

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18580141  
 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森林資源の自動分類手法の開発  
 研究課題名（英文） Development of automatic classification method for forest resource management using advanced remote sensing data  
 研究代表者  
 加藤 正人（KATOH MASATO）  
 信州大学・農学部・教授  
 研究者番号：40345757

研究成果の概要：本研究は、次世代センシングデータである1m以下の高解像度の人工衛星や航空機データを用いて、森林資源の自動分類技術を開発に取り組んだ。海外の研究協力者と連携して、単木の樹冠抽出技術から本数、樹種、混み具合（疎密度）、ゾーニングの手法を半自動で分類する手法を開発した。成果は研究論文で公表する共に、国際学会で講演、特許申請を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	540,000	3,540,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学，森林科学

キーワード：森林管理，リモートセンシング，画像解析，樹種分類，樹冠抽出

## 1. 研究開始当初の背景

「樹種が人工衛星や航空機の情報から識別できれば、森林管理や調査が格段に効率化する。」

国有林や民有林では森林現況の把握に多大な労力を要している。森林資源調査の基本は、どの樹種が、何処に、どれだけの量あるかを調べることであるが、林道から離れた奥地森林では現況把握が困難である。現況把握に使用する空中写真は撮影間隔が5年以上と長く、即時性が薄れている。こうしたことから既存の森林計画図と調査簿からなる森林情報の精度が低いことが、森林管理上の大きな課題となっている。また、現場では森林

管理に携わる森林官、技術者が減少しており広域の森林の現状を客観的に上空から把握できるリモートセンシング技術に対する期待が大きい。

## 2. 研究の目的

人工衛星と航空機の1m以下の高分解能センサデータをもとに、以下の樹種分類技術の開発を行う。

(1) 多様な林相を持つ信州大学演習林において、ヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林とミズナラ、ホホノキ、クリを主とする広葉樹林を対象に、観測波長帯（バンド）が衛星と同様の4バンド（RGB、

IR) を持つ高解像度センサから、立木本数、単木の樹冠抽出を行う。

(2) ハイパースペクトルセンサ (60バンド以上の多波長観測) による樹種の有効波長帯の検出によって、樹種の分類を行う。さらに、樹冠縁をもとに、マスク処理から、樹冠占有面積と陰を含めたギャップ面積を割り出す。

(3) 樹冠の樹種分類画像を、林冠縁内の画素数の優占割合をもとに、樹種別の樹冠占有割合と本数を計算する。

(4) 現況と分類結果を比較し、検証する。ここで開発した手法を、高分解能人工衛星データに活用し、広域で高精度の森林資源情報の把握に活用する。

### 3. 研究の方法

本研究は、次世代リモートセンシングとして空間分解能力が 1m 以下の人工衛星と航空機センサデータを用いて、針葉樹人工林と有用広葉樹の分類に有効な波長帯の検出、立木本数、樹種別樹冠占有割合を作成する。解析方法は以下の通りである。

- (1) 多様な林相を持つ信州大学演習林において、ヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林とミズナラ、ホホノキ、クリを主とする広葉樹林を対象に、高解像度センサから、立木本数、単木の樹冠縁の抽出を行う。
- (2) ハイパースペクトルセンサ (多波長観測) による樹種の有効波長帯の検出によって、樹種の分類・抽出樹種分類を行い、樹冠縁をもとにマスク処理から、樹冠占有面積と陰を含めたギャップ面積を割り出す。
- (3) 樹冠の樹種分類画像を、林冠縁内の画素数の優占割合をもとに樹種を決定し、区分画像を作成する。樹種別の樹冠占有割合と本数を計算する。
- (4) 森林GISとの組み合わせにより分類結果と現況を比較し、エラーの抽出、修正を可能にする手法を開発する。
- (5) 同様の手法を高分解能衛星データに活用し、広域・高精度の森林資源把握に活用する。

