

## 速報

LANDSAT ETM と MODIS データを利用した常緑・落葉広葉樹林の分類<sup>\*1</sup>齋藤英樹<sup>\*2</sup> ・ 鹿又秀聡<sup>\*3</sup> ・ 山田茂樹<sup>\*2</sup>

キーワード：LANDSAT ETM データ、MODIS データ、落葉広葉樹林、リモートセンシング、分類

## I. はじめに

森林の炭素固定能力は森林タイプによって差があるので、炭素収支評価のためには森林タイプごとの分布をマッピングする必要がある。しかし、現在発行されている地図では、全国統一基準で常緑広葉樹林と落葉広葉樹林を分類した地図は存在しない。LANDSAT、SPOT、ALOS といった中分解能衛星は、空間分解能が10m-30m と、現場レベルの実用には十分な解像度とは言えないが、データの価格が安くまた観測範囲が60-180km と広域を把握できることから全国を統一基準で把握するデータとして利用できる。

常緑林と落葉林の分類では、夏季と冬季に取得された2時期あるいは多時期のデータを用いて、落葉林の着葉期と落葉期の反射スペクトル特性の違いを利用する手法が一般的に用いられている(Wolter 1995, Dymond 2002)。しかし、冬季に取得された画像では、太陽高度が低くなるため山岳地域においては、陰を生じ解析が困難となる。これは、宮崎県北部のような地形が急峻な地域において大きな問題となる。一方で、NOAA や MODIS といった高頻度観測衛星は、空間分解能が250m-1km と低いものの、ほぼ毎日観測を行っており、NDVI 最大値合成処理等を行うことで雲の影響を受けない季節変化情報を得ることができる。

本研究では、夏季に取得されたLANDSAT ETM データから得られるスペクトル情報と MODIS NDVI データから得られる季節変化情報を組み合わせて常緑広葉樹林と落葉広葉樹林の分類を行い、その有効性と問題点を明らかにした。

## II. 対象地および使用データ

本研究では、対象地を高標高地域に落葉広葉樹林が、低標高地域に常緑広葉樹林が分布する、祖母・傾山周辺地域に設定した(図-1)。この地域には、他にスギ、ヒノキ林を中心とした人工林が分布している。この地域では、山頂付近にブナ林が分布しているが、その分布の南限近くであり、温暖化による影響が危惧される。

分類に用いたLANDSAT ETM データは2002年5月25日に取得されたものを用いた。図-2に研究対象地のLANDSAT ETM 画像を示す。LANDSAT ETM は、可視域に3バンド、近赤外域に1バンド、短波長赤外域に2バンド、熱赤外域に2バンドの他、空間分解能15mの高解像度モードのバンドを持っている。今回の解析で使用したバンド3, 4, 5は、空間分解能は約30mであり、観測範囲は約180km 四方である。MODIS NDVI データは、2002年1月から12月に取得され、空間分解能が500m にリサンプルされた16日間NDVI 最大値合成画像を用いた。また検証用データとして環境省の第6回・第7回自然環境保全基礎調査植生調査情報提供ホームページよりダウンロードした2次メッシュの環境省植生図を用いた(図-3)。この植生図の縮尺は、2万5千分の1である。本研究に用いたのは、豊後柏原、小原、祖母山、見立、木浦鉦山、大菅、祝子川の7枚の図葉である。



図-1. 研究対象地

<sup>\*1</sup> Saito, H., Kanomata, H. and Yamada, S. : Classification of evergreen and deciduous broad leaf forests using Landsat ETM and MODIS data.

