

MODIS 衛星画像を用いた 土地被覆分類

1160009 市原 雅也

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

2016年打ち上げ予定の地球環境変動ミッション（GCOM-C）¹⁾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。MODIS²⁾は1999年から運用されており、GCOM-Cと同様の空間分解能と観測頻度となっている。そこで、本研究ではMODIS画像を用いて、年間の土地被覆分類に着目して分類した。対象エリアは香美市で、対象時期は2004年から2009年までの6年間である。月ごとの正規化植生指数（NDVI）を使って分類し、検証データであるLANDSATと比較しながら常緑、落葉、都市部の分類項目の正解率を求めた。その結果、常緑と都市部は約80%以上と高い正解率を得られたが、落葉は約58%と低い正解率となった。今回の分類手法では、落葉の精度が低い結果となったが、大気による影響を考慮してNDVIを算出すれば、さらに高精度で土地被覆分類が可能と思われる。

Key Words: 土地被覆分類, MODIS, 正規化植生指数 (NDVI)

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。地球環境変動環境ミッションは、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プロジェクトである。その中でも水循環に関するGCOM-Wや、気候変動に関するGCOM-Cは、気候変動監視とそのメカニズムを解明することに期待されている。なお、GCOM-Cは2016年に打ち上げ予定であり、多バンドで観測ができるという点で、高頻度かつ高精度で観測することができる。

国土情報処理工学研究室では、低頻度ではあるが高分解能であるLANDSATやALOS AVNIR IIを用いた土地被覆分類を行ってきた。今回は、高頻度ではあるが低分解能のMODISを用いた土地被覆分類を試み、MODISの年間の土地被覆に着目して分類することを目的とする。

2. 対象地域・使用データ

(1) 対象エリア

本研究では、高知県香美市を対象エリアとした。

図-1に香美市のエリアを示す。



図-1 対象地域位置図

(2) 使用データ

① 衛星画像

本研究では、分解能250mのMODISと分解能30mのLANDSATを使用した。表-2にMODISの仕様²⁾、表-3にLANDSATの仕様²⁾を示す。

衛星画像の撮影日は、LANDSATは低頻度であるので同時期に得られた画像を選定した。その結果、2004年と2009年の10月のデータが得られた。MODISは高頻度であるので2004年から2009年の月別の画像を取得した。なお、雲による誤分類を防ぐために、香美市全域ができるだけ晴れている画像

を選定した。表-4 にそれぞれの衛星画像の撮影日を示す。

表-2 MODIS の仕様

MODIS(Terra)			
打ち上げ	1999年12月8日		
軌道高度	705km(太陽同期準回帰軌道、回帰日数16日、約99分/1周回)		
主用途	バンド数	波長	分解能
陸/雲/エアロゾル境界	band1:赤	620-670nm	250m
	band2:近赤外	841-876nm	
陸/雲/エアロゾル	band3:青	459-479nm	500m
	band4:緑	545-565nm	
	band5	1230-1250nm	
	band6:中間赤外	1628-1652nm	
	band7:中間赤外	2105-2115nm	
観測幅	2330km		
センサ1画素あたりの情報量	12bits		

表-3 LANDSAT の仕様

Landsat-7ETM+			
打ち上げ	1999年4月15日		
軌道高度	705km(太陽同期準回帰軌道、回帰日数16日、約99分/1周回)		
パンクロマティクスの波長	band8	520-900nm	
パンクロマティクスの分解能	15m		
マルチスペクトルの波長	バンド数	波長	
	band1:青	450-520nm	
	band2:緑	530-610nm	
	band3:赤	630-690nm	
	band4:近赤外	750-900nm	
	band5:中間赤外	1550-1750nm	
	band6:熱赤外	10400-12500nm	
band7:中間赤外	2090-2350nm		
マルチスペクトルの分解能	熱赤外60m、それ以外は30m		
観測幅	185km		
センサ1画素あたりの情報量	8bits		

