

# 二時期 AVNIR2 画像を用いた 植生図作成アルゴリズムの開発

1100444 箭野 伸弥

高知工科大学工学部社会システム工学科

二時期 AVNIR2 画像を用いた植生図作成アルゴリズムの開発を行った。AVNIR2 画像の Band 間演算により、正規化植生指標 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)、正規化土壌指標 NDSI(Normalized Difference Soil Index)、正規化水域指標 NDWI(Normalized Difference Water Index)を算出した。算出された NDVI、NDSI、NDWI の数値と変化を元に常緑樹、落葉樹、笹竹類、草地、裸地、水域の 6 種類に分類可能なアルゴリズムを構築した。目視による検証の結果、常緑樹と落葉樹が 80%以上で、草地が約 55%、笹竹類、裸地、水域では約 35%の合致率であった。裸地は草地と判別されるケースが多かった。常緑樹と落葉樹以外の判定が困難という課題が残るが、このアルゴリズムで山間部において広範囲の土地被覆分類を行えることが期待できる。

**Key Words :** 土地被覆分類、衛星画像、NDVI

## 1. 背景

現在の植生図は、環境省がH19年に作成したものが最新である<sup>1)</sup>。この植生図は現地調査と空中写真を元に作成されている。しかし、この植生図の作成対象範囲は、空中写真撮影が最近行われた地域であり、四国ではわずかな地域に限定されている。

そこで、陸域観測技術衛星 ALOS(日本語名だいち)に搭載されている高性能可視近赤放射計 2 型 (AVNIR2)センサーで観測された衛星画像を用いて、広範囲の植生図の作成を試みる。

陸域観測技術衛星ALOSは、46日の周期ごとに同一地表に戻ってくる準回帰軌道である。ALOSに搭載されたAVNIR2センサーは、近赤外域を含む4つの観測波長域のデータを取得している。したがって、多時期の観測データを用いて、土地被覆の変化を捉えることで、植生図作成が期待できる。

## 2. 目的

本研究の目的は、多時期 AVNIR2 の画像を使用し、植生図作成アルゴリズムを開発することである。今回、植生判読の分類項目は、常緑樹、落葉樹、笹竹類、草地、裸地、水域の 6 項目とする。植生図作成アルゴリズムは、植生、土壌、水域の状態を判断する正規化植生指標(NDVI)、正規化土壌指標(NDSI)、正規化水域指標(NDWI)の値を用いる。これらの指標は AVNIR2 画像の Band 間演算を用いて算出し、その絶対値と値の変化に着目した手法を開発する。

以下に植生図作成の流れを示す。

1. 多時期 AVNIR2 センサーの衛星画像の取得
2. 取得した衛星画像の幾何補正
3. 幾何補正した画像の放射量補正
4. NDVI、NDSI、NDWI の算出
5. NDVI、NDSI、NDWI の絶対値と値の変化に着目したアルゴリズムによる土地被覆分類
6. 目視による作成された植生図の検証

## 3. 使用したデータ

AVNIR2 は、4 種類の観測波長域を観測している(表 3-1)<sup>2)</sup>。それぞれの観測波長域は Band と呼ばれている。各 Band の値は地物の分光反射特性を反映しているため、土地被覆分類が可能である。画像分解能は、1pixel あたり 10m×10m で、観測幅は 70km である。したがって、広範囲を高分解で分類できるものである。今回は、2007 年 2 月、2009 年 4 月、8 月の 3 シーンの画像を取得することができた。

AVNIR2 はポインティングの機能があるが、今回使用した衛星画像は全て直下視の画像であった。ポインティングとは、任意の角度で地表面を観測できる機能である。

表 3-1. 各 Band 毎の観測波長域

Band	観測波長(μm)
1	0.42 ~ 0.50
2	0.52 ~ 0.60
3	0.61 ~ 0.69
4	0.76 ~ 0.89

#### 4. 衛星画像の前処理

多時期の衛星画像同士を重ね合わせるためには、幾何補正により、座標系を統一する必要がある。今回は、他の地理情報との重ね合わせも考慮し、平面直角座標系の第四系に統一した。

