

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658024

研究課題名(和文) 高解像度衛星画像を用いた東南アジア農村景観汎用型土地利用分類手法の開発

研究課題名(英文) Land-use classification applicable to rural landscapes of Southeast Asia using very high spatial resolution satellite imagery

研究代表者

大久保 悟 (Okubo, Satoru)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号：30334329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：高解像度衛星画像を用いて、湿潤熱帯アジア地域へ適用可能な汎用的土地利用/被覆分類基準とその手法を試案した。土地利用図の存在する地域を対象に分類木解析を行った結果、いずれの地域でも、耕作地は樹林地や集落域とテクスチャ情報によって明確に分類できることがわかった。また、水田と畑地についても畦畔の存在からテクスチャ情報が異なっていること、このテクスチャ情報は水稻の生育ステージに影響されないことが明らかとなった。各地域で得られた分類木の構造を多地域間で比較したところ、分類の閾値は異なっているが、樹木の構造と分類に寄与する変数はほぼ同様で、汎用的な基準により土地利用分類が可能であると結論づけられた。

研究成果の概要(英文)：Monitoring land use/cover changes in humid tropical agricultural landscapes is crucial to establish sustainable rural developments. However, the characteristic spatio-temporal complexity of mosaic landscapes makes it difficult to obtain accurate land use/cover maps using single-dated and moderate-resolution remotely sensed images. In this study, we attempted to classify land use/cover by utilizing texture measures to improve object-oriented classification based on a single-dated QuickBird image. GLCM texture measures, especially entropy, improved classification accuracy in delineating paddy rice fields irrespective of the stage of rice growth. The classification rule set derived from the CART modelling was intuitively understandable: a whole image was divided into green or non-green texturally homogeneous or heterogeneous land use/cover classes, which seems to describe the fundamental nature of the characteristics of various land use/covers of agricultural landscapes.

研究分野：ランドスケープ科学

科研費の分科・細目：農学・園芸学造園学

キーワード：高解像度衛星画像 オブジェクト分類 分類木 テクスチャ情報

### 1. 研究開始当初の背景

湿潤熱帯アジア地域は、生物多様性の宝庫といわれているが、近年の市場経済化やグローバル化の影響を受け、天然林の農地転用や農業集約化が急速に進み、生物多様性損失が国際的にも問題となっている。この問題に対処し、持続的な農地開発を進める上でも、こうした急激な土地利用変化をモニタリングすることが重要といえるが、発展途上国のように、測量インフラが不十分で、アクセス性の乏しい遠隔地が多い地域では、人工衛星からのリモートセンシング画像を用いた土地利用/被覆分類が不可欠である。しかし、湿潤熱帯アジアの場合、一つ一つの土地利用範囲が非常に細かく、それらがモザイク状になっているため、これまでの中解像度（一ピクセルが10~30m）の衛星画像では正確な土地利用を捉えることができなかった。また、焼畑や年間複数期の水田耕作が行われているため、衛星画像から捉えられる土地被覆の状態は季節的および年次的にも変動が激しく、単時期の画像では農耕地の土地利用を分類することが困難であった。

こうした問題を解決するために、近年技術発展の著しい地表解像度が1m未満の高解像度衛星画像の有用性が示されているが、実際の土地利用/被覆分類では、従来のピクセルを単位とした分類手法の問題が多く指摘されており、高解像度画像に対応した新たな分類技術の開発が求められている。これまでいくつかの試みが行われているが、東南アジアスケールの多様な農業景観に適用可能な分類手法の一般化には至っていない。

### 2. 研究の目的

これまで、高解像度衛星画像を用いた新たな分類手法の開発はいくつかの試みが国際的にも行われているが、事例地域をベースにするものがほとんどであり、分類手法の普遍性評価や一般化の議論が進んでいない。また、実際の土地利用が得られない地域でも、推定分類が可能な分類基準についても十分な検討は進んでいない。

