研究ノート

3種類のドローンによる広葉樹林森林資源情報解析 —長野県大町市と下諏訪町を事例として—

竹 中 悠 輝^{1,*}・トウソウキュウ²・加 藤 正 人²
長 澤 幸 一³・増 井 僚⁴

Forest resource analysis of broadleaf trees using three types of UAV-mounted sensors —A case study in Omachi city and Shimosuwa town, Nagano—

Yuki Takenaka^{1,*}, Songqiu Deng², Masato Katoh⁴,
Kouichi Nagasawa³ and Ryo Masui⁴

I. はじめに

長野県の民有林森林面積は約68.7万 ha であり、そのうち広葉樹林は約4割を占めている（長野県、2020）。調査地の大町市が含まれる北アルプス地域管内では民有林の約7割、下諏訪町が含まれる諏訪地域管内では3割を占めている。燃料用に育てられた広葉樹がエネルギー革命によって使われなくなったため、高齢級な広葉樹が多い。しかし、ケヤキやクリのような有用広葉樹は高値取引が期待できるものの、長野県では利用可能な広葉樹の植生区域が不確定なことや伐採から販売までの実施例が少ないなどの課題を抱えており、広葉樹の素材生産量は長野県における総素材生産量の2%程度に留まっている（長野県、2019）。

筆者らは木材生産林の計画策定に生かせる広葉樹資源情報を把握し、広葉樹の利用促進を図るため、人工衛星画像や航空レーザ、ドローンデータ等を用いて、広葉樹の蓄積量や樹種分布を情報取得することを目指している。本研究ノートでは、3種類のドローンを用

いて長野県大町市及び下諏訪町で広葉樹の材積と樹種分布を調査した内容について報告する。材積については空間体積と材積の回帰式の精度を示し、樹種については2種類のドローンで緑葉期と紅葉期の2時期に計測したデータを用いて分類した精度を比較する。

II. 調査地

航空写真のオルソ画像と林相区分図から広葉樹が多いと考えられる長野県大町市内の民有林4カ所（居谷里、中綱、二ツ屋、社）合計33.14haと下諏訪町の民有林2カ所合計8.49haを調査地とした。

III. 現地調査

材積推定及び樹種分類の参照データを収集するために、調査地内の一部で上層木位置、胸高直径、樹種の毎木調査を2019年10月と11月の合計17日間で実施した。上層木位置の取得は、GNSS受信機を用いてVRS-

*連絡先（Corresponding author）E-mail: takenaka@prefore.org

- 1 精密林業計測株式会社（399-4511 長野県上伊那郡南箕輪村8290-1）
Precision Forestry Measurement, Ltd, 8290-1 Minamiminowa-Vill., Kamiina-Dtrct., Nagano 399-4511, Japan
- 2 信州大学先鋭領域融合研究群山岳科学研究拠点（399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村8304）
Institute for Mountain Science, Interdisciplinary Cluster for Cutting Edge research, Shinshu University, 8304 Minamiminowa-Vill., Kamiina-Dtrct., Nagano 399-4598, Japan
- 3 長野県松本地域振興局林務課（390-0852 長野県松本市島立1020）
Division of Forestry, Matsumoto Regional development Bureau, Nagano Prefectural Government, 1020 Shimadachi, Matsumoto City, Nagano 390-0852, Japan
- 4 長野県林務部信州の木活用課（380-8570 長野県長野市大字南長野幅下692-2）
Division of Shinshu Tree Utilization, Department of Forestry, Nagano Prefectural Government, 692-2 Minaminagano Habashita, Nagano City, Nagano 380-8570, Japan

RTK で道路沿いに基準点を測位し、レーザコンパスと反射板を使用して基準点から移動することで上層木と思われる樹冠の下に反射板を設置して計測した(図-1)。合計4831本の上層木位置を調査し、樹種は合計83種類であった。材価や属を参考にして32種類に絞った後に樹種分類で使用した。なお、樹木本数は大町市と下諏訪町の合計であり、調査地内の針葉樹を数種類含む。

図-1 現地調査方法

IV. 使用データ

ドローンによるデータ取得は、レーザ計測、RGB写真撮影、多波長センサ画像撮影の3種類により実施した。ドローンレーザ計測では、着葉期と落葉期にDJI社製ドローンにYellowScan社製レーザセンサのSurveyor Ultraを搭載して飛行させた。着葉期の計測は2019年10月8日から2019年10月17日にかけて実施し、落葉期の計測は2019年11月21日から2019年12月4日にかけて実施した。計測設定は秒速5m、コース間隔約25m、相対高度約80mとした。RGB写真撮影では、DJI社製測量用ドローンのPhantom 4 RTKを緑葉期と紅葉期に飛行させた。緑葉期の空撮は2019年10月10日から2019年10月17日にかけて実施し、紅葉期の空撮は2019年11月2日から2019年11月6日にかけて実施した。空撮設定はオーバーラップ85%、サイドラップ75%、相対高度100mとした。多波長センサ画像撮影ではDJI社製ドローンにMicasense社製多波長センサのALTUMを搭載して緑葉期と紅葉期に飛行させた。ALTUMのバンド数は6つあり、それぞれ青(中心475nm, 幅32nm)、緑(中心560nm, 幅27nm)、赤(中心668nm, 幅14nm)、レッドエッジ(中心717nm, 幅12nm)、近赤外(中心842nm, 幅57nm)、熱赤外(8-14μm)である。本研究では熱赤外以外の5バンドを用いた。緑葉期の空撮は2019年10月10日から2019年10月17日にかけて実施し、紅葉期の空撮は2019年11月2日から2019年11月15日にかけて実施した。空撮設定はオーバーラップ88%、サイドラップ77%、相対高

