

地球観測衛星 GCOM-C1 を用いた 新緑・紅葉経過マップの作成

1210091 高見 海都

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

現在,日本の各地で自然環境の変化や生態系の変化が起きており,気候変動の様子や植生変化などの兆候を捉えることは重要である。JAXA が 2017 年に打ち上げた GCOM-C1 は,宇宙から地球の環境変動を長期にわたって,グローバルに観測することを目的とした人工衛星であり,地球表面の様々な物理量を全球で継続的に観測している。本研究では,GCOM-C1 から得られる陸域反射率を用いて,週ごとに,変化する植生の状態を推定し,四国における新緑・紅葉時期の経過マップを作成することを目的とした。NDVI の 1 年間の周期的な変化と教師データを使って落葉エリアの抽出を行った。NDVI=0.75 を閾値として新緑,落葉の判定を行い,新緑・紅葉マップを作成した。2018,2019 年の高知県香美市のべふ峡周辺の紅葉状況の写真との精度検証を行い,週単位での落葉時期の精度も確認できた。

Key Words: 地球観測, GCOM-C1, NDVI, 新緑・紅葉マップ

1. はじめに

現在,日本の各地で自然環境の変化や生態系の変化が起きている。気候変動の影響による植生変化などの兆候を把握する上で人工衛星による長期的な観測が重要である。現在では様々な地球観測衛星が打ち上がっており,GCOM-C1 は 2017 年より運用されている日本の地球観測衛星である。

搭載されているセンサ SGLI は近紫外,可視,近赤外 13 バンド,短波長赤外から熱赤外の 6 バンド合計 19 バンドの観測波長帯を持つ。空間分解能は 250m であり,観測幅は 1150km と広く,同地点を 2,3 日に 1 回程度の頻度で観測している。

GCOM-C1 の観測データから気候変動の現状や予測を行うために新緑や紅葉に関するモニタリング手法を確立させることは重要である。そこで本研究では GCOM-C1 の衛星データを利用した植生観測のための処理フローの確立,四国全域を対象エリアとして新緑・紅葉経過マップを作成することを目的とした。

2. 使用データ

2.1 衛星データ (GCOM-C1)

新緑紅葉経過マップの作成は,JAXA が提供している 8 日統計処理画像であるレベル 2 統計プロダクト地表面反射率を使用した。したがって本研究で

は 8 日を 1 週間として扱い,1 年の第何週目であるかを WOY(Week of Year)で表す。対象時期は 1 月から 12 月までの 46 週で 2018 年,2019 年とした。使用するデータは JAXA の衛星観測データ提供システム GPortal¹⁾より FTP を利用して一括ダウンロードを行った。表-1 に本研究で使用した GCOM-C1 の仕様を示す。

表-1 本研究で使用した GCOM-C1 の仕様

センサ	バンド番号	波長	波長幅	分解能(m)
		VNR,SWI:(nm)	TIR:(μ m)	
SGLI-VNR	VN2	412	10	250
	VN3	443	10	
	VN6	565	20	
	VN7	673.5	20	
	VN8	673.5	20	
	VN10	868.5	20	
VN11	868.5	20		

8 日統計処理画像の投影法は EQA(sinusoidal equal area)図法でタイルごとに分割されている。そこで本研究の対象エリアである,四国が含まれているタイル(V05H29)を選択した(図-1)。

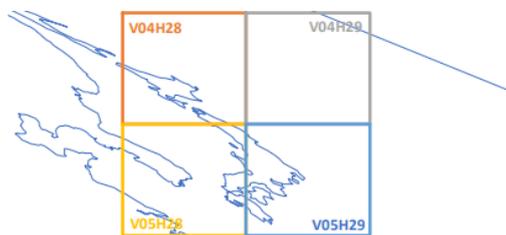


図-1 EQA 図法で定義されるタイル

2.2 教師データ

2.2.1 目視による樹種別座標データ

GoogleMap を利用し、目視により常緑広葉樹、常緑針葉樹、落葉広葉樹のポイントデータ計 25 箇所を作成した。緯度経度の情報と合わせて csv 形式で保存して教師データとして利用する。

2.2.2 sentinel-2 の衛星データ

sentinel-2 は、2015 年より運用された欧州の地球観測光学衛星である。可視 4 バンド、近赤外 6 バンド、短波長赤外 3 バンド合計 13 バンドの観測波長帯を持ち、空間分解能は 10m と高く、観測幅は 290km である。表-2 に本研究で使用した sentinel-2 の仕様を示す。

