

画像解析による河川堤防の植被率判定手法の基礎的検討 —NDVI による植被率判定手法の提案—

Study on calculation methods of vegetative cover rate of river embankment by image analysis

-Proposal for Method of calculation of vegetative cover rate using NDVI-

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 井谷雅司 (Masashi Itani)

同 佐藤嘉昭 (Yoshiaki Sato)

同 正 員 谷瀬 敦 (Atsushi Tanise)

1. はじめに

河川堤防は土堤が原則であるため、降雨及び流水等による侵食又は崩れに対して安全となるように芝等の植生によって覆われる(写真-1)。そのため、堤防の耐侵食性等の評価には芝等の植生評価が重要となる。芝等で覆われた法面の植生の評価法には、ペーン式根系強度計による根系強度の測定²⁾、根毛量の測定²⁾など様々な手法があるが、代表的で簡易なものとして植被率の測定があげられる。

植被率は単位面積当たりにおいて植生が地表面を占める面積の割合であり、目視観察により求めるのが一般的である。しかし、目視観察による植被率の測定は、簡便である一方、測定が観測者の主観に頼ることとなり、熟練度が必要な方法である。よって、人的誤差が発生しやすい測定法ともいえる。

農業分野では近赤外線カメラを用いた植被率の推定から追肥料管理を推奨している例など^{3),4)}もある。そのため、筆者らは観測者の主観や熟練度に頼らない定量的で客観的に河川堤防の植被率を算定するための手法として、画像解析により算定する方法について検討を行ったので報告する。



写真-1 河川堤防の植生保護

2. 検証方法

目視判定と各種画像解析により求めた河川堤防の植被率を比較し、その相関により妥当性の検証を行う。検証方法の一覧を表-1に示す(詳細は3.にて述べる)。植被率を判定する領域は1m×1mとし、のべ47箇所にて植被率の測定を行った。

画像解析用の可視光画像の撮影には、一般的なコンパクトデジタルカメラを用いた。撮影バンドは300~780nm程

度である。近赤外線画像の撮影には、Yubaflex カメラ(BIZWORKS 製)を用いた。このカメラは一般に発売されているコンパクトデジタルカメラから近赤外感度を遮断するフィルタを除去し本来の内部撮影感度を利用し近赤外撮影(780~1,000nm)を行えるよう改良したものである。なお、植被率算定のための画像解析のプログラミングにはPython及びオープンライブラリOpenCVを利用した。

表-1 検証ケース一覧

ケース	測定材料	植被率の判別方法
基本ケース	目視判定	熟練者による目視判定
比較ケース1	可視光画像	緑色(植生色)の抽出
比較ケース2	赤外線画像	大津の手法(判別分析法) ⁵⁾ による二値化分析
比較ケース3	NDVI画像	NDVI>0の抽出

3. 検証した各種植被率測定方法

3.1 目視判定(基本ケース)

目視による植被率の測定は、植被率を求める一般的な方法である。測定は熟練者により行い、植被率を検証する際の基本ケース(正解値)とした。測定状況を写真-2に示す。



写真-2 植被率測定状況

3.2 可視光画像からの判定(緑の抽出)(比較ケース1)

デジタルカメラで撮影した可視光画像から植被率を算定する手法として、画像に占める緑色の割合を植生と判定し、植被率を求めることを試みた。

緑色の抽出方法は、デジタルカメラより撮影した画像をHSV変換した後、色相が緑(植生)の箇所を抽出する方法

により行った(図-1)。抽出した画像は二値化画像に変換した。植被率の演算は、二値化画像の全ピクセル(pixel)に占める、白(抽出した緑)のピクセル(pixel)の割合を植被率として演算する。画像解析結果の一例を図-2に示す。

