

令和 2 年 5 月 3 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03827

研究課題名(和文)次世代レーザセンシングによる高精度な広葉樹天然林の樹種別資源量の算定方法の開発

研究課題名(英文)Development of high precision estimation method for tree species resource of natural broadleaved trees using next generation laser sensing

研究代表者

加藤 正人(kato, nasato)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：40345757

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,300,000円

研究成果の概要(和文)：「森林調査をせずに、広域の森林について樹種別の本数や森林資源内容を精度よく把握できれば、森林管理が格段に効率化するだけでなく、木材生産と再生可能エネルギーの資源利用に極めて有効である。」本研究は、レーザ計測を含めたリモートセンシング技術の林業分野への応用として、究極の目的である高精度な広葉樹天然林の樹種別資源量の算定技術を開発し、広葉樹資源の有効活用に貢献することを目指した。研究フィールドの長野県において、ドローンレーザを用いて計測して、1本単位での精密な広葉樹資源情報を提供技術を開発した。当該手法は、航空機などのレーザ計測の点群データにも使用でき、適用範囲が広い。

研究成果の学術的意義や社会的意義

- 1) 上空からのレーザ計測のみで、多大な労力と費用を要している森林調査と資源管理が効率的になり、経費の削減効果大きい。未利用資源として扱われている広葉樹林の価値の見直し、林産業、バイオマス資源として有効利用できることから、学術的かつ産業的な貢献もでき、大きなインパクトを与えることができる。
- 2) 本研究の森林調査をせずに森林資源情報を把握する方法は、国内では広大な北海道の針広天然林、海外では広葉樹林の多い東南アジア、南アメリカ、アフリカなどの諸外国の森林にも応用可能なことから、日本が先導する国際共同研究に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：If we can accurately understand the number of trees by species and the contents of forest resources in a wide area forest without conducting a forest survey, not only will forest management be much more efficient, but it will be extremely effective for timber production and resource utilization of renewable energy. The purpose of this study is to develop a technique for calculating the resource amount of tree species in high-precision broad-leaved natural forest, which is the ultimate purpose, as an application of remote sensing technology including laser scanning to the forestry field. We aimed to contribute to effective use. In Nagano Prefecture, which is a research field, we have developed a technology for providing precise broad-leaved resource information in units of single tree level, measured using a drone laser scanning. This method can be used for point cloud data for laser scanning approach of airborne that has a wide range of applications.

研究分野：森林科学

キーワード：リモートセンシング レーザセンシング ドローン スマート林業

1. 研究開始当初の背景

我が国の天然林は1,343万haあり、森林面積の54%と大半を占める。持続的な森林経営を行う上で、広域の森林現況を正確に捉えることは日本の森林管理において必須の基本情報であり、社会的ニーズも高い。一方、日本の森林資源管理は針葉樹人工林が対象であり、広葉樹は未利用資源の位置づけであったが、ミズナラ、ハリギリ、ブナなどの広葉樹は地域の家具材や木材産業に有用であり、広葉樹を生かした多様な森林づくりや天然林施業への誘導などの森林整備事業が進められている。さらに再生可能エネルギーとしての広葉樹資源が注目されており、“どこに、どんな木が、どれだけの量があるのか”広葉樹の正確な資源量算定が管理する側と利用する側の両方から求められている。

三次元表示が可能なレーザ計測は、北欧と北米で森林分野への利用技術が1990年以降急速に進み、日本においても航空機レーザ計測が利用されている。しかし、レーザ計測による森林解析は以下の課題がある。航空機レーザ計測は森林分野において高いニーズがあるが、撮影と解析費用が高額なことから普及があまり進んでいない。次世代レーザセンシング技術として期待されるドローンに搭載した小型レーザセンサ(以下、ドローンレーザ)は、航空機レーザの測定点密度の10倍以上と高く、上空から詳細に森林情報を判読できる一方、データ量が膨大で、森林分野への利用に対しては独自のアルゴリズムとプログラム開発が必要である。広葉樹天然林の樹種分類は、樹冠の尖った針葉樹と異なり樹冠が平坦に近い半円球であること、樹種も多く、樹冠が重なることなど解析の困難性は極めて高いことから、リモートセンシング技術者にとって究極の解析目標となっている。

2. 研究の目的

レーザ計測を含めたりリモートセンシング技術の林業分野への応用として、究極の目的である高精度な広葉樹天然林の樹種別資源量の算定技術を開発し、広葉樹資源の有効活用に貢献することを目指す。

