

# 高分解能落葉樹マップの作成と 着葉・落葉マップの高精度化

畔地 哲生

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近年の地球温暖化による気候変動などにより、植生がどのように変化しているのかを把握することが重要である。国土情報処理工学研究室では、気候変動の観測を目的とした GCOM-C1 衛星を用いた着葉マップと落葉マップの構築手段が開発されているが、ミクセル問題により、精度が低いピクセルが存在する。そこで今回、複数の高空間分解能衛星を用いることにより落葉樹マップの高分解能化を行い、落葉樹率に基づいた正規化植生指数の補正を行うことにより高精度の着葉・落葉マップを作成した。この結果、ノイズと思われる精度の低いピクセルは、減少した。精度検証が今後の課題である。

**Key Words** : GCOM-C1, NDVI, 落葉樹率

## 1. はじめに

近年の地球温暖化による気候変動などにより、植生がどのように変化しているのかを把握することが重要である。特に地球温暖化による影響を受けるのは元々冷涼な地域に分布している植生であり、四国地方であれば四国山脈の山岳などに分布する落葉樹が挙げられる<sup>1)</sup>。国土情報処理工学研究室では、低空間分解能衛星 GCOM-C1 のデータを利用することにより、これらの落葉樹エリアの着葉・落葉マップを作成することにより地球温暖化の変化をどのように受けているのかを研究してきた<sup>2)3)</sup>。しかし今までの着葉・落葉マップは作成するための低空間分解能衛星 GCOM-C1 のデータでは、250m 四方のピクセルの中の評価が出来ていなかった。高空間分解能の土地利用被覆図は、Sentinel2 の衛星データと ALOS-2 の観測データを用いて作成された JAXA 高解像度土地利用被覆図がある。この土地利用被覆図は空間分解能が 10m と高いものの、航空写真と見比べると、存在していない水田や竹林が判定されていることが分かり(図 1)、分類精度に問題があることが判明した。そこで本研究では新たに正確な土地利用被覆図を作成し、250m 四方ピクセル内の落葉樹率を用い

ることにより落葉樹マップの高精度化を行い、高精度の着葉・落葉マップを作成した。

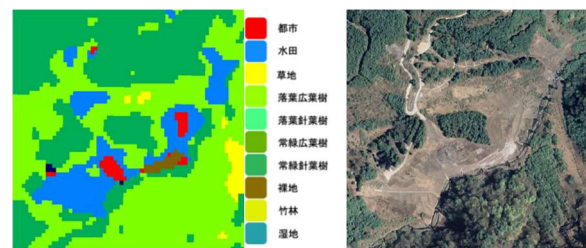


図 1 JAXA 高解像度土地利用土地被覆図と航空写真

## 2. 落葉樹マップ作成のための使用衛星の選定

落葉樹マップ高精度化のために高空間分解能衛星を使用する。高空間分解能衛星として、Landsat8 及び Landsat9 の処理レベル 2 のデータを選定した。高空間分解能衛星の候補としてほかに Sentinel2 が挙げられる。この衛星は Landsat に比べ、狭波長域バンド及び高空間分解能を持つ。植生のわずかな変化を捉えられるレッドエッジバンドがあるものの、波長域が狭いため森林全体の変化ではなく、特定の樹木などの変化に過敏になりすぎ値を算出する際にノイズが出ると考えられる。また近赤外バンドは、波長域が 100nm と広く、既存の落葉樹マップの作成に用いてきた GCOMC-1

との波長幅が大きく異なるため、今回は GCOMC-1 と波長帯に近い Landsat を採用した(表 1)。

表-1 選定衛星の概要

衛星名	センサ	赤バンド波長帯(μm)	近赤外バンド波長帯(μm)	空間分解能	打ち上げ時期
Landsat8	OLI	0.63-0.68	0.85-0.89	30m	2013/2/11
Landsat9	OLI	0.64-0.67	0.85-0.88	30m	2021/9/27
Sentinel2	MSI	0.65-0.68	0.78-0.90	10m	2015/6/23
GCOM-1	SGLI	0.63-0.69	0.85-0.87	250m	2017/12/23

### 3. 高分解能落葉樹率マップの作成

#### 3. 1 衛星画像の重ね合わせ

衛星画像同士を重ね合わせるために位置合わせが必要である。USGS が運用している衛星の Landsat と JAXA が運営している GCOM-C1 では位置ずれがあるおそれを考慮し、国土地理院の数値標高モデルを用いたテンプレートマッチングを行った。この際テンプレートマッチング結果より LANDSAT 画像を西に 1 ピクセル、南に 1 ピクセル移動させた。

