

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580358

研究課題名(和文) 高分解能衛星データと複数デジタルカメラを用いた森林動態の3次元モニタリング

研究課題名(英文) Monitoring canopy phenology using satellite data of high spatial resolution and three-dimensional photography of multi-camera

研究代表者

久保 守 (KUBO, Mamoru)

金沢大学・電子情報学系・助教

研究者番号：90249772

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間の3年間、6月から10月まで毎月1回、森林調査のために東京大学北海道演習林を訪問し、カラマツハラアカハバチによる食害が発生しているカラマツ林において、画角180度の魚眼レンズ付きの可視及び近赤外カメラを使って、毎回同じ位置・同じ姿勢で全天360度の範囲の林冠の状況を記録した。一つのカラマツ林において直線上の5地点で撮影を行い、季節変動スペクトルデータの取得、ステレオマッチングによる3次元計測手法および多時期データの画素レベルでの重ね合わせ最適化手法を考案し、実画像に適用して手法の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：During an outbreak of the larch sawfly in the University of Tokyo Hokkaido Forest, hemispherical photographs of canopy were collected monthly for monitoring defoliation, and analyzed changes in vegetation index.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：画像計測 森林工学 地理情報システム(GIS)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 森林の林冠構造を3次元的に把握することは森林生態系の研究や森林管理において大変重要な課題であるが、個々の樹冠の葉群構造を3次元で計測する技術は、まだ確立していない。近年、地上型および航空機レーザスキャナを使った森林プロファイル計測が研究開発され、その実用化が近いが、季節変化や年々変動などの森林動態のモニタリングにはカメラを使った光学的および空間的な分光反射特性の取得が不可欠である。

(2) これまでの研究において、高分解能衛星画像から樹冠抽出地図を自動的に作成する手法を開発しており、地上での3次元計測データと衛星樹冠地図を融合させることができれば、新しい森林管理システムの基盤技術になり、その構築が期待される。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究は、地上で複数のデジタルカメラを使ったステレオ画像計測技術により樹冠および葉群の3次元データを取得し、森林の高分解能衛星データを画像解析して単木レベルの樹冠抽出地図を作成し、これらを融合させた森林動態の3次元モニタリングを目的とする。

(2) 東京大学北海道演習林のカラマツ林のカラマツハラアカハバチによる食害調査区域を本研究の対象地とし、樹冠の季節変動および年々変動データを取得する。

### 3. 研究の方法

(1) 樹冠を林床の多視点からデジタルカメラで全天撮影し、ステレオマッチングの原理で樹木の枝や葉を同定して、3次元座標を算出する手法を開発する。

(2) 東京大学北海道演習林のカラマツ林のカラマツハラアカハバチによる食害調査区域において、樹冠の撮影を継続的に実施し、季節変動や年々変動などの森林動態を調査する。

(3) 次に、高分解能衛星データから自動的に作成した樹冠抽出地図と融合する。3次元座標に基づいて樹冠の葉群構造をコンピュータグラフィックス技術により立体的に再現し、これらのデータを効率的に管理・操作する森林GISを構築する。

### 4. 研究成果

(1) 研究期間の2011年から2013年までの3年間、6月から10月まで毎月1回、森林調査のために東京大学北海道演習林を訪問し、カラマツハラアカハバチによる食害が発生しているカラマツ林において、画角180度の魚眼レンズ付きの可視及び近赤外カメラを使って、毎回同じ位置で、水準器とコンパスを目視で確認しながら毎回同じ姿勢になるように独自の雲台を使ってカメラ回転軸を手動で調整し、全天360度の範囲の林冠の状況を記録した(図1, 2)。8か所の各調査区域のカラマツ林において直線上の5地点で撮影を行い、分光反射特性の季節変動データを取得した(図3)。

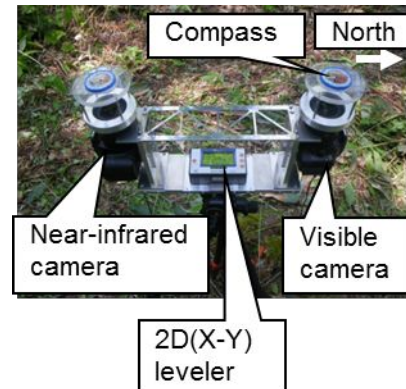


図1: 全天魚眼カメラ(可視・近赤外)