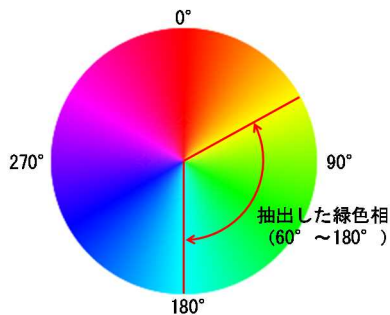


図-1 緑色相の抽出イメージ

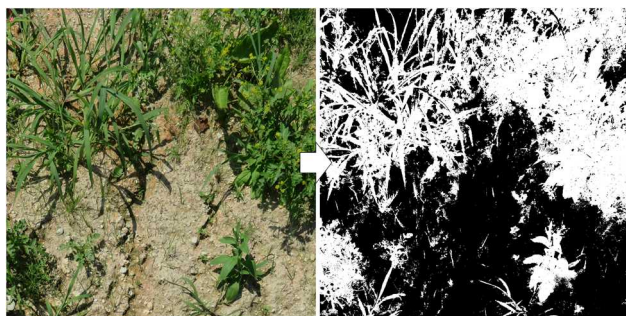


図-2 可視光画像(左)、緑色の抽出画像(右)

3.3 近赤外線画像からの判定(大津の手法)(比較ケース2)

3.2では可視光領域からの緑色の抽出を行ったが、緑色の葉は、一般に、目に見える波長領域(300~780nm)よりも近赤外の波長領域(780~1,000nm)でよく反射する特徴がある(図-3)。そこで、近赤外線画像を撮影し、反射が強い箇所を植生として抽出する手法を試みた。

反射が強い箇所を画像から抽出(二値化)する際に重要なのが閾値の設定である。閾値の設定方法は、写真処理ソフト(例えば、Photoshop)などで画像を見ながら主観的に植生の反射が強い値を設定する方法もあるが、ここでは、より客観的な算出根拠とするため、閾値を自動で算出することのできる大津の二値化手法(判別分析法)⁵⁾により閾値を算出し、二値化した画像より植被率を求めた。分析結果の一例を図-4に示す。

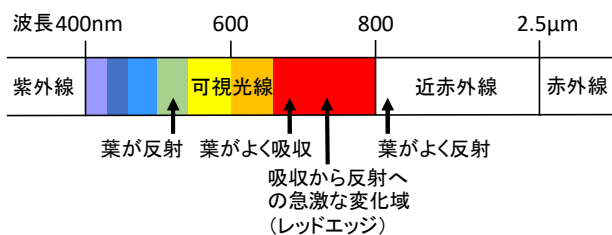


図-3 波長と葉の反射・吸収の概念図

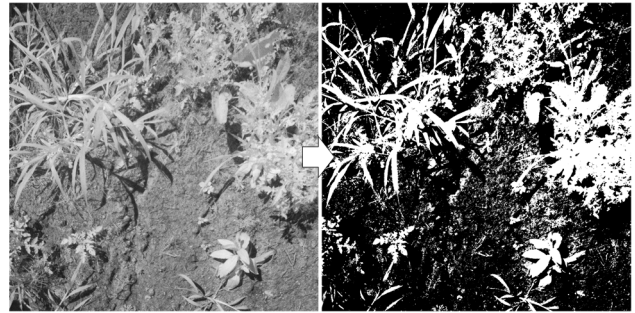


図-4 近赤外画像(左)、判別分析法による二値化(右)

3.4 NDVI 画像からの判定(比較ケース3)

NDVI (Normalized Differential Vegetation Index: 正規化植生指数)⁶⁾とは、植物による光の反射の特徴を生かし人工衛星データを使って簡易な計算式で植生の状況を把握することを目的として考案された指標である。NDVIは、可視光画像(RGB画像)の赤成分(R)と近赤外線画像を用いることにより算出することができ、式-1より与えられる。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \dots \text{式-1} \quad (-1 \text{ から } 1 \text{ に正規化})$$

R : 可視域赤の反射率

IR : 近赤外域の反射率

3.3でも述べたが、緑色の葉は、目に見える波長領域よりも近赤外(IR)の波長領域をよく反射し、光合成の影響により可視光赤(R)をよく吸収する特徴がある。この場合、IRに比べRが小さくなるためNDVIは1に近づく。

逆に、植生の光合成の活動が小さい場合、可視光赤(R)の反射が大きくなり(吸収が低下)なり、結果として葉は黄から赤っぽく見えるようになる。この場合、NDVIは0に近い正の値を取るようになる。

