

可視光画像解析を用いた植被率の算出結果と自然光源の照度との関係に関する一考察

鹿児島大学大学院 学生会員 ○昌本 拓也
 鹿児島大学学術研究院 正会員 酒匂 一成
 鹿児島大学学術研究院 正会員 伊藤 真一

1. はじめに

法面に草本植生の種を散布する播種工は、低価格で施工性が良く、自然環境の保全や修景も期待できるため、様々な現場で適用される。一方で、その成績判定は主観的で曖昧な手法により実施されている。道路土工指針によれば、成績判定を実施する際の定量的指標として植被率が用いられる¹⁾。しかし、一般に植被率の判定は目視で行われる²⁾ことから、観測者によって異なる可能性がある。播種工の施工品質を高め、より高度な管理を実現するためには、客観的な計測手法を導入する必要があると考えられる。

そこで筆者らは、可視光画像解析技術を利用して植被率を計測する手法に着目した。可視光画像の利点として、デジタルカメラ等の比較的安価で一般に普及している機器により取得可能であることが挙げられる。しかし、得られる画像は光源条件によって変動することが知られている³⁾。その影響を把握することは、播種工の成績判定手法としての可視光画像解析技術の導入に向けて重要であると考えられる。そこで本研究の目的は、屋外の自然光源の変化に対し、可視光画像から算出される植被率のバラつきについて明らかにすることとする。具体的には、画像撮影時の照度と画像解析から算出される植被率の関係について考察した。

2. 画像解析手法の概要

可視光画像の各画素が示す色は、赤、緑、青の各バンドから得られる輝度値により定まる。植物体の画素は赤、青に比べ、緑の輝度値が相対的に大きくなる特徴がある。一方で、茶色系の土の画素は赤と緑の輝度値が同程度、青の輝度値はそれらよりも若干小さくなる。Woebbecke et al.⁴⁾はこのような特徴を活かし、ExG(Excess Green Index)を考案した。ExGは各画素において式(1)により定義される。

$$ExG = \frac{2G - R - B}{R + G + B} \quad (1)$$

ここに、 R, G, B はそれぞれ、各画素の赤、緑、青の輝度値。

また、定義より ExG は-1 から 2 の範囲で算出され、植物体らしい画素ほど大きな値を取る。従って、任意の閾値を設定することで、各画素を植生域、非植生域に分離することができる(図1)。

3. 撮影と画像解析の条件

自然光源の変化が植被率の算出結果に与える影響について考察するため、屋外(鹿児島大学海洋土木工学プログラム棟 2階バルコニー)にて、植生の撮影を行った。被写体となる植生は、技術指針¹⁾を参考にマメ科のホワイトクローバー(*Trifolium repens* L.)とした。この植生の種子を、育苗箱(外寸: 縦 26.5cm, 横 18.3cm, 高さ 7.7cm)内に用意したしらす混じりの土(串良川堤体土)に播種した。その後、28日間の育成期間を設け、撮影を行った。撮影日は2022年3月24日であり、5:00から18:30にかけて5分毎に撮影を実施した。当日の天気は一日を通して快晴⁵⁾、日の出時刻は6:17、日の入時刻は18:32であった⁶⁾。また、自然光源の変化について把握するために、被写体付近に照度計(日置電機, FT3424)を設置した。このとき、影の影響を受けないように、照度計を午前には被写体の東側、午後には被写体の西側に設置した。画像の取得にはデジタルカメラ(富士フィルム, FinePix XP130)を利用した。表1に本研究で採用