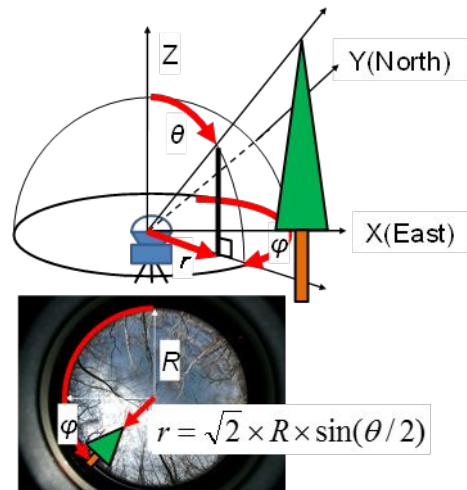


図2: 3次元空間・カメラ座標系と林冠画像

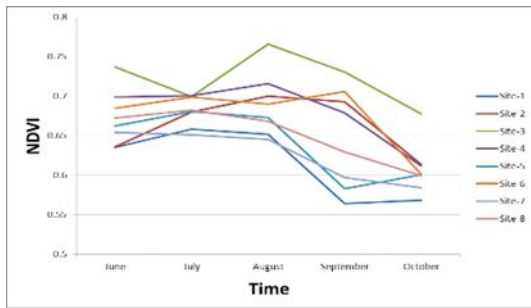


図3：植生指数 NDVI の季節変動

(2) ステレオマッチングによる3次元計測手法および多時期データの画素レベルでの重ね合わせ最適化手法を考案し、実画像に適用して手法の有効性が確認した。水準器とコンパスを使ってカメラ姿勢を鉛直上向きに調整するだけでは、多時期データを画素レベルで重ね合わせることが難しく、後処理として回転軸を自動校正する画像処理が不可欠である。

(3) さらに、樹木の位置と高さの測量データと林冠の魚眼写真を組み合わせたコンピュータグラフィックス手法を実現し、高分解能衛星データを下地にして、単木レベルの森林データを立体的に可視化して重ね合わせた3次元地理情報システム(森林GIS)を構築した。

(4) 本研究で取得した季節変動データは、連携研究者によるカラマツハラアカハバチの食害に対する樹木の動的抵抗反応に関する研究に利用され、食害度の定量的評価がなされた。

(5) 本研究で取得したスペクトルデータは、可視および近赤外カメラを使っているため分光反射特性の波長分解能が粗く、食害に対する樹木の動的抵抗反応の生化学的な組成分析との比較などに利用するには不十分である。そのためにはハイパースペクトルカメラを使った詳細な分光反射特性が有効である。また、樹木レベルの定量的評価は現在手動により行われており、画像処理による自動化が期待されている。カメラによる撮影は、太陽高度や天候による影響が避けられず、安定なスペクトルデータの取得が課題である。食害は長期化しており、今後も食害調査を継続して実施し、衛星データと融合させた森林GISを構築することに意義がある。

## 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3件)

- [1] 久保守, 清水翔平, 鎌田直人, 全天魚眼カメラの回転校正による多時期林冠画像の重ね合わせ, 第16回画像の認識・理解シンポジウム予稿集, SS6-19, 2013.
- [2] Mamoru Kubo, Sergey Gavrillov, Ken-ichiro Muramoto, Naoto Kamata, Analysis of fisheye photography for monitoring canopy structure during larch sawfly outbreak, Proc. IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 査読有, pp.6352-6355, 2012.
- [3] 櫻井孝洋, 久保守, 鎌田直人, 全天魚眼画像の回転パラメータ校正, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.112, no.335, pp.95-100, 2012.

〔学会発表〕(計5件)

- [1] 清水翔平, 櫻井孝洋, 久保守, 鎌田直人, 全天魚眼カメラによる林冠撮影とカメラ座標系の補正, 平成24年度電気関係学会北陸支部連合大会, F-49, 2012年9月1日, 富山県立大学
- [2] Gavrillov Sergey, 久保守, 村本健一郎, 鎌田直人, Evaluation of NDVI and SV variation over time using visible and NIR spectrum photography, 平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会, F-11, 2011年9月18日, 福井大学
- [3] 谷川陽彦, 久保守, パノラマ画像とCGの合成による森林の複合現実感, 平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会, F-70, 2011年9月18日, 福井大学
- [4] 日下翔太, 久保守, 村本健一郎, 鎌田直人, 多地点の森林全天魚眼画像における樹木同定, 平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会, F-71, 2011年9月18日, 福井大学

- [5] 櫻井孝洋, 久保守,  
魚眼カメラを用いた3次元計測におけるサブピクセルマッチングの検討,  
平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会, F-72, 2011年9月18日, 福井大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

久保 守 (KUBO, Mamoru)  
金沢大学・電子情報学系・助教  
研究者番号: 90249772

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

鎌田 直人 (KAMATA, Naoto)  
東京大学・農学生命科学研究科・教授  
研究者番号: 90303255