# ミクセルモデルを用いた MODIS 画像の土地被覆分類

## 1170068 篠原 誠一郎

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

JAXA が 2017 年打ち上げ予定の地球環境変動観測ミッション(GCOM)は、宇宙から地球の環境変動を長 期に渡って、グローバルに観測することを目的とした衛星であり、気候変動や水循環を高頻度かつ高精度 で観測することが期待されている.しかしながら GCOM-C を始めとする 250m 分解能の衛星データは、1 ピクセル中に複数の土地被覆カテゴリーが混在するミクセル(mixed pixel)状態となる.そこで GCOM-C の 活用を念頭に、本研究では、GCOM-C と同じ空間分解能の観測バンドをもつ MODIS データを用いて、ミ クセル問題を考慮した土地被覆分類を試みた.対象エリアは物部川流域、吉野川流域付近で、対象時期は 2015 年と 2016 年である.土地被覆分類図作成後、検証データと比較し、精度検証を行った.その結果、 一番精度の高い 2015 年 3 月の MODIS 土地被覆分類図では、10m 分解能の ALOS-AVNIR II 土地被覆分類図 と同精度の結果が得られたが、他の月では結果が大きく異なった.GCOM-C は MODIS よりも 250m 分解 能の観測バンドが多いため、より精度の高い土地被覆分類が期待できる.

## Key Words: GCOM, MODIS, 土地被覆分類, ミクセル

## 1. はじめに

近年グローバルな気候変動を背景に、広域かつ高頻 度での土地被覆の把握が重要となっている.地球環 境変動観測ミッション(GCOM)は、宇宙から地球の環 境変動を長期に渡って、グローバルに観測すること を目的とした JAXA のプロジェクトであり、GCOM には水循環変動観測衛星(GCOM-W)と気候変動観測 衛星(GCOM-C)の2つのシリーズがある<sup>1)</sup>.GCOM-C は 2017 年に打ち上げ予定であり、高頻度かつ多バン ドで観測ができるという点で、高精度の観測が可能 である.

国土情報処理工学研究室では、衛星リモートセン シングのための検証用データ整備を行うとともに、 GCOM-C に搭載されている光学センサ SGLI が観測 したデータを用いて、広域の土地被覆の経年的な変 化、季節的な変化の把握を目標としている.

そのため本研究では、様々な分解能の衛星データ の検証に用いることができる10mメッシュの土地被 覆検証用データ整備を行い、GCOM-Cと同じ空間分 解能(250m)を持つ MODIS データを用いた土地被覆 分類を試みた.

2. 対象エリア・使用データ

図-1に対象エリアの位置図を示す



図-1 対象エリア位置図

(1) 衛星画像

## 1 MODIS

本研究で使用した MODIS の仕様を表-2 に示す. MODIS の空間分解能は 250m-1000m であるが, GCOM-C と同じ空間分解能 250m を持つ観測バンド は、赤バンドと近赤外バンドの2つである. したが って、本研究では MODIS の赤バンドと近赤外バン ドの2つを用いて土地被覆分類を行う.

データの取得日は,2015 年と2016 年の新緑期に おける3月・4月・5月,落葉期における9月・10月・ 11月・12月とした.なお,雲による誤分類を防ぐた めに,四国全域において,できるだけ雲量のない画 像を選定した.表-3に MODIS のデータ取得日を示 す.



衛星画像の前処理のフローを図-4 に示す. 幾何補 正は, QGIS を用いて MODIS が地上座標と重なる よう,それぞれ精度が 0.3 ピクセル以内に補正をし た. \_\_\_\_\_\_



図-4 衛星画像前処理フロー

また, 地形·大気効果による影響を補正するために, MODIS データを式(a)より正規化反射率に変換する 処理を行った<sup>3)</sup>.

$$\operatorname{Re}(i) = \frac{r_e(i)}{1/N \times \sum_{j=1}^{N} r_e(j)}$$
(a)

R<sub>e</sub>:正規化反射率[%]

r<sub>e</sub>:反射率[%]

N:総バンド数

i:バンド番号

## ALOS-AVNIRIによる土地被覆分類図

MODIS データから作成した土地被覆分類図の検 証データとして,ALOS 解析研究プロジェクトで提 供されている空間分解能 10m の ALOS-AVNIR II 土 地被覆分類図を用いた.MODIS と比較を行うために 空間分解能 10m の画像を MODIS と同じ分解能 250m に変換した. なお, ALOS-AVNIR II 土地被覆 分類図は 2006 年-2011 年の平均的状況を表した土地 被覆分類図であり,全体精度は 78.0%とされている <sup>4)</sup>.

