

物部川流域における植生回復期間の推定

1250100 武本 圭人

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 E-mail:250100f@ugs.kochi-tech.ac.jp

物部川流域における植生回復期間の推定手法を改良することを目的とし、人工衛星画像の目視判読による植生回復期間の算出、人工衛星画像から得られる植生指数の時系列変化量を用いた植生回復期間の算出手法の再検討を試みた。しかし、植生消失箇所の地形環境因子と植生回復期間との重回帰分析により構築した植生回復期間推定モデルの推定精度に改善は見られなかった。一方、構築した植生回復期間推定モデルの変数は先行研究と整合性が見られ、標高が高い尾根部付近では植生回復期間が長くなる傾向を示した。

Key Words: 重回帰分析, 地形環境因子, 地位指数, 非線形近似

1. 序論

(1) 背景

日本は急峻な地形を有し、国土の 67 パーセントを森林が占めている。これらの森林は、山地での表面侵食や斜面崩壊を防止するなど、多様な公益機能を担っている。近年、大雨の発生頻度が増加していることから、森林が持つこれらの公益機能を維持することが、土砂災害を防ぐ上で重要となっている。

林野庁¹⁾は、将来にわたって持続的に森林の公益機能を発揮できるようにするため、森林を多様で健全な状態に導く必要があると指摘している。森林の生産力や自然的・社会的条件を考慮した適切な管理を行うことで、これらの機能を効果的に発揮させることを目指している。

図子ら²⁾は、森林管理を適切に行うことを目標とし、森林の生産力を示す地位指数と地形環境因子との関係性を明らかにし広域的な推定を行った。

また、川越は³⁾森林の公益機能の発揮に寄与する森林管理に役立てるために、地形環境因子から植生回復期間を推定する手法の開発を試みた。森林伐採や斜面崩壊等によって植生が消失した箇所を人工衛星データから目視で抽出し、その箇所の植生指数 (NDVI) の時系列変化から植生回復期間を算出した。その後、植生消失箇所の地形環境因子と植生回復期間との重回帰分析により、植生回復期間推定モデル

を構築した。しかし、植生回復期間と地形環境因子との間に明確な関係性は見られず、地形環境因子を用いた植生回復期間の推定についても高い精度が得られなかった。高い精度が得られなかった理由として、NDVI の時系列変化から植生回復期間を算出する方法に問題があったと考えられる。川越の研究では、1995 年 3 月 20 日の NDVI 値を基準として、1995 年から 2020 年までの NDVI の時系列変化をグラフ化した。この時系列変化を直線で近似し、その近似直線がある閾値を超えた時期を植生が回復した時期として、植生回復期間を算出した。しかし、線形近似は NDVI の時系列変化にうまくフィットしていなかった。そこで、本研究では、先行研究の植生回復期間の算出方法を再検討し、植生回復期間推定手法の改良を目的とする。

2. 手法

(1) 研究のフロー

本研究のフローを図-1 に示す。対象エリアは、高知県香美市物部川流域を中心とする 63.7km×46.4km の範囲とした。

地形環境因子の算出に関しては、川越と同様の方法で行い、標高、斜面方位、斜面傾斜、開度、横断

曲率，縦断曲率，総曲率，尾根到達距離，溪流到達距離，流出寄与域，地形湿潤指数，年平均気温，年平均全天日射量，年降水量，年平均可降水量の全 15 種類の地形環境因子を算出した³⁾。

(2) 先行研究からの変更点

川越³⁾は NDVI の時系列変化量から植生回復期間を算出したが，本研究ではまず対象期間の人工衛星画像を目視で確認することで，植生回復期間を求めることとした。本研究では，目視判読で求めた植生回復期間と NDVI の時系列変化量から算出した植生回復期間を用いて，植生消失箇所の地形環境因子と植生回復期間との重回帰分析により植生回復期間推定モデルをそれぞれ構築する。