そこで本研究では、これまで個々の事例として開発されてきた、高解像度衛星画像を用いた新たな分類手法について、多地域への適用が可能な汎用的分類基準および手法の開発を目指す。具体的には、既往研究において有効性が示されている、近接した画像ピクセルを、色合いの類似性を基準の一つにまとめた画像オブジェクトをベースに土地利用/被覆分類を行う手法を活用しながら、単時期の画像を用いて、水田や焼畑農地などを精度高く抽出できる土地利用分類手法の開発を行う。さらに、東南アジアの農業景観を複数解析しながら、実際の土地利用に関する情報がない場合にも推定分類の可能な、東南アジアに汎用的な分類基準の開発も目指す。

### 3. 研究の方法

関連する研究者からの情報提供を頂きながら、既存の土地利用図および衛星画像の収集を行い、インドネシアジャワ島の2地域、中国海南島の3地域、タイ東北部の1地域を対象地とした。

既存および新規で入手した画像データ（いずれもDigitalGlobe社QuickBird2）について、位置情報を与え、他の地理情報データと重ね合わせが可能なように幾何補正の処理を行った。次に、Trimble社製eCognitionを用いて、画像データから輝度値の類似した画像オブジェクトを抽出するSegmentationプロセスを実行した。このプロセスには、類似するピクセルをオブジェクトにまとめるための閾値を決定するパラメータが複数必要で、このパラメータが適切なオブジェクト情報を算出するのに重要と言われていることから、多地域間の画像比較を行いながら、東南アジア農村域に適切なパラメータ推定方法を検討した。

光学センサーによる衛星リモートセンシングでは、可視光から近・中間赤外波長ごとに、太陽光の地表面反射量を輝度値として計測するが、衛星のセンサーで捉えられる各波長帯の輝度値は、撮影時点の太陽光の放射量や大気中での反射光、さらに地表面の斜面方位などに影響されるため、同じ土地被覆であっても撮影時期が違っただけで観測される輝度値が異なる結果となり、波長帯ごとの輝度値を絶対的な基準にして土地被覆を分類することは困難であった。この問題解決のために、大気や地形補正の手法も多く開発されているが、気象観測データや詳細な地形図を利用する必要があり、東南アジアを対象とした場合、こうした補正技術を適用することは困難である。一方で、本研究で目指す新たな分類基準と手法では、高解像度であるという特性を活かして、波長帯ごとの輝度値ではなく、隣接する複数のピクセルから構成される画像オブジェクトを単位に、輝度値の大小が作り出すパターンを定量（テクスチャ情報）化することで、異なる地域や時期にも適用可能な絶対的分類基準の抽出を試みた。まず、多地域間で共通してみられる、水田や農地、二次林、天然林などに該当する画像オブジェクトを、土地利用図を基にそれぞれの画像から統計処理が可能なように複数抽出し、波長帯（青、緑、赤、近赤外、可視光域のパンクロマティック画像）ごとの平均輝度値、任意の2つのバンド比を算出した。また、植生指数の画像や単波長ごとの画像を基に、Haralick（1979）による同時生起行列（GLCM：隣接するピクセル値の組み合わせによる頻度行列）を基にした各種テクスチャ情報を算出した。その情報を基に、多地域間の同一土地利用間での値の違い、他の土地利用との比較を行い、それぞれの土地利用を区分するための有効なテクスチャ情報の特定と、基準値推定を検討した。具体的には、植生指数とテクスチャ情報の大小から、画像の肌理が細かい耕作地

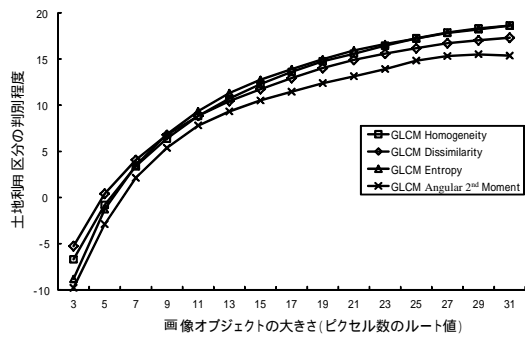


図 1. 土地利用分類に有効なテクスチャ情報と適正なオブジェクトサイズ (横軸は画像オブジェクト面積の平方根で、縦軸は土地利用区分間の度数分布の乖離程度を表す指数で、値が大きいほど乖離している、つまり土地利用間でテクスチャ情報が異なることを示している。凡例にある4つは GLCM によるテクスチャ情報の種類)

