

植生の背景反射を考慮した植生指標画像作成上の留意点

東京理科大学 大学院土木工学専攻 学生会員 ○清本 貴哉
東京理科大学 理工学部土木工学科 フェロー会員 小島 尚人
東京理科大学 理工学部土木工学科 非会員 三鼓 快、藤澤 竜治

1. はじめに

衛星リモートセンシングデータを用いて植生の活性度を広域に分析しようとする試みは、古くから数多くあり、正規化植生指標、「NDVI: Normalized Difference Vegetation Index」が広く利用されている¹⁾。しかし、土壌反射が大きい領域(土壌が多く、植生少ない画素)では、赤色域の画像濃度値(以下、RED 値)が大きくなり、近赤外域(Near infrared)の画像濃度値(以下、NIR 値)が小さくなる。結果として NDVI 値が小さく見積もられてしまう。これを補うために、Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) が提案された²⁾。SAVI は、土壌調整係数 L を加味して、土壌反射の影響を最小限にすることを目的とした植生指標であり、式(1)で表される。L=0 の時、NDVI に等しくなる。この式の詳細については後述する。

$$SAVI = (1 + L) \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} \quad (1)$$

但し、NIR : 近赤外域に対応するバンドの画像濃度値

RED: 赤色域に対応するバンドの画像濃度値

SAVI は、植生の割合が低い砂漠等の乾燥地域、農用地や河川敷のような土壌反射が植生に影響を及ぼす地域で使用される。市街地領域では、地表構成物(土壌、アスファルト、コンクリート等)が混在するため、植生の量に対する地表面からの背景反射の影響をモデル化することが難しいためである。

しかし、L 値の範囲内において NDVI 値の補正可能性と補正誤差を認識した上で、市街地を含めた広領域に対して、SAVI、NDVIを含めた各種植生を比較する研究報告もある³⁾。SAVI を対象とした研究では、L=0.5 に固定した場合の検討がほとんどであり、衛星リモートセンシングデータを対象として、L 値の違いに伴う SAVI 値の違い、さらには NDVI 値(L=0)との比較に関する検討は数少ない。

そこで、本研究では、L 値を 0.1~0.9 とした場合の SAVI 画像を作成し、NDVI 画像(L=0)と比較するとともに、SAVI 画像作成上の L 値の有効範囲と留意点を整理する。

2. 前提条件

(1) 対象領域と使用データ

鎌倉市大船駅周辺領域を検討対象とした。植生と非植生領域が混在する領域であり、SAVI 値と NDVI 値を比較する上で、妥当な領域となる。筆者らは、ハイパースペクトルデータから NDVI 画像を作成する際のバンド選定手法に関する研究も進めている⁴⁾。Hyperion データの観測日は 2002 年 11 月 14 日である。「バンド 26~バンド 34 (610nm~691nm)」が赤色域に対応し、「バンド 35~バンド 115 (702nm~1296nm)」が近赤外域に対応する。提案したバンド選定手法を用いて⁴⁾、NDVI 画像を作成する

上で選定された有効バンドとして、「バンド 29 (RED 域)とバンド 95 (NIR 域)」を採用し、SAVI 画像を作成することとした。ハイパースペクトルデータから作成される SAVI 画像と NDVI 画像の比較・検討としての意義もある。

(2) SAVI 画像の定義²⁾

図-1 に土壌調整係数(L 値)と植生指標補正の概念を示す。縦軸と横軸をそれぞれ NIR 域バンドと RED 域バンドに対応する画像濃度値とすると、NDVI 値=0 のラインは 45 度の直線となる。この直線はソイルラインと呼ばれている。乾燥・明色系土壌の場合、NIR 域と RED 域ともに画像濃度値が高くなるため、植生画素は、図上の右上に位置し、湿潤・暗色系土壌の場合、図上の左下部に位置する。

植生の密度が大きくなると、RED 域の画像濃度値(以下、RED 値)が小さくなり、NIR 域の画像濃度値(以下、NIR 値)は大きくなることから、ソイルラインから離れる方向に移動する。つまり、植生等値線は傾きが急、切片も大きくなり、原点と交わらなくなる。植生等値線が交わる点に原点を移動し(図-1 内では原点 O')、新たな座標軸で植生指標を計算する必要がある。この移動量が図-1 中の K₁と K₂に相当する。NIR 値と RED 値にこの補正量を加味すると、補正後の植生指標(NDVI')は以下のとおりとなる。

$$NDVI' = \frac{(NIR + K_2) - (RED + K_1)}{(NIR + K_2) + (RED + K_1)} \quad (2)$$

