

## IKONOSデータとeCognitionを用いた樹種分類 —秋田県米内沢での事例—

栗屋善雄・古家直行・高橋興明（森林総研）

**要旨：**東北森林管理局旧米内沢営林署管内の2, 3, 4林班を対象にして, 2003年6月9日撮影のIKONOSデータ(パンクロ, マルチスペクトル)を用いて画像分類ソフトeCognitionで森林をスギ, カラマツ, ブナ, 落葉広葉樹に分類した。分類に先立ち主成分分析法, 乗算演算(Multiplicative)法とBrovey法の3つのパンシャープン化法について検討したところ, Brovey法では解像度が高く判読しやすい結果が得られた。セグメント化について検討したところ, Brovey法の結果で樹冠形状を良く表したセグメント化が可能で, スケールパラメータ(SP)を変えたところ, セグメントが大きくなるほど複数の樹種や架線集材跡がひとつのセグメントに混在し, 思い通りにセグメントを構成することが困難なことが分かった。SPを10とすると樹冠レベルで分類を行えるメリットがあり, 閉鎖したスギ林と落葉樹を容易に分類できたが, スギと広葉樹が混在する場合はカラマツに誤分類された。セグメント化は不定形画素を構築することを意味し, 混合画素を排除するとともに分類によって生じるノイズが画素単位の分類よりも少なくなることが伺われた。

**キーワード：**eCognition, IKONOS, 樹種分類, セグメント, パンシャープン

### I はじめに

今日, 林業従事者は減り続けているため(10)森林管理に向けられる労力は減少し, 個々の森林の実態を把握することが困難になってきている。一方, 多雪地帯では雪のため人工林での植栽木の成長が阻害され, 成林できずに落葉広葉樹におきかわる林分が多く生じる(9, 2)。このような理由により, 衛星データを用いて広域で樹種を分類して更新状況を把握できれば, 森林管理にとって有用な情報になりえる。

人工衛星に搭載された可視赤外放射計のデータを用いれば, 広域での土地被覆の状況を分類できる。森林についての研究は古くはランドサット衛星のデータを利用した実務レベルでの森林タイプ分類(3)や, 分類アルゴリズム別の森林タイプの分類精度比較(4)など数多い。しかしランドサットThematic Mapperの30m程度の地上分解能では森林を詳細に分類することは難しく, 項目を限って分類し, 地理情報を活用して植栽木の成長実態を明らかにするような解析が実用的である(1)。一方, 従来は画素を単位に分類していたが, 今日では林分というまとまりで分類することが求められている。例えば樹冠を識別できる高地上分解能の航空機データを利用して, 樹冠や樹群を単位として樹種が分類される(5, 6)。また, 樹冠のような同質の物体を識別して分類するオブジェクト指向型の市販のソフトウェアも登場している。

1999年にIKONOSが打ち上げられて以来, 高地上分解能の衛星データでも, 樹木の個々の樹冠を識別できる

ようになり, 森林関係者の注目を集めている。注文撮影で撮影費用が高価なことから日本列島全体がIKONOSデータでカバーされるまで5年余りを要したが, 近年は森林管理を目的に撮影されるケースもある。高価なこと, 単木レベルの解析には従来の画素ベースの解析法は適していないことから, IKONOSデータの数値解析の結果を森林管理に利用する機会は少ない。

そこで, 本研究ではオブジェクト指向の分類ソフトであるeCognition(DEFINIES Imaging, Germany)とIKONOSデータを用いて樹種分類を行い, それぞれの有用性について検討した。

### II 対象地とデータ

秋田県北秋田郡森吉町にある東北森林管理局旧米内沢営林署管内国有林の2, 3, 4林班(北緯40°03', 東経140°31')に研究対象地を設定した。対象地は標高180~520mの山岳地で, 傾斜が30°を越えるような急斜面も多い。対象地における主要な自然植生はブナなどの落葉広葉樹であり, 人工林はほとんどがスギ林だが, 若干のカラマツ林が存在する。この地域は豪雪地帯に位置して, スギ造林が極めて困難な地域である(9)。

解析に用いた衛星データはIKONOSの簡易オルソデータで, 2003年6月9日に撮影された。地上分解能1mのパンクロデータと, 4mのマルチスペクトルデータを解析に用いた。観測の諸元は, 観測方位角: 68.3°, オフナディア角: 6.5°, 太陽方位角: 140.1°, 太陽高

Yoshio AWAYA, Naoyuki FURUYA, Tomoaki TAKAHASHI (Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunotsato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687) Tree species classification using IKONOS data and eCognition – A case study at Yonaizawa in Akita Prefecture –.

