

補助事業番号 2024M-501

補助事業名 2024年度 上空からの点群データを用いた森林内の立木モデルの生成システムの研究開発 補助事業

補助事業者名 大阪経済大学 情報社会学部 中村健二

1 研究の概要

本研究ではオープンデータでも広く公開されている上空から計測した点群データから計測対象の森林内の樹木ごとの3Dモデルを生成し、材積を台帳形式で出力可能な「森林内の立木モデルの生成システム」を開発する。本システムが世の中で幅広く活用されることで、次の効果を得ることが目的としている。

- ・毎木調査の効率化による林業に関わる業種全体の工期短縮
- ・我が国のCO2吸収量の高頻度かつ正確な把握
- ・オープンデータの利活用の推進

2 研究の目的と背景

近年、カーボンニュートラルの実現に向けて、全国の山野にある森林のCO2吸収量の把握に注目が集まっている。これらのCO2吸収量の把握には、森林内の各立木の幹直径や樹高の調査が必要である。我が国の林業では、森林内を人手で踏査し、幹直径や樹高を計測することで森林が持つ材積を調査している。しかし、国土の7割近くを占める森林全体を網羅的かつ継続的に調査するには、人的・金銭的・時間的なコスト面を鑑みると現実的でない。

そのため、衛星写真から樹冠領域と樹高を推定し、森林全体の材積を算出する手法が提案されている。本手法では、樹冠領域の面積から樹種の成長モデルを基に樹高と胸高直径を算出することで材積を算出する。しかし、密に枝葉が絡み合う樹冠領域を立木ごとに分離することは困難である上、木は自然物であるため、成長モデルにフィットしない木も多いことから、森林全体の正確な材積の算出は難しい。

そのため、現在、林業における毎木調査の効率化と正確性の向上を目指し、現地で歩行しながらレーザ測量機器で計測した成果から立木位置、胸高直径、樹高を算出し、立木をモデル化することで材積を算出するソフトウェア「3D Forest Manager」等が開発されている。しかし、地上からの計測データでは、高い樹高の立木の場合、樹頂点付近の形状は枝葉の重なりによるオクルージョンの影響で計測できない場合がほとんどである。そのため、正確な樹高を算出することができない課題があることが明らかとなった。その上、森林内は密に立木や枝葉が存在するため、網羅的に森林全体の3次元形状を計測するためには、狭域であっても何度も歩行ルートを変えながら計測する必要がある。そのため、立木が密であるほど、計測に要する時間が膨大となる。

そこで、本補助事業では、「上空からの点群データを用いた森林樹冠モデルの生成システムの研究開発」として、航空レーザ測量やドローンによる空中写真・レーザ測量で計測された点群データとDEMデータを用いて、樹冠領域と樹頂点の位置を分析することで、より正確に森林内の立木

を表現する3次元モデルを生成するシステムを開発する。これにより、林業での毎木調査の効率化や、CO2吸収量の把握に寄与できる。

3 研究内容

(1) 樹冠領域と樹頂点の抽出機能の設計・開発

本項目では、樹冠領域や樹頂点を抽出する技術を開発した。具体的には、点群データからノイズを除去しつつ、地表面の点群データを抽出し、DTMとして推定する。その後、DTMとそれ以外の点を基にWatershedと局所最大値フィルタを用いることで樹冠領域や樹頂点を抽出できる。

(2) 立木ごとの3次元モデルの生成機能の設計・開発

本項目では、擬似的な立木の3次元モデルを生成・可視化する技術を開発した。具体的には、まず、推定した樹冠領域から樹冠投影面積を推定し、樹冠体積を算出する樹冠体積算出する。そして、樹冠領域内で最も低い点を探索し、樹頂点との差から樹冠長、地表面と樹頂点との差を樹高として算出する。これらの算出したパラメータを用いて擬似的な立木の3次元モデルとして生成・可視化できる。

