

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14883

研究課題名（和文）時系列衛星画像を用いた林分構造指標に基づく伐採後の植生回復状況の推定

研究課題名（英文）Estimation of post-harvest vegetation recovery based on forest structural attributes using time series of satellite data

研究代表者

志水 克人（SHIMIZU, Katsuto）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号：30868170

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、時系列的に取得された衛星画像を利用して伐採後の植生の林分構造を表現する指標をもとに植生回復状況を推定する手法を明らかにすることを目的とした。1984年から2022年までに取得された時系列衛星画像を用いて30m解像度で日本全体の毎年の伐採箇所をマッピングした。これを利用して伐採後の林分構造（林冠高や樹冠被覆率、林分材積）の予測モデルを作成し、その予測結果から植生回復を評価した。本研究の手法では、伐採後の林冠高や樹冠被覆率などの林分構造を時系列的に予測して植生状況を提示することができることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

伐採後の森林の回復は、将来的な木材生産や土砂災害の防止などの森林の持つ機能に影響を与えるため定量的な把握が重要となる。しかし、これまで広域の森林を対象とした定量的な指標に基づく推定手法は提示されていなかった。本研究では衛星データを利用して林冠高や樹冠被覆率などの林分構造を時間・空間的に予測することで、伐採後の林分回復成長の把握に役立てることができた。こうした手法で得られた成果は、地域の森林資源の予測などに役立てることが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop a method for predicting post-harvest forest recovery based on an indicator for forest structural attributes using time series satellite images. This study used time series satellite images acquired from 1984 to 2022 for mapping harvest events at 30-m spatial resolution over the entire Japan. The prediction models for tree height, canopy cover, and growing stock volume were developed and used for predicting post-harvest recovery. The method in this study can estimate post-harvest recovery based on the time series of predicted forest structural attributes.

研究分野：森林計画学

キーワード：衛星データ 森林回復 伐採 リモートセンシング

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

森林での伐採とその後の植栽等による資源量の増減は、将来利用可能な森林資源量に大きな影響を与える。国・流域スケールでの森林資源を計画的に利用するためには、伐採と再植栽等による資源量の減少・回復の両者を把握することが重要になる。個々の林分では、施業を実施する森林所有者などによって伐採と植栽が把握されている。一方で、伐採は一部を除き市町村に届出が必要であるが、必ずしも全ての伐採箇所が届出が提出されていない。また、近年の林業収益性の低下から、植栽が適切に行なわれていない伐採箇所もある。結果的に国・流域スケールでは、伐採・植栽の面積や位置は正確に把握できていない。そのため、届出等のみに依拠せず、広域を対象として伐採・植栽の面積と空間的分布を把握する手法の開発が求められている。

衛星画像は広域スケールの森林変化の推定に適しており、これまで伐採などの森林資源量減少を把握する研究が多く行われてきた。しかし、伐採後の回復については、定義が一定でないことなどから研究例は少ない。植生回復の状況は、面積あたりの樹木の本数や林分材積、樹高などの林分構造の指標によって異なる。そのため、これらに基づいて植生回復を推定する手法が望まれるが、これまで広域に伐採後の植生回復の推定を検討した研究例はない。近年、時系列的に取得された衛星画像を利用し、林分材積などの林分構造の指標を高精度に推定する手法が提案されている。この手法を伐採後の植栽等による植生の回復状況の推定に応用することで、林分構造を直接表現する指標に基づき地域の森林資源の増減を高精度に評価できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、Landsat 衛星の時系列データを利用して、林分構造に基づき全国スケールで伐採後の植生回復状況を推定する手法を明らかにすることを目的とした。開発された手法を精度評価し、国・流域スケールの範囲に応用することで、伐採・植栽による森林資源の持続可能性を定量的に評価できる。

3. 研究の方法

(1) 伐採箇所のマッピング

まず、日本全国の伐採箇所をマッピングするため、日本全国を対象に 1984 年から 2022 年までの時系列 Landsat 画像を前処理し、30m 解像度で毎年の伐採箇所をマッピングした。時系列 Landsat 画像から時系列情報を予測変数として取り出し、空中写真や高解像度衛星画像から伐採の有無を学習・評価サンプルとして取得した。これらから機械学習の Random Forest で伐採の推定モデルを作成し、予測の精度を評価した。作成した推定モデルを日本全体に適用し、過去 35 年以上にわたる伐採の時期と場所を特定した。