また，植生回復期間を算出するときの基準日を，1995 年 3 月 20 日から 2000 年 5 月 4 日に変更した。雪は非常に高い反射率を持ち，特に近赤外 (NIR) よりも可視光 (RED) を強く反射するため NDVI の値が低くなっている。積雪部分があると正しく植生の状態を評価できなくなるため基準としてはふさわしくないと考えたからである。

さらに，本研究では常緑林を対象としているため，植生回復箇所から常緑林に変化するにつれて，NDVI の値はおおよそ 1 に収束していくと予想される。従って，NDVI の時系列変化を非線形近似の 1 つである，累乗近似を用いて近似することが適切であると考え，NDVI の時系列変化を以下の関数で近似することとした。

$$y = b \cdot e^{\frac{x}{a+x}} - b \quad (1)$$

(3) 植生回復箇所の抽出

2000 年 5 月 4 日の Landsat⁴⁾ フォールスカラー画像と Google Satellite 画像⁵⁾ (撮影年月：2021 年 5 月)を QGIS 内で重ねて表示して，フォールスカラー画像上で植生が無いと判断でき，且つ Google Satellite 画像上で植生が回復している箇所を目視で確認，ポリゴンを作成し，それらを植生回復箇所とした。

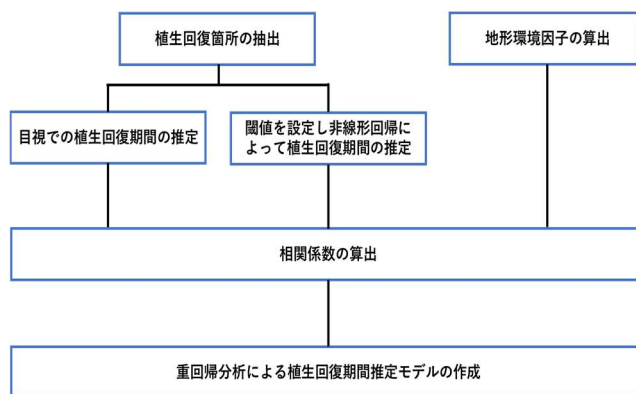


図-1 解析フロー

(4) 植生回復期間の算出

(a) 目視判読による植生回復期間の算出

作成した 178 地点の植生回復箇所のポリゴンのうち面積の大きい上位 50 地点のポリゴンを対象とした。2000 年から 2023 年までの Landsat⁴⁾ RGB 画像 142 シーンについて，植生回復箇所のポリゴン周辺を四角形で切り抜き，切り抜いた時系列 RGB 画像 (図-2) から植生回復状況を目視で確認し，植生回復期間を求めた。

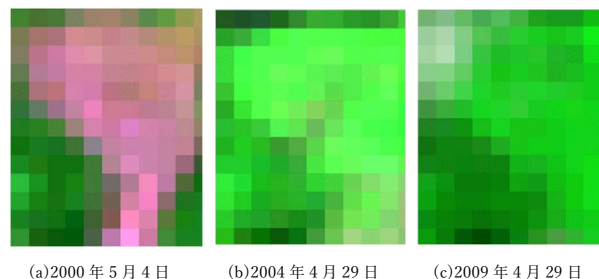


図-2 切り抜いた RGB 画像の例

(b) NDVI 変化量による植生回復期間の算出

NDVI 変化量による算出は，178 地点すべての植生回復箇所のポリゴンを対象に行った。目視による植生回復期間の結果を参考にして閾値を設定し，NDVI の時系列変化の累乗近似による近似曲線が閾値を超えたとき植生が回復したとみなした。そして，近似曲線が閾値を超えるまでの期間を植生回復期間とした(図-3)。

