

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380077

研究課題名(和文)次世代リモートセンシングデータによる高精度な森林バイオマス推定方法の確立

研究課題名(英文)The establishment of high-precision forest biomass estimation method by the next generation remote sensing data

研究代表者

加藤 正人 (KATO, Masato)

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) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：次世代リモートセンシング技術として、同一対象地において高分解能人工衛星、航空機、UAVによる異なる撮影高度の多段階センシングデータを用いた。

研究代表者が開発した画像解析アルゴリズム(特許第4900356号)を用いて、それぞれのデータから高精度な単木樹冠抽出を行い、樹種別の立木位置と本数画像を作成した。

現地調査で比較・検証した結果、いずれのデータも85%以上の分類精度となり、実用化目標の80%以上を確保した。さらに、私たちは樹種別の単木樹冠情報を広域に使用して、林分単位での森林バイオマス推定を行った。この技術成果は海外英文誌に掲載され、専門分野の国際学会で講演し、高い評価を得た。

研究成果の概要(英文)：As a next-generation remote sensing technology, multi stage sensing data taken different altitude with high-resolution satellite, aircraft, and automatic Aerial UAV was used on same area.

Using image analysis algorithms Principal Investigator has been developed (Patent No. 4,900,356), to perform high-precision individual tree crowns extracted from each data, creating the trees positions and counting tree species. Field survey result of the comparison and verification also becomes the extraction accuracy of 85% or more of the images, and to ensure more than 80% of practical level. In addition, we carried out extension of our individual tree crown information and technologies in a wide area, it was forest biomass estimation in the stand unit. This technology achievement is published in international English journals (Journal of Remote Sensing), further oral presentation and lecture at the International conference and Society, was highly acclaimed.

研究分野：森林学

キーワード：森林資源 リモートセンシング 森林計測 バイオマス 自動区分

1. 研究開始当初の背景

持続的な森林経営を行う上で、奥地森林も含めた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る。一方、現在の森林資源把握は技術者の経験に依存した森林調査が基本であり、多大な労力と時間を要している。森林バイオマスは再生可能エネルギーとして注目されており、“**どこに、どんな木が、どれだけ**の量があるのか” 正確な資源量算出が管理する側と利用する側の両方から求められている。森林バイオマスの算出には、森林面積ごとに樹種別樹木本数、樹冠面積が大きなファクターである。高さの情報である樹高は樹冠面積から推定する。

国外での研究は大面積天然林の林相区分、森林火災や病虫害などの森林被害の把握に関する研究が大部分である。対象森林は木材としての針葉樹林である。最近、海外共同研究者が高分解能人工衛星データを使って、今まで困難であった若い高密度の針葉樹林の単木樹冠抽出を精度良く把握できる方法を提示した。研究代表者が開発した樹冠ごとの樹種分類と本数の算定技術を組み合わせることで、単木樹冠から積み上げて高精度の資源把握が可能である。

国内外において、針広混交林や天然林から単木樹冠をもとに樹冠直径や樹種別本数を高精度に抽出し、バイオマスを推定する研究は**取り組まれていない**。本研究は極めて**先駆的**である。

2. 研究の目的

森林調査をせずに、広域の森林について樹種別本数や森林資源の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、地球環境監視や再生可能エネルギー資源利用に極めて有効である。研究代表者らは、**次世代リモートセンシングデータ**から、海外共同研究者と針葉樹人工林の単木樹冠抽出技術をもとに樹種区分ができること、樹木本数の半自動カウントと間伐区分への応用をオリジナル技術として開発してきた。本研究は、これら当該技術の適用範囲を広げ、日本の主たる針広混交林や天然林でも適用可能な、樹種別の単木樹冠抽出を精度良く求める方法を開発し、さらに再生可能エネルギーとして期待される**森林バイオマスを広域かつ高精度で**推定する方法を確立する。

