# オルソ数値画像データからのオブジェクトベースの森林作業単位空間の 自動抽出

芝 正己<sup>1\*</sup>·板谷明美<sup>2</sup>

## Object-oriented imaginary analysis for delineating forest operational site units from digital orthophotography

Masami Shiba<sup>1</sup> and Akemi Itaya<sup>2</sup>

**Abstract:** Forest operational planning is normally based on stands, owners or regional level as the primary unit of treatment. A forest landscape is a spatial mosaic of arbitrary boundaries containing distinct areas that functionally interact. Landscape structure refers to the relative spatial arrangement of patches and interconnections among them. In recent years, interest has been directed towards the use of smaller area units such that the formation of treatment units becomes part of the operational planning. This study explored the implementation of a multi-resolution segmentation approach to site qualify and stocking level estimation using an object-oriented eCognition and discussed the applicability of the proposed system to costal forest management.

#### 1 はじめに

平成20年10月に閣議決定された全国森林計画は, 森林の機能区分を従来の3区分(水土保全,森林と人 との共生,資源の循環利用)から7区分(水源涵養,山 地災害防止/土壤保全,快適環境形成,保健・レクリエ ーション,文化, 生物多様性保全, 木材等生産) へと, 森林のタイプや立地、利用、所有形態等の諸条件を包 括した総合的かつ高度な機能の発揮を求めている. そのため、地況・林況に関する精度の高い空間情報 の獲得は、陸域の森林や沿岸域の森林に共通した課 題となっている.現在,これらのデータを統合して 管理するためにGISは必須のツールとなっているが、 そのデータ収集においては、現地調査に代わるより 費用効果の高い方法が求められる. 航空写真をはじ めとしてリモートセンシングデータは、情報量や蓄 積量という面で有効な媒体であると言える(Suarez et al., 2005)

一方,最近のリモートセンシング技術は,解析方法や データ精度の向上に伴い,モザイク状の森林のパッチ 構造や小面積の林分単位での判別処理も可能となり, 資源量の推定からその動態や環境モニタリング等, 生態学的な解析利用にも応用できるようになってき た(Kerr and Ostrovsky,2003; Read *et al.*,2003; Turner *et al.*, 2003).ただし,データの分解能の問題点として, LANDSAT や SPOT など数十メートルの比較的大き い画素単位のスペクトル情報にもとづいて被覆属性の 分類が行われることであり,数メートルの画素サイズ の航空写真や高解像度衛星リモートセンシングデー タ(IKONOS や QuickBird など)では,属性単位で のスペクトルのばらつきや陰影のため,分類に誤り を生じる可能性が高くなる(Lalibert et al.,2004; 臼田 ら,2005).判別単位・形状に関して,矩形(画素・グ リッド)単位での分類では,地況や林況の形状が複 雑になればなるほど細部構造(境界や周辺域)をと らえることが困難となり,特に,河川や道路など線形 性の対象物では誤判別を生じやすいという問題があ る.

Definiens Imaging 社製 (ドイツ) のオブジェクト 指向型領域認識ソフト「eCognition」は、画像に記録 された属性を矩形単位ではなく,属性ごとに1つの まとまり(オブジェクト)として認識するアルゴリ ズムを有する.LiDARデータと航空写真を利用した樹 木個体の樹高の推定(Suarez et al., 2005),航空写真 を利用した乾燥草地への低木の進入の時系列解析 (Lalibert et al., 2004) など, その応用はまだ限定的で ある. eCognition の主な機能は,Segmentation (分割) と Classification (分類) であり、本研究で用いた Segmentation は色調・形状の特徴から得られる異質 性(Heterogeneity)を指標として領域を分割し、オ ブジェクトを認識する機能である.一方, Classification は分割されたオブジェクトを色調・形状などから属 性に分類する機能である (Definies Imaging Gmbh,2000).これらの機能は、高解像度データを用 いて複雑な森林の細部構造を把握するために有効で あると考えられる.

本研究では、冒頭で言及した森林の機能区分の変化に対応した本法の応用性という観点から,eCognitionのパラメータセット及び最小管理空間ユニットとして提案したOSU (Operational Site Unit)の自動抽出法の2点に絞って議論した.なお,本研究の一部は,森林利用学会誌の研究・技術資料として報告した.

#### 2 データおよび解析方法 2.1 解析対象地

解析対象地は、京都大学フィールド科学教育研究 センター・和歌山研究林(面積:842ha)で、有田川 支流湯川の上流域の標高 455~1261m に位置してい る.全域にわたって急傾斜地が多く、各所に岩石地や

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 琉球大学農学部教授, Professor, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0216 Japan

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>三重大学生物資源学部准教授, Associate Professor, Faculty of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiya, Tsu, Mie, 514-8507 Japan

<sup>\*</sup>Corresponding author: mshiba@agr.u-ryukyu.ac.jp

断崖が見られ、沢筋には滝も出現する.研究林内の潜 在的な森林植生は、暖温帯林上部から冷温帯林下部 の間に相当し、二つの植生帯の間に中間温帯林とい う主に太平洋側に特徴的に発達する植生を挟んでい る.全域のほぼ 50%が針葉樹の人工林である.(京都 大学フィールド科学教育研究センター,2005)

#### 2.2 解析データ

使用したデータは,対象地のカラー航空写真から作成したデジタルオルソフォトと数値地形図 DEM である.デジタルオルソフォト(解像度 4m)は RGB 各0~255 の輝度値をもつ画素からなり, DEM は 400~1300mの標高域からなるグリッドデータ(10mx10m)である.傾斜(0~90°)と斜面方位(0~360°)は, この DEM から算出した.