(5) 植生回復期間と各地形環境因子との相関分析

全ての植生回復箇所において各地形環境因子の平均値を計算し、植生回復期間と地形環境因子の相関係数をそれぞれ算出した。

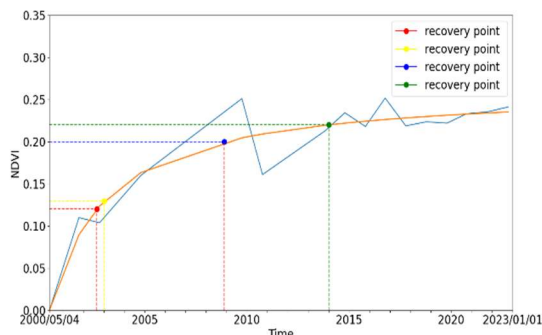


図-3 植生回復ポリゴンのNDVIの時系列変化とその近似曲線

(6) 重回帰分析による植生回復期間推定モデル作成

対象ポリゴンの7割を訓練用データ、残り3割を検証用データとし、訓練用データに対して植生回復期間を目的変数、各地形環境因子を説明変数とする重回帰分析を行った。本研究では、多重共線性を避けるために分散拡大係数(VIF)を計算し、VIFの値が10未満の説明変数のみを用いた。重回帰分析により得られた植生回復期間推定モデルについて、検証用データを用いて精度評価を行った。精度評価の指標として、二乗平均平方根誤差(RMSE)を用いた。

3. 結果及び考察

(1) 植生回復期間の比較

NDVI変化量による植生回復期間の算出では、0.12, 0.13, 0.20, 0.22の4つの閾値を設定して植生回復期間を算出した。NDVI変化量から求めた植生回復期間と目視判読により求めた植生回復期間の相関係数をそれぞれ求めた結果、NDVI変化量の閾値が0.22のとき最大となり、その値は0.61であった。従って、これ以降の解析結果は、目視判読により求めた植生回復期間とNDVI変化量の閾値を0.22として求めた植生回復期間をそれぞれ用いた場合の結果を示すこととする。

(2) 相関分析の結果

目視判読により求めた植生回復期間と各地形環境因子との相関係数を求めたところ(表-1)、最も相関

が高い地形環境因子は総曲率で、相関係数は0.31であった。しかし、各地形環境因子との間には統計的に有意な相関は見られなかった。NDVI変化量による植生回復期間と各地形環境因子との相関係数を求めたところ、最も相関が高い地形環境因子は標高で、相関係数は0.51であった。また、斜面傾斜、開度との間にも統計的に有意な正の相関があった。このことから、標高が高く、尾根部付近、斜面が急な場所で植生回復期間が長くなる傾向にあることが示唆された。

さらに、年平均気温との間に統計的に有意な負の相関があった。これは年平均気温が低い場所では植生回復期間が長くなる傾向を示しており、標高と植生回復期間の関係と整合性があると言える。

表-1 植生回復期間と各地形環境因子との相関係数

地形環境因子	目視	NDVI変化量
標高	0.21	0.51*
斜面方位	0.09	-0.19
斜面傾斜	0.15	0.46*
開度	0.15	0.46*
総曲率	0.31	0.08
尾根到達距離	-0.04	0.12
溪流到達距離	-0.17	-0.21
流出寄与域	-0.12	-0.1
地形湿潤指数	-0.22	-0.25
年平均気温	-0.18	-0.47*
年平均全天日射量	0.24	0.15
年降水量	0.15	0.34*
年平均可降水量	-0.22	-0.34*

* $p < 0.05$

(3) 重回帰分析による植生回復期間推定モデル結果

目視判読により求めた植生回復期間を用いて重回帰分析により構築した植生回復期間推定モデルのRMSEは3.8年、NDVI変化量より求めた植生回復期間を用いた植生回復期間推定モデルのRMSEは6.2年であった。

目視により求めた植生回復期間とNDVI変化量より求めた植生回復期間それぞれを用いて重回帰分析により構築した植生回復期間推定モデルの標準偏回帰係数が表-2である。重回帰分析ではそれぞれVIFが10未満の地形環境因子のみを説明変数として用いた。目視により求めた植生回復期間を用いて構築した推定モデルでは、植生回復期間推定に総曲率の