3. 研究の方法

本研究は、次世代リモートセンシング技術として、同一対象地を高分解能で多機能なセンサを搭載した人工衛星、航空機、自動空撮 UAV の異なる撮影高度の多段階センシングデータを用いて、樹冠抽出に関するオリジナル技術を高密度の針葉樹林、針広混交林や天然林に適用し、利用ニーズに合った精度の高い単木樹冠の抽出と樹種分

類を行う手法を開発する。さらに、抽出した単木レベルでの樹種別の樹冠情報をもとに、林分単位での森林バイオマス推定を行い、研究成果物の樹種別の樹冠配置図、森林バイオマス推定図を関係市町村に提供・検証することで、高精度な森林バイオマスの推定方法を確立する(図参照)。

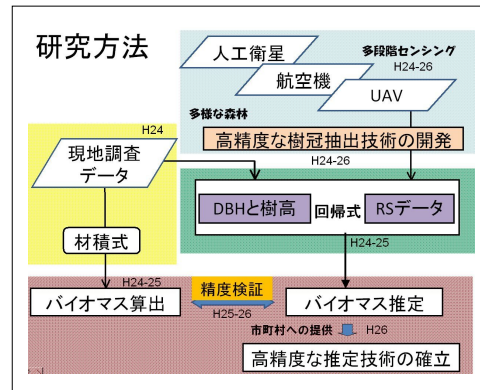


図 研究方法の流れ

4. 研究成果

(1)平成24年度は多様な林相を持つ信州大学農学部演習林の密度の異なるヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林を対象に、林齢、本数、樹冠占有面積割合の異なる場所に精度検証のための詳細な試験地を設定し、高分解能人工衛星、航空機、自動空撮UAVから多段階センシングデータを取得した。研究代表者が開発したアルゴリズム(特許第4900356号)を用いて、それぞれのデータから高精度な単木樹冠抽出を行い、樹種別の立木位置と本数画像を作成した。現地調査で比較・検証した結果、いずれのデータも85%以上の画像からの抽出精度となり、当該特許技術による実用化目標の80%以上を確保した。

この技術成果は海外英文誌(Journal of Remote Sensing)に掲載され、さらに専門分野の国際学会(ForestSAT2012、オレゴン州立大学、アメリカ)で講演し、高い評価を得た。5月に南京林業大学森林資源学部で大学院生への研究指導と招待講演を行い、国内では㈱アジア航測、長野県の市町村、信州大学地域連携フォーラムで講演した。研究成果は日本の三大美林で、樹齢350年のヒノキ天然林のある木曾赤沢自然休養林の学術参考保護林に適用し、第124回日本森林学会で口頭発表した。市町村への技術指導として、信州大学農学部が所在する長野県南箕輪村の大芝村有林、伊那市長谷の民有林で森林整備計画の支援を行った。

(2)平成25年度は日本の一大美林で、樹齢350年のヒノキ天然林のある木曾赤沢自然休

養林の学術参考保護林で、地形や、本数、樹冠占有面積割合の異なる場所に精度検証のための詳細な試験地 (1ha) の試験地を 4カ所設定し、高分解能人工衛星、航空機から多段階センシングデータを取得した。研究代表者が開発したアルゴリズム(特許第 4900356 号)を用いて、高精度な単木樹冠抽出を行い、樹種別の立木位置と本数画像を作成した。現地調査で比較・検証した結果、いずれのデータも 85%以上の画像からの抽出精度となった。森林バイオマスの推定には 3次元の樹高の情報が必要であり、航空機で撮影されたレーザー計測データの解析に取り組んだ。この研究成果は 10月にアセアンリモートセンシング学会で発表した。また、中国北京市で開催された森林レーザー学会 (SilviLaser2013) に出席して、世界の森林レーザー研究者たちと交流し、2014年度からフィンランド国最先端レーザー研究所の Hyypa 所長と国際共同研究を開始することになった。3月にはインドネシアボゴール農科大学森林学部で大学院生への研究指導と招待講演を行った。国内では信州大学地域連携フォーラム、山岳科学総合研究所シンポジウム等で講演した。研究成果は第 125 回日本森林学会で口頭発表した。市町村への技術指導として、信州大学農学部が所在する長野県南箕輪村で森林整備に関する支援を行った。