### 4. 研究成果

2006年度は、観測波長帯 (バンド) が衛星と同様の4バンド (RGB、IR) を持つ高解像度センサから、信州大学演習林のヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林とミズナラ、ホホノキ、クリを主とする広葉樹林を対象に、以下の樹種分類技術の開発を行った。

- (1) 立木本数の自動抽出では、樹冠の頂点は太陽光の影響を受けて明るくなるので、局所最大値フィルタリング手法を

用いて樹冠頂点を抽出した。この手法は、樹冠の大きさとフィルタリングの大きさが等しい場合、精度が高くなった。これによって、画像に写る上層木の樹冠であれば、本数を自動カウントできる。

- (2) 海外研究協力者と共同で、次に、森林内の個々の樹冠の周囲は太陽光が到達しづらいことから、暗くなる。この原理を用いて樹冠周囲を抽出する Valley Following 法によって、単木の樹冠抽出を自動で行った。今までの面的な解析から個体識別が可能になった。
- (3) 単木の樹冠画像から、樹種ごとの反射特性を利用して最尤法により樹種区分を行い、樹冠区分図を作成した。森林内を単木レベルで樹種別の樹冠配置が分かることから、樹冠の大きさや混み具合から、間伐木の選定が可能である。また放置された人工林に侵入生育する広葉樹も分かることから、人工林の管理や生育状況を把握できる。
- (4) これら研究成果を、研究室の大学院に指導すると共に、「改訂森林リモートセンシング-基礎から応用まで-: 加藤正人編著」にまとめ、大学の講義や森林技術者向けの標準テキストとして出版した。

2007年度は、観測波長帯 (バンド) が衛星と同様の4バンド (RGB、IR) を持つ高解像度センサから、信州大学演習林のヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林を対象に自動分類技術の開発を行った。

- (1) 立木本数の自動抽出、単木の樹冠抽出を自動で行う方法、樹冠の抽出方法について取り組んだ。いずれの技術も日本で取り組まれていないことから、研究室の大学院生への技術指導、全国の若手研究者のための画像解析セミナーを夏休みに開催した (参加者30名)。
- (2) 2007年度の研究成果の公表は雑誌論文が13編である。国内外の学会で積極的に行っており、専門分野である日本森林学会で発表した。国際電気電子学会: 国際地理学とリモートセンシング連合学会 (IEEE, IGARSS) に申込み、講演採択され、2008年度7月にアメリカのボストンで講演予定である。
- (3) 研究の実用化を目指し、研究成果から森林内を単木レベルで樹種別の樹冠配置が分かること、放置された人工林に侵入生育する広葉樹も分かることから、災害に弱く、放置された不健全な人工林の管理や生育状況の監視への適用を試みた。
- (4) 本手法をもとに、産官学連携の共同研究、JSTのシーズ研究への申請を行った。日本宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が打ち

上げた国産衛星ALOS（だいち）を用いて、本手法を用いた人工衛星センサによる森林環境計測を先駆的に行っている。

2008年度は高解像度センサから、信州大学演習林のヒノキ、スギ、アカマツ、カラマツの針葉樹人工林を対象に以下の自動分類技術の開発を行った。

- (1) 樹種ごとにカラーで色分けした樹種別樹冠区分図を作成した(図1)。樹種の本数、混み具合をもとに森林現況を自動区分した(図2)。この林相区分図と現場で使われている小班を重ね合わせれば、現況の確認や既存の森林情報のエラー検出が可能になる。特に、人工林不成績地や間伐林分の抽出、ギャップ面積から植栽樹種の確保など森林管理業務に活用できる。
- (2) 研究成果の産業財産権の出願として、「樹種分類方法及び樹種分類システム、森林現況情報の作成方法及び森林現況情報の成システム、間伐対象区域の選定方法及び間伐対象区域の選定システム」について、2008年9月に特許申請を行った。その結果、企業から産官学連携の共同研究の問い合わせもあり、2009年度はJSTやNEDOへの共同申請(エコイノベーション等)を行い、研究の実用化を目指す考えである。
- (3) 研究成果の公表は雑誌論文が13編である。国内外の学会で積極的に行っており、専門分野である日本森林学会で発表した。国際電気電子学会：国際地理学とリモートセンシング連合学会(IEEE, IGARSS)に申込み、講演採択され、7月にアメリカのボストンで講演した。2008年度から英文ジャーナルに研究成果を積極的に投稿している。Journal of Forestry (2009) vol. 14(1)に最新研究成果が印刷された。