衛星画像の幾何補正は、一般的に画像座標系 $(u, v)$ と地上座標系 $(X, Y, Z)$ 間の座標変換を用いて行う。座標変換式で導くには、地上座標と、それに対応する画像座標の両方の座標情報が必要である。今回、地上座標の取得には、高知工科大学高木研究室で構築している基準点データベース<sup>3)</sup>を使用した。この基準点は、衛星画像上で視認可能な橋の中央や道路の交差点の中心等の地上座標が4cmの精度で測量されている。

幾何補正の精度を表4-1、幾何補正後の画像を図4-1に示す。幾何補正の精度は $u, v$ 共に1pixel以下となり、重ね合わせることが可能な精度であると判断した。

表 4-1. 幾何補正時の変換精度 (pixel)

観測日	u	v
2007年2月15日	0.626	0.239
2009年4月7日	0.490	0.352
2009年8月23日	0.914	0.217

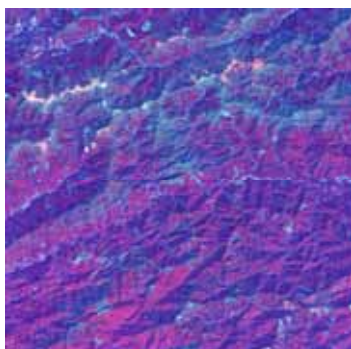


図 4-1. 幾何補正後の衛星画像  
(2009年4月7日網附森周辺)

幾何補正後は、画像の放射量補正を行う。放射量補正をすることで、センサー感度特性の他に、太陽の位置や角度の影響、大気の状態に起因する放射量の歪を補正することが出来る。放射量補正は次式を用いて線形変換を行う。

$$y = ax + b \quad (\text{式 4-1})$$

y: 補正後の値

a: ゲイン

b: オフセット

x: 画像の pixel 値

式中のゲインとオフセットは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の ALOS プロダクト(LEVEL1-B-1)から提供されているデータを使用した。

#### 5. 植生分類手法

##### 5-1. 植生分類アルゴリズム

図 5-1 は、主要な地表の構成要素である植物、土壌、水域、コンクリートの分光反射特性を表したものである。植物は 0.8 $\mu\text{m}$  の近赤外の波長で高い反射率となっていることが分かる。そして、この図に AVNIR2 の各 Band の観測波長域を色つきの網掛けで示した。

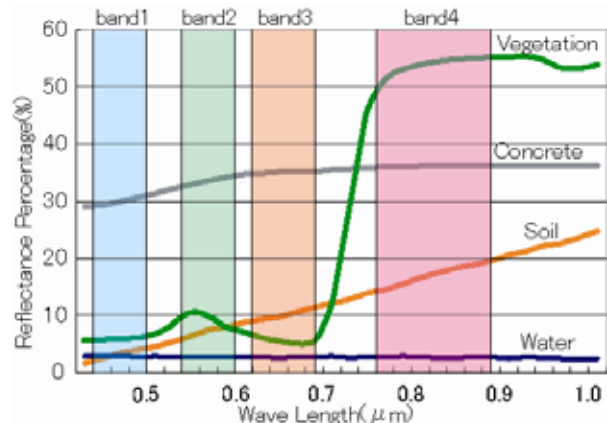


図 5-1. 観測波長域

この図より、植物は Band4 の値が大きく Band3 の値が小さい。土壌は、Band1、2、3、4 の順で徐々に大きな値を示す。水域は、値自体が非常に小さく Band1、2、3、4 の順で減少する傾向にある。これらの特徴を利用して、Band 間演算を行えば、植物、土壌、水域を強調した画像が得られる。この画像は、それぞれの存在する可能性を表す指標として活用することが出来る。本研究では植物に関する指標を NDVI、土壌に関する指標を NDSI、水域に関する指標を NDWI と呼ぶこととする。各指標の計算式は式 5-1、式 5-2、式 5-3 のとおりである。

$$NDVI = \frac{(Band4 - Band3)}{(Band4 + Band3)} \quad (\text{式 5-1})$$

$$NDSI = \frac{(Band3 - Band1)}{(Band3 + Band1)} \quad (\text{式 5-2})$$

$$NDWI = \frac{(Band1 - Band4)}{(Band1 + Band4)} \quad (\text{式 5-3})$$

Band1: 可視領域の青

Band3: 可視領域の赤

Band4: 近赤外

NDVI、NDSI、NDWI の値は、-1 ~ 1 の値をとる。値が 1 に近い程、それぞれの存在する可能性が高いと推定できる。

式 5-1、式 5-2、式 5-3 より求めた NDVI、NDSI、NDWI の値を元に常緑樹、落葉樹、笹竹類、草地、裸地、水域の 6 種類に分類することを試みる。