(その中でも画像の肌理が非常に細かい畑地と、畦畔の影響でテクスチャ情報から肌理が粗くなる水田)、画像の肌理が粗く植生指数の小さい集落域、肌理が粗く植生指数が大きい樹林地、といった分類体系を検討し、東南アジア農村地域に汎用な土地利用区分の標準化を試みた。

#### 4. 研究成果

画像データから輝度値の類似した画像オブジェクトを抽出するのに必要なパラメータ設定を検討した結果、同じ地域であっても、森林と農耕地で適切なパラメータが異なることが明らかとなった。そこで、画像の肌理を表すテクスチャ情報と植生指数を用いて、森林と農耕地、そして集落域を大きく分割した後、それぞれの土地被覆ごとにオブジェクトの再分類を行う方法が適していることが明らかとなった。ただし、画像オブジェクトが小さくなりすぎると安定したテクスチャ情報を得ることができず、土地利用区分が困難であることがわかった(図1)。一方、オブジェクトサイズが大きすぎても、一部に耕作地などを含んだオブジェクトになっているケースも多いことがわかった。そのため、セグメンテーションの際に大きなスケールパラメータでテクスチャの粗いオブジェクトを除きながら細かいセグメンテーションを行う方法が適当と考えた。

既存の土地利用図がある地域において、土地利用図を画像分類の参照データとしながら、水田や農地、二次林、天然林などに該当する画像オブジェクトをテストサイトとして複数抽出し、土地利用分類に有用な画像情報を分類木による解析した。その結果、いずれの地域においても耕作地(水田・畑地)は、樹林地や集落域といった土地利用とテクスチャ情報によって明確に分類できることがわかった。また、水田と畑地についても、水田畦畔の存在からテクスチャ情報が異なっており、テクスチャ情報を用いてある程度分

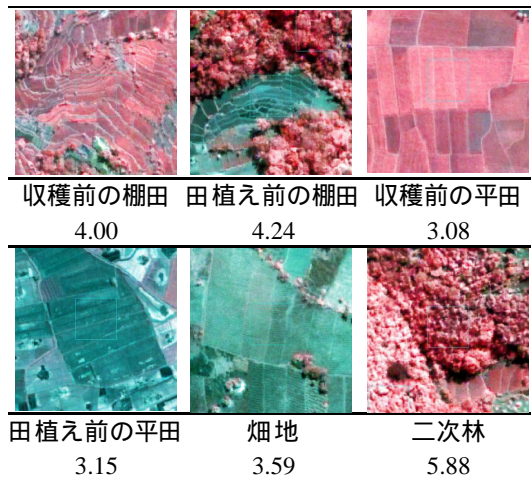


図 2. 高解像度衛星画像でみる各土地利用 (近赤外フォルスカラー合成) とテクスチャ情報 (GLCM エントロピー)。水稻の生育状態に関わらず棚田と平場水田でのテクスチャ情報は類似し、かつ、その他の土地利用の値と異なる

類可能であることがわかった。このテクスチャ情報は水稻の生育ステージに影響されないことから、一時点の衛星画像のみで水田分類が行えることを示す結果となった(図2)。

テクスチャの粗い樹林地や集落域は可視光の輝度値によって再分類可能で、とくに植生指数 NDVI が分類の変数として効果的であることがわかった。各地域で得られた分類樹木を多地域間で比較したところ、同じ変数で