等値線の傾きが 1 に近くなると、K₁と K₂はほぼ等しくなることから、K₁+K₂=2K となる。L=2K において、NDVI のレンジ「-1 ~ +1」と合わせるために、(1+L)を掛けると、SAVI は前述した式(1)となる。つまり、L は背景反射影響の調整を担う。

(3) 土壌調整係数(L 値)の取り扱い

L 値は、緑色植生の割合によって、一般に以下のように設定される。

- ・緑色植生のない地域: L=1
- ・緑色植生の割合が中程度の地域: L=0.5
- ・植生の割合が非常に高い地域で: L=0 (NDVI と同じ)

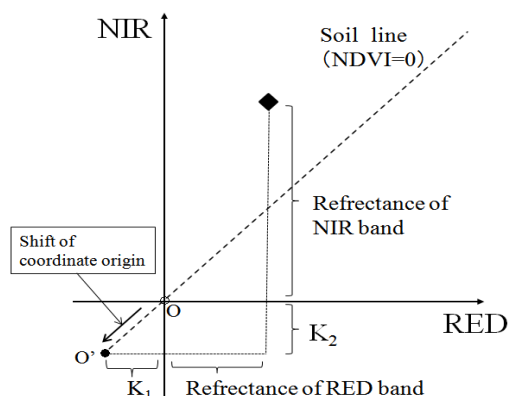


図-1 土壌調整係数 (L 値) と植生指標補正概念

キーワード: 土壌調整係数、Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)、Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)、ハイパースペクトルデータ

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科

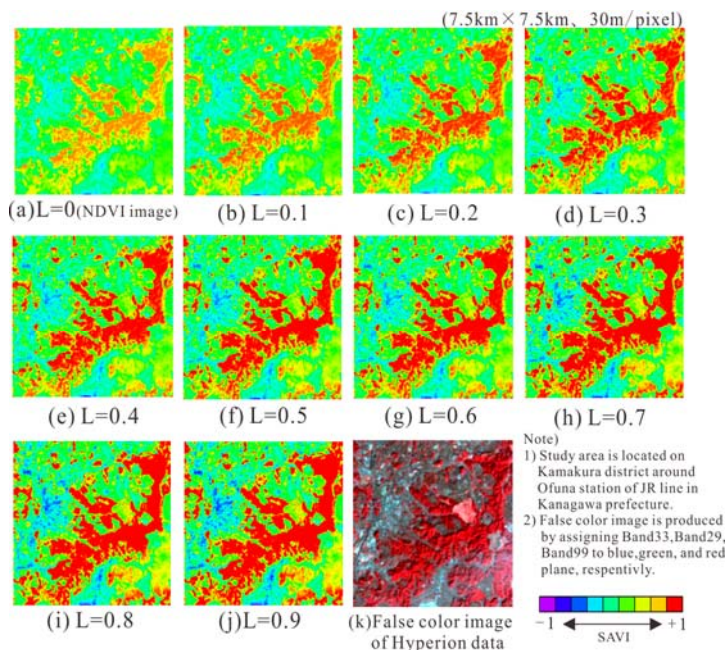


図-2 土壌調整係数別 (L 値) に作成した SAVI 画像

これをベースとして、本研究では、以下の前提のもとに、各種土地被覆を有する領域を対象として、L 値の違いに伴う SAVI 画像上に現れる違いについて分析する。

①RED 領域では、植生の反射率に比べて、「土壌、アスファルト、コンクリート等」の植生周辺の地表面反射率は大きく、NIR 領域では逆となる関係は極端には変わらない。

②市街地領域の画素は、一般にソイルライン近くに分布し、しかも植生等値線上にそって広がる(分散大)。つまり、L 値の範囲内(0~1)で、土地被覆が混在する市街地領域においても SAVI 画像の精度が向上する可能性がある。