度：69.5°だった。

縮尺1/5,000の森林基本図から国有林の林小班界をベクトル化して、1997年計画編成当時の調査簿とリンクして森林GISを構築した(1)。

### Ⅲ 解析方法

IKONOSのマルチスペクトルデータ(近赤外, 赤, 緑)とパンクロデータに対して, 主成分分析法, 乗法演算(Multiplicative)法およびBrovey法の3つのパンシャープン化法を適用してパンシャープン画像を作成し, 詳細さと色調の観点から判読により画像分類に適した方法を評価した。以下では各画像を主成分パンシャープン, 乗算パンシャープン, Broveyパンシャープンと呼ぶ。

各パンシャープン化法の概要は次のとおりである。主成分分析ではマルチスペクトルデータの各チャンネルの明るさが第1主成分に集約されるので, これをパンクロチャンネルに置き換えて逆変換を施すことでパンシャープン化を行う(主成分分析法)。マルチスペクトルデータの第1主成分とパンクロデータが持つ情報が同一と見なせる場合, これらを置き換えることによってスペクトル情報を保持したままパンシャープン化が可能になる。

乗算演算法は(1)式で示されるようにマルチスペクトルデータの各チャンネルにパンクロデータを掛け合わせて, パンクロデータの明度の情報をマルチスペクトルデータに組み込む方法である。

$$DN_{ch}' = DN_{ch} \times DN_{pan} \quad (1)$$

ここで,  $DN_{ch}$ はマルチスペクトルデータの各チャンネルでのデジタルナンバー(DN),  $DN_{pan}$ はパンクロデータのDN,  $DN_{ch}'$ はパンシャープン化されたマルチスペクトルデータを示す。乗算演算法では単純に2つのデータを掛けているだけなので, 明るい画素は相乗的に明るくなる。

Brovey法は(2)式を用いて, ヒストグラムの頻度の少ない暗い部分と明るい部分を強調する方法である。

$$DN_{ch}' = DN_{ch} / (DN_{nir} + DN_r + DN_g) \times DN_{pan} \quad (2)$$

ここで,  $DN_{nir}$ ,  $DN_r$ ,  $DN_g$ は近赤外と赤と緑のチャンネルのDNで, 例えば $DN_{ch}$ に $DN_{nir}$ を割り当てれば近赤外チャンネルがパンシャープン化される。この方法では右辺 $DN_{ch} / (DN_{nir} + DN_r + DN_g)$ の項がDNを正規化しているため, 元のスペクトル情報は正しく保たれない(7)。

eCognitionでは分類の前処理として画像をセグメント化するが, 主成分パンシャープンとBroveyパンシャープンをセグメント化して, その結果が画像分類に適しているかを判読により評価した。さらにBroveyパンシャープンを対象にeCognitionのスケールパラメータ(SP)を3通りにかえて, 異なるセグメントサイズの得失について評価した。

森林GISを用いて調査簿からスギ, カラマツ, ブナ, 落葉広葉樹の4樹種からなる調査簿樹種マップを作成した。調査簿樹種マップを確認しながらBroveyパンシャープンのSP10に対して, 上記4樹種とその他(森林以外の裸地など)の項目についてトレーニングエリアを選定して, eCognition中の最短距離法を用いて植生を分類した。分類結果と調査簿樹種マップを比較集計するとともに判読によって分類結果を評価した。

本研究ではeCognitionのシェープパラメータを0.1, コンパクトネスを0.5, スムースネスを0.5に固定してSPのみを変化させた。画像解析にはImagine(Leica Geosystems, Swiss)を併用した。

### Ⅳ 結果と考察

1. パンシャープン化 それぞれの方法でパンシャープン化した画像の特徴は次の通りだった。1) 主成分パンシャープンは詳細さに乏しくカラーバランスが悪かった。2) 乗算パンシャープンはかなり詳細だったが, カラーバランスが悪かった。3) Broveyパンシャープンは解像度が高くカラーバランスが良く, 判読しやすかった。