(3) 平成 26 年度は多様な林相を持つ信州大学農学部演習林のヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林について、高分解能人工衛星、航空機、自動空撮 UAV の多段階センシングデータから、研究代表者が開発したアルゴリズムを用いて、それぞれのデータから高精度な単木樹冠抽出を行い、樹種別の立木位置と本数画像を作成した。南箕輪村の村有林のヒノキ、アカマツ林でも同様に組み比較・検証した結果、いずれのデータも 85%以上の画像からの抽出精度と、実用化目標の 80%以上を確保した。バイオマスの算定因子で、樹高は重要であるが、地上と空からの光学センサでは樹高の直接測定は困難である。一方、樹高など地形や建物などの三次元計測可能なレーザーセンシングが日本においても急速に普及してきた。そこで、レーザーセンシング分野で世界最先端のフィンランド国測地学研究所と学術交流協定を結び、第一人者である Hyypa 教授とバイオマス算定技術の共同研究を開始した。相互に相手機関を訪問し、国際シンポジウムを企画して相手機関で講演した。研究成果は、レーザーとレーダーによる森林リモートセンシングの国際テキストに共同執筆者として参加した。Tyalar&Francis から 2015 年度に出版予定である。学会発表は樹齢 350 年のヒノキ天然林の森林バイオマス研究について、北海道大学で開催された第 126 回日本森林学会で口頭発表した。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 26 件)

Songqie Deng, Qingwei Guan, Na Yin, Masato Katoh (2014) Dynamic response of the scenic beauty value of different forests to various thinning intensities in central eastern China. Environmental Monitoring and Assessment. Published online:15 July 2014 by Springer Link.

<http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-3937-9/fulltext.html>: 1-17, 査読有

Songqie Deng, Masato Katoh, Qingwei Guan, Na Yin, Mingyang Li (2014) Estimating forest aboveground biomass by combining ALOS PALSAR and WorldView-2 data: case study at Purple mountain national park, Nanjing, China, Journal of Remote Sensing, Vol.6(9),7878-7910, 査読有

小林竜大、加藤正人(2014)立木密度の異なった林分における樹頂点の抽出と精度検証、中部森林研究 62 : 143-144
小林日香留、加藤正人、戸田堅一郎 (2014)超高解像度航空写真を用いた樹種分類と精度検証-岡谷市横川地区を事例として-、中部森林研究 62 : 145-146, 査読有

本村亜紀、加藤正人、戸田堅一郎(2014)航空写真と LiDAR データを用いた岡谷市横川地区の森林バイオマス推定、中部森林研究 62 : 147-148, 査読有

鈴木めぐみ、加藤正人(2014)GeoEye-1 データと ALOS データを用いた千葉県富津市の土地被覆分類、中部森林研究 62 : 149-150, 査読有

近藤大将、加藤正人、小熊宏之(2014)ラジコンヘリコプターの簡易空撮を利用した伐採率調査の検討、中部森林研究 62 : 151-152, 査読有

Nan Wang, Masato Katoh, Shin-ichi Yamamoto, Naoyuki Nishimura, Daisuke Hoshino.(2013) Prediction model for suitable sites of tree growth in an old-growth Chamaecyparis obtusa stand, in the Akazawa Forest Reserve. J. Plant Sci. Vol.4(7): 198-207, 査読有

an Wang, Masato Katoh, Shin-ichi Yamamoto, Naoyuki Nishimura, Daisuke Hoshino (2013) Applications of the New Remote Sensing Method to the Forest Biomass Estimation in an Old -

Growth *Chamaecyparis Obtusa* Stand, in the Akazawa Forest Reserve. International Journal of Sciences, Vol. 2(8),1-15,査読有.

