

茨城県における下刈り期のスギ植栽木と植生の競合

五十嵐哲也¹・奥田史郎¹・倉本恵生¹・宮本和樹¹・八木橋勉¹・山川博美¹

1 森林総合研究所

要旨：現在の林業を取り巻く経済状況と人手不足の現状から、造林・保育作業を省力化・低コスト化することが求められている。本研究ではその一つである下刈り省力化のための客観的判定手法を開発することを目的として以下の仮説を検証した。1.分類木およびランダムフォレストが下刈り省略を客観的に判定するツールとして使用できる。2. 植栽木のサイズには立地環境が影響する。3. 下刈り省略判定には植栽木と競合する植生タイプが影響する。分類木でもランダムフォレストでも比較的高い精度で植栽木ごとの判定が可能であり、仮説1は支持された。植栽木のサイズに影響する立地環境変数は検出されず、仮説2は支持されなかった。植生タイプの判定への寄与は小さく、仮説3は部分的に支持された。ただし本研究は予備的な解析結果であり、より多サンプルでの解析が必要である。

キーワード：低コスト化、下刈り省略、客観的判定、競合植生、ランダムフォレスト

Competition between cedar planting trees and vegetation in the early stage of reforestation in Ibaraki Prefecture

Tetsuya IGARASHI¹, Shirou OKUDA¹, Shigeo KURAMOTO¹, Kazuki MIYAMOTO¹, Tsutomu YAGIHASHI¹, Hiromi YAMAGAWA¹

Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

Abstract: It is necessary to save labor and reduce costs for afforestation and initial management to renew plantations reliably. One of them is the omission of undercutting. We aimed at objectively judging whether the omission of undercutting was possible. We tested the following hypothesis. One: Objectively indicates the criteria for omitting to undercut for each planted tree using decision trees and random forests. Two: The location environment affects the size of planted trees. Three: The vegetation type affects the decision to omit to undercut. Whether it was a decision tree or a random forest, it was possible to determine whether to cut undercuts with relatively high accuracy of over 87%. Therefore, Hypothesis one was supported. No site environmental variables affecting the size of planted trees were detected. Thus, Hypothesis two was not supported. We divided vegetation types into the raspberry type and broad-leaved tree type, but the contribution to the omission judgment of vegetation type was relatively small. Therefore, Hypothesis three was partially supported. However, this study is a preliminary analysis result and analysis with more samples is necessary.

Key-word: Cost reduction, omission of weeding, objective judgment, competitive vegetation, random forest

I はじめに

日本の人工林の約5割は主伐可能な時期を迎えているが、高い育林経費や労働力不足のために主伐-再造林が進まない状況にある。主伐と植栽による人工林の更新を確実に行うためには、造林・保育作業全般を省力化・低コスト化するための技術開発が重要であり、その一つに、下刈りの省力化がある。

下刈り省略の可否を適切に判断するためには主観を廃した客観的な基準を提示する必要がある。そのためには、分類・法則化することでデータから知識を抽出する手法であり、データマイニングの分野でしばしば使われる分類木やそこから発展したランダムフォレストのような機械学習による手法が有効であると考えられる。

下刈り省略に最も重要な要素であるのは植栽木のサイ

ズ、特に期首樹高である(1)が、植栽木のサイズには林齢のみならず、地形や、傾斜、小地形などの立地環境の影響があると考えられる。

また、造林地に発生する植生は様々なため、判定基準の構築に当たっては、植栽木のサイズや林齢だけでなく、植栽木の競争相手となる雑草木のタイプが影響する可能性がある。

そこで本研究では、以下の仮説を検証する。1.分類木およびランダムフォレストによって下刈り省略基準をある程度の精度で客観的に判定するツールとして使用できる。2.植栽木のサイズには立地環境が影響する。3.下刈り省略基準には、植栽木のサイズや林齢だけでなく、植栽木と競合する植生タイプが影響する。

II 材料と方法

1. 調査地

調査地は茨城県北部の国有林に設置した。調査地は2~5年生の スギ新植地 16 林分とした。これらの林分では植栽以降毎年下刈りが実施されている。

2. 調査項目

植栽木の調査

各調査地に 10m×10m の調査プロットを設置し、プロット内の植栽木について、調査時の樹高、期首樹高、前年度期首樹高、および樹冠サイズ(直交する2方向の樹冠幅)を測定した。なお、期首樹高および前年度期首樹高の測定に当たっては、成長停止時に樹幹に残る節を目安にした。ただし、これらの変数は互いに相関が強いため、以降の解析には期首樹高を用いた。

競合種の調査

植栽木ごとに競合状態および競合種の調査を行った。競合状態は山川ら(1)の方法に従い、植栽木が半分以上露出している C1、梢端が露出している C2、梢端が競合種と並んでいる C3、そして競合種が梢端の上を覆っている C4 までの4段階に識別した。また、植栽木に接している競合種のうち、最も高いものに樹高と種名を記録した。