表-4 取得衛星画像撮影日

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
LANDSAT	2004									14		
	2009									28		
MODIS	2004	9	15	15	15	14	14	17	3	14	20	14
	2005											
	2006	12	13	17	17	21			7	20	16	23
	2007	14	15	9	19	14		24			18	13
	2008	10	20	21	21					9	15	26
	2009	28		7	15	14				1	19	4

衛星画像の前処理のフローを図-5 に示す。まず、QGIS を用いて MODIS と LANDSAT が地上座標で重なるよう、それぞれ精度が 1 ピクセル以内に幾何補正をした。MODIS では最大 0.88 ピクセル、LANDSAT では最大 0.76 ピクセルとなり、1 ピクセル以内に収まった。

次に LANDSAT では、大気による誤差を修正するために、画像濃度変換（リニアストレッチ）³⁾ を行った。今回は 2004 年の画像に統一するために 2009 年の画像を濃度変換した。

最後に、衛星データは観測日、バンド間によって値が異なり、異なるセンサ間で比較するため、放射輝度に変換する処理をした。

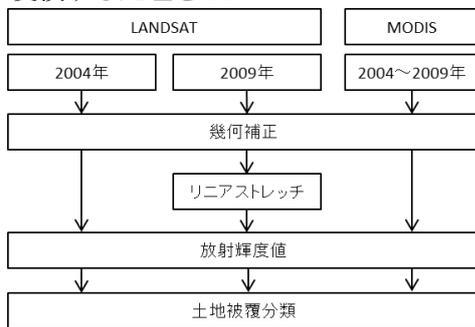


図-5 衛星画像前処理フロー

② 検証データ

衛星画像から土地被覆を分類するための検証データは、環境省の植生調査（1979～1999 年）が GIS 化された植生図⁴⁾ を使った。しかし、環境省の植生

図は分類項目が多いことから、衛星画像から判別しにくい。そこで、奈佐原⁵⁾の分類項目を参考に、衛星画像で判別できるよう再編した。図-6 に香美市での植生図の土地被覆分類を示す。

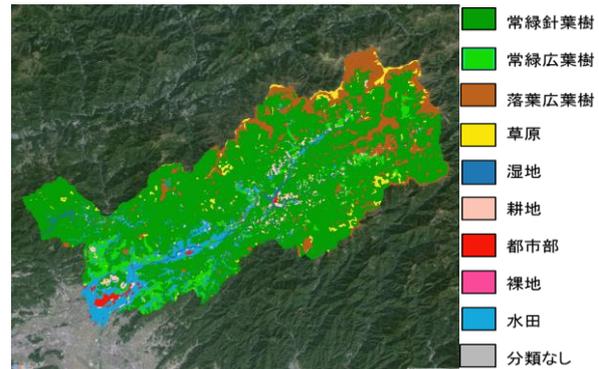


図-6 香美市での植生図

③ トレーニングデータ

植生と非植生を分類するために、常緑、落葉、草原、都市部の4種類を分類項目とした。分類する際に、基準となる各分類項目における代表的な統計量を求める。その統計量のことをトレーニングデータと呼ぶ⁶⁾。トレーニングデータを取得するために、環境省の植生図（1998年）とGoogle Earth（2015年）を比較しながら、経年変化が見られないエリアを120×120mの範囲のエリアから取得した。この時、MODISの分解能が250mのため、ピクセルを跨る場合は、それぞれの面積比を掛けた値の合計値で算出した。常緑、落葉、草原、都市部からそれぞれ5点、5点、4点、3点と選定した。図-7にトレーニングデータ取得位置を示す。

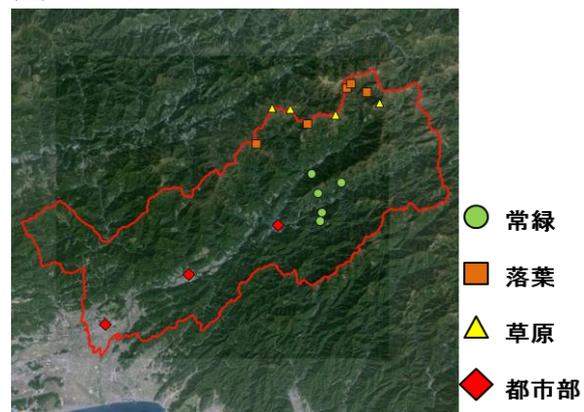


図-7 トレーニングデータ取得位置図

3. MODIS による土地被覆分類

(1) 正規化植生指数 (NDVI)