各分類の代表的な場所を衛星画像から 3 ~ 4 点読みとり、NDVI、NDSI、NDWI の平均値を算出した。

図 5-2 は、3 時期の各分類項目における NDVI の値をグラフで示したものである。各分類項目の NDVI の絶対値及びその変化は特徴を持っており、NDSI、NDWI を合せて利用すれば、分類が可能なが予想された。

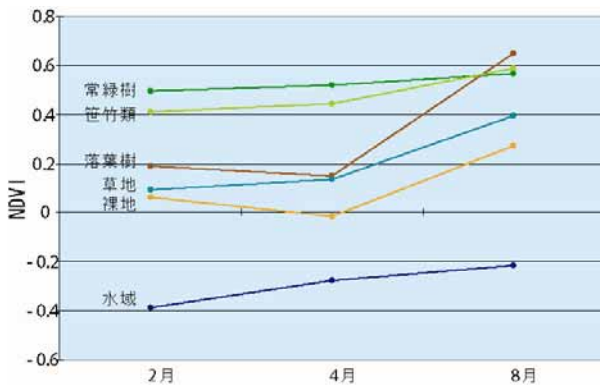


図 5-2. NDVI のグラフ (2月, 4月, 8月)

そこで、NDVI、NDSI、NDWI の絶対値と値の変化を元に分類アルゴリズムを作成した。その分類アルゴリズムを図 5-3 に示す。

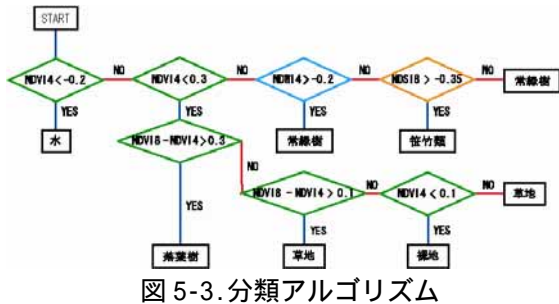


図 5-3. 分類アルゴリズム

NDVI4: 4月の NDVI  
 NDVI8: 8月の NDVI  
 NDWI4: 4月の NDWI  
 NDSI8: 8月の NDSI

2月の画像は、4月とほぼ同じであったので今回は使用しなかった。

## 5-2. 分類アルゴリズムによる土地被覆の分類結果

分類アルゴリズムを元に植生図作成を行った結果を図 5-4 に示す。常緑樹は緑色、落葉樹は茶色、笹竹類は黄緑色、草地は水色、裸地は黄色、水域は青色に色分けしている。

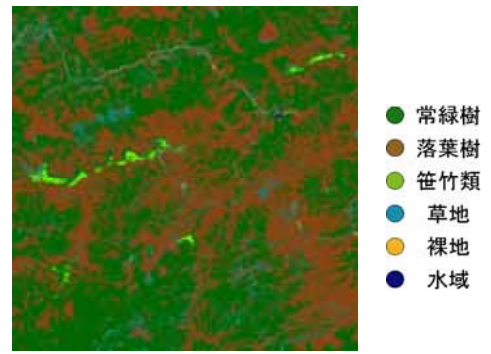


図 5-4. 土地被覆分類画像 (網附森周辺)

## 6. 検証

得られた植生図を目視により検証した。

検証範囲は、三嶺、網附森、秋葉山、高知工科大学をそれぞれ中心とした 100pixel×100pixel の矩形範囲とした。各矩形範囲において、4月、8月の画像を見比べながら、目視での分類により検証データを作成した。作成した植生図と検証データをクロス集計により比較した。