表-2 本研究で使用した sentinel-2 の仕様

センサ	バンド番号	波長 (nm)	波長幅 (nm)	分解能(m)
MSI	B3	560	35	10
	B4	665	30	10

sentinel-2 の衛星データを利用して剣山周辺の緑被率算出し、閾値 0 で 2 値化したものを下に示す(図-2)。緑被率は $(B3-B4)/(B3+B4)$ で算出する。

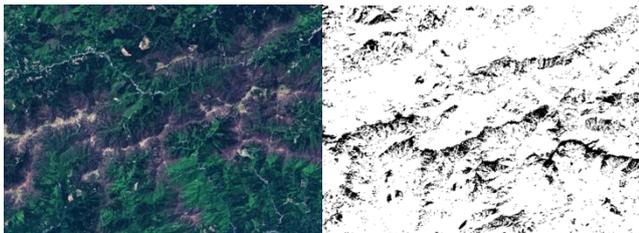


図-2 剣山周辺の sentinel-2 の衛星画像および緑被率による 2 値化画像

sentinel-2 は分解能が 10m と GCOM-C1 と比較して非常に高いため図-2 のように高精度な緑被率の 2 値化が可能である。そこで、本研究では 2018 年 3 月 30 日と 2018 年 11 月 5 日の sentinel-2 の衛星画像のデータにおける緑比率が 0 より小さいピクセルが GCOM-C1 の 1 ピクセル内に含まれる割合を教師データとして使用した。

2.2.3 定点観測画像

高知県香美市の香美市役所のホームページにべふ峡(錦帯橋周辺)の紅葉情報が掲載されている。10 月上旬から 11 月下旬まで 2-4 日に一度の定点観測の写真が pdf 形式でまとめられている。2018 年と 2019 年の画像を検証に使用する。

3. 衛星画像の前処理

3.1 新緑紅葉マップ作成のフロー

まず、本研究の目的である新緑・紅葉経過マップ作成のフローを以下に示す(図-3)。

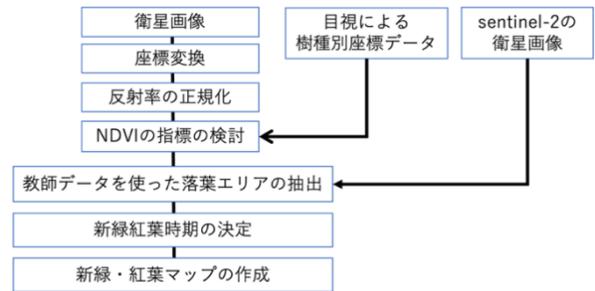


図-3 新緑・紅葉マップ作成のフロー

3.2 座標変換

G-Portal からダウンロードして作成した画像は投影法が EQA 図法であるが、座標変換を行うことにより公共測量で使われる座標系と重ね合わせて利用することができる。GCOM-C のデータ利用ハンドブック²⁾に記載されている変換式を利用して座標変換を行った。変換後に四国のエリアを切り取ったものを作成し、geotiff 形式で保存した。

3.3 反射率の正規化

人工衛星のセンサが受光している放射量は光源や地形、季節、大気等の影響を受けている。本研究ではそれらの影響を小さくするために式(a)を用いて正規化反射率に変換する処理を行なった。解析に用いた観測波長帯の可視域バンドである VN2, VN3, VN6, VN7, VN8 と近赤外バンドである VN10, VN11 の計 7 バンドを使用した。

$$R_e(i) = \frac{r_e(i)}{\sum_{i=1}^N r_e(i)} \quad (a)$$

R_e : 正規化反射率 r_e : 反射率
 N : 総バンド数 i : バンド番号

4. マッピング手法

4.1 教師データを使った落葉樹マスクの作成

落葉樹マスク作成にあたりまず NDVI, EVI, 緑被率の 3 つの植生指標を比較・検討した。その結果、本研究では植物の活性度や生育量、状態を推定するためのバンド間演算として最も代表的な正規化植生指数(NDVI)を使用することとした。NDVI の演算式を式(b)に示す。

$$NDVI = \frac{VN10 - VN8}{VN10 + VN8} \quad (b)$$

常緑広葉樹・常緑針葉樹・落葉広葉樹のそれぞれの教師ポイントにおける NDVI の 1 年間の変化をグラフ化すると次のようになる(図-4).