本研究では、正規化植生指数（以下 NDVI）を利用して分類を行った。NDVI とは、植物を強調するためのバンド間演算である。MODIS では赤、近赤外

バンドに該当し、以下の式で NDVI 値を算出した。図-8はMODISの2004年10月における各分類項目の赤、近赤外バンドの散布図を示す。常緑と落葉はほぼ近い場所に分布していることがわかった。

$$NDVI = \frac{IR - VR}{IR + VR}$$

VR: 赤のバンドの値
IR: 近赤外域のバンドの値
NDVI: -1~+1の値

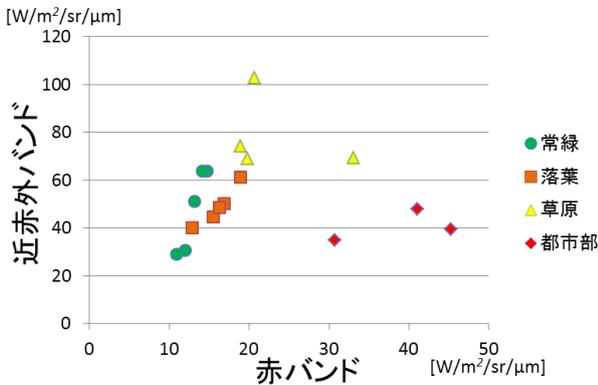


図-8 トレーニングエリア内の赤・近赤外バンドの散布図

(2) 分類手法

分類手法は NDVI の年間変化を使って分類した。これは、高頻度で撮影される MODIS であれば、年間の NDVI 変化を追っていくことができるためである。

まず、2004年から2009年までの6年分の各分類項目の月ごとの NDVI の平均値を算出した。図-9にその結果を示す。この結果で、落葉と草原が近い変化となったので、落葉と草原の分類は困難と判断し、落葉に統一した。

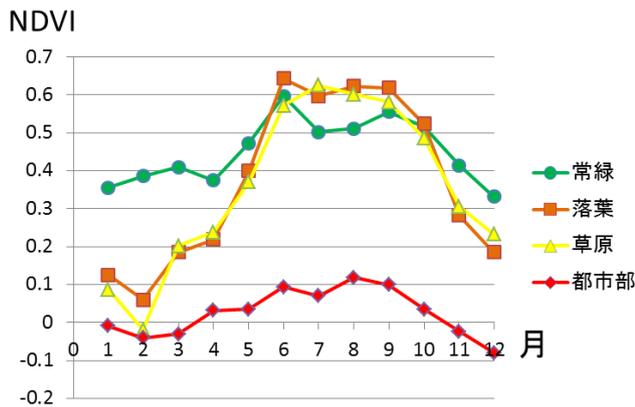


図-9 6年分の各分類項目の NDVI 平均図

次に、各画素における月ごとの NDVI 値と月ごとの各分類項目の NDVI 平均値との差を求め、その年間の差の積分値を算出した。この時、年間での常緑の積分値、落葉の積分値、都市部の積分値の3種類できる。

最後に3種類の中で、差の積分値が最小の分類項目の積分値に分類するという手法である。

(3) 分類結果

2004年から2009年までの分類結果を図-10に示す。6年分の土地被覆変化を通して、落葉の変化が大きく変わっていることがわかることから、落葉域は誤分類が多い。そこで、2004年から2009年までの6枚の分類結果を重ね合せて、各画素3/6枚の分類項目の場合はミクセル（混合）として再分類した。図-11に6年分を重ね合せて再分類した土地被覆分類図を示す。