3. 研究の方法

本研究はドローンレーザや航空機の高密度レーザ点群データを用いて、広葉樹天然林に適用し、精度の高い樹種別資源量の算定技術を開発する。研究成果の実用化に向けて森林管理署と森林組合、地方自治体と連携し、樹種別の資源量と詳細な樹種分類図を提供し、未利用な広葉樹資源の活用貢献する。

解析方法は以下の通りである。

- (1) 広葉樹天然林をもつ中信森林管理署奈良井国有林、北信州森林組合、C.W.ニコル・アファンの森財団において、ドローンレーザを用いて計測する。
- (2) 高密度レーザ点群データから単木樹冠を自動抽出する。
- (3) 自動抽出した樹冠から樹冠形状因子(面積、長さ、傾き、凹凸)と反射強度、RGBの色情報、樹冠点群密度を算出する。
- (4) フィールド調査で広葉樹から樹種の樹冠因子を測定と、画像で抽出した樹冠について、現地で樹種を同定し、地上参照及び検証樹冠とする。
- (5) 画像解析による樹冠形状因子等とフィールド調査での広葉樹の樹冠因子の関連を調べる。
- (6) 海外研究協力者であるフィンランド国最先端レーザ研究所のHyypä教授の研究室を訪問し、最新航空レーザ計測技術の意見交換と共同研究による広葉樹資源量把握に取り組む。
- (7) 導き出された広葉樹の樹冠形状の関係式をもとに、1つの樹冠ごとに樹種分類を行う。
- (8) 樹高と樹冠形状因子から胸高直径を算定する。
- (9) 樹冠ごとに世界測地系の立木位置、樹高、DBH、樹種から単木材積を計算する。
- (10) 小班ごとに樹種別本数や資源量を半自動カウントし、森林GISに情報を付加する。
- (11) 得られた森林情報を関係機関に提供・検証することで利用技術を確立する。
- (12) 技術の実用化と人材育成にむけて解析技術の国際シンポジウム、技術講習会の開催、専用のホームページを開設し、研究成果を情報発信する。

4. 研究成果

研究フィールドの長野県諏訪市及び C.W.ニコル・アフアの森財団において、ドローンレーザを用いて計測して、高精度な樹冠抽出から材積までの森林資源量を算定し、広葉樹天然林の樹種分類を行った。レーザ計測の反射強度について、広葉樹の樹冠形状の関係式をもとに、1つの樹冠ごとに樹種分類を行った。

本技術は、森林調査をせずにオリジナルなアイデアをもとに、1本単位での精密な広葉樹資源情報を提供できる。当該手法は、航空機などのレーザ計測の点群データにも使用でき、適用範囲が広い。長野県は広葉樹が県内の約4割の面積を占め、有用広葉樹は高値取引が期待できるが、有用広葉樹の植生区域が不確定なため、その利用は県全体の4%程度に留まる（H29木材流通調査結果）。そこで、当該技術を活用して有用広葉樹の植生区域を特定した広葉樹林資源情報を、今後の市町村等による木材生産林の中期（長期）計画の策定に活かすため、スマート林業普及構築事業として実証中である。