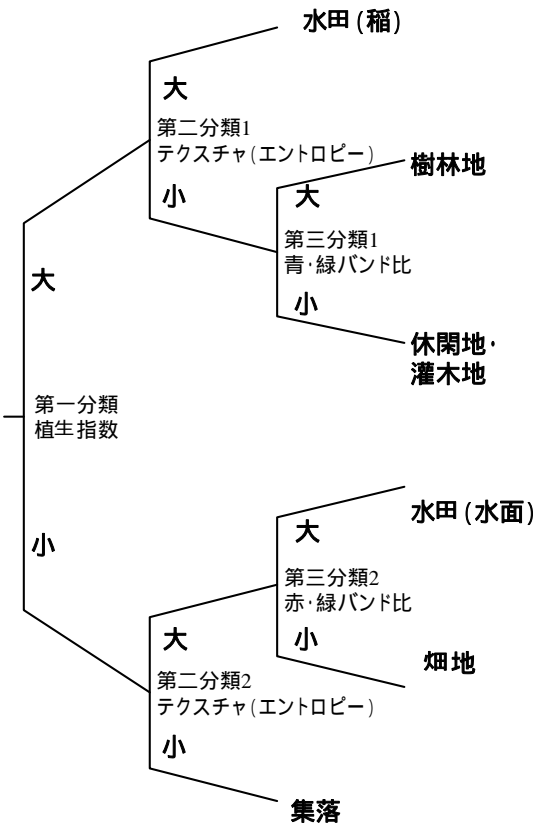


図 3. 対象地域に共通した土地利用分類基準。この図では第一分類で植生指数が、第二分類でテクスチャが判断基準となっているが、場合によっては両者が入れ替わるケースも存在した

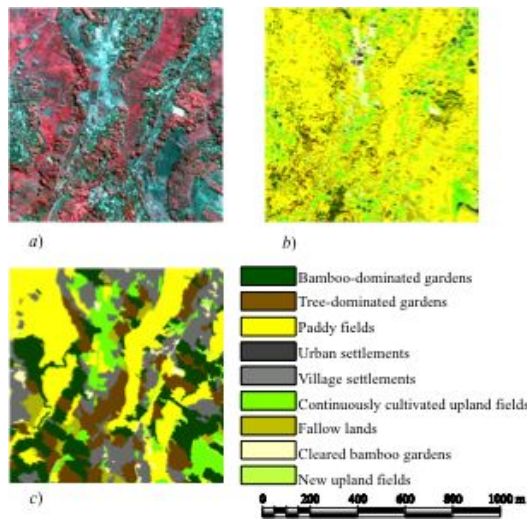


図4.土地利用分類の結果(インドネシア・ジャワ島の事例)。a)がフォルスカラー合成画像で、b)が従来のピクセル単位による教師付分類の結果、c)がオブジェクト単位の分類で、図3に示した各バンドの輝度値情報とテキストチャ情報を組み合わせた結果

あっても分類の閾値は異なっているが、樹木の構造はほぼ同様で、類似した変数により土地利用分類が可能であることがわかった。このことから、図3に示したような、多地域に適用可能な階層的な分類構造を提示することができた。図の表題にもあるように、第一分類と第二分類は入れ替わることがあることに留意が必要である。分類のしきい値については、各地域の独自の値を設定する必要がある。また、画像をオブジェクト化する部分が最終の土地利用分類結果にも大きく影響することから、適切なセグメント手法の開発が今後の課題であるが、図4に示したようにオブジェクト単位の分類が高解像度衛星画像の土地被覆/利用分類には不可欠であることが明らかとなった。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計1件)

Okubo S, Parikesit, Muhamad D, Harashina K, Takeuchi K, Umezaki M. 2010. Land use/cover classification of a complex agricultural landscape using single-dated very high spatial resolution satellite-sensed imagery. Canadian Journal of Remote Sensing 36: 722-736.  
DOI: 10.5589/m11-010

### 〔学会発表〕(計0件)

### 〔図書〕(計2件)

大久保悟. 2014. なぜ里山の生物多様性を守るのか? : 地域生態学から捉える. 「アジアの環境研究入門」, 東京大学出版

会, 東京, pp. 222-222

大久保悟. 2013. 農業生産システムを生態系として捉える: 生産と生物多様性保全の両立. 東京大学アジア生物資源環境研究センター編「アジアの生物資源環境学: 持続可能な社会をめざして」, 東京大学出版会, 東京, pp. 23-42.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大久保 悟 (OKUBO, Satoru)  
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教  
研究者番号: 30334329

### (2) 研究分担者

原科 幸爾 (HARASHINA, Koji)  
岩手大学・農学部・准教授  
研究者番号: 40396411