林の樹高成長量の推定に関する考察、第 127 回日本森林学会大会発表会、2016 年

高橋與明、(2015) 航空機 LiDAR データのメッシュ化に関する一考察、第 71 回九州森林学会研究発表会、2015 年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 與明 (Takahashi, Tomoaki)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等
研究者番号：90435587