2. セグメント化 異なるパンシャープン画像については, 同じSPに対して主成分パンシャープンの場合はBroveyパンシャープンの場合よりもセグメントが小さくなる傾向が認められた。BroveyパンシャープンではSPが10程度で落葉広葉樹の樹冠レベルでのセグメントが形成され, セグメントの形状も樹冠に良く一致した。一方, 主成分パンシャープンでは不定形のセグメントが形成され, Broveyパンシャープンとはセグメントの形状が異なった(図-1)。

セグメントサイズは分類結果を左右する重要な要因であるが, Brovey法による画像で比較的良好なセグメントを形成できたので, SPを10, 20, 50と変化させてセグメントの大きさと形がどのように変化するかを検証した(図-2)。SP10の場合はスギの壮齢林で5~10本程度, 大径の広葉樹で1本程度の樹冠から成るセグメントが形成された。SP20の場合は, スギの壮齢林で30本前後, 大径の広葉樹で2~3本程度の樹冠から成るセグメントが形成された。SP50の場合は, スギの壮齢林で数十から100本程度, 大径の広葉樹で30本程度の林分レベルでのセグメントが形成され, 同一セグメント内にスギと広葉樹や架線集材の時の伐開跡が混在するなど, セグメント内の不均一性が高くなった。SPはセグメントの大きさに影響するが, SPが大きいほど思い通りのセグメントに分割することが難しかった。このためSPを10として樹冠レベルでの分類について検証した。

3. 樹種分類 eCognitionはセグメント単位でトレーニングエリアを設定し, 分類を行う。セグメント毎にセグメント内の画素の平均値を算出して, 最短距離法による

分類に利用する。このため、セグメントは不定形画素と見なせ、混合画素が生じにくい利点がある。従って前述の理由から高地上分解能データの場合、セグメントのサイズは樹冠程度に留めたほうが分類精度を高められる可能性が高い。なお、各画素がセグメントに組み込まれるため画素が独立して残らないので、分類結果に単独画素によるノイズが発生しないこともセグメント化の利点である。

調査簿樹種マップと分類結果(図-3)を比較したところ、分類項目間の対応は決して良くはなかった(表-1)。加えてBrovey法画像と比較すると、以下の傾向が明らかになった。

1) スギは落葉樹とスペクトルが明らかに異なるため、樹冠の閉鎖したスギ林を正確に分類できたが、落葉広葉樹と混生している場合は、カラマツとして分類されている場合が多かった。

2) カラマツ林の多くは落葉広葉樹に分類されていた。多雪地帯のためうまく成林していないか、葉量が少なく下層植生が多いのでスペクトルが落葉広葉樹に似ているためと考えられるが、原因は明らかではない。

3) ブナは他の落葉広葉樹と入り組んで現れた。両者のスペクトルが似ているため、ブナだけを抜き出すことは難しいと思われる。従ってブナと落葉広葉樹をまとめて、落葉広葉樹としたほうが適切である。

広葉樹は樹冠を大きく張り出すことから、小班をまたがる樹冠が存在して小班の広がりや樹種の空間的な広がりが一致しないケースがあり、これが項目間の対応(表-1)を悪化させる一因だった。

Brovey法では画素値を正規化するが、これは地形効果の補正法としても利用されている(8)。正規化によってスペクトル情報が保持されない欠点があるが、スペクトルの形が似通った被覆物の間では波形が相似的なままDNが補正される。このため、森林内を対象とする場合のようにスペクトルの似た画素を対象に分類を行う場合は、正規化の影響は比較的小さいと考えられる。しかしながら、今後、分類精度への正規化の影響を検討する必要があるだろう。

## V おわりに

Brovey法を用いたIKONOSデータのパンシャープン画像には樹冠が詳細に現れており、eCognitionによるセグメント化が有効だった。常緑樹と落葉樹を分類することは比較的容易で、スギの成林状況をマッピングすることは可能だろう。今回用いたIKONOSデータは太陽高度が高い時に撮影されており、地形の影に配慮しなかったが、影の影響はあまり感じられなかった。1m画素での日射量の補正は困難なことから、様々な条件で観測されたデータを用いて、影の影響を検証する必要があるだろう。

