

京都大学大学院 学生員 ○石黒 鉄治 京都大学防災研究所 正会員 宝 馨  
 東京大学愛知演習林 芝野 博文 京都大学防災研究所 正会員 岡 太郎

## 1 はじめに

本研究では、特徴の異なる森林領域をあらかじめ選択しておき、その領域において航空機 MSS 画像から求められる分光反射率の R-IR プロット形状及び様々な植生指標の示す値の傾向を比較し、樹種の違いなどの森林域の特徴を判別し得る情報が抽出できないか検討する。

## 2 比較対象とした森林

愛知県瀬戸市にある東京大学愛知演習林において、特徴が明らかに異なると考えられる林班（森林域を管理する単位）を以下のように選択した。なお、愛知演習林における 1993 年版の林班図及び林班調査簿を用いた。

### (a) 樹種が異なる対象

スギの人工林（林班 60 い<sub>5</sub>）

ヒノキの人工林（林班 58 い<sub>1</sub>）

マツの人工林（林班 53 ほ）

### (b) 材積が段階的に異なる対象

スギの人工林（林班 60 い<sub>5</sub>, い<sub>7</sub>及びい<sub>6</sub>）

ヒノキの人工林（林班 58 い<sub>7</sub>, い<sub>1</sub>及びい<sub>3</sub>）

### (c) 天然林で針葉樹 (N) と広葉樹 (L) の割合が比較的異なる対象

N/L=40/60 (林班 53 ろ)

N/L=20/80 (林班 54 ろ)

## 3 リモートセンシングデータ

1992 年の矢田川航空機観測実験<sup>1)</sup>において撮影された航空機 MSS 画像データを使用した。概要大気補正及び幾何補正が施され、CCT 値として収録されている。画像の空間分解能は約 6.25 m であり、雲が写っている部分はない。

植生情報を抽出しようとする際に選択される電磁波のバンド（波長帯）は、普通、赤付近の可視バンド（約 0.4–0.7  $\mu\text{m}$ ）及び近赤外バンド（約 0.7–1.3  $\mu\text{m}$ ）である。（以降では、赤付近の可視域及び近赤外域を R 及び IR と記載する。）これは、植生に対する電磁波の反射特性として、R では植生に含まれるクロロフィルに吸収されやすく放射が起こりにくいのに対

し、IR では植生に吸収されてもすぐに放射されるので反射が多いという結果に基づいている。

本研究においては R としてバンド 8 (0.654 – 0.669  $\mu\text{m}$ ) を、IR としてバンド 12 (0.82 – 0.90  $\mu\text{m}$ ) を採用した。また、植生指標を計算するにあたり、CCT 値を分光反射率  $\rho$  に換算して使用している。なお、バンド平均分光反射率として扱っている。ここに、分光反射率とはある波長の電磁波の入射量に対するその波長の反射量の比である。

## 4 R-IR プロット

上でも述べたように、植生の特徴を取り出すには、R 及び IR のバンド情報を使用するのが有効である。そこで、R 及び IR の分光反射率  $\rho_R$  及び  $\rho_{IR}$  を  $x$  軸及び  $y$  軸にとり、その  $x$ - $y$  平面（分光反射率の R-IR 空間）にピクセルの値をプロットすれば、対象となる植生の特徴をプロットの形状によって視覚的に把握することが可能である。

また、植生指標の多くは、分光反射率の R-IR 空間において、isovegetation line（指標値が等しくなる線）及び soil line（裸地ピクセルの値をプロットすると現れる線、すなわち、指標値が最低値をとる線）を直線と仮定する。したがって、分光反射率の R-IR プロットを行うことにより指標値の大体の傾向を視覚的に把握することができる。

## 5 植生指標 (VI: Vegetation Index) について

本研究においては、DVI, PVI, RVI, NDVI, IPVI, TSAVI, MSAVI, MSAVI<sub>2</sub>, GEMI 及び ARVI の 11 種類を扱う<sup>2)</sup>。

なお、以下の式中において、 $IR$ ,  $R$  及び  $B$  : 近赤外、赤 及び 青の波長帯における分光反射率、 $s$  : soil line の勾配、そして、 $i$  : soil line の切片である。