(2) 林分構造の予測モデルの作成

林分構造を直接表す指標として、林分材積・樹高・樹冠被覆率を予測するモデルを構築した。日本の一部地域で取得された航空機レーザ計測データを入手し、処理をしたうえ林分材積・樹高・樹冠被覆率を計算した。林分材積の計算には全国の 4km 格子で実施された森林生態系多様性基礎調査データを地上調査データとして利用した。こうして計算したデータをモデルの応答変数とした。時系列 Landsat 画像から航空機レーザ計測データ範囲での各種の予測変数を抽出し、教師データとして林分構造の予測モデルを構築した。予測モデルには機械学習の XGBoost と深層学習の一種である Unet を検討した。予測の精度評価には地上調査と航空機レーザ計測データの両者を用いた。

(3) 伐採後の植生回復の予測

マッピングした伐採箇所において、構築した林分構造指標の予測モデルで各林分構造を予測することで、日本全国の伐採後の植生状況を時系列的にマッピングした。伐採後に針葉樹が植栽されたのか、またその地域の標準的な成長からどの程度乖離しているか、などを基に植生回復の状況を推定した。

4. 研究成果

(1) 伐採箇所のマッピング

伐採箇所をマッピングし精度を評価すると producer's 精度は 80.1% で user's 精度は 93.8% だった (図 1)。推定精度の評価では見逃し・空振りともに 20% 以下と高精度であったことから、伐採のマッピング結果を伐採後の植生回復状況の推定に利用できると判断した。推定結果を累計すると、伐採面積は近年増加傾向であることを明らかになった。

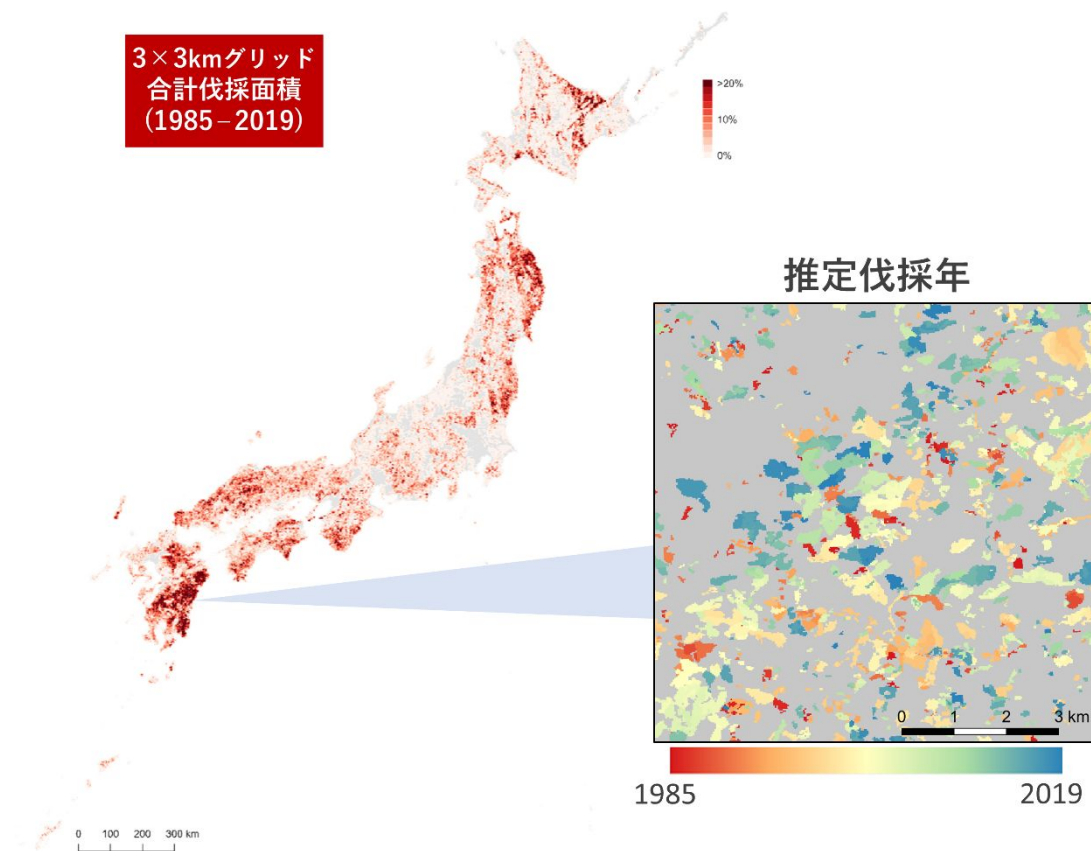


図 1. 衛星画像を用いた伐採箇所のマッピング結果の集計。3km グリッドの面積に占める伐採面積の割合を示している。

(2) 林分構造の予測モデル

林分構造を直接表す指標の予測モデルでは、深層学習モデルを利用する場合に精度が高かった。林冠高と樹冠被覆率では、RMSE(二乗平均平方根誤差)の平均値に対する相対値が約 20%程度であったが、林分材積については地上調査からの予測を含むため 40%以上となり、予測精度は低い傾向があった。樹種ごとの評価では針葉樹よりも広葉樹で誤差が大きい傾向が見られた(図 2)。