#### 3. 2 落葉樹率マップの作成手法

当研究室の既存の落葉樹マップは、GCOMC-1 をもとに作成されていたため、250m ピクセル内の評価が不可能だった。そのため 30m ピクセルの落葉樹マップを今回作成する。

高精度落葉樹マップを作成するために Landsat のデータより NDVI を算出した。NDVI とは正規化植生指数のことである。NDVI の計算式を式(1)に示す。NDVI の値が高いほど、植生が活発である。

$$NDVI = \frac{\text{近赤外バンド} - \text{赤バンド}}{\text{近赤外バンド} + \text{赤バンド}} \dots(1)$$

使用した Landsat のデータを表 2 に示す。時間分解能の低い Landsat では四国全域で雲の影響のない画像が少なく、雲のマスクが必要であった。雲のマスクを Landsat の処理レベル 2 のプロダクトデータのピクセル評価画像を用いて衛星画像から雲の範囲を除去した。これにより作成した画像はマスクしたピクセルが穴あきになっているため、夏季・冬季の複数日を合成することにより高分解能の夏季・冬季の NDVI 画像を作成した(図 2)。冬季においては完全に落葉している時期のデータが必要のため、1 月以降のデータを用いている。この際積雪による影響を避けるため標高の高い石鎚山付近においては融雪してからのデータとして三月下旬のデータを用いた。

表 2 使用画像の取得年月日

	年	月日
夏	2022	6月2日
	2023	7月16日
		7月23日
2024	8月10日	
冬	2022	1月1日
		3月6日
	2023	2月5日
	2024	3月27日
	2025	3月23日

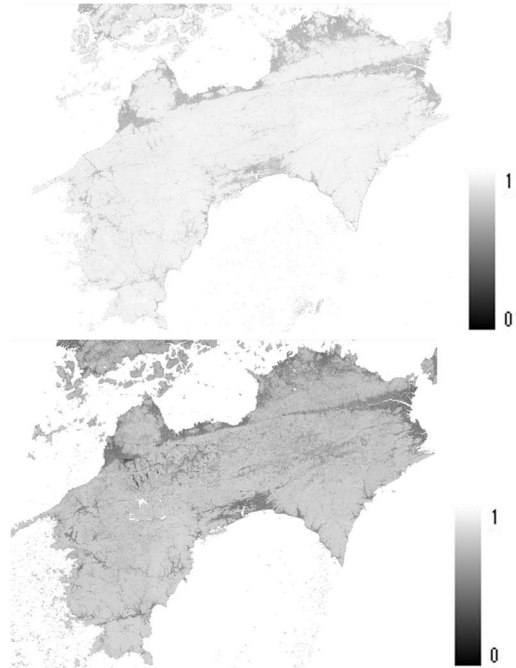


図 2 NDVI 画像(上:夏季 下:冬季)

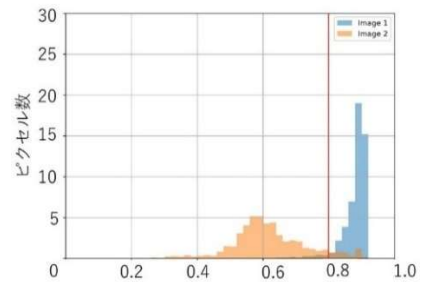


図 3 落葉エリアの夏季(水)と冬季(橙)NDVI 比較  
目視で確認した落葉樹の範囲の 60 ピクセルを教師データとしての夏季と冬季の NDVI のヒストグラムより(図 3)、NDVI の閾値を 0.8 とし、夏季に閾値を超えつつ冬季に閾値を下回ったものを落葉樹エリアとして判定し、落葉樹エリアを作成した。

今回のデータはNDVIが夏季と冬季の二つしかないためこの、田畑などが落葉樹エリアとして分類されている。そのため田畑と落葉樹を分けるために、今回は国土地理院の数値標高モデル(DEM)とJAXA陸域観測技術衛星より作成された樹木の高さが含まれる全球数値地表モデル(DSM)を用いて樹高マップ(DCHM)を作成し(図4)、樹高が3m以下となる場所は田畑とし落葉樹エリアから除外した。

今回作成した30m落葉樹マップのフローチャートを右に示す(図5)。今回作成したLandsatを用いた30mの落葉樹マップを用いることによって250mピクセルの落葉樹率( $D_r$ )を算出し、高精度落葉樹マップを作成した(図6)。