#### 2.3 解析方法

解析の流れを図1に示す.



図1:解析手順

まず, DEM から傾斜と斜面方位を GIS (ArcMap/ESRI, USA)を用いて算出した.次にデジ タルオルソフォトと標高,傾斜,斜面方位を eCognition に入力し、分割を行うためのパラメータ を設定し、輝度値、標高、傾斜、斜面方位の各特徴 を共有する OSU 領域に分割した.eCognition では色調 (輝度値)・形状の特徴をもとに領域分割を行うが, 標高,傾斜,斜面方位の各データについても輝度値 と同じように扱うことができる.eCognition は, 色調・ 形状の特徴から得られる異質性を指標として領域を 分割し、オブジェクトを認識する、そのためにはいく つかのパラメータを設定することが必要である.まず, Scale parameter を設定する.これは異質性の許容範囲 を示す最低サイズで、単位はもたない.解析データの 解像度に依存し、高解像度のデータでは特定のオブ ジェクトを認識するために大きな値の Scale parameter が必要となる.本研究では、分割結果を観察しながら

10~200 の値を用いて分割を試みた.次に, 色調 (Color) · 形状 (Shape) の評価の割合 (重み付け, 0~1)を設定する.オブジェクトの異質性は互いに独 立した Color と Shape の特徴を示す値の合計によっ て説明される.Color は輝度値の分散の総和として示 され, Shape は互いに独立した Smoothness と Compactness という 2 因子の特徴を示す値の合計か ら算出される.Smoothnessは周長と短辺の比によって 形状を評価し, Compactness は周長と画素数の平方 根の比で形状を評価する.最後に、これらの2因子の 評価の割合(重み付け,0~1)を設定する.これらの パラメータの設定には人間による分割結果の観察を もとにした試行錯誤が必要である(Lalibert et al., 2004; Suarez et al., 2005). そこで,対象地のデジタル オルソフォトに対し,1つのパラメータを変化させ、 他のパラメータを固定して土地被覆の分割処理を行 い、本解析データにおけるパラメータセットを検討 した.また,分割された領域の形状の特徴を比較する ためにフラクタル次元の Slope method (Diaz and Pons, 2004; Lovejoy, 1982) を用いた.

フラクタル次元(D)は周長と面積の以下の関係 式で示され(式(1)),Dは分割された領域の周長 と面積の対数の比が線形回帰することによって求め られる(式(2)).Dは1~2の値をとり,1に近い ほど単純な形,2に近いほど複雑な形であることを 示す.

$$\mathbf{P} \approx \mathbf{A}^{\mathrm{D}} \tag{1}$$

 $\log P \approx 1/2 \times D \times \log A$  (2)

P:周囲長,A:面積,D:フラクタル次元

## 3 結果及び考察 3.1 パラメータの設定

eCognition の各パラメータを変化させ、デジタル オルソフォトの輝度値を参考に土地被覆の分割を行 った.Scale parameter を大きくした場合(図 2),分割 数は大きく減少し(約 14000~70),平均面積は大き く増加し(約 0.1~25ha),形状は単純化した(平均 フラクタル次元:1.6~1.4).Shape の重みを大きくし た場合(Color の重みを小さくした場合)(図 3),分 割数は減少し(約 500~200),平均面積は増加し(約 4~10ha),形状は単純化した(平均フラクタル次元: 1.5~1.3).Smoothness の重みを大きくした場合 (Compactness の重みを小さくした場合)(図 4),分 割数(500 前後)や面積(4ha 前後)に特徴的な傾向 は認められなかったが,形状については若干複雑化 した(平均フラクタル次元:1.4).

以上の結果から、土地被覆の分割には Scale parameter の大きさ、Shape の重み付け (Color の重み 付け)の設定が重要であることがわかった.本研究で は、上述のパラメータのトライアル分析結果(設定 したパラメータの閾値に対する分割数,平均面積,フ ラクタル次元の増減傾向,変化率等)と、土地被覆を 属性ごとにオブジェクト分割して画像判読(周囲界・ 形状・模様等を参考)した結果の双方により、Scale parameter:70, Shape:0.2 (Color:0.8)、Smoothness: 0.5 (Compactness:0.5)のパラメータ値を決定した.



