

航空機 LiDAR による簡易林相区分評価法の開発

名古屋大学農学部 4年

○岩附 いわつき 慶大 けいだい
やまもと かずきよ
山本 一清

名古屋大学大学院 生命農学研究科

要旨

中武ら(2018)は航空機 LiDAR データを用いた単木樹冠単位での樹種分類手法について、分類に有効な特徴量とその組合せについて検討を行いました。しかし、純林状態の樹種判別においては高い分類精度を示す一方、林分境界近くの立木や混交状態の立木においては、相対的に分類精度が低下することが示唆されています。

そこで本研究では、中武ら(2018)が提案した手法による分類結果から、純林境界部の樹冠について隣接樹冠や隣接林分の特徴量との関係から再分類を行う手法を開発し評価を行いました。

はじめに

持続的な森林管理と生態系の保全のために森林構造の把握が必要です。しかし、森林の情報が記載されている森林簿が実際の状態と乖離しており、現在の森林の姿を正確に把握することはできません。より正確なデータを取得するためには毎木調査が効果的ですが、樹木一本一本を人の手により調査するため、経済的・人的コストが大きいです。そこで人の手による調査に頼らず、広域を短時間で調査することができるリモートセンシング技術が注目を集めています。森林簿の内容には、樹種、樹高、材積、成長量、発揮すべき機能などがありますが、本研究は樹種を調査するものです。

樹種分類は、航空画像を使うもの、LiDARデータを使うもの、両方のデータを組み合わせて使う fusion 解析に分けられます。また、分類する単位によって、単木単位、オブジェクト単位、林分単位に分けられます。当研究室では LiDAR を用いた単木単位の樹種分類について研究しており、先行研究としては中武ら(2018)があります。本研究はこの研究を発展させたものです。先行研究では森林を純林部と境界部(図1)に分けて樹種分類を行い、精度を検証しました。このとき先行研究の純林部の精度は 96.1%、境界部は 81.7%でしたこの研究の結果では純林部は 96.1%、境界部は 81.7%でした。そのため境界部の精度向上の必要があります。そこで、本研究の目的は境界部における樹種分類の精度を向上させることです。先行研究の分類結果は、純林部はよく、境界部は悪いです。そこで、純林部はそのまま境界部のみを再分類します。

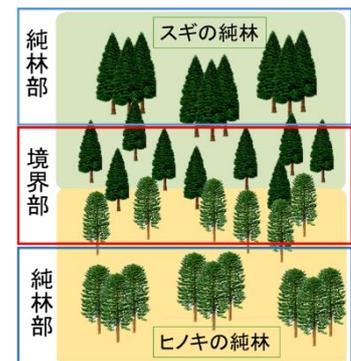


図1. 純林部と境界

1 調査地と LiDAR データ取得の概要

調査地は愛知県豊田市にある名古屋大学大学院生命農学研究科附属稲武フィールドで、分類対象樹種はスギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ・広葉樹の5樹種です。現地調査にて7種類の境界林で立木の樹種と位置を記録しました。また、それぞれの境界林について周囲の樹種を確認しました。各境界林とそれぞれの周囲の樹種を右の表に示します。

表1. 境界林の周囲の樹種

境界林	周囲の樹種①	周囲の樹種②	周囲の樹種③
1	ヒノキ	アカマツ	
2	スギ	アカマツ	
3	スギ	カラマツ	アカマツ
4	スギ	広葉樹	
5	スギ	ヒノキ	
6	ヒノキ	広葉樹	
7	スギ	ヒノキ	カラマツ