表-1 分類結果と調査簿の比較(単位:%)

|      |       | 調査簿   |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       | スギ    | カラマツ  | ブナ    | 落葉広葉樹 |
| 分類結果 | スギ    | 31.9  | 8.5   | 7.7   | 8.2   |
|      | カラマツ  | 17.8  | 24.0  | 6.6   | 7.5   |
|      | ブナ    | 31.9  | 40.2  | 42.3  | 37.4  |
|      | 落葉広葉樹 | 17.7  | 26.9  | 43.0  | 45.8  |
|      | 裸地など  | 0.6   | 0.4   | 0.4   | 1.0   |
|      | 合計    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

## 引用文献

- (1) 粟屋善雄, 西園朋広(2005) 多雪地帯スギ人工林での落葉広葉樹混交実態の把握-ランドサットTMデータと森林調査簿情報を用いた解析-. 日林誌 87(6): 293-303.
- (2) 豪雪地帯林業技術開発協議会(編)(2000) 雪国の森林づくり-スギ造林の現状と広葉樹の活用-. 189pp, 日本林業調査会, 東京.
- (3) HÄME, T. (1984) Landsat-aided forest site type mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 50: 1175-1183.
- (4) HUDSON, W.H. (1987) Evaluation of several classification schemes for mapping forest cover types in Michigan. Int. J. Remote Sensing 8: 1785-1796.
- (5) LECKIE, D.G., GOUGEON, F.A., WALSWORTH, N., and PARADINE, D. (2003) Stand delineation and composition estimation using Semi-automated individual tree crown analysis. Remote Sensing of Environment 85: 355-369.
- (6) LECKIE, D.G., GOUGEON, F.A., TINIS, S., NELSON, T., BURNETT, C.N., and PARADINE, D. (2005) Automated tree recognition in old growth conifer stands with high resolution digital imagery. Remote Sensing of Environment 94: 311-326.
- (7) LEICA GEOSYSTEMS, Erdas Field Guide 7th edition (ESRI Japan監訳日本語版). 162-163pp., Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, USA.
- (8) 小野朗子・藤原 昇・小野厚夫(2002) Landsat/TMスペクトル値の正規化による地形効果と大気効果の抑制. 日本リモートセンシング学会誌22(3): 318-327.
- (9) 小野寺弘道(1990) 雪と森林. 81pp, 林業科学技術振興所, 東京.
- (10) 林野庁(2002) 図説 森林・林業白書 平成13年度. 336pp, 農林統計協会, 東京.

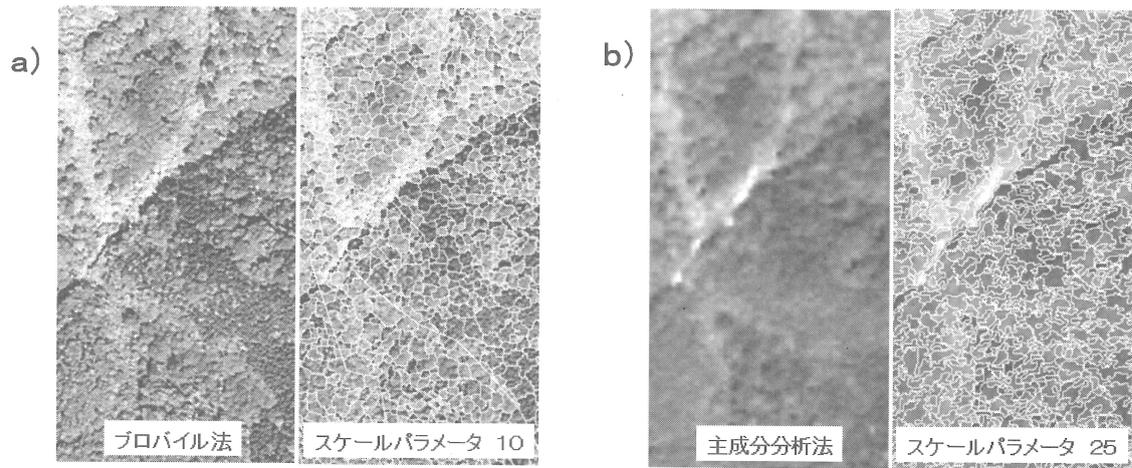


図-1 異なるパンシャープン法に対するセグメント（図中白線）の形状。

a) Brovey法のパンシャープン画像とSP10によるセグメント。b) 主成分分析法のパンシャープン画像とSP25によるセグメント。Brovey法では丸みを帯びた樹冠を思わせる形状だが、主成分分析法では入り組んだ不定形である。©JSI