植生調査

出現種を種ごとに扱うのではなく、一定の範囲で類型化し、各類型を植物種のように扱う。出現した植物は10グループ(常緑広葉樹、落葉広葉樹、ササ・タケ類、キイチゴ類、イネ・カヤツリグサ科、ススキ、広葉草本、シダ類、ツル植物、その他)に類型化し、各類型の被度、

群落高、優占種を記録した。

環境変数の調査

環境変数として、調査プロットごとに、標高、傾斜(「平坦:10度未満」、「緩傾斜:10~30度」、「急傾斜:30度以上」)、斜面方位、斜面位置(「尾根」、「上部斜面」、「下部斜面」、「麓部斜面」、「谷底」)、小地形(「凹」、「平衡」、「凸」)、表層土壌の厚さ(A層の厚みが、「薄い:5cm未満」、「中庸:5~20cm」、「厚い:20cm以上」)、石礫量(地表面に石礫が、「目立たない」、「目立つ」、「多い」)、伐根の10年生時の直径(プロット内の伐根の10年生時の直径を年輪から推定する)の8項目を記録した。

3. 解析方法

クラスター解析

10グループに分類した出現種の、グループごとの被度をアバンダンスとしてクラスター解析を行った。距離行列は Bray-Curtis、クラスタリングは Ward 法を用いた。競合植生の類型化に当たっては、シルエット分析を用いて最適なクラスター数を推定した。

下刈り省略の分類木解析

下刈りを省略するためには、毎年下刈りの要否と、下刈り終了の二段階の判断の必要がある(2)が、本研究では、毎年下刈りの要否判定を目的とした。下刈り省略の可否判定には、本来は植栽木の年間成長量と競合植生の年間成長量を組み込んだモデルが必要である。しかし、ここでは単純に、調査時点(下刈り直前)で C1, C2 ならば前年の下刈りから1年間で雑草木によって覆われておらず、毎年下刈りを省略可とし、調査時点で C3, C4 ならば毎年下刈りが必要と定めた。この条件下で、分類木解析によって植栽木ごとの毎年下刈り省略の可否を推定した。解析に含めた変数は期首樹高、林齢、植生タイプである。

ランダムフォレスト解析

ランダムフォレストはアンサンブル学習の一種で、単一の分類木より妥当な分別が可能とされる。データからランダムサンプリングして多数の分類木解析を行い、多数の結果から多数決する形で分別を行う。また、判定精度の推定や、解析に用いた要因の相対的な重要性の比較も可能であるため、今回は主にこちらの目的で使用した。

植栽木のサイズに影響する環境変数の推定

植栽木のサイズ(期首樹高)に影響する環境変数を

LMM (Linear Mixed Model)によって推定した。解析に含めた変数は期首樹高 cm, 傾斜, 斜面位置, 小地形, 平均10年輪径, 林齢, 植生タイプであり、連続変数は標準化して用いた。表層土壌の厚みはデータが偏っており、外れ値の影響が考えられるため、解析には用いなかった。これらの変数の VIF は最大 6.2 であり内部相関の問題は生じない。切片の変量効果を調査地 ID とした。ステップワイズ法でモデル選択を行った。

III 結果と考察

植生タイプ分類結果

クラスター解析の結果 (図1) から、シルエット値が最大値(0.26)を示した2分割を採用した。それぞれを代表する植生グループをISA(指標種分析)で推定した結果、植生タイプは、10プロットのキイチゴタイプと、6プロットの落葉広葉樹タイプに分けられた。

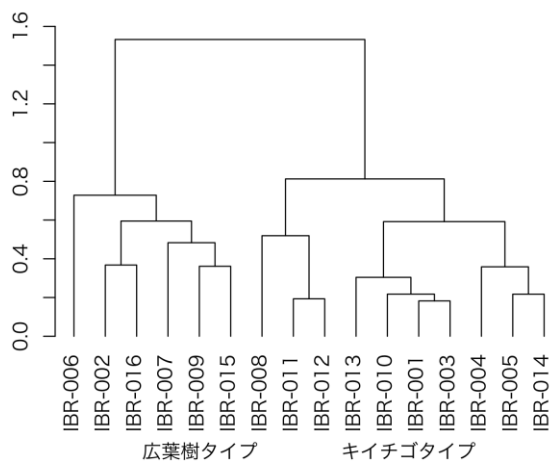


図-1. 競合植生のクラスター解析結果

Figure 1: Cluster Dendrogram of competitive vegetation

分類木解析の結果

毎年の下刈り省略の可否を判断するための分類木は図2のようになった。まず第1ノードでは、期首樹高が77cmを越える植栽木が下刈り省略可能と判定された。第1ノードで省略不可とされた植栽木のうち、第2ノードで林齢が2.5年を越えているものが省略可とされ、さらにそのうち植栽タイプが広葉樹タイプのものが省略可と判定された。この期首樹高77cmという基準は、先行研究と比較するとかなり過小であった。例えば、九州では下刈りを終えてからの1年間で被覆されなくなる高さは150~170cmとされている(3, 4)。このような違いが出た原因としては、サンプル数が16と少ないことによるばらつきの影響が考えられる。分類木による解析は過学習