### 5.1 Perpendicular Index

本質的に指標値が R-IR 空間における soil line との距離によって定義される指標を Perpendicular Index という。DVI (Different VI) は単に  $R$  と  $IR$  の差を取ったものであり、PVI (Perpendicular VI) は soil line を考慮して、正に、soil line から各プロットまでの距離を指標値としたものである。

$$DVI = IR - R \quad (1)$$

$$PVI = \frac{IR}{\sqrt{1+s^2}} + \frac{sR}{\sqrt{1+s^2}} \quad (2)$$

## 5.2 Ratio-based Index

指標の値が isovegetation line の勾配によって決まるものを Ratio-based Index と呼ぶ。

RVI (Ratio VI) は、IR と R との比をとったものである。それによりアルベドの効果が打ち消され、影による影響がないとされる。そのため、植生指標としては最も広く使われている。NDVI (Normalized DVI) は最も有名な指標であり、単に植生指標と言いたいこの指標を指す。NDVI は値域が -1 から 1 に限定される。IPVI (Infrared Percentage VI) は NDVI の分子において IR から R を減ずることを不適切として提案された指標である。IPVI は値域が 0 から 1 であり、NDVI のように指標として負の値を持ちうるといった概念的なおかしさを解消している。

$$RVI = \frac{IR}{R} \quad (3)$$

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (4)$$

$$IPVI = \frac{IR}{IR + R} \quad (5)$$

RVI, NDVI 及び IPVI は関数的に等価 (1 対 1 対応) であり、isovegetation line は原点を通る直線である。しかし、それは土壌の影響により実際は原点を通る直線や soil line に平行な直線で近似できないことがある。そこで、SAVI (Soil Adjusted VI) は isovegetation line は必ずしも原点を通らない直線としている。

$$SAVI = \frac{IR - R}{IR + R + L}(1 + L) \quad (6)$$

ここに、 $L$  : soil adjustment factor である。 $L$  は植生が非常に密な場合で 0、非常に粗な場合で 1 になる範囲で与える。しかしながら、 $L$  を決定するのは困難であり、標準的に  $L = 0.5$  が用いられる。Qi *et al.*<sup>3)</sup> は、上記の SAVI のファクターである  $L$  の問題の解決案として、MSAVI (Modified SAVI) 及び MSAVI<sub>2</sub> を提案している。

MSAVI は、NDVI と WDV (Weighted DVI :  $= IR - sIR$ ) が植被率に関して負の相関を持つという結果に基づき、 $L$  を NDVI と WDV の積から求めるようにした SAVI である。また、MSAVI<sub>2</sub> は  $L_n = 1 - SAVI_n$  及び  $SAVI_n = SAVI_{n-1}$  を仮定して漸化式を解いたものであり、 $L$  や  $s$  を求めておく必要がないという利点を持つ。

$$MSAVI = \frac{IR - R}{IR + R + L}(1 + L) \quad (7)$$

$$L = 1 - NDVI \cdot WDV$$

$$MSAVI_2 = (IR + 1/2) - \sqrt{(IR + 1/2)^2 - 2(IR - R)} \quad (8)$$

TSAVI (Transformed SAVI) は isovegetation line が原点を通らないことに加え、soil line も原点を通らない直線としている。

$$TSAVI = \frac{s(IR - sR - i)}{sIR + R - si + X(1 + s^2)} \quad (9)$$

ここに、 $X$  : soil line adjustment factor であり、 $X = 0.08$  を用いた例がある<sup>3)</sup>。

## 5.3 大気ノイズを考慮した指標

GEMI (Global Environmental Monitoring Index) 及び ARVI (Atmospherically Resistant VI) は、大気によるノイズを軽減しようとした指標である。これらは、植生の変化に対してあまり敏感ではなく、また、植被の少ないところでは、soil noise の影響を激しく受けるともいわれる。

GEMI は大気の変化に対して鈍感になるように経験的に導かれている。また、ARVI は built-in atmospheric correction の一種であり、NDVI の  $R$  を  $rb$  に置き換えたものである。

$$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) + \frac{R - 0.125}{R - 1}, \quad (10)$$

$$\eta = \frac{2(IR^2 + R^2) + 1.5IR + 0.5R}{IR + R + 0.5}$$

$$ARVI = \frac{IR - rb}{R + rb}, \quad (11)$$

$$rb = R - \gamma(R - B), \quad \gamma \approx 1.0$$

なお、紙面の都合上、解析結果は講演時に示すことと致します。

## 参考文献

- 1) 宝ら：矢田川航空機実験及び同期地上観測実験について、水文・水資源学会誌、Vol. 6. No. 1, pp. 71-75, 1993.
- 2) Terrill W. Ray: A FAQ on Vegetation in Remote Sensing, 1994, <ftp://kelper.gps.caltech.edu/pub/terrill/rsvegfaq.txt>
- 3) J. Qi, A. Chehbouni, A. R. Heute, Y. H. Kerr, and S. Sorooshian: A Modified Soil Adjusted Vegetation Index, Remote Sens. Environ. 48, pp. 119-126, 1994.