### 6-1. 三嶺

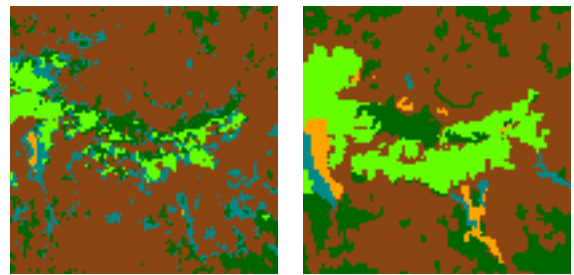


図 6-1A. 作成した植生図

図 6-1B. 検証データ

表 6-1. 比較結果 (%)

		作成した植生図							
		三嶺	常緑樹	落葉樹	笹竹類	草地	裸地	水域	合致率
検証データ	常緑樹	8.34	8.41	0.87	1.98	0.00	0.00	0.00	42.6
	落葉樹	0.82	53.8	0.08	3.69	0.05	0.00	0.00	92.1
	笹竹類	2.81	4.76	5.89	3.28	0.01	0.00	0.00	35.2
	草地	0.00	2.01	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	5.63
	裸地	0.00	2.28	0.00	0.56	0.25	0.00	0.00	8.09
	水域	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

図 6-1A は作成した植生図、図 6-1B は検証データ、表 6-1 はクロス集計の結果を表にまとめたものである。表 6-1 は、列方向に作成した植生図を、行方向に検証データの分類項目を示しており、表中の数値は、検証領域を pixel の占める割合を % で表現している。この表において青い網掛けの部分は、植生図も検証データも同じ分類項目であることを示しており、正解の割合と言える。三嶺においては全体で 68.4% が正解と判断された。中でも、主な植生である落葉樹の合致率は 92.1% と高かった。一方、常緑樹と笹竹類に誤分類が多い傾向となった。三嶺は非常に樹種が豊富なため誤分類が多いと考えられる。

## 6-2. 綱附森

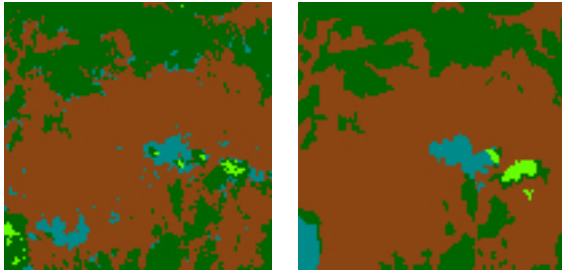


図 6-2A. 作成した植生図

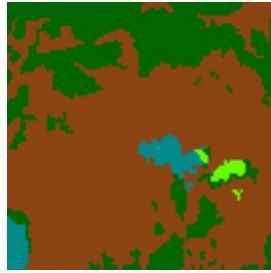


図 6-2B. 検証データ

表 6-2. 比較結果(%)

		作成した植生図						
検証データ	綱附森	常緑樹	落葉樹	笹竹類	草地	裸地	水域	合致率
	常緑樹	26.1	1.23	0.02	0.31	0.00	0.00	94.4
	落葉樹	5.58	59.2	0.00	3.20	0.00	0.00	87.1
	笹竹類	0.61	0.00	0.25	0.01	0.00	0.00	28.7
	草地	1.32	0.58	0.36	1.16	0.00	0.00	33.9
	裸地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	水域	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-

図 6-2A は作成した植生図、図 6-2B は検証データ、表 6-2 はクロス集計の結果を表にまとめたものである。綱附森においては、全体で 86.8% が正解と判断された。三嶺と同様に綱附森も主な植生である落葉樹の合致率が約 87.1% だった。落葉樹と草地に誤分類が多い傾向となった。

## 6-3. 秋葉山

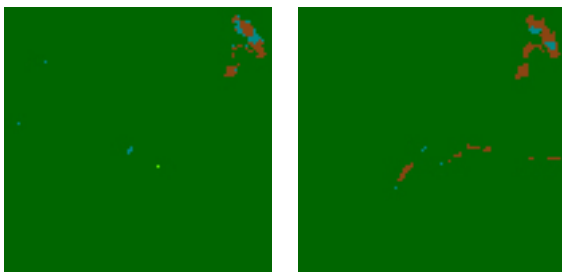


図 6-3A. 作成した植生図

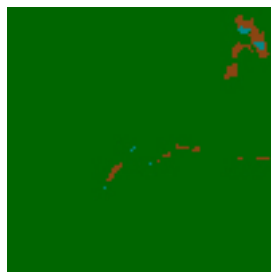


図 6-3B. 検証データ

表 6-3. 比較結果(%)