以上のように、本課題の成果について、研究開始当初の計画が遂行できた。得られた研究成果を筆頭著者として国内外の学会で発表し、英文ジャーナルへ投稿した。本研究成果は国内外で高分解能データの利用が進むこと、地球温暖化で森林資源の正確な把握が求められており、技術の応用が期待できる。高分解能データの自動分類技術はオリジナル性が高いことから、林学分野では珍しい特許申請を行った。さらに、人工林面積が増えているアジア諸国で利用ニーズが高くなることから、中国・韓国・インドネシアに国際特許申請をJSTに申請し、国際貢献と産学連携を目指す。2009年度に、基盤研究(C)が採択されたことから、技術の進展を図る予定である。

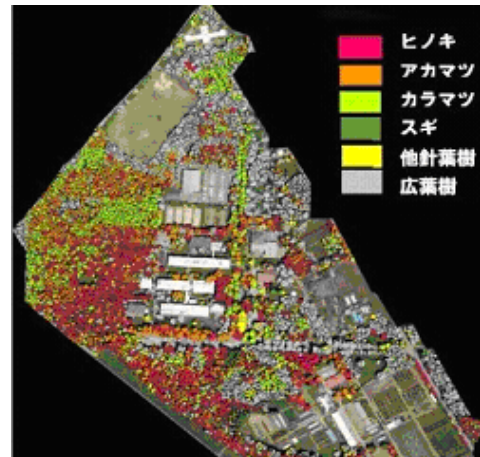


図1 樹種別樹冠区分図  
単木ごとに樹種で色分けして表示

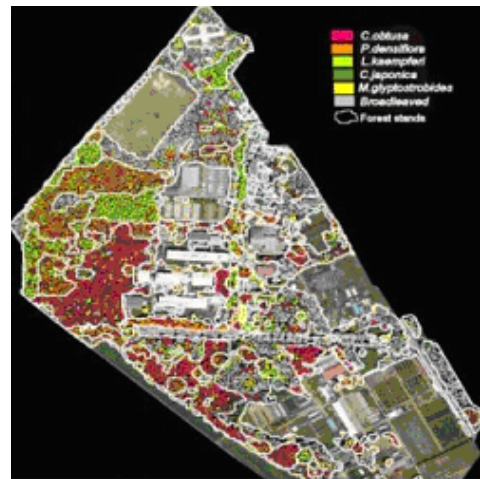


図2 森林現況の自動区分図(白色)  
樹種、本数、混み具合でゾーニング

## 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 34件)

- ① Masato Katoh, Francois Gougeon, Don Leckie, (2009) Application of high-resolution airborne data using individual tree crowns in Japanese conifer plantations, Journal of Forestry Research, 14(1) 10-19、査読有
- ② Sourovi Zaman, Masato Katoh, S.U.Siddiquee (2008) Red pine beetles: its attack and management process in Komagane city, Nagano