度約120mとした。

着葉期と落葉期の2時期で計測したドローンレーザ計測データは、それぞれのデータに対してコース間調整、ノイズ除去等の前処理を行った。落葉期のドローンレーザデータを分類し、地面へ分類された点群データのみを出力し、着葉期のドローンレーザデータと統合した。この処理は、解析に使用したコンピューターでは2時期のドローンレーザ計測データすべてを統合するとメモリ不足となったために実施した。統合したドローンレーザ計測データから表層モデル(DSM)と標高モデル(DEM)を作成し、画像演算によって樹冠高モデル(CHM)を計算して使用した。ドローンで撮影したRGB画像及び多波長センサ画像はSfM/MVSソフトウェアであるAgisoft社のmetashapeを用いてオルソ画像を作成してから使用した。

V. 方法

・材積推定

2時期のドローンレーザ計測データを統合して作成したCHMに現地調査で得られた上層木位置を重ねることで樹高を抽出し、現地調査で測定した胸高直径と抽出した樹高を用いて単木材積を推定した。10mメッシュで集計した材積とCHMの空間体積を用いて回帰式を作成し、10mメッシュで材積推定図を作成した。所有者の関係上調査地の一部では現地調査を実施できなかったため、現地調査の上層木位置を完全に含む10mメッシュのみを用いて材積の集計を行ってから回帰式の作成に利用した。回帰式に利用した10mメッシュの数は合計750個である。

・樹種分類

樹木の存在しない場所をその他のクラスとし、32種類の上層木樹種情報と緑葉期と紅葉期に撮影したRGB写真と多波長センサから作成したオルソ画像を用いて、機械学習によって33クラスに分類を行い、2mメッシュの樹種分類図を作成した。機械学習ではサポートベクターマシンを用いた。特徴量として緑葉期と紅葉期のそれぞれのRGB画像の3バンド、多波長センサ画像の5バンドの2mメッシュ内に含まれる平均値、標準偏差、中央値、最高値、範囲を使用した。

VI. 結果

ドローンレーザを用いることで、広葉樹の蓄積を10mメッシュで判断することが可能となった(図-2)。10mメッシュ内の上層木をすべて現地調査した750個のメッシュから作成した回帰式の決定係数は0.36であ

図-2 10m メッシュ材積推定図

り、RMSE は1.66であった (図-3)。

緑葉期と紅葉期の RGB 及び多波長センサオルソ画像を用いて機械学習を行うことで、有用樹種であるクリやカエデ、ケヤキ等を含む広葉樹の樹種を2mメッシュで判断することが可能となった (図-4)。機械学習モデルの5分割交差検定では緑葉期と紅葉期のRGBオルソ画像を用いたものが56.2%，緑葉期と紅葉期の多波長センサオルソ画像を用いたものが64.4%となり、多波長センサオルソ画像を用いたものの方が精度が高くなった。また、緑葉期と紅葉期の多波長センサオルソ画像を用いた比較では、緑葉期の多波長センサオルソ画像を用いた場合は58.1%，紅葉期の多波長センサオルソ画像を用いた場合は61.4%となり、紅葉期に撮影した多波長センサオルソ画像を用いた方が精度が高くなった。

図-3 空間体積と材積の回帰式

図-4 2m メッシュ樹種分類図

VII. おわりに

長野県大町市及び下諏訪町を対象として人工衛星画像や航空レーザ、ドローンデータ等を用いて広葉樹林で広葉樹の位置及び材積をモデル的に情報取得し、本研究ノートでは3種類のドローンを用いて把握した内容について報告した。

材積推定及び樹種分類図をメッシュで作成したこと

で、これまで不確定であった広葉樹の植生区域を把握することが可能になった。メッシュ単位よりも情報精度を高めるために、広葉樹の単木抽出技術の向上を目指しており、いずれは単木情報を用いて材積推定及び樹種分類を実施する予定である。また、広葉樹林は場所によって樹種構成が大きく異なるため、木材生産林の計画策定に生かすためには、精度検証を進めるとともに解析事例を増やす必要がある。

調査地の一部の範囲では、樹木の伐採を進めているため、樹種ごとの伐採量から材積推定図と樹種分類図の精度検証を実施する予定である。

本研究ノートではドローンを用いて把握した内容のみを報告したが、人工衛星画像や航空レーザデータを用いて広域の範囲に対しても同様の手法の解析を実施した。材積推定図と樹種分類図を作成した後で、小班単位で結果を集計することによって、有用広葉樹の高蓄積小班的の位置を容易に判断可能な施業優先度マップを作成した（図-5）。広域の広葉樹林森林資源量も木材生産林の計画策定に生かせる情報であるため、精度検証を進めるとともに解析事例を増やす必要があると考えている。

図-5 小班単位の施業優先度マップ

引用文献

- 長野県（2020）長野県民有林の現況. https://www.pref.nagano.lg.jp/rinsei/sangyo/ringyo/toukei/minyurin/documents/r2genkyou_1.pdf（2020年11月26日取得）
- 長野県（2019）令和元年度長野県木材統計. <https://www.pref.nagano.lg.jp/mokuzai/sangyo/ringyo/kensanzai/shikyo/documents/r01tokei.pdf>（2020年11月26日取得）

（2020年11月26日受付）

（2021年4月8日受理）