3. SAVI画像作成上の留意点

図-2にNDVI画像(L=0)とSAVI画像(L=0.1~0.9)を示す。植生領域と非植生領域の分布状態を判り易くするため、フォールスカラー画像も掲載した。

a) SAVI値を画像化する際の留意点：式(1)に基づけば、NDVI値が正の画素は、SAVI値はNDVI値より大きくなる。SAVI画像を作成する際には、SAVI値を階調化する必要があるが、SAVI値の最大値と最小値を0~255(あるいは所定のランク数)に線形変換することには注意を要する。変換後の値が圧縮され、植生領域のSAVIのランク値がNDVIのランク値より小さくなり、式(1)の結果として矛盾するためである。既往文献等においてこのような矛盾した結果もみられる。SAVI画像作成上の留意点として指摘できる。本検討では、スケールパラメータを $\alpha=100$ とし¹⁾、 $SAVI \times \alpha$ の値を整数化・画像化する。その結果が図-2である。凡例の色を見比べて判るとおり、NDVI値(図-2(a))が正の箇所では、SAVI値が正で、かつNDVI値より大きくなっている。式(1)の出力結果としての整合が取れている。

b) 推奨L値とSAVI精度評価の留意点：図-2のSAVI画像を比較すると、L値が大きくなるにつれて、植生と非植生領域の境界領域が明瞭になるが、L=0.6を超えるとNDVI値(0.8以上)が高い箇所のSAVI値は255を超えている。画像間比較では、推奨L値は判断できない。そこで、フォールスカラー画像を用いて、植生=1、非植生画素=0として評価基準画像を作成する。SAVI値はNDVI値より

表-1 判別効率表:NDVI画像(L=0)

		Reference		Total pixels	User's accuracy
		Vegetation	Non-vegetation		
NDVI image	Vegetation	51	9	60	85%
	Non-vegetation	14	26	40	65%
Total pixels		65	35	100	
Producer's accuracy		78%	74%		

Note) Overall accuracy = 77% Kappa coefficient = 51%

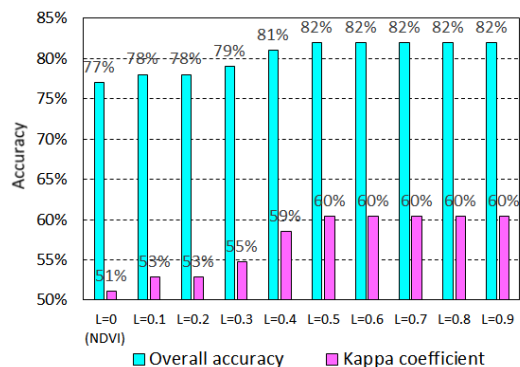


図-3 総合精度 (Overall accuracy) と Kappa 係数

大きくなることから、NDVI境界値を0.4に設定し、これを超えて植生画素となる精度を評価した。NDVI値(L=0)に対する判別効率表を表-1に示す。さらに、全てのL値のケースについて判別効率表を作成し、総合精度(=対角要素画素数の和/総画素数)を総数とKappa係数を計算した結果が図-2である。L=0で総合精度77%、Kappa係数51%であるが、L=0.5で総合精度82%、Kappa係数59%に向上している。SAVI値が大きくなった結果である。L=0.6以上では総合精度、Kappa係数とも変化していない。以上のことから、Lは「0.4~0.5」の範囲で設定し、定量評価精度のもとにSAVI画像を利用することが肝要となる。

4. まとめ

本研究の内容は、以下の3点にまとめられる。

- 式(1)に基づく SAVI 値と NDVI 値の大小関係を保証するために、SAVI 値を画像化する際には、スケール変換($SAVI \times \alpha$, $\alpha=100$)が推奨される。
- L が大きくなるにつれて、植生域と非植生域の境界が明確になる。しかし、L=0.6 以上では NDVI 値が高い領域の SAVI 値が飽和するといった問題がある。
- 判別効率表を通して、L=0.4~0.5 の範囲内であれば、総合精度 80%前後で広域 SAVI 画像を作成・利用できる。

この精度評価は、NDVI 境界値を 0.4 とした場合の結果に留まる。NDVI 境界値が高い場合の SAVI 画像の精度について検討することも今後の課題となる。

- 参考文献**
- 羽柴秀樹、亀田和昭、田中総太郎、杉村俊郎：高分解能衛星画像データによる都市域の小規模植生分布の抽出、土木学会論文集、No.685/VII-20、pp.27-39、2001年8月。
 - Huete, A. R.: A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, Vol.25, pp.295-309, 1988.
 - 魏永芬、秋山侃：多時期・多種の植生指数を用いた長良川中流域における農耕地分類、写真測量とリモートセンシング、Vol.40、No.4、pp.14-26、2001年8月。
 - 小島尚人：ハイパースペクトルデータを用いた植生指標画像作成支援を目的としたバンド選定アルゴリズムの一提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.36、No.2、pp.136~151、2016年4月