<sup>\*2</sup> 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

<sup>\*3</sup> 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

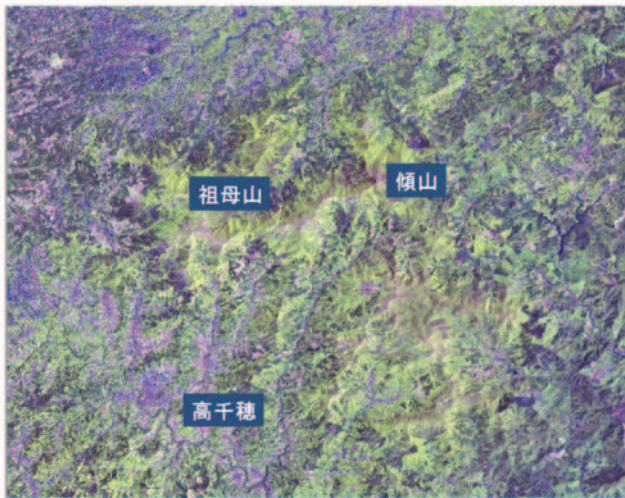


図- 2. 研究対象地の LANDSAT ETM 画像

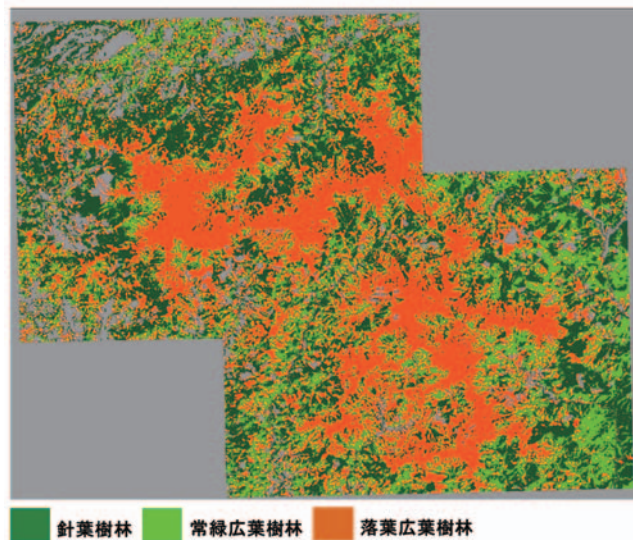


図- 4. ETM 分類結果 (マハラノビス距離法)  
LANDSAT ETM バンド3, 4, 5

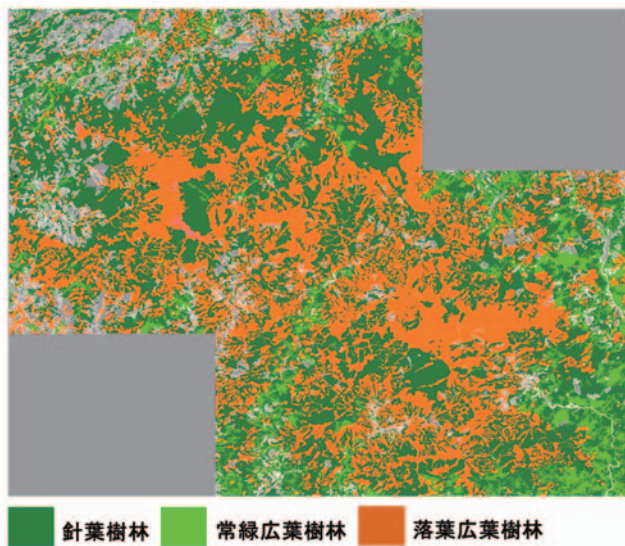


図- 3. 環境省植生図

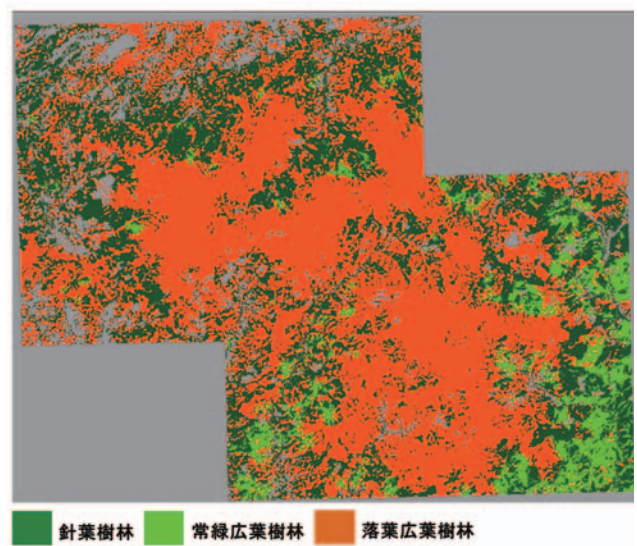


図- 5. ETM+MODIS 分類結果 (マハラノビス距離法)  
LANDSAT ETM バンド3, 4, 5  
MODIS NDVI 年間最小値  
MODIS NDVI 年間標準偏差