また、水や雪は近赤外(IR)の領域よりも可視領域(R)での反射が大きくなり、NDVIは負の値を示し、岩や地表面では反射率の差(IR - R)は0に近くなるという特徴がある。

これらのNDVIの特徴を勘案し、NDVIが正の値をとる箇所を植生と仮定し、植被率の判定を行った。分析結果の一例を図-5に示す。

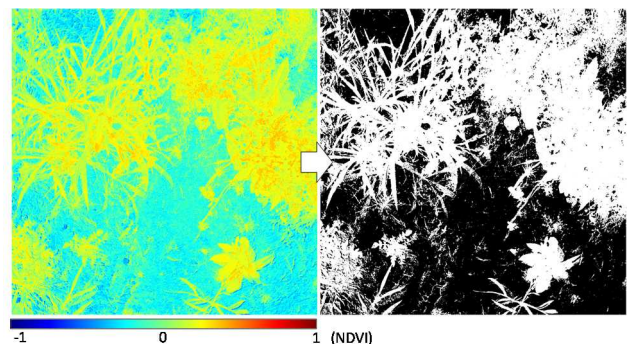


図-5 NDVI画像(疑似カラー)(左)、NDVI>0の抽出(右)

4. 分析結果の検証

のべ47箇所にて目視判定及び画像解析により求めた植被率を比較し、その相関により各種画像解析結果の妥当性の検証を行う。

4.1 緑抽出画像による植被率判定

図-6 に目視判定と緑色抽出画像の関係を示す。植被率が低い領域においては、目視判定と画像解析は良い相関を示すが、植被率が高くなるに従い画像解析による判定はばらつきが大きくなり適切に植被率を評価できていない。全体的に目視判定よりも低い値で判定される傾向にある。

この原因は、植生の量が多くなると植生に投影される影（黒）の部分が增加し、その部分を判定できなくなることや、白色系のイネ科の植生など緑以外の植物を評価できないことが理由と考えられる。

この結果より可視光画像からの緑色の抽出する方法では、影の部分や緑色以外の植生を評価できる方法を組み込まなければ、植被率を適切に評価することが難しいと考えられる。

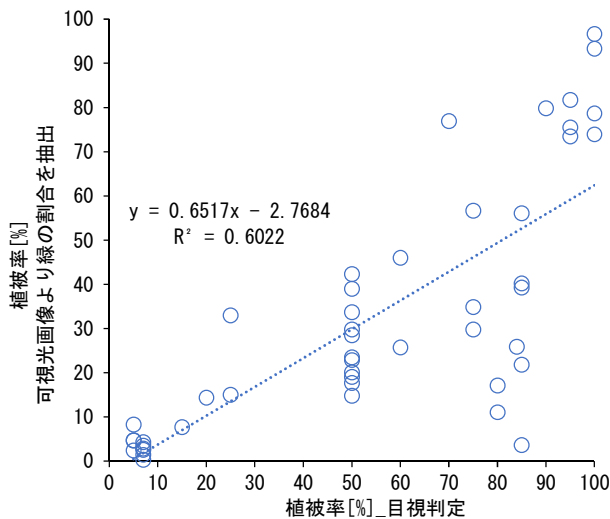


図-6 目視判定と緑色抽出画像の相関

4.2 近赤外画像の大津の手法による植被率判定

図-7 に目視判定と近赤外画像の大津の手法（判別分析法）により求めた植被率を示す。大津の手法による二値化では、植被率は50%以下にばらつき、また、決定係数 R^2 は0.23と低く、目視判定との相関が見られない。近似直線の傾きは0.2であり、植被率を適切に判定しているとは言えない。

大津の手法では、画像の特徴を捉えて二値化画像を得ることができるが、一方、画像ごとに閾値が異なるために、植被率を適切に判定できず、植被率判定には有効ではないと考えられる。