- prefecture, Japan, J. Environ. Science & Natural resources, 1(2):161-165 査読有
- ③ Masato Katoh (2008) Comparison of individual crowns among species in Japanese conifer plantations using airborne data for leaf-on and leaf off conditions. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2008, IEEE International, Vol : 3, III-800-803, 査読有
- ④ Masato Katoh (2008) Comparison of individual crowns among species in Japanese conifer plantations using airborne data. Geoinformation Forum 2008 English technical session, Yokohama, Japan association of surveyors, 3-5, CD-ROM, 査読有
- ⑤ Masato Katoh (2008) Forest observation from high spatial resolution image. Proceeding 6th international Symposium on Integrated Field Science, Integrated eco-system using remote sensing, Sendai, D2. 査読有
- ⑥ 加藤正人 (2008) 書評 農業リモートセンシング, 森林科学 52 : 63, 査読有
- ⑦ 加藤正人 (2008) 留学で学んだ留学生の心理, 岐阜連合大学院連合農学研究科広報, 16 : 10, 査読無
- ⑧ 徳田桃子・加藤正人 (2008) 長野県木曾駒ヶ岳におけるデジタル航空写真画像を用いた高山植物の把握-ハイマツの植生分類結果と精度検証-, 中部森林研究 56 : 241-244, 査読有
- ⑨ 和智明日香・加藤正人 (2008) 手良沢山演習林 GIS 活用に向けての資源量データ整備方法の検討, 中部森林研究 56 : 221-224, 査読有
- ⑩ 小川崇・加藤正人 (2008) ALOS 衛星を利用した伐採地における作業種ごとのヒストグラム解析, 中部森林研究 56 : 237-240, 査読有
- ⑪ Sourovi Zaman・加藤正人 (2008) Damage analysis of red pine beetle attacked area in Komagane city, Nagano prefecture using GIS, 中部森林研究 56 : 231-234, 査読有
- ⑫ 岡本篤志・加藤正人 (2008) 航空機 LIDAR と UCD 画像を用いた手良沢山ヒノキ人工林の蓄積量把握, 中部森林研究 56 : 235-236, 査読有
- ⑬ 成瀬真理生・加藤正人 (2008) 信州大学農学部構内演習林における代表的な鳥類と林相の関係性について, 中部森林研究 56 : 83-84, 査読有
- ⑭ 鋤柄雄司・加藤正人 (2008) GIS によるニホンジカ経年森林被害の把握-上伊那地区長谷村の民有林を事例として-, 中部森林研究 56 : 87-88, 査読有
- ⑮ 藤沢翠、高山範理、小山泰弘、加藤正人 (2008) 針葉樹人工林を対象とした林内照度のゆらぎと男子学生の心理的評価との関係, 日本造園学会誌 71 : 709-712, 査読有
- ⑯ 加藤正人、飯坂譲二 (2007) 航空機ハイパーデータによる針葉樹区分、写真測量とリモートセンシング 46(5) : 19-24, 査読有
- ⑰ 加藤正人 (2007) カナダで蘇った森林リモートセンシング研究、写真測量とリモートセンシング 46(2) : 1, 査読有
- ⑱ 藤澤翠、高山範理、大平辰郎、松井直之、朴範鎮、香川隆英、小山泰弘、井川原弘一、加藤正人 (2007) 森林浴に適した林内照度の特徴と管理方策に関する考察、一木漏れ日に特有のゆらぎとその特徴-, 中部森林研究 55 : 191-194, 査読有
- ⑲ 加藤正人 (2007) 森林環境と資源管理のためのリモートセンシング、森林技術 782 : 20-21, 査読有
- ⑳ 加藤正人 (2007) 日本の森林リモートセンシングはどう進むべきか、森林技術 781 : 2-6, 査読有
- 21 加藤正人 (2007) これからの森林情報システムの方向. 創立 45 周年記念誌, 6-11, 日本林野測量協会、東京、査読無
- 22 小川崇・加藤正人 (2007) SPOT 衛星を利用した木曾ヒノキの伐採照査-作業種ごとによる伐採精度の検証-, 中部森林研究 55 : 81-82, 査読有
- 23 徳田桃子・加藤正人 (2007) 木曾駒ヶ岳におけるデジタル航空写真画像を用いた高山植物の把握, 中部森林研究 55 : 83-86, 査読有
- 24 和智明日香・加藤正人 (2007) 手良沢山演習林 GIS 構築のための地図データ取得方法の検討, 中部森林研究 55 : 87-90, 査読有
- 25 山口健太・加藤正人 (2007) 地域の森づくりにおける GIS 利用の提案と課題-塩尻市贄川地区における意識調査アンケートからの考察-, 中部森林研究 55 : 95-96, 査読有
- 26 可知のどか・加藤正人 (2007) 構内演習林を中心とした森林資源の有効利用の可能性, 中部森林研究 55 : 111-112, 査読有
- 27 高橋清美・加藤正人 (2006) 季節変化による高木 10 種の樹葉の分光反射特性, 中部森林研究 54 : 159-160, 査読有
- 28 小川崇・加藤正人 (2006) SPOT 衛星を利用した木曾谷ヒノキ林の経年変化, 中部