		作成した植生図						
検証データ	秋葉山	常緑樹	落葉樹	笹竹類	草地	裸地	水域	合致率
	常緑樹	98.2	0.06	0.01	0.07	0.00	0.00	99.9
	落葉樹	0.63	0.59	0.00	0.22	0.00	0.00	41.0
	笹竹類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	草地	0.02	0.12	0.00	0.08	0.00	0.00	36.4
	裸地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	水域	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-

図 6-3A は作成した植生図、図 6-3B は検証データ、表 6-3 はクロス集計の結果を表にまとめたものである。秋葉山においては、全体で 98.9% が正解と判断された。秋葉山では常緑樹の合致率が 99.9% だった。秋葉山は、常緑樹が大部分を占めているため、検証を行った 4 箇所の中で最も高い精度となった。

## 6-4. 高知工科大学

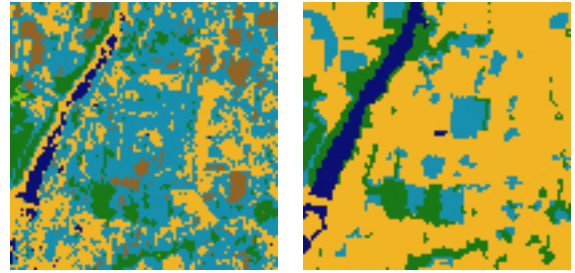


図 6-4A. 作成した植生図

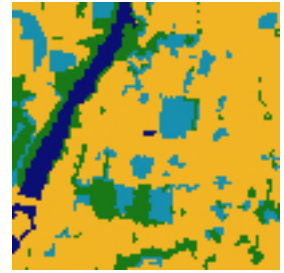


図 6-4B. 検証データ

表 6-4. 比較結果(%)

		作成した植生図						
検証データ	工科大	常緑樹	落葉樹	笹竹類	草地	裸地	水域	合致率
	常緑樹	8.62	0.24	0.18	4.70	0.10	0.01	62.2
	落葉樹	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	笹竹類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	草地	0.79	2.30	0.01	8.62	0.40	0.00	71.1
	裸地	0.50	4.64	0.00	36.7	26.0	0.41	38.1
	水域	0.00	0.07	0.00	0.78	2.76	2.23	38.2

図 6-4A は作成した植生図、図 6-4B は検証データ、表 6-4 はクロス集計の結果を表にまとめたものである。高知工科大学においては、全体で 45.5% が正解と判断された。裸地に誤分類が多い傾向となった。高知工科大学は、植生の種類が多く、AVNIR2 の 1pixel の中に様々な樹種が混在している。また、検証データを作成するとき判読が困難であったため、検証を行った 4 箇所の中で最も低い精度となった。

## 7. 考察

本研究では、衛星画像から NDVI、NDSI、NDWI を算出して植生図を作成するアルゴリズムを構築した。検証の結果、常緑樹 88.6%、落葉樹 88.8%、笹竹類 34.8%、草地 55.8%、裸地 36.8%、水域 38.1% の合致率となった。今回作成した分類アルゴリズムは、常緑樹と落葉樹の判定に強いアルゴリズムと言える。また、樹種の豊富な地域では、分類精度が低い傾向にあった。1pixel が 10m×10m でも、植生分類のためには低い分解能なのかもしれない。今後は、ミクセル分解も考慮し、分類アルゴリズムの精度を向上させる必要がある。

## 8. 参考文献

- 1) 植生調査情報提供ホームページ  
<http://www.vegetation.jp/seibi/index.html>
- 2) ALSO ユーザーズハンドブック  
<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/doc/jhandbk.htm>
- 3) 基準点データベース  
[http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takalab/gcp\\_correction/GCPDB/index.htm](http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takalab/gcp_correction/GCPDB/index.htm)