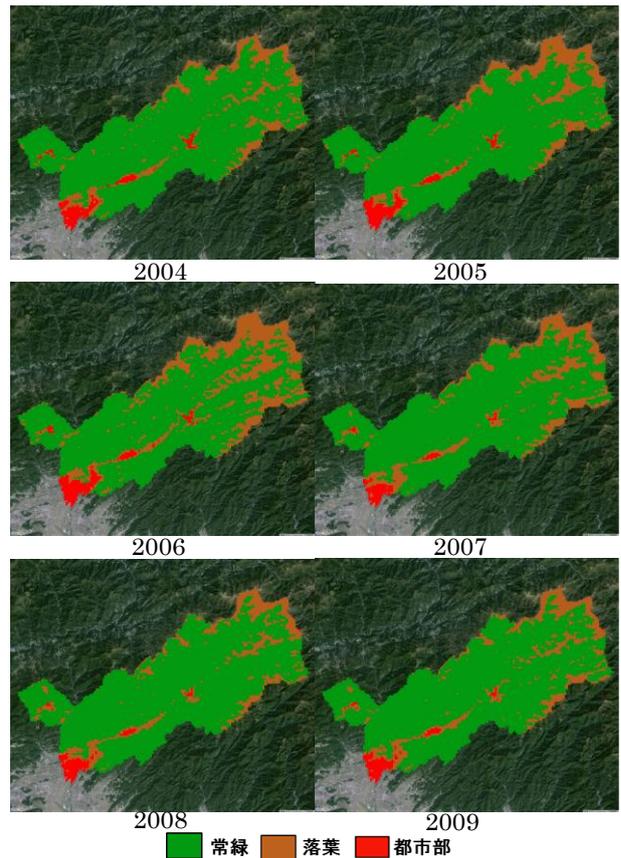


図-10 MODISにおける2004~2009年の土地被覆分類図

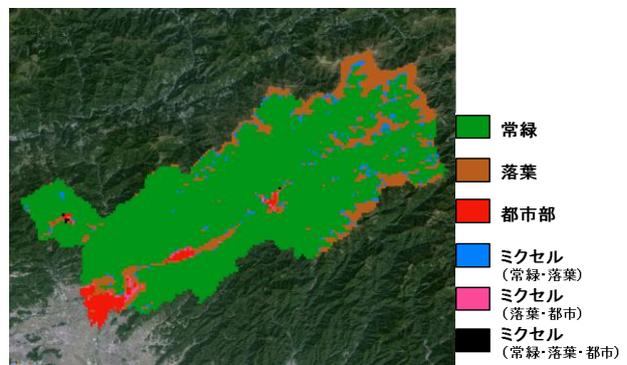


図-11 MODISの6年分を重ね合せて再分類した土地被覆分類図

4. LANDSAT による土地被覆分類

LANDSAT では、分解能が 30m であるので MODIS より精度よく土地被覆分類ができるため、検証データとして使う。トレーニングエリアは、MODIS 同様の場所に加えて、水域を分類項目に追加した。

分類手法は、本研究室で使われている GRASS GIS ソフトを使って処理した。青、緑、赤、近赤外、中間赤外の 5 バンドを重ね合わせたものを最尤法で分類した。最尤法とは、統計的推定の際、実際に得られた標本があるとき、それが得られる確率が最大になるような母数の値をその推定値とする手法である。2004 年の分類結果を図-12 に示す。

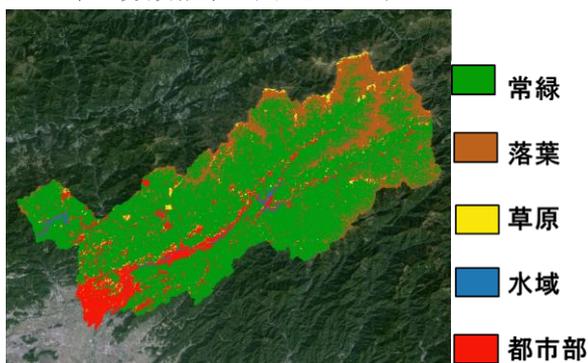


図-12 LANDSAT における 2004 年の土地被覆分類図

5. 分類結果と考察

(1) 分類結果

MODIS (分解能 250m) と LANDSAT (分解能 30 m) の分類結果を比較するために、LANDSAT の分解能を 250m に合わせる必要がある。今回の研究では、LANDSAT の範囲 250×250m 内の各分類項目で最大ピクセル数の分類項目に再分類した。