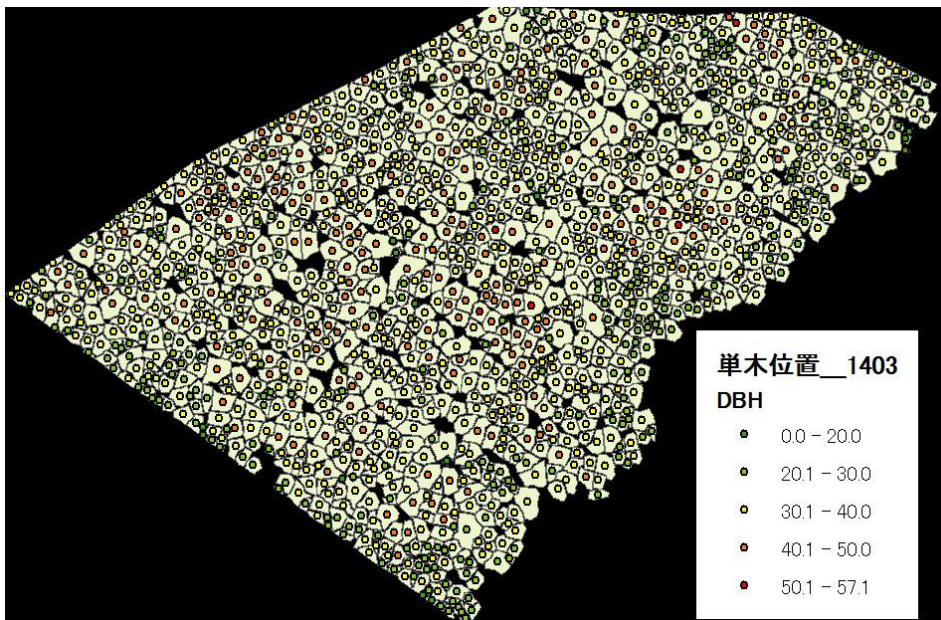


図 ドローンレーザ計測データから、反射強度の違いにより、樹木の位置座標、樹高と樹冠形状、胸高直径と材積を求め、1本単位で精密な広葉樹資源を提供する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Vastaranta, M., Katoh, M., 他20名	4. 巻 24
2. 論文標題 Airborne laser scanning outperforms the alternative 3D techniques in capturing variation in tree height and forest density in southern boreal forests	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Baltic Forestry	6. 最初と最後の頁 268-277
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 加藤正人、トウソウキュウ、竹中悠輝、張桂安、堀澤正彦、大野勝正、伊藤隆明	4. 巻 85
2. 論文標題 レーザセンシングによるスマート精密林業	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 精密工学会誌	6. 最初と最後の頁 232-235
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 張桂安、加藤正人	4. 巻 6
2. 論文標題 地上レーザーとドローンを組合わせた森林資源の把握-北信州森林組合の管轄地を調査地として-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 中部森林研究	6. 最初と最後の頁 91-96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 3.Mohammad Abdullah Al Faruq, Sourovi Zaman, Masato Katoh	4. 巻 22
2. 論文標題 Perceptions of Local People toward Community Development and Forest Conservation in Bangladesh: The Case of Sal Forests	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Forest Planning	6. 最初と最後の頁 29-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 加藤正人
2. 発表標題 レーザーセンシングによるスマート精密林業技術の実践
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Songqiu Deng, Masato Katoh
2. 発表標題 Forest resource interpretation at the individual tree level using a SLAM laser scanning system
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 千代西尾輔、加藤正人
2. 発表標題 普及型ドローンを用いた単木レベルの森林解析・森林情報の可視化
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浦野陽平・中川大人・藤平光希・加藤正人
2. 発表標題 UAVデータを活用した樹種判別 紅葉時期の農学部構内演習林を事例として
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Katoh, S. Deng, Y. Takenaka, K. Cheung, M. Horisawa, K. Oono, J. Hypp, X. Yu, X. Liang, Y. Wang
2 . 発表標題 Development of smart precision forestry in a Japanese conifer plantation using laser scanning data
3 . 学会等名 ISPRS Frontiers in Spectral imaging and 3D Technologies for Geospatial Solutions (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Deng, M. Katoh, Y. Takenaka, K. Cheung, A. Ishii, N. Fujii, T. Gao
2 . 発表標題 Tree species classification of broadleaved forests in Nagano, central Japan, using airborne laser data and multispectral images
3 . 学会等名 ISPRS Frontiers in Spectral imaging and 3D Technologies for Geospatial Solutions (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Cheung, M. Katoh, M. Horisawa,
2 . 発表標題 Forest resources measurements by combination of terrestrial laser scanning and drone use
3 . 学会等名 ISPRS Frontiers in Spectral imaging and 3D Technologies for Geospatial Solutions (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Takenaka, M. Katoh, S. Deng, K. Cheung
2 . 発表標題 Detecting forests damaged by pine wilt disease at the individual tree level using airborne laser data and WorldView-2/3 images over two seasons
3 . 学会等名 ISPRS Frontiers in Spectral imaging and 3D Technologies for Geospatial Solutions (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤正人、Juha Hyyppa
2. 発表標題 レーザーセンシング情報を使用した持続的なスマート精密林業の開発
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会、鹿児島大学農学部、2018年3月26-29日
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張桂安・加藤正人
2. 発表標題 航空レーザー計測と地上レーザーとUAVを組合わせた計測との比較
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Songqiu Deng, Masato Katoh
2. 発表標題 Species classification of natural broad leaved forest in Afan woodland using airborne laser data
3. 学会等名 第128回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 間伐木の選定方法及び選定装置	発明者 加藤正人、トウ ソ ウキユウ	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-215554	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 伐採状況調査用データ作成方法及び伐採状況調査用データ作成装置	発明者 加藤正人、トウ ソ ウキユウ	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-001419	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 森林資源情報算定方法及び森林資源情報算定装置	発明者 加藤正人、張桂安	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-076426	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 森林資源情報算定方法及び 森林資源情報算定装置	発明者 加藤正人、張桂安	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-076426	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>信州大学農学部 加藤正人研究室 http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/agriculture/lab/info/</p>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----