なお落葉樹マップの作成の際に用いた樹高マップ(DCHM)の元となる全球数値地表モデル(DSM)の精度があまり高くなく、田畑であっても樹高マップが高い地域が存在した(図7)。今後高精度の樹高マップの利用が必要となる。

#### 4. 着葉・落葉マップの高精度化

##### 4.1 落葉樹率を用いたNDVIの補正

着葉・落葉マップの作成の際、着葉・落葉判定は、今回NDVIによる閾値を用いて行った<sup>2)</sup>。今回落葉樹率マップを利用するにあたって、NDVIと落葉樹率( $D_r$ )の関係からNDVIの補正を行う。標高ごとによって落葉樹率( $D_r$ )とNDVIの関係に違いがみられたため(図8)、標高300m毎に区切ってNDVIの補正を行う。

NDVI補正式は以下のとおりである。

$$NDVI_{new} = NDVI + a(1 - D_r)$$

$NDVI_{new}$ : 補正後NDVI

$a$ : 回帰式の傾き

$D_r$ : 落葉樹率

補正したNDVIに基づき、NDVIが0.75を超えた週を着葉週、NDVIが0.75を下回った週を落葉週とし、着葉マップと落葉マップを作成した。



図4 樹高マップ(DCHM)

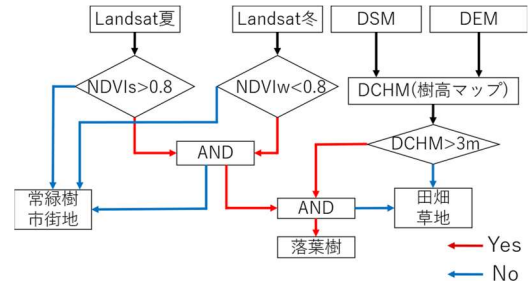


図5 落葉樹マップ作成のフローチャート

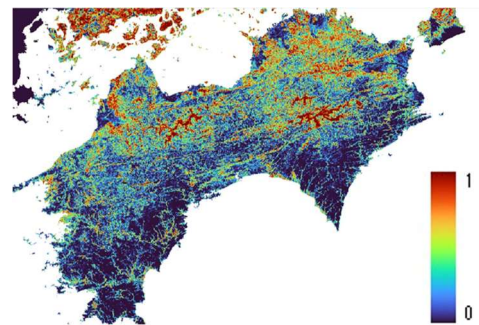
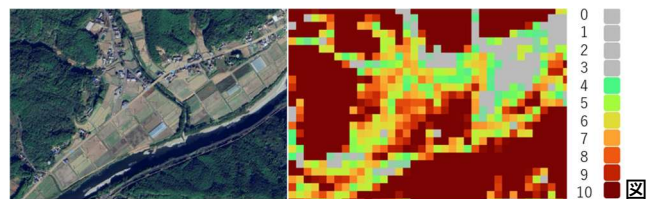


図6 落葉樹率マップ



7 航空写真と樹高マップ(3m以下灰色)の比較

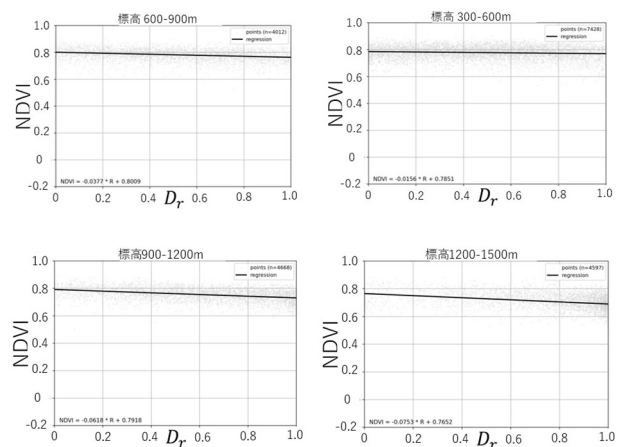


図8 NDVIと落葉樹率の関係

## 4. 2 着葉落葉判定結果と比較

従来の着葉・落葉マップと今回の着葉・落葉マップの比較を行った。四国全体として見たときでは、従来のマップと比べてピクセル数が増加していることが分かる(図9)。今回は落葉樹率が50%以上のピクセルを落葉樹として扱ったためである。剣山周辺で比較した場合には、常緑樹が混じっていたピクセルの着葉週が遅くなっていることが分かる(図10)。落葉マップでは、四国全体で見た際に着葉マップと同じくピクセル数が増加した(図11)。剣山周辺で比較した際には、従来のマップで多かった最終週に落葉していると判定されていた赤いピクセルが減少し黄色くなっており、常緑樹が混じったピクセルで、落葉時期が早まっていることが分かる(図12)。