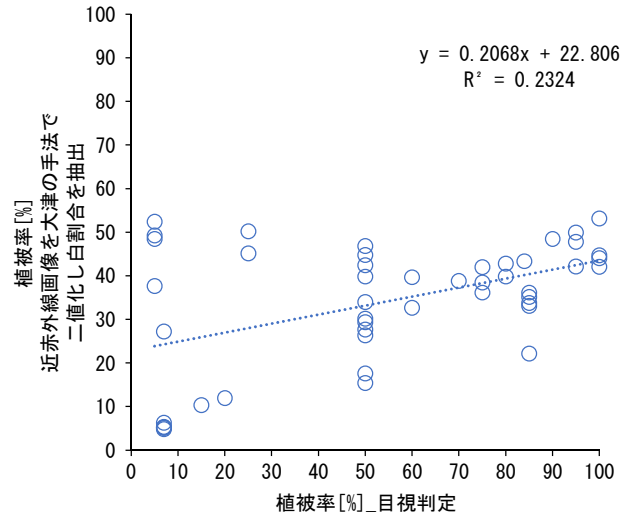


図-7 目視判定と赤外線画像（判別分析）の相関

4.3 NDVI 画像からの植被率判定

図-8 に目視判定とNDVI画像から求めた植被率を示す。NDVIからの分析結果は、熟練者による目視判定と概ね同様の傾向を示し、近似直線の傾きは $a=0.97$ とほぼ1対1の関係であり、決定係数 $R^2=0.90$ と高い相関を示した。また、t検定の結果、 $p<0.01$ であり有意水準1%で有意となる結果となった。

