

# 画像相関を用いた人工衛星画像の 精度検証手法の検討

1220017 伊藤 治人

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

本研究室ではこれまで GCOM-C1 のデータを用いて新緑紅葉マップを作成してきた。しかし、新緑紅葉マップの精度検証は分解能が 250m のため非常に困難である。そこで GCOM-C1 の精度検証手法の確立が本研究の目的である。本研究では、UAV 画像を用いて GCOM-C1 の精度検証をしたいが、GCOM-C1 の分解能が粗く精度検証が難しい、そのため高分解能の人工衛星である Sentinel2 を中間データとして使用した。UAV と Sentinel2, Sentinel2 と GCOM-C1 で画像相関を見ることで精度検証を行う。UAV と Sentinel2 の相関については  $r \geq 0.7$  より高い相関が確認できたため、SENTINEL2 の精度検証が可能と思われる。次に GCOM-C1 と Sentinel2 について相関を見ると R と B については  $r \geq 0.7$  より高い相関が確認できたが、ばらつきが大きい。G については  $0.5 \leq r < 0.7$  より高い相関が確認できなかった。これらの問題については、ばらつきの大きいピクセルを抽出した上で、土地被覆の詳細を検討し、各センサの感度特性についても考慮する必要がある。

**Key Words** : Sentinel2, UAV, GCOM-C1

## 1. はじめに

本研究では 2017 年に JAXA が打ち上げた人工衛星 GCOM-C1 と 2015 年に ESA が打ち上げた人工衛星 Sentinel2 を使用した。

GCOM-C1 は、気候変動を観測すること目的としている。GCOM-C1 に搭載されている観測装置は SGLI(多波長光学放射計)である。SGLI は、地上からの光を、近紫外線から可視光線、赤外線までの 19 のバンドに分けて観測している。19 のバンドから目的に応じてバンドを選択することで、陸域から大気、海洋、雪氷まで様々な対象を観測できる。SGLI は SGLI-VNR(可視・近赤外放射計部)と SGLI-IRS(赤外走査放射計部)の 2 つの放射計によって構成されているが本研究では SGLI-VNR を利用した。SGLI-VNR の観測バンドを表-1 に示す。

表-1 GCOM-C1 バンド情報

センサ	バンド番号	波長	波長幅	分解能
		VNR, SWI:(nm)		
		TIR:( $\mu\text{m}$ )		
SGLI-VNR	VN1	379.9	10.6	250m
	VN2	412.3	10.3	
	VN3	443.3	10.1	
	VN4	490.0	10.3	
	VN5	529.7	19.1	
	VN6	566.1	19.8	
	VN7	672.3	22.0	
	VN9	763.1	21.9	
	VN10	867.1	20.9	



図-1 新緑マップ(2020)

本研究室ではこれまで GCOM-C1 のデータを用いて新緑紅葉マップを作成してきた。しかし、新緑紅葉マップの精度検証は分解能が 250m のため非常に困難である。そこで GCOM-C1 の精度検証手法の確立が本研究の目的である。

一般的に人工衛星画像の精度検証は、UAV 画像が使用されている。UAV 画像は本学の里山工学のホームページからダウンロードできる。UAV による植生観測エリアは、里山研究フィールド内 300×300m で分解能が 20cm である。

一方、GCOM-C1 の分解能は 250m のため大きな開きがある。そのため高分解能の人工衛星である Sentinel2 を中間データとして 3 つの観測スケールの異なるオルソ画像により精度検証を行う。Sentinel2 に搭載されたセンサは MSI(マルチ

スペクトルイメージャ)で、観測頻度は5日に1度である。本研究で使用した使用バンドを表-2に示す。

センサ	バンド番号	波長(nm)	波長(nm)	分解能	GCOM-C1対応バンド(nm)
MSI	B2	490	65	10m	VN4: 490.0
	B3	560	35		VN6: 566.1
	B4	665	30		VN7: 672.3
	B8	842	115		VN10: 867.1