図 2: Scale parameter のコントロール結果 (Shape=0.2, Color=0.8, Smoothness=0.5, Compactness=0.5)



図 3: Shape の重み付けコントロール結果 (Shape parameter=70, Smoothness=0.5, Compactness=0.5)



図 4: Smoothness の重み付けのコントロール 結果 (Shape parameter=70, Shape=0.2 Color=08)

## 3.2 各データの分割

土地被覆の分割のために決定したパラメータが今 回用いた各データをどのように分割するのかを確認 するために、デジタルオルソフォト、標高、傾斜, 斜面方位の各データを決定したパラメータを用いて 分割した.

デジタルオルソフォトの輝度値を用いた土地被覆 の分割では、一部人間の目では細分できる箇所が分 割できていない場合もあったが、おおむね良好な分 割結果が得られた(図 5).



図5:土地被覆の分割結果例

標高の分割では、図で明らかなように、地形に沿っ た等高線の形状が再現できており、良好な分割結果 が得られた(図6).傾斜の分割では、60°以上の急 傾斜と他の傾斜はほぼ分割できているが、谷部付近 の比較的占有面積の少ない60°以下の領域は十分に 分割されておらず、分割に用いた各パラメータの組 み合わせ等を再考する必要があると考えられた(図 7).一方,斜面方位については、山体の斜面の広がり を示した領域が団塊ごとに明確に区画分類された(図 8).



図6:標高の分割結果例



図7: 傾斜の分割結果例



図8:斜面方位の分割結果例

斜面方位の各特徴を共有するOSU領域に分割した 結果を図 9 に示す.地勢線や水系,林冠部分の細部構 造を反映した良好な分割結果を与えている.森林の管 理や整備作業において経済性や効率性は重要な条件 となるが,同時に森林の生態系に対する配慮も欠くこ とはできない(Kerr and Ostrovsky,2003; Read *et al.*, 2003).得られた OSU 図は,解析対象地の陸・水域 の細部構造も良く捉えており,その意味で,生態系の 保全的な管理計画の基礎資料に利用できると考えら れる.



図 9: OSU の分割結果例

## 4 結論

本研究は、森林の細部構造を反映した最小管理ユ ニット OSU (Operational Site Unit) を自動的に判別 (属性ごとの分類・分割処理) するシステムの構築 を目指した.そのためにオブジェクト指向型領域認識 ソフト eCognition を用いて解析した.その結果,従来 のGISや画像の処理では困難であった属性ごとに1 つのまとまりとして領域を認識した分割が可能とな った.また、分割によって得られた境界線は、地勢線 や水系,林冠部分の細部領域を良く反映していた.こ れらのことから被覆植生や地形の均一性から OSU を判別することが効果的であることが確認された. 誤分類・分割を少なくするための画像データの選択 や前処理法, OSU を自動的に抽出するための最適パ ラメータの組み合わせと閾値の決定法,分割結果の精 度判定法等,本解析法の今後の改良点として明らかと なった.

一方,解析対象地の被覆属性(土地利用,植生)や空間スケール(広さ・形状・配置)は,本手法の応用性を制限するものと考えられるが,今回の解析事例から明らかなように,高解像度の衛星画像や DEM を供試データとすることを前提とすれば,沿岸域の森林や海岸林にも十分に利用可能であることを示唆している.

#### 引用文献

- [1] Definies Imaging Gmbh (2000) : eCognition professional USER GUIDE 4, pp.485.
- [2] Diaz D. R., Lloret, F. and Pons, X. (2004) : Spatial patterns of fire occurrence in Catalonia, NE, Spain, Landscape Ecology 19, pp.731-745.
- [3] Kerr, J. T. and Ostrovsky, M. (2003) : From space to species: ecological applications for remote

sensing, Trends in Ecology & Evolution 18, pp.299-305.

- [4] 京都大学フィールド科学教育研究センター
  (2005):京都大学フィールド科学教育研究センター・森林ステーション・和歌山研究林 HP. オン ライン, http://www.fserc.kais.kyoto-u.ac.jp/waka/gaikyou.html).
- [5] Lalibert, A. S., Rango, A., Havstad, K. M., Paris, J. F., Beck, R. F., Mcneely, R. and Gonzalez, A. L. (2004) : Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico, Remote Sensing of Environment 93, pp.198-210.
- [6] Lovejoy, S. (1982) : Area-Perimeter relation for rain and cloud areas, Science, 216, pp.185-187.
- [7] Read, J. M., Clark, D. B., Venticinque, E. M. and Moreira, P. (2003) : Application of merged 1-m

and 4-m resolution satellite data to research and management in tropical forests, Journal of Applied Ecology, 40, pp.592-600.

- [8] Suarez, J. C., Ontiveros, C., Smith, S. and Snape, S. (2005) : Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry, Computers & Geosciences, 31, pp.53-262.
- [9] Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. and Steininger, M. (2003) : Remote sensing for biodiversity science and conservation, Trends in Ecology & Evolution, 18, pp. 306-314.
- [10] 臼田裕一郎・田口仁・渡部展也・福井弘道・李 雲慶(2005):オブジェクト指向型土地被覆分類 のための領域成長法による画像分割の最適化, 写真測量とリモートセンシング,44(1), pp.36-43.
  - 〔受付 平成23年3月16日, 受理 平成23年11月18日〕