このことより、近赤外線画像と可視光画像を利用して生成したNDVI指標は植被率を判定するのに有効であると考えられる。

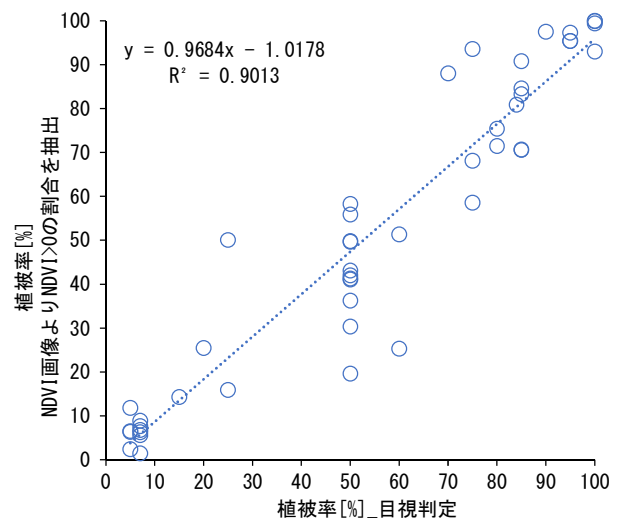


図-8 目視判定とNDVI>0判定の相関

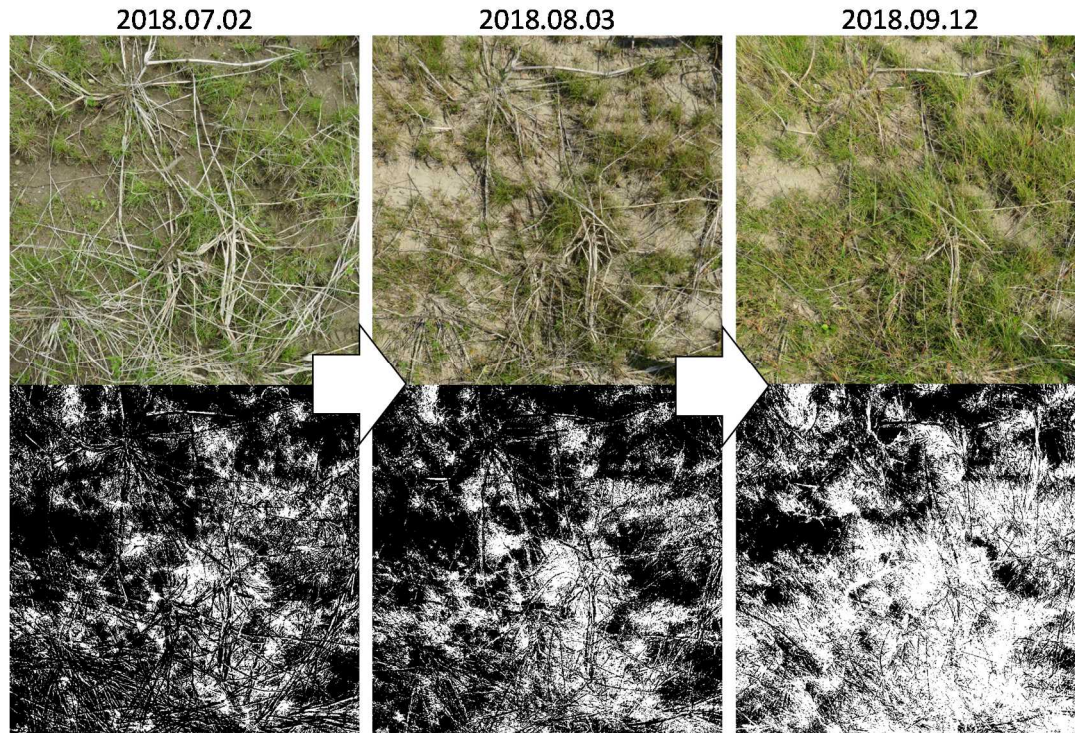


図-9 NDVI 画像の変化(測点 No. 1)

4.4 画像解析結果のまとめ

各種画像解析方法を検討した結果、NDVI が正の値をとる箇所を植生と判断し、植被率の判定を行う方法が、植被率を適切に評価できると考えられる。

5. NDVI による植被率の推移の評価例

堤防の植被率を同一箇所で見視判定と NDVI で判定し、植生の育成状況を評価した例を図-9, 10 に示す。調査は、植生がよく成長する7月から9月の間実施した。目視調査は熟練者により実施した結果である。

NDVI による評価は、時間経過とともに植生の成長している様子を正確に判定できており、目視判定よりも高い精度で測定できていることが推察される。

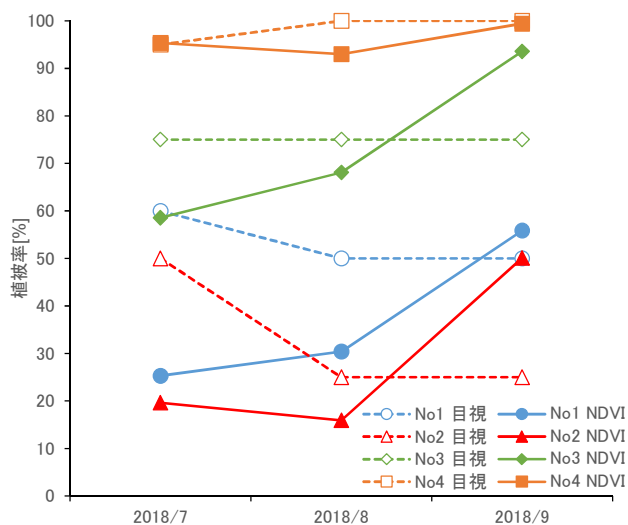


図-10 植被率の推移評価

6. 結論

本検討により、NDVI にて客観的に植被率が測定できることがわかった。NDVI 画像解析による植被率の測定は、観測者の主観や熟練度に頼らない、定量的な分析方法であるとともに、作業効率を効率化させることが可能となることが伺える。また、解析根拠を画像として保存しているため、信頼度の高い算出根拠を得ることができるといえる。

7. おわりに

今後は、この技術を UAV によるリモートセンシングに応用し、広域な範囲を効率的かつ客観的な算出根拠に基づき植被状況を判定することに利用することなど検討を進める予定である。

<参考文献>

- 1) 河川砂防技術基準 維持管理編 (河川編), p.57, H23.5
- 2) 宇田高明ら, 洪水流を受けたときの多自然型河岸防御工・粘土工・植生の挙動, 土木研究所資料 第 3488 号, 1997
- 3) 青森県, 植被率カメラを使って省力的に生育診断ができる, [online] <https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/nourin/nosui/files/H26i8.pdf>, (参照 2018-11-1)
- 4) 秋山侃, 分光計測による作物育成診断技術, 日本作物学會紀事 65(2), 379-389, 1996
- 5) NOBUYUKI OTSU, A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. SMC-9, NO.1, JANUARY 1979
- 6) Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W., Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third NASA ERTS Symposium, NASA SP-351 1:309-317, 1973