表-2 Sentinel2 バンド情報

精度検証の手順として、はじめに UAV 画像と Sentinel2 の画像相関を検討し、次に Sentinel2 と GCOM-C1 の画像相関を検討する。このように観測スケールが大きく異なる場合でも段階的に検討が行えれば人工衛星における精度検証手法の1つになりえる。

## 2. UAV 画像と Sentinel2 の画像相関

### 2.1 使用データ

本研究で使用した UAV 画像と Sentinel2 の観測日時を表-3に示す。

表-3 左:UAV 画像 右:Sentinel2 使用データ

観測日時	UAV画像		Sentinel2	
	2019/4/8	11:11	2019/4/4	11:06
2019/11/17	11:06	2019/11/15	10:58	
2020/3/25	11:29	2020/3/24	10:58	
2020/10/24	10:59	2020/10/25	10:58	

UAV 画像は2019年4月5日から2021年1月5日までのデータが公開されている。その中で観測日時が1週間以内且つ天候が晴れの日で検索をかけると4時期のみとなった。(UAV 画像の幾何補正精度は0.002m以内で、分解能が20cmである。)

Sentinel2 の衛星画像は Python の Pandas ライブラリーを用いて RGB 合成を行ない、Geo Tiff 形式で保存した。

### 2.2 幾何補正

Sentinel2 の画像は位置ずれがあるため、Python の cv2 ライブラリーを用いてプレートマッチングを行なった。20×20 ピクセルの Sentinel2 の画像(図-3)を UAV 画像(図-2)上で20cm ずつ平行移動させることで残差が最小となるように幾何補正を行なった。

### 2.3 分解能の統一

UAV 画像と Sentinel 2 の分解能が異なるので UAV 画像の分解能を0.2m から10m にダウンスケールした。ダウンスケールの手法は UAV 画像の50\*50 ピクセルの RGB 値の平均値を1ピクセルの値とした。変更前後の UAV 画像(図-2)と Sentinel2(図-3)を示す。

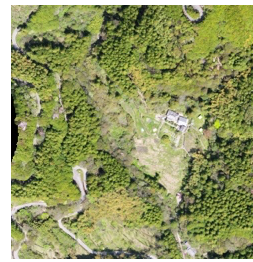


図-2 UAV 画像

← 変更前



図-3 Sentinel2

## 2.4 画像相関の結果

幾何補正し、分解能統一後の UAV 画像と Sentinel 2 の衛星画像で相関を見た。サンプルデータは QGIS 上のポイントサンプリングツールを用いて UAV 画像のピクセルに対応した Sentinel2 のピクセルを取得した。作成したグラフを図-4に、回帰分析の結果を表-4に示す。

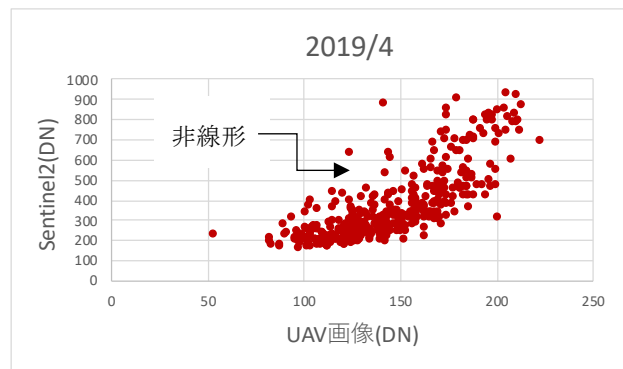


図-4 UAV 画像と Sentinel2 の散布図(R)

表-4 UAV 画像と Sentinel2 の回帰分析結果

UAV画像:観測日	Sentinel2:観測日	画像相関(R)	画像相関(G)	画像相関(B)
2019/4/8	2019/4/4	0.78	0.80	0.79
2019/11/17	2019/11/15	0.76	0.83	0.86
2020/3/25	2020/3/24	0.84	0.85	0.90
2020/10/25	2020/10/24	0.77	0.81	0.85