また、LiDAR データの取得の概要を右図に示します。レーザーの点密度は1平方メートル当たり 25 点となっており、通常よりかなり高いものとなっています。

先行研究と精度を比較するため、本研究で用いる調査地のデータと LiDAR データは先行研究と同じものです。

表 2 .LiDAR データの概要

計測年	2014年7月
レーザー発射回数	40万発/秒
対地飛行高度	300 m
レーザー点密度	25 点/m ²

2 本研究で用いる特徴量

特徴量とは分類する対象の色や形状、重さ、長さといった、分類時の基準となる特徴を定量的に表現したものです。樹種間でこれらの特徴量の差があれば、それらを用いて分類することができます。先行研究で分類に有効であった特徴量は反射強度、透過率 (LPI)、樹冠傾斜、樹冠形状でした。ここで反射強度とは、レーザーが反射してきた際のエネルギーの大きさ、LPI は林床部へのレーザーの通りやすさです。また、樹冠傾斜は図 2 の θ の角度のこと、樹冠形状は右図の曲線に式を当てはめた際の A と B の値です。



図 2 .特徴量の概要

また、反射強度は単木単位の値です。単木単位の値とは樹木一本一本に異なる値が与えられているものです。一方、他の三つの特徴量はグリッド単位の値です。グリッド単位とは、一定範囲ごとに異なる値が与えられているものです。この場合、この四角の中の樹木の値の平均値や中央値が、このグリッドの値となります。純林の場合は複数の樹種の値は混ざらず、適切な値が得られますが、境界部の場合は混ざってしまい、適切な値が得られません。

したがって、グリッドの値を多く採用しているため、先行研究の境界部における精度は低下したと考えられます。そこで本研究ではグリッド単位の特徴量は用いず、単木単位の特徴量を使用します。先行研究でも有効とされていた反射強度に加え、樹冠形状、樹高、点群密度に関する特徴量を用いて分類を行いました。

3 分類手法

分類手法の方針を決めるために仮説を二つ立てました。先行研究では全ての境界林をスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ、広葉樹に分類していました。しかし、図 3 からわかるように、一般的にスギとヒノキの境界林にはスギとヒノキしかありません。したがって境界部にある樹木の樹種は周囲の純林の樹種のいずれかだと仮定しました。これを仮説①とします。

先行研究では特徴量は樹種によってそれぞれ異なるとして分類を行っていました。本研究ではより正確な分類をするために境界木の特徴量は周囲の同種純林の特徴量と同等と仮定しました。これを仮説②とします。

仮説①から分類する境界林の周囲の樹種のみで分類します。また、仮説②から周囲の純林と境界木の反射強度を利用します。以上の条件を満たした手法を以下に示します。なお、手法は①～⑤の五段階に分かれており、実装は統合開発環境である Code::Blocks 16.01 にて C 言語にて行いました。

- ①周囲の純林を自動抽出する
- ②周囲の純林の特徴量を算出する
- ③対象の単木の特徴量を算出する
- ④単木と純林の特徴量の差を算出する
- ⑤差が少ないほうの樹種として判断する

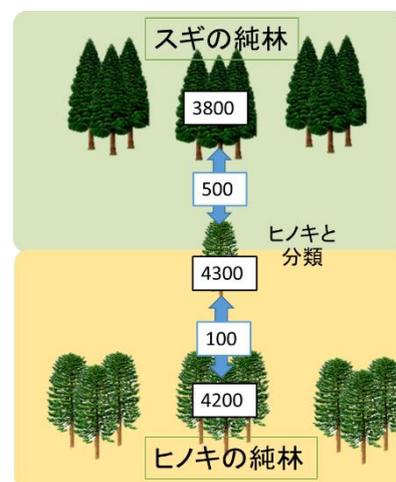


図 3 .分類手法の概要

この分類手法を全境界部について、それぞれの特徴量（反射強度、樹冠形状、樹高、点群密度）ごとに行いました。

4 実行結果

各境界林における分類結果を表3に示します。4つの特徴量による分類を比較して、一番精度がよかったもののみ表に載せてあります。

表3.各境界林における分類結果

境界	周囲の樹種①	周囲の樹種②	周囲の樹種③	特徴量	精度の比較(%)
1	ヒノキ	アカマツ		反射強度	89.4 → 95.5
2	スギ	アカマツ		反射強度	79.4 → 66.7
3	スギ	カラマツ	アカマツ	反射強度	80.6 → 83.9
4	スギ	広葉樹		反射強度	95.2 → 95.2
5	スギ	ヒノキ		反射強度	90.3 → 90.3
6	ヒノキ	広葉樹		反射強度	83.3 → 86.1
7	スギ	ヒノキ	カラマツ	樹高と樹冠形状	66.7 → 83.3