Songqie Deng, Masato Katoh, Shin-ichi Yamamoto, Naoyuki Nishimura, Daisuke Hoshino.(2013) Long-term effect of typhoon disturbance on carbon storage capability in an old-growth forest dominated by *Chamaecyparis Obtusa* in central Japan. J. Plant Sci. Vol.4(10): 288-301,査読有

Songqie Deng, Masato Katoh, Qingwei Guan, Na Yin, Mingyang Li (2013) Interpretation of forest resources at the individual tree level at Purple mountain, Nanjing city, China, using WorldView-2 imagery by combining GPS, RS and GIS technologies. Journal of Remote Sensing,Vol.6, 87-110,査読有

王楠、加藤正人、山本進一、星野大介、西村尚之(2013)高分解能衛星データを用いた赤沢ヒノキ老齢林バイオマス推定、中部森林研究 61 : 117-118,査読有

小林竜大、加藤正人、宮下拓也(2013)定点カメラを使用した木曽駒ヶ岳における高山植生の季節変化の解析手法について、中部森林研究 61 : 119-122, 査読有

小林竜大、加藤正人(2013)Template Matching 法と Local maximum Filtering 法を組み合わせた樹頂点の抽出と精度検証、中部森林研究 61 : 123-126,査読有

近藤大将、加藤正人、小熊宏之(2013)ラジコンヘリコプターを用いた長野県南箕輪村大芝の森における間伐木の選定、中部森林研究 61 : 127-128 査読有

成瀬真理生、加藤正人(2013)信州大学農学部構内演習林における林縁と林内の鳥類相の違い、中部森林研究 61 : 153-155,査読有

Masato Katoh, Francois Gougeon (2012) Improving the Precision of Tree Counting by Combining Tree Detection with Crown Delineation and Classification on Homogeneity Guided Smoothed High Resolution (50cm) Multispectral Airborne Digital Data, Journal of Remote Sensing,Vol.4, 1411-1424,査読有

Songqiu Deng, Jiafeng Yan, Qingwei Guan, Masato Katoh (2012) Short-term effects of thinning intensity on scenic beauty values of different stands, Journal of forest Research, Vol.33(4): 1042-1057,査読有

- Nan Wang, Masato Katoh, Shin-ich Yamamoto, Naoyuki Nishimura, Daisuke Hoshino (2012) Development of tree growth prediction with gray model in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* stand, in the Akazawa forest reserve. Int. Res. J. Plant Sci. Vol.3(8): 164-173,査読有
- Sourovi Zaman, Salah Uddin Siddiquee, Masato Katoh (2012) Species composition and forest structure in tropical moist deciduous forest of Bangladesh—a case study in Thakurgaon,Arabian Journal of Geosciences Vol.4:1315-1321,査読有
- 21 Mohammad abdollah Al Faruq · Masato Katoh (2012) Land cover classification of Bogra district in Bangladesh using ALOS fully polarimetric PALSAR data. 60 : 57-5, 査読有
- 22 Songqie Deng, Masato Katoh 他 3 名 (2012) Effect of typhoon disturbance on carbon storage capability of old-growth natural *Chamaecyparis obtusa* forest in Akazawa, central Japan、中部森林研究 60 : 67-72,査読有
- 23 成瀬真理生、加藤正人(2012)衛星 Geo-eye1 画像を用いた上高地の植生解析、中部森林研究 60 : 81-82,査読有
- 24 井澤信太・加藤正人(2012)オブジェクトベースを用いた高山植生の分類 北アルプス常念岳を事例として、中部森林研究 60 : 83-84,査読有
- 25 石井隼人・加藤正人(2012)IKONOS 画像と森林 GIS を組み合わせた松くい虫被害値の解析 長野県上田市小泉地区を事例として、中部森林研究 60 : 85-86,査読有
- 26 松尾好高・加藤正人(2012)ラジコンヘリコプターを用いた信州大学農学部構内演習林の林分材積推定について、中部森林研究 60 : 87-88,査読有

〔学会発表〕(計 16 件)

加藤正人(2015)航空機レーザーによるヒノキ林の単木抽出、第126回日本森林学会大会、北海道大学、2015年3月27-29日、北海道

Masato Katoh, Yu Xiaowei (2015) Comparison between plot variable by ITD-based method of ALS and field data in Akasawa old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest, International symposium, Shinshu University,Nagano, Jan20, 2015.