## (2) トレーニングデータ

土地被覆分類や検証を行うために、トレーニング データセットを構築した.分類する際には、基準と なる各分類項目における代表的な統計量を求めなけ ればならない.その統計量のことをトレーニングデ ータと呼ぶ.分類項目は、常緑針葉樹、常緑広葉樹、 落葉広葉樹、竹林、草原・農地、水域、都市・裸地の7 種類とした.

今回トレーニングデータ取得には、Google satellite を用いた.1地点につき500m×500mの範囲に10mメッ シュでポイントを作成、ポイントの周囲の土地被覆 状態がどの分類項目に分類されるかを目視により判 読した(図-5).合計27地点のトレーニングデータ を取得し、9地点を分類におけるトレーニングデータ, 残り18点は作成した土地被覆分類図の検証用データ として使用した.図-6にトレーニングデータの取得 位置図を示す.



図-6 トレーニングデータ取得位置図

# 3. MODIS による土地被覆分類

## (1) ミクセル問題

MODISは観測幅が2330kmと一度の観測で広域の データを取得することが可能であるという一方で、 空間分解能が250mと低分解能になっている.その ため、MODISのほとんどのピクセルが図-7のよう に、1ピクセル中に複数の土地被覆カテゴリーが混 在するミクセル(mixed pixel)である.空間分解能 の低い衛星画像を用いて土地被覆分類を行う場合、 ミクセルを構成する土地被覆カテゴリーの面積割 合を考慮して解析することが重要となる.

ミクセル問題を解決するための解析手法には、ミ クセル分解と呼ばれる方法がある.この方法を使え ば、MODISのミクセルを分解し、各土地被覆カテ ゴリーの面積割合を推定することが可能になる.具 体的には、リニアミクスチャーモデルが一般的に適 用されている<sup>5)</sup>.今回設定した分類項目が7つであ るため、未知数は7つとなるが、2バンドのため、 式は2つ成り立つ(式(b)).よって連立方程式で変換 係数を求める場合は、少なくとも4つのトレーニン グデータが必要となる.



図-7 ミクセル概念図



 $MODIS_{red} = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + gx_7 + h$ MODIS<sub>nir</sub> =  $ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 + gx_7 + h$  (b)

*MODIS<sub>red</sub>*: MODIS(可視光赤)1ピクセルの正規化反射率[%] *MODIS<sub>nir</sub>*: MODIS(近赤外)1ピクセルの正規化反射率[%] x: MODIS1ピクセル内に含まれるトレニーングデータの 各分類項目の面積[100m<sup>2</sup>] *a,b,c,d,e,f,g,h*: 変換係数

## (2) 変換係数算出

リニアミクスチャーモデルを使用して土地被覆の 状況を把握するためには、変換係数を算出する必要 がある.変換係数は構築したトレーニングデータを 基に、最小二乗法を用いて算出する.空間分解能が 低い場合、分類項目が多いと分類が困難になる.ま た、今回はMODISの赤バンドと近赤外バンドの2バ ンドしか利用しないことを考慮し、今回は森林域を 対象とした分類に絞り、分類項目を常緑・落葉の2項 目とした.式(c)は、分類項目が2つのときのリニア ミクスチャーモデルである。9ヶ所のトレーニングデ ータを用いて変換係数を求めた.図-8は、2015年に おける赤バンドの変換係数の月別変化を示す.図-9 は2015年における近赤外バンドの変換係数の月別変 化を示す.



図-8 9ヶ所のトレーニングデータを用いて求めた, 2015年における赤バンドの変換係数の月別変化



図-9 9ヶ所のトレーニングデータを用いて求めた,2015年における近赤外バンドの変換係数の月別変化

常緑と落葉の係数の差は,新緑期が3月,落葉期が11月に大きい結果となった.