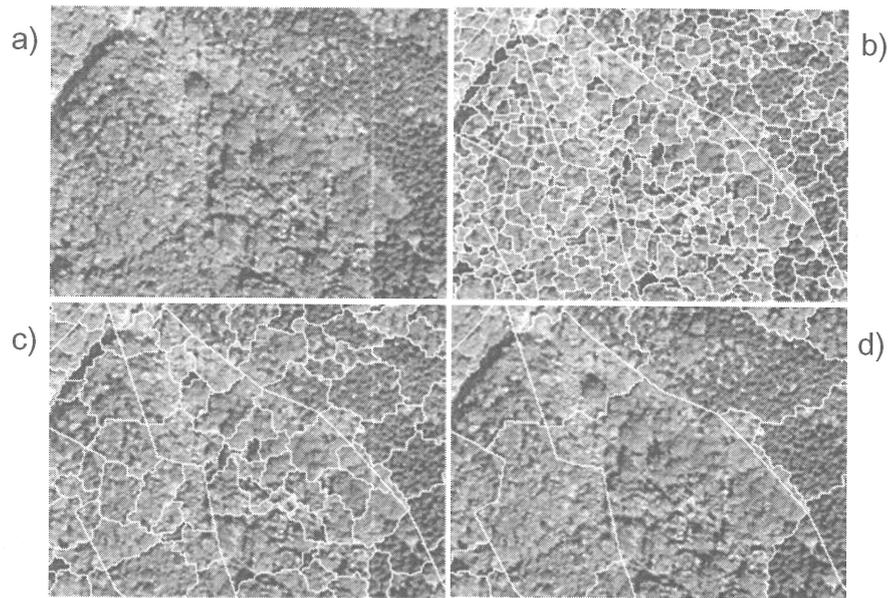


図-2 スケールパラメータによるセグメントサイズの違い

a) Brovey法によるパンシャープン画像, b) SP10の場合, c) SP20の場合, d) SP50の場合。©JSI

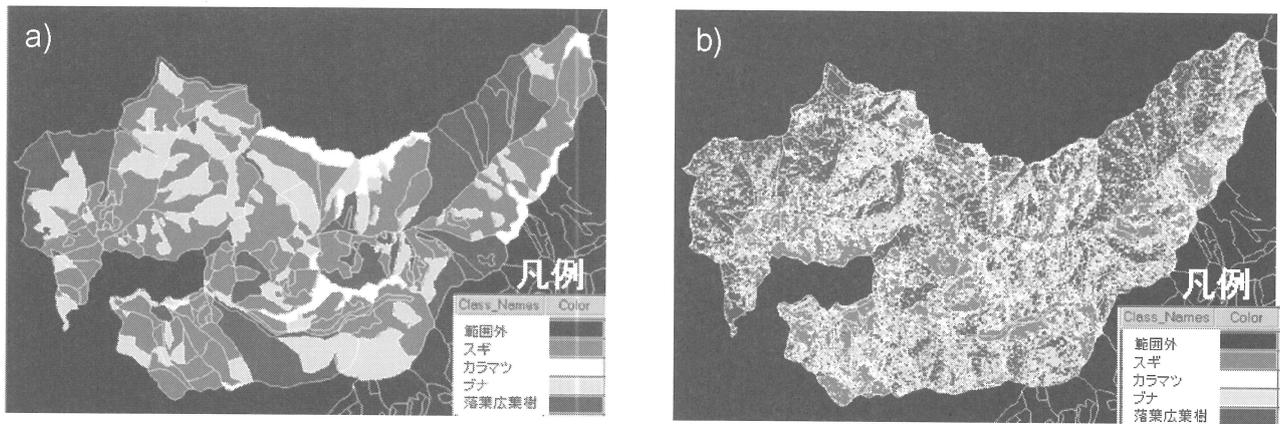


図-3 調査簿と分類結果の比較

a) 調査簿から作成した樹種マップ, b) BroveyパンシャープンをSP10でセグメント化し最短距離法で分類した結果。©JSI