ほとんどの境界林において反射強度による分類が有効でした。ただし境界林No.7のみについては樹高と樹冠形状を組み合わせた分類が有効でした。精度が向上したのはNo.1,3,6,7、精度が低下したのはNo.2のみという結果になりました。精度が向上した境界林を見ていくと、ヒノキの境界林の精度が向上していたようです。

5 考察

表4.各樹種とそれぞれの樹齢と平均樹高

※2014年時点

樹種	樹齢	平均樹高(m)
ヒノキ	38	15.5
スギ	38	19.7
カラマツ	48	20.3

No.1,3,6は反射強度による分類で精度が向上した境界林でした。精度が向上した要因は二つあると考えられます。一つ目は分類する境界林の周囲の樹種以外に誤分類することが無くなったことが挙げられます。先行研究はどんな境界林でも5樹種のうちどれか、という風に分類を行っていました。本研究の手法ではスギとヒノキの境界林の場合は、スギかヒノキのどちらかという風に分類しています。結果このような誤分類は存在せず、精度向上に繋がったと考えられます。

またグリッドの特徴量の影響を受けなくなったことも要因の一つだと考えました。先行研究が分類に有効とした4つの特徴量の中にはグリッド単位の特徴量が3つ含まれていました。これが分類精度を引き下げてしまったと考えられます。実際に反射強度のみで分類したことにより、精度が向上した境界林もありました。

No.7の境界林は樹高と樹冠形状による分類で精度が向上しました。どうして樹高と樹冠形状を組み合わせた分類を行ったのか説明します。境界林No.7の分類において、樹高による分類はヒノキ、カラマツ、スギからヒノキだけを抽出できる、また樹冠形状による分類はスギーカラマツ間を分類できるという結果が出ていました。そこで、樹高による分類を行った後スギとカラマツのみ樹冠形状による分類を行いました。そして精度が向上したため、採用したという流れになります。

しかし、樹高についてよく考えてみると、樹高は樹齢と樹木の成長力の影響を受けてしまいます。今回の境界林の各樹種における樹齢と平均樹高は表4のようになりました。今回の境界林では樹齢、樹種の差異により樹高が異なったため分類することができましたが、他の試験地では使えないと考えられます。

No.2の境界林は反射強度による分類で精度が低下しました。したがって今回の特徴量を用いた手法では分類が不可能だと考えられます。そこで新たな特徴量（水平方向の点群密度、枝、幹の反射強度など）や手法の開発が必要だと考えました。

おわりに

表5.本研究と先行研究の精度の比較

境界林	周囲の樹種①	周囲の樹種②	周囲の樹種③	分類精度(%)	特徴量
1	ヒノキ	アカマツ		95.5	反射強度
2	スギ	アカマツ		66.7	反射強度
3	スギ	カラマツ	アカマツ	83.9	反射強度
4	スギ	広葉樹		95.2	反射強度
5	スギ	ヒノキ		90.3	反射強度
6	ヒノキ	広葉樹		86.1	反射強度
7	スギ	ヒノキ	カラマツ	83.3	樹高と樹冠形状

表5に背景色で示した境界林において先行研究の精度を上回ることができました。これらの林分のみについて再分類を行った場合精度が向上する可能性があります。したがって選択的な再分類で全体精度が向上する可能性が示されました。