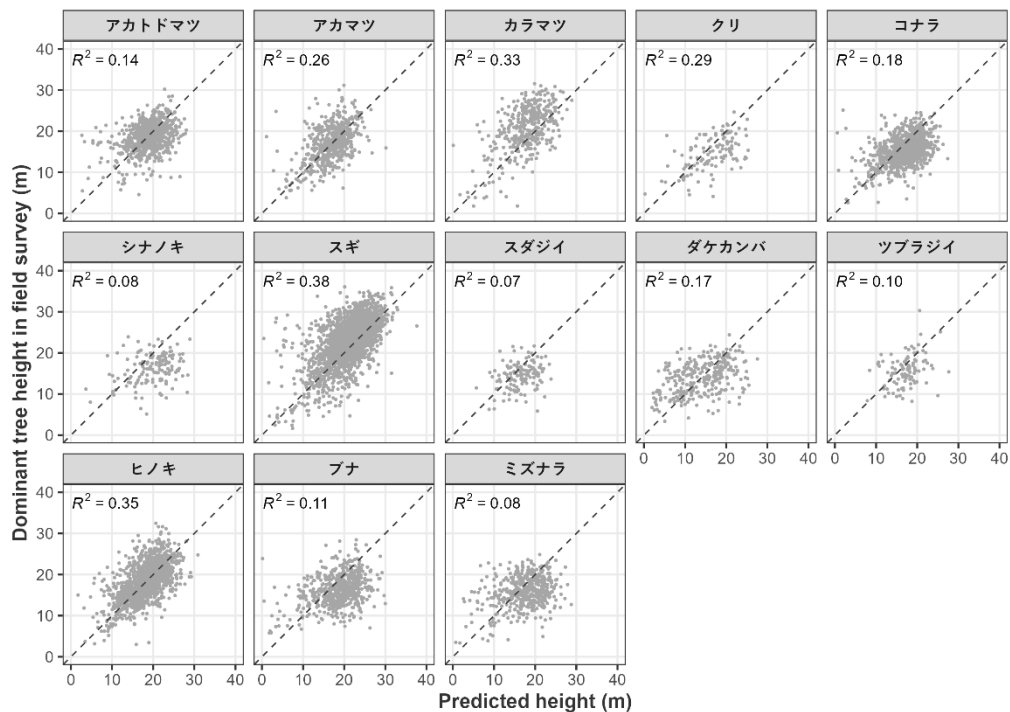


図 2. 地上調査データを用いた主要樹種ごとの林冠高予測の精度評価の結果。

(3) 伐採後の植生回復

伐採箇所では衛星のスペクトル変化に伴い林冠高・樹冠被覆率などの林分構造の指標は伐採後に増加する傾向があった。林冠高・樹冠被覆率は林分材積よりも伐採前の値に対する回復が速い傾向があった。植生回復の速度は成立する植生（針葉樹・広葉樹）により差があり、また、地域ごとにも差異があった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shimizu Katsuto, Saito Hideki	4. 巻 104
2. 論文標題 Country-wide mapping of harvest areas and post-harvest forest recovery using Landsat time series data in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	6. 最初と最後の頁 102555 ~ 102555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jag.2021.102555	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shimizu Katsuto	4. 巻 105
2. 論文標題 Area Estimation and Accuracy Assessment for Forest Change Maps Derived from Satellite Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Japanese Forest Society	6. 最初と最後の頁 166 ~ 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.105.166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shimizu K., Saito H., Nishizono T
2. 発表標題 Assessing post-harvest forest recovery using Landsat time series and GEDI data in temperate forests
3. 学会等名 ForestSAT2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 志水克人, 齋藤英樹, 西園朋広, 山田祐亮
2. 発表標題 衛星データを用いた伐採後の森林回復の評価
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 志水克人、齋藤英樹、西園朋広
2. 発表標題 時系列Landsat画像を利用した地域レベルの材積推定精度の評価
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関