## 5. 考察

多時期 Landsat を用いた落葉樹率マップを用いることによって、より多くの落葉樹ピクセルを検出することができた。しかしながら、田畑の誤判定も存在していることが分かった。そのため、十分に精度の高く空間分解能も高い樹高マップが必要と思われる。例えば、高知県が提供している航空レーザー測量で得られた5m分解能の樹高マップは期待できる。今回の結果で常緑樹が混じったピクセルが、着葉マップでは着葉週が遅く、落葉マップでは落葉週が早くなっている。定量的な精度検証のためには、通年で同じ個所を撮影する監視カメラのようなものを森林に設置し、実際の着葉・落葉時期と着葉・落葉マップとの関係性を評価しなければならない。

## 参考文献

- 1) 国立大学法人高知大学・株式会社地域計画建築研究所 気候変動による高山植生及び希少植物への影響調査 2019
- 2) 藤原 崇真 地球観測衛星 GCOM-C1 を用いた着葉・落葉判定アルゴリズム開発 2022
- 3) 高見 海都 地球観測衛星 GCOM-C1 を用いた着葉・落葉経過マップ作成 2020
- 4) 高木 方隆 国土を測る技術の基礎-地理空間情報技術者を指す人のために-東京 公益社団法人 日本測量協会 2012 3
- 5) Google. (2023). Google マップ [地図].

<https://www.google.com/maps>

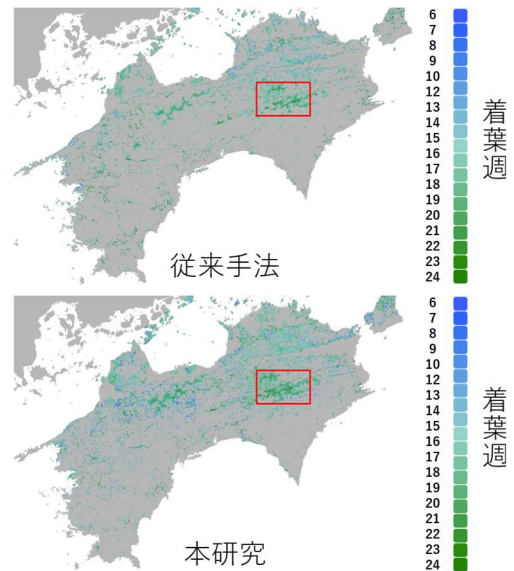


図9 着葉マップの比較

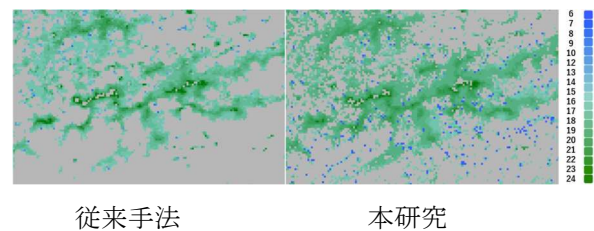


図10 剣山周辺の拡大

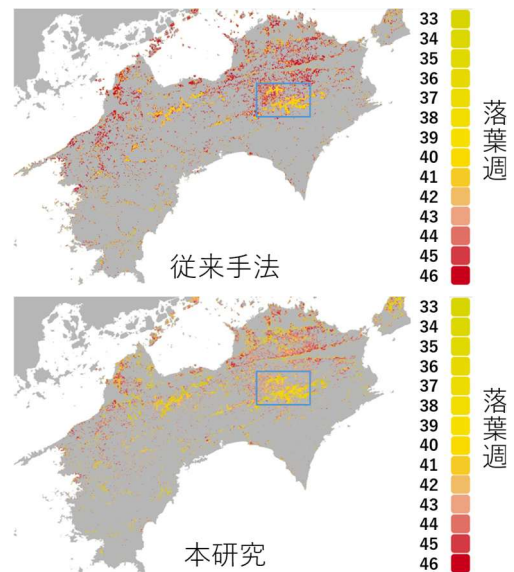


図11 落葉マップの比較

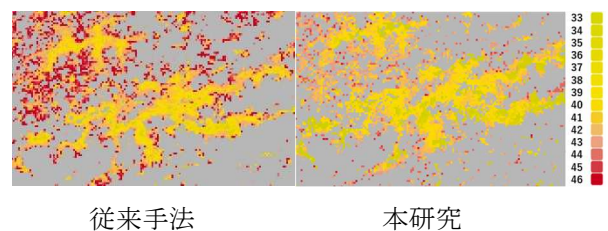


図12 剣山周辺の拡大