参考文献

- 梅藤 幸太郎 (2012). 航空機LiDARによる早期森林資源利用診断システムの開発 —樹幹形変動の把握—. 名古屋大学農学部生物環境化学科卒業論文.
- 福士 亮太・小熊 宏之・米 康充・鈴木 恵一・岡野 哲郎・藤沼 康実(2008). 高解像度デジタル航空写真とLiDARデータによるDTMを組み合わせたカラマツ林の現況推定. 日本森林学会誌, Vol190 No. 5, 297-305.
- 萩原 晟也 (2015). 波形記録式航空機LiDARによる森林の質的情報の把握 —林相区分への応用可能性の検討—. 名古屋大学大学院生命農学研究科修士論文.
- 浜村 倫行・入江 文平 (2002). 3×3メディアンフィルタの高速アルゴリズム. 第1回情報科学技術フォーラム講演論文集, 141-142
- 稲武フィールド (2011). 「名古屋大学大学院 生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター 稲武フィールド(演習林)」, < <https://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~inabu/gaiyo.html> > (参照 2018-12-6) .
- IS Korpela, TE Tokola(2006). Potential of Aerial Image-Based Monoscopic and Multiview Single-Tree Forest Inventory: A Simulation Approach. Forest Science, Vol.52, 136-147.
- 伊藤 拓弥・松英 恵吾・内藤 健司 (2008). 航空機LiDARによる森林資源量推定 —スギ・ヒノキの樹高・樹冠量による立木幹材積推定式の検討—. 写真測量とリモートセンシング, Vol147 No. 1 ,

26-35.

- 鎌形 哲稔・原 慶太郎 (2010). オブジェクトベース画像解析による植生図化における植生界抽出と分類制度の評価. 植生学会誌, Vol. 27 No. 2, 83-94.
- 加藤 千菜美・野上 道男(1990). ランドサット TM データによる立山付近の林相分類とその分布に及ぼす気温と消雪時期の影響. 地学雑誌, Vol. 99No. 4, 330-348.
- 加藤 顕・石井 弘明・榎木 勉・大澤 晃・小林 達明・梅木 清・佐々木 剛・松英 恵吾 (2014). レーザーリモートセンシングの森林生態学への応用. 日林誌, Vol. 196, 168-181.
- 加藤 正人 (2002). 高分解能 IKONOS 画像による単木判読可能性の比較. 日本林學會誌, Vol. 84No. 4, 221-230.
- 加藤 正人 (2007). 改定森林リモートセンシングー基礎から応用までー. 日本林業調査会.
- 葛岡 成樹(2012). 1. 衛星リモートセンシング概論. 映像情報メディア学会誌, 66 巻 6 号, 432-445.
- 村上 拓彦・望月 翔太(2014). リモートセンシングによる植生マッピング. 日本生態学会誌, Vol. 64, 233-242.
- 中武 修一(2018). 航空機 LiDAR による樹木個体管理システムの開発. 名古屋大学大学院生命農学研究科修士論文.
- 西本 雄亮 (2012). 波形記録式航空機 LiDAR による林床状態の間の推定方法開発. 名古屋大学大学院生命農学研究科修士論文.
- 小阪 尚子・秋山 侃・蔡 斌・児島 利治 (2007). 高分解能衛星画像のテクスチャ特徴量とスペクトル特徴量を用いたオブジェクト指向型林分タイプ分類. 写真測量とリモートセンシング, Vol. 46 No. 2, 27-36.
- 林野庁 (2018). 平成 29 年度森林・林業白書.
- 高橋 與明 (2002). 航空機搭載型レーザースキャナーシステムによる林分構造の把握. 名古屋大学大学院生命農学研究科修士論文.
- 佐々木 剛 (2012). 航空機 LiDAR を用いた森林構造の推定. 景観生態学, Vol. 17 No. 2, 43-55.
- X YU, J HYYPPA, P LITKEY, H KAARTINEN, M VASTARANTA, M HOLOPAINEN(2017). Single-Sensor Solution to Tree Species Classification Using Multispectral Airborne Laser Scanning. Remote Sensing(2017) No. 9(2), 108.