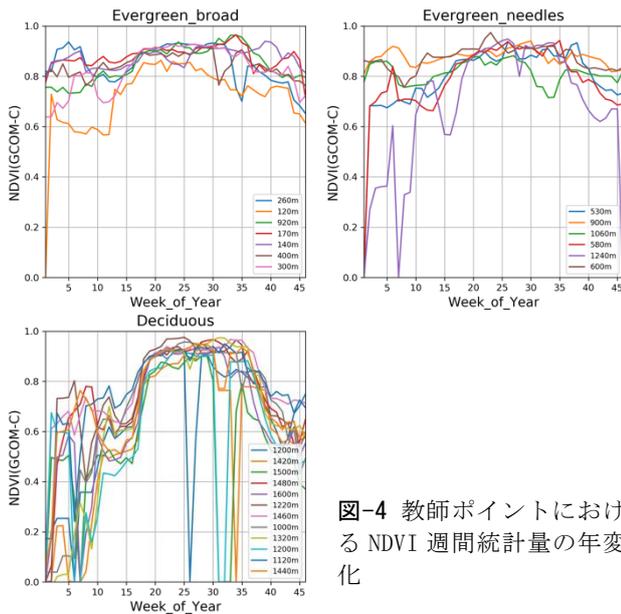


図-4 教師ポイントにおける NDVI 週間統計量の年変化

本研究で作成する新緑・紅葉マップの対象となる落葉樹のエリア画像を作成する。図-4より、落葉ポイントにおいて最も植物の状態が良いと考えられる WOY=25 から WOY=31 の期間は NDVI の値が 0.8 を超えるピクセルがほとんどである。逆に、植物の状態が悪いと考えられる WOY=2 から WOY=8 は NDVI が 0.75 を下回るものがほとんどである。そこで WOY=2 から WOY=8 までの各週の NDVI のうち 0.75 を下回った回数と WOY=25 から WOY=31 までの各週の NDVI のうち 0.75 を上回った回数をピクセルごとにカウントし、足し合わせた和が 12 以上ならば落葉ピクセル、11 以下なら常緑ピクセルとする。この手順で作成した落葉ピクセルを下に示す(図-5)。



図-5 落葉樹マップ

4.2 着葉落葉判定のための NDVI の閾値の検討

新緑と紅葉時期を決定する上でまず、着葉と落葉の判定が必要である。落葉樹を分類するとき利用した閾値 NDVI=0.75 が着葉落葉の判定に使えるか検討した。その検討には、教師データである高

分解能衛星(sentinel-2)の画像を利用した。2018年3月30日と2018年11月5日の剣山周辺のピクセルにおける NDVI と sentinel-2 の落葉ピクセル割合の散布図を示す(図-6)。

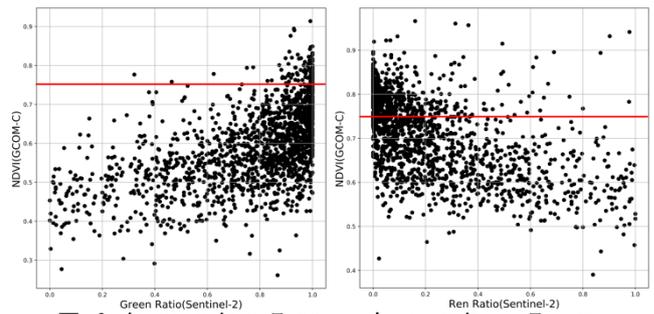


図-6 左:2018年3月30日,右:2018年11月5日, Sentinel-2による緑被率と GCOM-C1 の NDVI との関係

図-6の左の散布図は1年の中でも最も葉の少ない時期の落葉樹マスクのピクセルである。多くのピクセルが NDVI=0.75 を下回ったが、NDVI=0.75 を上回るピクセルも多少あった。GCOM-C1の空間分解能が 250m であり 1 ピクセルの中に複数の樹種が存在していることからこのバラツキは許容できると判断し、閾値として NDVI=0.75 を採用することにした。

4.3 新緑紅葉時期の決定

新緑紅葉時期の決定をするために NDVI の値を参照するが観測状況の変化などにより、多少の誤差やバラツキが見受けられる。そのための対処法として下に示す手法を用いて新緑・紅葉時期を決定することとする。図-5の落葉樹マスクのエリアを対象に新緑時期、紅葉時期の判定を行う。WOY ごとに NDVI が 0.75 を上回る新緑ピクセルを 1, NDVI が 0.75 を下回る落葉ピクセルを 0 とした。

(新緑の場合)

- WOY=7 から WOY=25 までの期間を対象とする。
- (落葉と判定された回数)と 2月10日の WOY である 6 を足し合わせた新緑時期 WOY を新緑の時期とする。新緑時期の決定の例を下に示す(表-3)。

表-3 新緑時期判定の例

WOY	7	8	9	10	11	12	23	24	新緑時期WOY
新緑ピクセル1	0	0	1	1	1	1			
新緑ピクセル2	0	0	1	0	1	1	1	1	9