影響が最も強いが、各地形環境因子と植生回復期間の間に有意な相関は見られないことから、このモデルの信頼性は低いと考えられる。

また、NDVI 変化量から求めた植生回復期間を用いて構築した推定モデルでは、植生回復期間推定に標高の影響が最も強く、開度の影響も強いので、標高が高く、尾根部付近では植生回復期間が長くなる傾向にあることが分かった。

図子の研究²⁾では標高が高く、尾根部付近において地位指数は低くなり、本研究では植生回復期間が長くなる傾向にあることから、図子の研究と整合性がある結果となった。このことから、本研究では植生回復期間と全天日射量の間に関連関係は見られなかったが、日当たりが良く乾燥しやすい場所では植生回復期間が長くなる可能性があることが示唆された。

4. まとめ

本研究では、物部川流域における植生回復期間推定手法の改良を目的とし、先行研究³⁾の問題点を踏まえて人工衛星画像の目視判読による植生回復期間の算出、人工衛星画像から得られる NDVI の時系列変化量を用いた植生回復期間の算出手法の再検討を試みた。目視判読による植生回復期間と NDVI 時系列変化量から算出した植生回復期間のそれぞれを用いて、植生消失箇所の地形環境因子と植生回復期間との重回帰分析により構築した植生回復期間推定モデルの推定精度に改善は見られなかった。

しかし、構築した植生回復期間推定モデルの変数は、図子の研究²⁾と整合性が見られ、標高が高く、尾根部付近では植生回復期間は長くなる傾向を示した。今回目視判読と NDVI 時系列変化量から植生回復期間の算出を試みたが、その精度は不十分だったため、構築した植生回復期間推定モデルの推定精度に改善が見られなかったと考えられる。従って、人工衛星画像から精度良く植生回復期間を算出する手法を開発することが今後の課題である。

参考文献

1) 林野庁：森林・林業・木材産業の現状と課題，2024

- 2) 図子光太郎：GIS による地形解析技術を利用した林地生産力の推定，富山県林業技術センター，2004
- 3) 川越捷平：物部川流域における植生回復期間と地形環境因子との関係，2023 年度高知工科大学システム工学群卒業研究概要書，2024
- 4) USGS Earth Explorer：https://earthexplorer.usgs.gov
- 5) Google マップ：https://www.google.co.jp/maps

表-2 植生回復期間推定モデルの標準偏回帰係数

地形環境因子	目視	NDVI変化量
標高	-1.29	0.46
斜面方位	0.35	-
斜面傾斜	-	-0.06
開度	1.27	0.24
総曲率	1.79	-
尾根到達距離	1.1	-
溪流到達距離	-1.04	-
流出寄与域	0.12	-
地形湿潤指数	-	-
年平均気温	-1.12	-
年平均全天日射量	-0.22	-
年降水量	0.34	0.03
年平均可降水量	-0.6	0.01

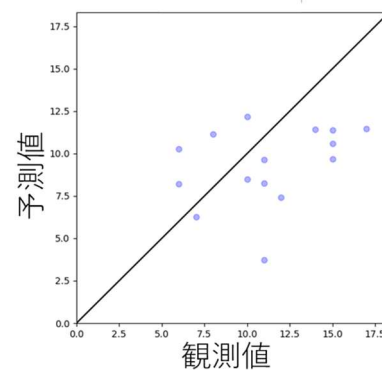


図-4 目視による植生回復期間と予測値の比較

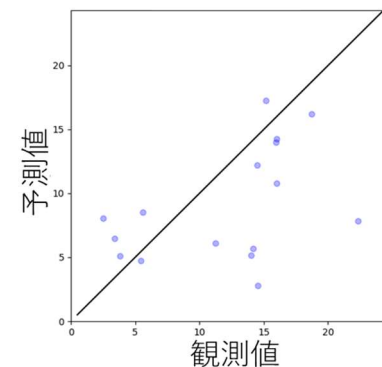


図-5 NDVI 変化量による植生回復期間と予測値の比較