### Ⅲ. 方法

今回の解析範囲は、環境省植生図の豊後柏原、小原、祖母山、見立、木浦鉦山、大菅、祝子川の7枚の図葉の範囲である。また実際に分類処理を行う範囲を、森林内に限定するため植生図から森林部分を抜き出し、森林マスクを作成した。また森林マスク内の植生区分を針葉樹林、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林に再分類し、トレーニングエリア選定および分類精度の検証に用いた。

LANDSAT ETM 画像については、前処理として幾何補正し、環境省植生図と重なるようにして対象範囲を切り出した。その際、座標系は UTM 座標 (Zone 52, WGS84) を用いた。

MODIS NDVI データは、まず1ヶ月間合成処理を行い、1月から12月までの12シーンの画像を作成した。これらのデータに、時系列方向での主成分分析を行い、第7主成分以降の高次主成分を

除いて逆変換を行い雲の影響を除去した。次に各ピクセルについて年間最小値、年間標準偏差を計算し、さらに LANDSAT ETM 画像のピクセルサイズに合わせ三次畳み込み内挿法を用いて内挿した。ここで年間最小値と年間標準偏差を用いたのは、前者は冬季における NDVI 値を示し、後者が年間標準偏差は NDVI の季節変動の大きさを示すため、常緑・落葉広葉樹の分類に有効であると考えたからである。

分類には、入力データとして LANDSAT ETM のバンド 3, 4, 5 のみを用いたものと LANDSAT ETM のバンド 3, 4, 5 と MODIS NDVI の年間最小値と年間標準偏差を組み合わせて用いた2通りのデータセットに対し分類を行い、LANDSAT ETM データに MODIS データを加えて分類を行うことの有効性を検討した。分類アルゴリズムには、最尤法とマハラノビス距離法を用いた。トレーニングエリアは、環境省植生図を参照しながら

表- 1. 入力データ, 分類アルゴリズムごとの分類精度

入力データ	ETM3, 4, 5		ETM3, 4, 5	
	ETM3, 4, 5	ETM3, 4, 5	Annual min Annual STD	Annual min Annual STD
分類 アルゴリズム	最尤法	マハラノビス 距離法	最尤法	マハラノビス 距離法
総合精度%	51. 01	52. 73	57. 62	58. 73
Kappa 係数	0. 2650	0. 2783	0. 3097	0. 3099
ETM3, 4, 5 Annual min Annual STD	LANDSAT ETM バンド 3, 4, 5 MODIS NDVI 年間最小値 MODIS NDVI 年間標準偏差			

表- 2. ETM 分類結果(マハラノビス距離法)の判定効率表(%)

Class	針葉樹林	常緑広葉樹林	落葉広葉樹林	Total	User's Accuracy (%)
					(%)
針葉樹林	198996	23558	40710	263264	75. 59
常緑広葉樹林	113689	45050	78375	237114	19. 00
落葉広葉樹林	122140	22974	203712	348826	58. 40
Total	434825	91582	322797	849204	
Producer's Accuracy (%)	45. 76	49. 19	63. 11		

LANDSAT ETM 画像上でなるべく純粋なエリアを針葉樹林, 常緑広葉樹林, 落葉広葉樹林から選定した。サンプル数は, それぞれ5300, 2635および10867ピクセルであった。分類精度の検証には, 針葉樹林, 常緑広葉樹林, 落葉広葉樹林に再分類した環境省植生図の範囲全体を用いて評価を行った。

