



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Estimation of natural forest biomass using remote sensing data in Thua Thien Hue Province, Vietnam [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Truong Thi Cat Tuong
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13920号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/77853
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Truong_Thi_Cat_Tuong_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 Truong Thi Cat Tuong

学 位 論 文 題 名

Estimation of natural forest biomass using remote sensing data in Thua Thien Hue Province, Vietnam

（リモートセンシングデータを用いたベトナム・トゥアティエンフエ省における天然林バイオマスの推定）

森林のバイオマスは、地上の炭素循環を定量化する上で基本的なパラメータの一つであり、リモートセンシングデータを使用した各種の手法で推定できるようになった。最近では、推定精度を向上させるために、森林バイオマスの評価にマルチソースデータの使用が増加しており、例えば、リモートセンシングデータと地上データを組み合わせたり、複数の衛星画像間で融合技術を使用した研究が報告されている。その中でも、光学データと合成開口レーダ（SAR）の組み合わせは、優れた情報を提供できるため推定精度を向上させる上で非常に注目されている方法である。本研究でもこの方法を発展させ、熱帯の森林バイオマス推定における新手法の開発を目指した。

序章では、リモートセンシングによる森林バイオマス推定に関する既往の研究を総括し、本研究の目的をマルチソースのリモートセンシングデータを使用して、さまざまな熱帯林タイプの地上バイオマスを監視し評価すること、天然林タイプ分類のための半教師付きモデルの可能性の検討、景観生態学の観点からの森林遷移のプロセス評価、バイオマス推定における竹林および混交林に最適なモデルの開発とした。

2章では半教師付き分類手法と景観指数を用いて熱帯林の空間パターンの変化解析と熱帯林の分類を行った。森林の現況を監視し状態変化を検出することは、森林の管理と計画に不可欠であり、森林の動態をより正確かつ効果的に分類・評価するために有効な手法の開発が必要である。本研究では自己学習アルゴリズムを使用して、カーネル最小二乗法（KLS）による分類法を半教師付きモデルに適用し、少量のトレーニングデータしか無い場合の問題を解決しようとした。光学衛星画像のLANDSAT データと SAR 画像の PALSAR を組み合わせて、半教師付きモデルによる森林分類に使用した。分類された画像をグランドトゥルースの結果と比較することにより、分類の精度を評価したところ、2007、2010、2016 年のカップ係数はそれぞれ 0.81、0.76、0.74 となり良好な分類精度が得られた。続いて、分類された画像に基づきクラスおよび特定の景観指数を使用して、森林の遷移を評価した。景観指数の分析により、4 種類の森林に異なる振る舞いが見出され、空間パターンの変化傾向に関する多くの情報が得られた。以上のようにマルチソースデータを用いたアプローチにより、単一ソースのデータのみを使用する場合と比較して、森林タイプの識別が改善され、本手法が推奨できるものであることが示された。

3章では合成開口レーダの光学衛星画像から得られる偏波パラメータを利用した熱帯林の地上部バイオマスの推定について論じた。グローバルな炭素収支を考える際に、熱帯地域の森林バイオマスに関するより良い情報が望まれており、さまざまな森林タイプでのロバストな地上部バイオマス（AGB）の推定方法が発表されている。本研究では、ベトナムの 5 つの森林タイプにおける AGB への SAR 信号の寄与に基づき、最適な回帰モデルを選択することにより、バイオマス推定の改善に役立てようとした。2007 年と 2016 年の PALSAR の観測データが 16 種類の偏波パラメータを抽出するために使用された。本研究では、線形回帰、多項式回帰、サポートベクター回帰（SVR）およびランダムフォレストの 4 種類の回帰モデルを使用して結果を比較した。まず、AGB の推定に対する偏波パラメータの寄与について、2 つのアプローチを使用して評価した。すべての森林タイプからのサンプルデータを用いるものと、5 つの個別の森林タイプ（高密度林、中間林、低密度林、復元林、竹林）を用いるものである。次に、AGB 推定に重要な変数を選択し、さまざまな森林タイプに最適なモデルを評価することにより、AGB 予測に関する改善を検討した。結果は、組み合わせた森林タイプと比較して、5 つの個別の森林タイプを使用した場合に、決定係数と RMSE の値が改善した。特に、多変量モデルを使用すると、RMSE 値はすべてのモ

デルの高密度林で 9%~18%, 他の森林タイプで 80%~85% 向上した。SVM は, 中間林および低密度林(それぞれ 8.27 t/ha および 12.38t/ha の RMSE), 竹林のランダムフォレスト(23.18t/ha の RMSE), および復元林の多項式回帰で高い精度で推定できた。

4 章では合成開口レーダ PALSAR-2 データと光学衛星画像の LANDSAT データを用いた竹林と竹林混交林の地上部バイオマスの推定について検討した。竹林は, 農村部の人々の生活を改善する上で重要な役割を果たし, 二酸化炭素排出の制御にも貢献しているが, 人間活動の影響を受け, それにより生物物理学的パラメータも変動する。したがって, 竹林におけるバイオマス推定のための正確なモデルを構築し, 精度を評価する必要がある。本研究では, 単回帰モデルおよび重回帰モデルを用いて AGB の推定においてリモートセンシングデータのどのパラメータが AGB と最も関係が強いかを検討し, 竹林および竹林混交林の AGB を予測する最適なモデルを評価した。PALSAR-2 と LANDSAT から得られた合計 13 の変数を用いて線形回帰分析を実施した結果, PALSAR-2 よりも Landsat 8 OLI データのバイオマス推定の可能性がわずかに優れていることを示した。赤バンド及び植生指数 (TNDVI, NRVI, および TVI) は, 他のパラメータよりもバイオマスに敏感な反応を示した。また, PALSAR-2 と Landsat 8 OLI データを組み合わせる解析しても, 有意な改善はなかった。これは PALSAR-2 のデータが 2 種類の後方散乱係数のみを使用しており, 前章までに用いた偏波パラメータが使用できなかったことが原因であると考えられる。したがって, バイオマス推定を精度良く行うためには, SAR データは多くの偏波パラメータが使用できる, 多偏波データの使用が重要であることが示された。

終章では, 各章の検討が総括され, リモートセンシング技術の中から, マイクロ波を利用した合成開口レーダの多偏波データ, 及び光学センサによるマルチスペクトル画像を組み合わせる使用することにより, 熱帯林のバイオマス推定の精度を向上させる上で有望な手段になりうることを明らかにした。