## (3) 分類手法

算出した変換係数を用いて、衛星画像から土地被 覆分類を行う場合、式(c)における各分類項目の面積 (x1, x2)が未知数となる.x1, x2を求めるには、2 バンドのデータを用いての連立方程式による解法が 最も簡単である.しかし、バンド間の相関が高い場 合、導かれる解は不安定になってしまう<sup>50</sup>.そこで 本研究では、x1, x2の値に、整数値を代入し逐次変 化させ計算を行った.逐次計算ごとに得られる推定 正規化反射率と MODIS データ 1 ピクセルの正規化 反射率との差を算出し、差が最小となる時の x1,x2を 解とした.なお、逐次計算させる際、MODIS の空間 分解能が 250m、トレーニングデータの空間分解能が 10m であるため、常緑と落葉の合計面積は 25×25 [100m<sup>2</sup>]になる.しかし 25×25[100m<sup>2</sup>]で逐次計算を 行うと,処理に時間がかかる.そこで今回は,MODIS データ1ピクセル内において,50m×50mのエリア の土地被覆状態は均一であると仮定し,5×5[500m<sup>2</sup>] で逐次計算を行うこととするため,条件式 (d)を設定 した.

$0 \le x_1 \le 25$	
$0 \le x_2 \le 25$	(d)
$x_1 + x_2 = 25$	

## (4) 分類結果·精度検証

3月・4月・5月・9月・10月・11月・12月での MODIS 土地被覆分類図作成後,検証用トレーニングデータ と比較した結果,2015年3月の土地被覆分類結果が 1番良い精度となった.ALOS-AVNIR II 土地被覆分 類図と比較しても類似した結果が得られた.図-10 に2015年3月 MODIS 土地被覆分類図を示す.図 -11に ALOS-AVNIR II 土地被覆分類図を示す.



図-10 2015年3月 MODIS 土地被覆分類図



図-11 ALOS-AVNIRⅡ土地被覆分類図

次に,2015年3月の MODIS 土地被覆分類図, ALOS-AVNIR II 土地被覆分類図,それぞれの精度検 証を行う. MODIS 土地被覆分類図,ALOS-AVNIR Ⅱ土地被覆分類図の検証用トレーニングデータに対 応しているピクセルを抜き出し,抜き出したピクセ ル内の常緑と落葉それぞれの面積を検証用トレーニ ングデータの常緑と落葉のそれぞれの面積で除して 分類正解率を求める.なお,常緑・落葉どちらかの割 合が0の場合,分類正解率を求めることができない. 分類正解率80%以上のピクセルが検証地点全体の何 割を占めているかで精度検証を行った.表-12に精度 検証の結果を示す.

表-12 精度検証

	常緑[%]	落葉[%]
2015年3月 MODIS分類画像	35.29	50.00
ALOS-AVNIR Ⅱ 土地被覆分類図	37.50	41.67

精度検証の結果,2015年3月の MODIS 土地被覆 分類図は,ALOS-AVNIR II 土地被覆分類図と同精度 の結果が得られた.

## 4. 考察

今回,GCOM-C と同じ空間分解能(250m)をもつ MODIS データを用いて土地被覆分類を試みた.その 結果,2015 年 3 月の土地被覆分類では ALOS-AVNIR Ⅱと同精度の結果が得られたが,他の月での分類精 度は低かった.常緑と落葉の変換係数の差は,11 月 が最も大きかったが,11 月は,落葉しきっていない 樹木も多く,3 月の完全に落葉した状態での画像の 方が分類精度は高くなったと考えられる.

GCOM-Cに搭載される多波長光学放射計(SGLI) は 250m 分解能の観測バンドが 11 バンドあり, MODIS よりも 250m 分解能の観測バンドが増加する ため,より精度の高い土地被覆分類が期待できる. 今後は,GCOM-Cを用いて,より精度の高い土地被 覆分類図の作成を目指す.

## 5. 参考文献

- 宇宙航空開発機構 GCOM-C http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gcom cl/
- 宇宙技術開発株式会社 MODIS <u>http://www.sed.co.jp</u>
- 小野朗子、衛星リモートセンシングデータの地形補 正・大気補正の方法論の検討、2009 年度 http://www.humeco.m.u-tokyo.ac.jp/individuals/umezaki /PDF files/20090315ono.pdf
- ALOS 研究開発プロジェクト http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/jlulc\_jpn.htm
- 5) 高木方隆,国土を測る技術の基礎,p277-278
- 6) 高橋勇太,幾何精度が MODIS データに及ぼす影響, 高知工科大学 高木研究室, 2014 年度
- 7) 市原雅也, MODIS 衛星画像を用いた土地被覆分類, 高知工科大学 高木研究室, 2015 年度