(3) 材積算出機能の設計・開発

本項目では、推定した樹高や樹冠投影面積等から、林野庁が公開している立木幹材積表や、既存の回帰式等の解析方法を選択して、材積を算出可能な技術を開発した。今回用意した立木幹材積表は日本の林野庁が調査した結果であるが、日本以外でも利用できるように、既存研究で利用されている回帰式を入力して分析できるようにもしている。これらの分析結果は毎木用台帳のフォーマットを参考にしたフォーマットで出力できる。

(4) 材積算出機能の設計・開発

本項目では(1)～(3)で開発した機能をもとに実現場で得られた点群データを対象にシステムの適用可能性を検証し、機能の改良を行った。具体的には、上空から計測した点群データでは、樹高を算出するために必要となる樹木直下の地表面を十分に計測できておらず、正確な樹高を推定するのが困難であるため、計測できていない領域を擬似的な点群データを生成して補完する技術を開発し、(1)の技術に組み込むこととした。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

現在、我が国では、森林資源データの解析・管理に係る標準仕様書が林野庁により整理されている。ただし、本仕様書が定義される前までに都道府県ごとにシステムがすでに導入されており、システムごとのデータ仕様で管理されているのが実情である。これらの既存のシステムを確認すると、計測機器がシステム開発会社の販売するハードウェアに限定されていたり、特定の計測条件で得られた点群データに依存していたりする場合が多い。加えて既存研究においても航空レーザ

測量やUAV写真測量(ドローン)の点群データの点密度が計測機器のスペックや計測距離に依存して大きく異なるため、点密度に依存したパラメータを用いてそれぞれ異なる解析手法が取られている。調査の結果、これらの点群データを計測する機器の特性に依存せずに解析可能なシステムは見当たらない。そのため、解析方法が統一されず、データの仕様が統一できていない課題や森林を管理できている地域が限定的で満足に国内の人工林の材木を管理・活用できているとは言えない課題がある。特に、後者の課題においては日本国内の私有林の場合、林業経営に適してはいるものの、維持管理ができていない約223万haの森林が存在している。

本研究で開発した技術を搭載したシステムでは、航空レーザ測量やUAV写真測量で得られた点群データを対象に解析可能である。そして、実証実験の結果から、計測機器や点密度によらず、目視や既存の調査結果と同等の精度で樹冠、樹頂点、樹高を推定可能なことを確認できた。そのため、開発システムを用いることで、航空レーザ測量やUAV写真測量の点群データがあれば、国内の森林情報を網羅的かつ統一された解析方法で管理することが期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

事業者らは、これまで、上空や地上から計測した点群データから、デジタルツインを構築するためにAI等の技術を活用しながら、地物を自動で認識する技術を研究開発してきた。その中では、街中の構造物だけにとどまらず、山中の道路横にある盛り土等の法面、街路樹や電柱、信号機といった柱状の物体の検出も行っている。しかし、これらの技術だけでは、法面上の植生や林内の植生の検出が困難であるため、まずは地上から低層木を含む森林内を計測した点群データから1本1本の樹木と抽出し、そのプロパティを推定する技術を開発して製品化(3D Forest Manager)を行った。ただし、地上から森林内を網羅的に計測するのは管理する範囲が広範囲になるほど指数関数的に膨大な時間を要するため、上空から広範囲を短時間で計測可能な航空機やUAVで得られた点群データを解析する技術を本事業で研究開発することとなった。本事業で開発した技術と、これまでの開発技術と組み合わせることで、国土の地上部全域を点群データを用いてデジタルツイン化することが可能となる位置づけである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

本事業の成果を取りまとめた論文をジャーナルに投稿中

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

上空から計測した点群データを用いて森林の材積を算出可能なソフトウェア

<https://www.nakamura-lab.jp/jka-forests/>

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

成果を取りまとめた論文 (現在、ジャーナルに投稿中)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪経済大学(オオサカケイザイダイガク)

住 所: 〒533-8533

大阪市東淀川区大隅2-2-8

担 当 者: 教授 中村健二(ナカムラケンジ)

担 当 部 署: 情報社会学部(ジョウホウシャカイガクブ)

E - m a i l: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

U R L: <https://www.nakamura-lab.jp/>