- 森林研究 54 : 161-162、査読有
- 29 徳田桃子・加藤正人 (2006) 木曾駒ヶ岳の植生把握におけるリモートセンシング技術の活用について、中部森林研究 54 : 163-164、査読有
- 30 伊東宏樹・加藤正人 (2006) 信州大学構内演習林禁伐区と景観木の個体データベース作成、中部森林研究 54 : 131-132、査読有
- 31 和智明日香・加藤正人 (2006) GIS による手良沢山演習林データベースと施業管理システムの検討、中部森林研究 54 : 133-134、査読有
- 32 向山由美子・加藤正人 (2006) 森林認証 (FSC) 取得後の質的变化—山梨県有林と長野県・大岡県有林との事例比較—、中部森林研究 54 : 135-136、査読有
- 33 藤澤翠・高山範理・香川隆英・小山泰弘・井川原弘一・総谷珠美・加藤正人 (2006) 森林浴における光環境の快適性についての研究、中部森林研究 54 : 137-140、査読有
- 34 大地純平・加藤正人 (2006) 放牧の更新作業効果に関する研究-木島平村カヤノ平混牧林を事例として-、中部森林研究 54 : 141-142、査読有

〔学会発表〕 (計 4 件)

- ①加藤正人、森林リモートセンシングセンサー-人材育成と将来展望-、第 120 回日本森林学会、京都大学、2009 年 3 月 28 日
- ②Masato Katoh、Comparison of individual crowns among species in Japanese conifer plantations using airborne data for leaf-on and leaf off conditions、IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium、USA、Boston、2008 年 7 月 7-11 日
- ③加藤正人、航空機ハイパーセンサによる針葉樹のスペクトル特性、第 119 回日本森林学会、東京農工大学、2008 年 3 月 28 日
- ④加藤正人、日本の森林リモートセンシングはどう進むべきか、第 118 回日本森林学会、九州大学、2007 年 3 月 28 日

〔図書〕 (計 3 件)

- ①加藤正人 分担執筆「食と緑の環境科学」森林の癒しと保健機能、信濃毎日新聞社、196-201、2008、査読有
- ②加藤正人編著、改訂 森林リモートセンシング-基礎から応用まで-、2007、358pp、J-FIC、東京、査読有
- ③加藤正人 分担執筆「森林フィールドサイエンス」リモートセンシング、2006、44-49 朝倉書店、査読有

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

出願日：2008 年 9 月 30 日

出願番号：特願 2008-254520

発明の名称：樹種分類方法及び樹種分類システム、森林現況情報の作成方法及び森林現況情報の作成システム、間伐対象区域の選定方法及び間伐対象区域の選定システム

発明者：加藤正人、権利者：国立大学法人信州大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 正人 (KATOH MASATO)

信州大学・農学部・教授

研究者番号：40345757

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

①Oraf Nieman カナダ・ビクトリア大学・教授

②Joji Iisaka カナダ・ビクトリア大学・教授

③Francois Gougeon カナダ・太平洋森林センター博士

③Don Leckie カナダ・太平洋森林センター・博士