6 年分の MODIS と 2004 年の LANDSAT との正解率を表-12 に示す。常緑は 79.59%、都市部は 91.74% と正解率が高い結果となったが、落葉は草原と合わせても 59.01% と低い結果となった。

表-13 2004 年の分類正解率

	MODIS					
	常緑	落葉	都市部	常緑と落葉	落葉と都市部	常緑と落葉と都市部
LANDSAT 常緑	79.59	25.49	4.59	51.49	15.56	60.00
LANDSAT 落葉	13.42	55.68	0.46	40.43	2.22	0.00
LANDSAT 都市部	5.07	13.15	91.74	4.26	66.67	0.00
LANDSAT 水域	0.47	2.27	3.21	1.70	15.56	40.00
LANDSAT 草原	1.34	3.33	0.00	1.70	0.00	0.00
LANDSAT データなし	0.12	0.08	0.00	0.43	0.00	0.00
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

6 年分の MODIS と 2009 年の LANDSAT との正解率を表-13 に示す。常緑は 88.29%、都市部は 86.70% と正解率が高い結果となり、2004 年同様高い正解率

であった。しかし、落葉は草原と合わせても 58.28% と 2004 年同様低い結果となった。また、2004 年と 2009 年と共に、常緑と落葉とのミクセルは常緑が高く、落葉と都市部とのミクセルは都市部が高い結果となった。

表-14 2009 年の分類正解率

	MODIS					
	常緑	落葉	都市部	常緑と落葉	落葉と都市部	常緑と落葉と都市部
LANDSAT 常緑	88.29	30.36	9.17	48.51	26.67	20.00
LANDSAT 落葉	6.23	52.92	0.46	39.57	0.00	0.00
LANDSAT 都市部	2.04	9.66	86.70	2.98	53.33	20.00
LANDSAT 水域	0.22	1.46	3.67	0.85	11.11	40.00
LANDSAT 草原	2.99	5.36	0.00	8.09	8.89	20.00
LANDSAT データなし	0.22	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(2) 考察

今回、高頻度で観測されている MODIS を用いて、月ごとの NDVI から土地被覆分類を試みた。その結果、常緑と都市部では正解率が約 80% 以上と高い結果となったが、落葉は約 58% と低い結果となった。また、常緑と落葉のミクセルは常緑の割合が、落葉と都市部のミクセルは都市部の割合が高い結果となり、落葉の誤分類が多いことがわかった。

誤分類の要因は、MODIS での大気補正が行われなかったことにより、年によって NDVI の捉える値に差が生じたことで誤分類が発生したと考えられる。実際、6 年分の各分類項目の NDVI 変化 (図-9) から、植生変化の少ない常緑においてもばらつきが見られた。

今後は、大気の影響による補正を構築することで大気補正を考慮し、落葉の誤分類を減らしていくことを目指す。

参考文献

- 1) 宇宙航空開発機構 GCOM-C
http://www.satnavi.jaxa.jp/project/gcom_c1/
- 2) 宇宙技術開発株式会社 MODIS, LANDSAT
<http://www.sed.co.jp>
- 3) 高木方隆, 国土を測る技術の基礎
- 4) 環境省 植生図 (1999 年)
<http://www.biodic.go.jp/trialSystem/shpddl.html>
- 5) 奈佐原顕郎准教授, 環境省日本植生図について, 筑波大学 生命環境系
http://ryuiki.agbi.tsukuba.ac.jp/~nishida/MEMO/LC_MEJ.html
- 6) 高橋勇太, 高分解能衛星画像を用いた物部川下流域における土地被覆の変化抽出, 高知工科大学 高木研究室, 2012 年度