#### IV. 結果および考察

図- 4に LANDSAT ETM のバンド3, 4, 5を用いた分類結果の画像, 図- 5に LANDSAT ETM のバンド3, 4, 5と MODIS NDVI の年間最小値と年間標準偏差を併用した分類結果の画像を示す。これらの画像と環境省の植生図を比較すると, 特に LANDSAT ETM と MODIS NDVI の組み合わせの分類結果において落葉広葉樹林が過大に分類されていた。これは MODIS の空間解像度が粗すぎるため, ETM 分類の時に見られていた細かいパッチが ETM+MODIS 分類結果からは消えていたためと考えられる。表- 1に, 入力データおよび分類アルゴリズムごとの分類精度評価結果を示す。まず分類アルゴリズムをみると, 最尤法よりもマハラノビス距離法において総合精度, Kappa 係数ともにやや高かった。また入力データの違いをみると, LANDSAT ETM のみの分類結果よりも MODIS データから得られる季節変化情報を加えた場合の方が, 総合精度, Kappa 係数いずれもより高い値を示した。また ETM データだけを用いた分類結果では, 高標高域においても常緑広葉樹林が見られるが, ETM+MODIS データによる分類結果では, こうした誤分類が減少していた。これらの結果は, MODIS NDVI データから得られる季節変化情報が分類結果の向上に寄与していることを示唆している。しかし, いずれの分類結果においても, 環境省植生図を教師として評価すると針葉樹林を広葉樹林とする誤判読が多く見られた(表- 2, 表- 3)。誤分類された針葉樹林を詳しく見るとランドサット画像上においては広葉樹林と同様なスペクトルを示しているものや,

表- 3. ETM+MODIS 分類結果(マハラノビス距離法)の判定効率表(%)

Class	針葉樹林	常緑広葉樹林	落葉広葉樹林	Total	User's Accuracy (%)
					(%)
針葉樹林	212834	25862	45976	287372	74. 06
常緑広葉樹林	28073	26118	17049	71240	36. 66
落葉広葉樹林	193918	36902	259772	490592	52. 95
Total	434825	91582	322797	849204	
Producer's Accuracy (%)	48. 95	28. 52	80. 48		

針葉樹と広葉樹がモザイク状に存在しているものが見られ, こうした林分が LANDSAT ETM の反射スペクトルにおける分散の大きな広葉樹へ分類されたと考えられる。特に今回解析に用いた LANDSAT ETM 画像は, 5月25日取得で新緑が芽吹く時期であり, 広葉樹の赤色域の反射が高まる時期で, 針広混交林においては, 針葉樹林よりも広葉樹林の反射スペクトル特性が強調されたと考えられる。冬季に取得された LANDSAT ETM 画像では, はっきりと常緑林と判読できたことから, 冬季の画像が利用可能な地域では分類が可能と思われた。

本研究では, 衛星データから常緑広葉樹林と落葉広葉樹林を分類手法として, LANDSAT ETM から得られるスペクトル情報と MODIS から得られる季節変化情報を組み合わせて分類する手法を提案した。この手法を用いることにより, 分類精度の向上が見られ, 特に高標高域において, 落葉広葉樹林を常緑広葉樹林とする誤分類が減少した。

今後の課題としては, 針葉樹林を広葉樹林と誤分類するという問題点が残された。これを克服するためには LANDSAT ETM データの取得時期, 針葉樹林, 常緑広葉樹林, 落葉広葉樹林の反射スペクトル特性の詳細な検討を行い, 既存の植生図情報等を利用するなどの分類アルゴリズムの改良が必要である。また, 今回の解析では, 季節変化の示す情報として MODIS NDVI の年間最小値と年間標準偏差を用いたが, 他のパラメータの有効性についても検証が必要であろう。さらに今回は単に MODIS データを LANDSAT ETM 画像の解像度に合わせたが, 解析に適切な空間解像度についての検討を行う必要がある。今回の解析でトレーニングエリア選定や分類精度の評価に用いた植生図は2万5千分の1であるが, LANDSAT ETM は, 5万分の1~10万分の1程度の地図作成を念頭に設計されており, また MODIS については, さらに粗い縮尺の地図作成が目的である。これらセンサの組み合わせによる地図作成については, 適切な縮尺を検討する必要がある。

#### 引用文献

- Dymond *et al.* (2002) Remote sensing of Environment 80 : 460-472.  
 Wolter *et al.* (1995) Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61 (9) : 1129-1143.

(2009年10月24日受付; 2010年2月9日受理)