を起こしやすく、サンプルに偏りがある場合、分類木による解析結果も偏ったサンプルに適合したものになってしまうことが知られている。本研究のサンプルは茨城県のさらに一部地域で取られたものであり、地形や地質、植生などに偏りがあったと考えられる。例えば小地形では16プロットのうち15プロットが凸または平行地形であり、斜面位置は11プロットが尾根または上部であった。このような偏りの結果、競合植生のサイズや被度が低く抑えられ、下刈り省略に対して楽観的な判定に偏っていった可能性がある。そのため、今回の数値的な結果は限られた条件のサンプルにのみ適用可能な参考値と見るべきだと考える。一般的に有効な判定基準を得るためには、より広い範囲から数多くのサンプルを取る必要がある。

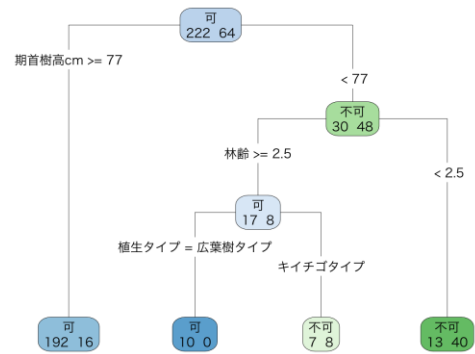


図-2. 下刈り省略の可否を判断するための分類木

Figure 2: Classification tree plot for determining whether the omission of undercutting was possible.

ランダムフォレスト解析結果

ランダムフォレストによって推定した各要素の相対的な重要性を図3に示した。最も重要なのは期首樹高で、林齢、植生タイプが続いており、分類木による推定と同様の結果であった。また、精度推定の結果は87.1%と比較的高かった。

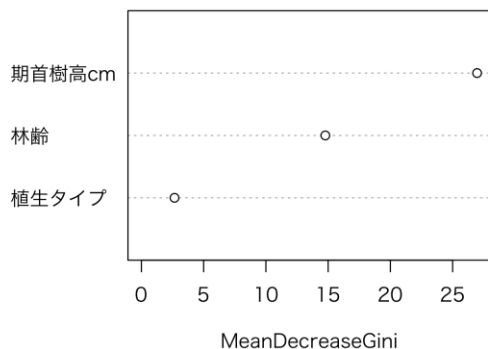


図-3. 下刈り省略の可否を判断するための要因の重要性
Figure 3: Importance of factors for determining whether the omission of undercutting is possible.

期首樹高に影響する立地環境変数

LMMによるモデル選択結果をおこなったが、期首樹高に影響する変数として選択されたのは林齢(age)のみであり、予想していた立地の影響は検出されなかった。データ数や測定変数を増やしてから再度解析を行う必要があると考えられる。

まとめ

単一の分類木では87.4%(代替推定法)、ランダムフォレストで構築した予測器によって87.1%の比較的高い精度で植栽木ごとの下刈り省略判定が可能とみられた。代替推定法による単一分類木の精度推定は非常に楽観的な数値になることが知られているが、ランダムフォレストによる判定精度もそれに近い値となった。このことから、仮説1は支持された。ただし、おそらくはサンプルサイズの影響で、得られた結果そのものは先行研究と比べて過小であり、数値としての信頼性については検討する必要がある。

植栽木のサイズ(期首樹高)に対する立地環境の影響は検出されず、仮説3は支持されなかった。

植生タイプはキイチゴタイプと広葉樹タイプに分けられたが、下刈り省略判定には期首樹高が最重要で、次に林齢、植生タイプの順であり、植生タイプの寄与は相対的に小さかった。このことから、仮説3は部分的に指示された。

下刈り省略判定に強く影響すると予測した植生タイプだが、今回の結果ではあまり重要な要因ではないと推定された。これは、今回のモデルが調査時点での競合状態だけを用いた単純なモデルであり、判定に競合植生の成

長量や最大高などの要素を含んでいないためと考えられる。本来の判定にはこれらの変数を組み込むことでより精度の高い判定が可能になると考えられる。

また、本研究の結果は茨城県内のごく狭い地域における僅かなサンプルを用いた予備的な解析結果であり、現実に下刈り省略判定の基準として使用するには時期尚早であることをもう一度強調しておく。実用的な判定基準を構築するには、より広い地域の様々な植生タイプの林分から多くのサンプルを取得して、本格的な解析を行う必要がある。

謝辞 本研究は農林水産省による戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」(18064868)による支援を受けた

引用文献

- (1) 山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人 (2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日林誌 98: 241-246
- (2) 山川博美 (2019) 下刈りの判断基準①: その年その年に判断する (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化—). 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子編,
- (3) 鶴崎 幸・佐々木重行・重永英年・山川博美 (2016) 下刈りがスギ幼齢木と雑草木の成長に及ぼす影響. 九州森林研究 69: 99-102.
- (4) 山川博美 (2019) 下刈り回数の削減と判断基準 (低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化—). 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子編, 日本林業調査会) ;pp.100-108.