Masato Katoh (2014)招待講演 Application of Jpn. Forest resource

management using RS/GIS/GPS, Finish Geodetic Institute, Helsinki, Finland, May28, 2014.

加藤正人 (2014) 森林リモートセンシング基礎から応用まで、第 125 回日本森林学会大会、東京大学、2014 年 3 月 27-29 日、東京都

Masato Katoh (2014) 招待講演 Application of Jpn. Forest resource management using RS/GIS/GPS, Bogor university, Indonesia, Mar05,2014

Masato Katoh, Francois Gougeon (2013) Application of a new tree species counting method using high-resolution satellite data in an old-growth, *C. obtusa* forest in central Japan, 第 34 回アジアリモートセンシング学会 (ACRS), Session A-7 SC-04, Bali, Indonesia Oct22, 2013.

加藤正人 (2013) 光学センサデータによる樹種別単木カウント法の本曾赤沢ヒノキ林への適用、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

加藤正人 (2013) 光学センサデータによる樹種別単木カウント法の本曾赤沢ヒノキ林への適用、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

成瀬 真理生、加藤正人 (2013) オブジェクトベースとピクセルベース分類により作成した植生図の比較 信州大学農学部構内演習林を事例として、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

小林 竜大、加藤正人 (2013) 航空写真からの Template Matching 法と Local Maximum Filtering 法を用いた樹頂点の検出と精度検証、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

近藤大将、加藤正人 (2013) 長野県南箕輪村大芝の森におけるラジコンヘリコプターを用いた間伐木選定に関する研究、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

Songqiu Deng, Masato Katoh, Qingwei Guan (2013) WorldView-2 データを用いた南京紫金山森林資源の解析、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

王 楠、加藤正人 (2013) GeoEye-1 衛星データを用いた赤沢ヒノキ老齢林バイオマス推定、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

Mohammad abdollah Al Faruq ·

Masato Katoh (2013) Madhupur における熱帯落葉広葉樹林の再生、第 124 回日本森林学会大会、岩手大学、2013 年 3 月 26-28 日、岩手県

Masato Katoh, François A. Gougeon, Shin-ichi Yamamoto, Naoyuki Nishimura, Daisuke Hoshino, Yunqing Li (2012) Verification of the accuracy of a new tree species counting method using high-resolution satellite data in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest in central Japan, ForestSAT2012, Oregon State University, USA, 9/11-15, 2012.

Masato Katoh (2012) 招待講演 Application of Japan Forest resource management using RS/GIS/GPS, Nanjing Forest University, Nanjing, China, July25, 2012

〔図書〕(計 2 件)

Juha Hyypä, Masato Katoh and others 14 (2015) Remote Sensing of Forests from Lidar and Radar. Remote Sensing Handbook: Land Resources, Monitoring, Modeling and Mapping, edited by Prasad Thenkabail, CRC Press. Taylor & Francis Group, 756pp. Printing, 査読有

加藤正人 編著 (2014) 森林リモートセンシング第 4 版 - 基礎から応用まで、J-FIC、429pp、東京、査読有

〔その他〕

ホームページ等

山岳科学研究所

<http://www.shinshu-u.ac.jp/institution/ims/>

研究所長

<http://www.shinshu-u.ac.jp/institution/ims/message.html>

研究室

<http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/finfo/>

加藤正人

<http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/finfo/intro/member/katoh/katoh.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 正人 (KATOH, Masato)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：40345757

(2) 研究分担者

大地 純平 (OOCHI, Jyunpei)

山梨県森林総合研究所・森林研究部・研究員

研究者番号：00536279