すべての年月で相関が  $r \geq 0.7$  より正の強い相関が得られたが、図-4 をみると観測結果が非線形であるという問題が見られた。

## 2.5 UAV のカメラの特性

前節の観測結果が非線形である問題を確認するため、UAV 観測で使用されたカメラの特性を確認した。はじめに、イラストレータを用いて11段階で表現された Gray Scale 画像を作成した。そして UAV カメラで作成した Gray Scale 画像を撮影し、RAW 形式14枚を保存した。このままでは14シ

ーンが重なっておらず、同じポイントの色情報が取得できないため QGIS 上のジオリファレンサーを用いて投影変換を行なった。



図-5 Gray Scale 画像

14 枚の R(赤)の 11 段階の情報を取得し 14 枚の R のそれぞれの段階的平均値を使用しグラフを作成した。(図-6) 図-6 から UAV カメラの特性が原因で非線形であることが確認できた。計測のカメラでなく、映像作成用のカメラであることが考えられる。

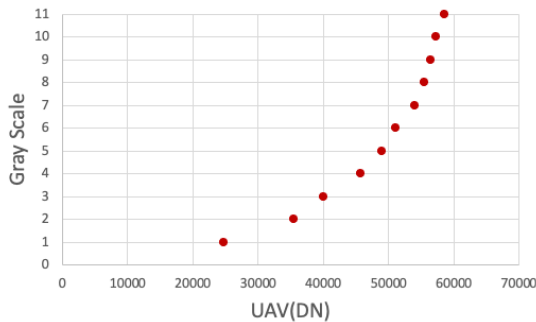


図-6 カメラの特性

### 3. Sentinel2・GCOM-C1 の画像相関

#### 3.1 使用データ

表-5 Sentinel2 と GCOM-C1 使用データ

観測日時	Sentinel2		GCOM-C1	
	2019/4/4	11:06	2019/4/4	10:35
2020/10/25	10:58	2020/10/25	9:55	

GCOM-C1 についても Sentinel2 に日付を合わせるため、JAXA の提供しているレベル 2 プロダクトの RSRF(地表反射率)を利用した。しかし、GCOM-C1 の衛星画像の中に対象地域が入っていないなど問題があり、前章における 4 時期のうち使用できたのは 2 時期のみとなっている。

UAV 画像の観測範囲では GCOM-C1 が 1 ピクセルの情報しか対応しないため、UAV 画像周辺の 5km を検証データの範囲とした。

#### 3.2 GCOM-C1 の画像化のための Geo Tiff ファイル変換

GCOM-C1 はダウンロードで得られる衛星データが HDF5 形式なので画像化できない。画像化には地球観測衛星プロダクトフォーマット変換ツールを

用いて Geo Tiff 形式に変換した。

#### 3.3 幾何補正

GCOM-C1 は分解能が粗く、平行移動での幾何補正では位置精度が不足していた。そこで、QGIS 上のジオリファレンサーを用いて、四国全域で基準点を 11 点準備して Sentinel2 を基準に回転も考慮した幾何補正を行なった。

#### 3.4 分解能統一

2-3 と同様の目的で、Sentinel2 の衛星画像の分解能を 10m から 250m に変更した。



← 変更前

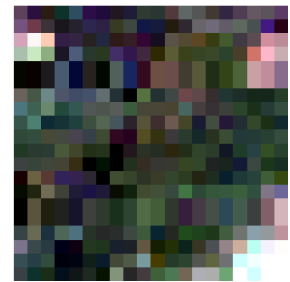


図-7 左:Sentinel2 右:GCOM-C1

#### 3.5 画像相関

2-4 と同様の方法で各ピクセルの RGB 情報を取得しグラフを作成したものを図-8 に、回帰分析の結果を表-5 に示す。

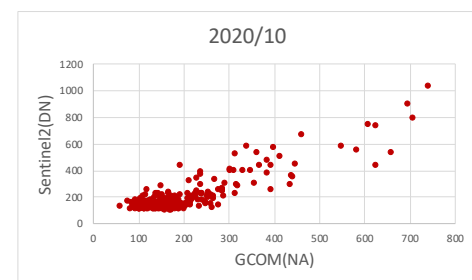
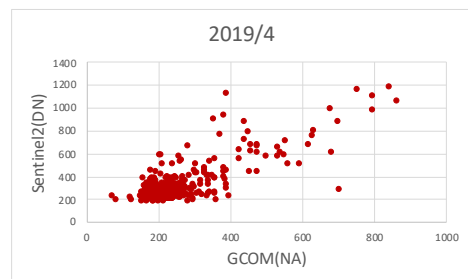