(紅葉の場合)

- WOY=32 から WOY=46 までの期間を対象とする。
- (落葉と判定された回数)を 12月24日の WOY である 46 から引いた紅葉時期 WOY を紅葉の時期とする。紅葉時期の決定の例を下に示す(表-4)。

表-4 紅葉時期判定の例

WOY	32	33	34	35	36	44	45	46	紅葉時期WOY
落葉ピクセル1	1	0	1	0	0				0
落葉ピクセル2	1	1	1	0	0	0	0	0	34

5. マッピング結果

5.1 新緑・紅葉マッピング

4.3 の手法を用いて四国を対象に新緑・紅葉マップを作成した。剣山周辺の sentinel-2 の衛星画像およびマッピング結果を(図-7, 図-8, 図-9)に示す(凡例は Week of Year)。

5.2 べふ峡の定点観測画像による検証

べふ峡の緯度経度(33.77627, 134.02963)に対応する GCOM-C1 の画像座標の紅葉時期 WOY は、2018年が39で2019年が40となった。2018年は正確な紅葉時期となっており、2019年は1週間ほど遅れた判定となったが、マッピング結果はおおよそ正しいと言える。

5.3 標高と新緑・紅葉時期との関係性

一般に標高が高くなるにつれて気温は低下し、落葉樹は気温が低くなると紅葉しはじめることが知られている。そこで剣山周辺における新緑・紅葉時期と標高との関係性を確認した。その散布図を(図-10)に示す。新緑時期と標高との相関係数は0.54、紅葉時期との相関係数は-0.59となった。

6. おわりに

本研究では、GCOM-C1 を用いて、新緑と落葉を判定するための NDVI の閾値は 0.75 に設定した。設定した閾値で8日統計処理画像から新緑紅葉経過マップを作成した。定点観測写真で精度の確認を行なった結果、2018, 2019年ともに1週間ほどの精度が得られた。標高との関係性を見ると相関係数は新緑時期で0.54、紅葉時期で-0.59と低くはあるものの傾向がみられた。

GCOM-C は全球の観測を行なっているため、新緑紅葉マップを全国や世界に拡大して作成することが可能である。その際、広範囲の田園地帯や裸地により新緑紅葉時期の判定にブレが生じることが考えられる。そのため、高解像度の土地被覆マップなどと重ね合わせることでマスク処理をして落葉樹マスクを作成する必要があると考えられる。



図-7 剣山周辺の航空写真

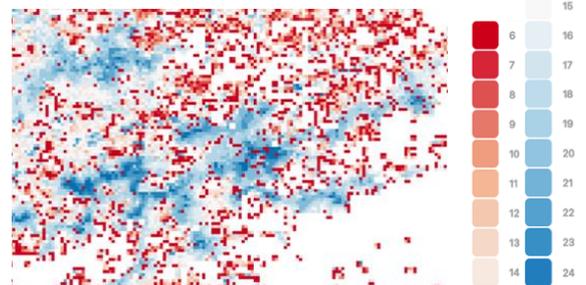


図-8 2019年新緑経過マップ

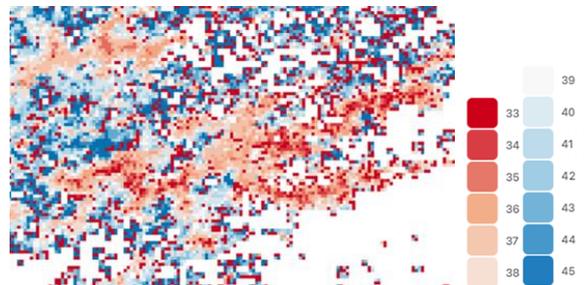


図-9 2019年紅葉経過マップ

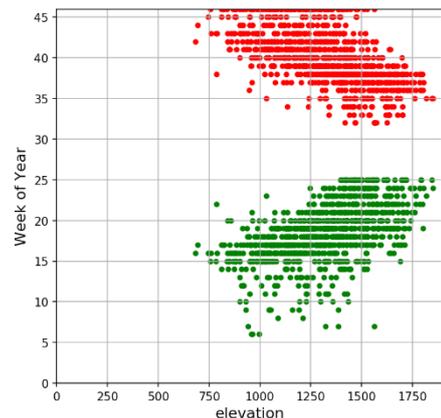


図-10 標高と新緑紅葉時期との関係

参考文献

- 1) G-Portal JAXA
<https://gportal.jaxa.jp/gpr/?lang=ja>
- 2) 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) データ利用
ハンドブック pp. 53