図-8 Sentinel2 と GCOM-C1 の散布図

表-5 Sentinel2 と GCOM-C1 回帰分析結果

日付	画像相関(R)	画像相関(G)	画像相関(B)
2019/4 /4	0.79	0.67	0.76
2020/10/24	0.87	0.68	0.87

すべての R と B の相関が  $r \geq 0.7$  より強い相関が得られたが, 2019 年 4 月の散布図のばらつきが大きい. G については強い相関は見られない. 次に Sentinel2 の画像では斜面補正が施されているため, GCOM-C1 のデータも正規化処理することで比較を試みた. 正規化処理は式 (a) を用いた.

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

$R_e$ : 正規化反射  $r_e$ : 反射率

N: 総バンド数  $i$ : バンド番号

正規化処理された GCOM-C1 のデータと Sentinel2 のデータでグラフを作成した. 作成したグラフを図-9, 回帰分析結果を表-6 に示す.

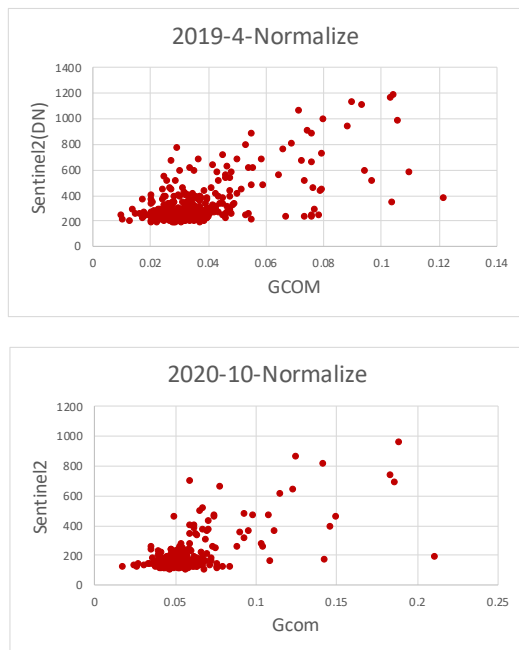


図-9 正規化後の散布図

表-6 正規化後の回帰分析結果

日付	画像相関(R)	画像相関(G)	画像相関(B)
2019/4 /4	0.64	0.55	0.63
2020/10/24	0.67	0.54	0.59

結果は正規化処理後の画像相関の方が全体的に低くなってしまっている. ばらつきに関しても解消できなかった. 正規化によって地形補正以上に明るさが統一されてしまうことが原因だと考えられる.

#### 4. おわりに

本研究で UAV と Sentinel2 については, 非線形であるが強い相関が得られた. 非線形の原因も UAV のカメラであることが確認できたので Sentinel2 の精度検証は行うことが可能と思われる.

GCOM-C1 と Sentinel2 については R と B については高い相関が見られた. しかし, ばらつき大きい時期もあった.

G については 2 つのデータで共通して画像相関が低い. G に値するバンドは Sentinel2 の B3 (560nm) と, GCOM-C1 の VN6 (566.1nm) は, 波長がほぼ同じにも関わらず画像相関が G のみ低いので問題である. これらの問題については, ばらつきの大きいピクセルを抽出した上で, 土地被覆の詳細を検討し, 各センサの感度特性についても考慮する必要がある.

#### 参考文献

- 1) 高木方隆 国土を測る技術の基礎
- 2) 高見海都 地球観測衛星 GCOM-C1 を用いた新緑紅葉経過マップの作成 2019 年度
- 3) 花井洋沼 2018 年度学士論文 人工衛星を用いた 10 年間の植生変化
- 4) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 気候変動観測衛星「しきさい」データ利用ハンドブック