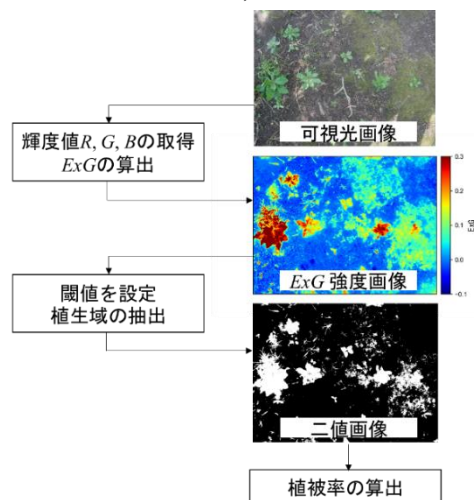


図1 可視光画像から植被率を算出するフロー

キーワード: 播種工, 植生工, 画像解析, 植被率, デジタルカメラ, Excess Green Index

連絡先: 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 TEL: 099-285-8472

した設定を示す。仕様については富士フィルム HP⁷⁾を参照されたい。被写体は太陽光と影の影響を考慮できるように南向きに約 30 度傾斜させた。そして、カメラを被写体の前方真正面、育苗箱中心部の法線上、地表面から高さ 23cm の位置に、レンズと被写体が平行となるように三脚を用いて固定し、遠隔シャッター機能を用いて撮影した。また、このときの解像度は 1

画素あたり約 0.07mm である。その後、取得された画像から地表部以外の部分について、育苗箱四隅の孔部を目印にトリミングし解析を実施した。なお、解析にはオープンソースの画像処理ライブラリである OpenCV を用いた。

また、本研究においては $ExG \geq 0.1$ を植生域として解析した。ただし、 $R = G = B = 0$ となる画素については $ExG = 0$ として処理を行った。植被率は、ある面積に対する植生の投影面積である⁸⁾ことを踏まえ、式(2)により算出した。

$$CR = \frac{Pix_{plant}}{Pix_{All}} \times 100 \quad (2)$$

ここに、 CR : 植被率[%], Pix_{plant} : 植生と判定された画素数, Pix_{All} : 解析対象域となる画像の全画素数。

4. 植被率算出結果と照度の関係

植被率と照度の時系列変化を図 2 に示す。ただし、使用機器の充電を要したため、一部データに欠損がある。まず、5:00 から 5:45 までは全画素において $ExG = 0$ であり、撮影された画像は全画素で黒($R = G = B = 0$)であった。よって植被率は 0% と算出された。このとき、照度は 0.13lx から 0.44lx であった。よって、この程度の照度の場合、撮影された画像は色を示すことができず、画像解析から植被率を算出することは不可能であることが考えられる。次に、6:00 頃において、植被率が約 3% と算出された。このとき、照度は 16.18lx であったが、十分に色を示す照度には達していないと推察される。その後、さらに植被率が上昇し、6:10 頃から比較的安定した解析結果となった。ここで、建設現場における一般的な作業時間である 8:00 から 17:00 において、算出された植被率の平均値 μ と、その標準偏差 σ を確認した。その結果、 $\mu = 9.5\%$, $\sigma = \pm 2.9\%$ であった。また、その時間内における照度の最小値は 7,500lx, 最大値は 120,300lx であった。

植被率の算出結果にバラつきが発生した原因として、自然光源の色温度の変化が考えられる。即ち、太陽光の色味の変化が、得られる画像のホワイトバランスに影響を与え、ある部分の画素の ExG が閾値より大きく、もしくは小さくなり、結果として植生域/非植生域の増減に繋がったことが考えられる。また、ホワイトクローバーが太陽の向きに反応して微動することや、葉が閉じるような現象が起こることが目視により確認された。これらについても、植被率の算出結果がバラついた原因となる可能性がある。

5. まとめと今後の展望

本研究では、画像撮影時の照度と画像解析から算出される植被率の関係について考察した。その結果、快晴時の、建設現場における一般的な作業時間で考えられる照度であれば、植被率を標準偏差 $\pm 2.9\%$ 程度で計測できる可能性を示した。今後は、様々な天候条件での計測の実施、バラつきを小さくするための閾値の取り方の検討等を行う予定である。また、画像解析から得られた植被率と法面の侵食量の関係についても検討したい。

謝辞: 本研究は、令和 2 年度追加分九州地域づくり協会調査研究等助成事業の支援を得た。ここに謝意を示す。

参考文献: 1) 日本道路協会: 道路土工切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版), pp.191-275, 2009. 2) 全国特定法面保護協会: のり面緑化工の手引き, 山海堂, p.142, 2006. 3) Wang, A. et al: A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques, Computers and Electronics in Agriculture, Vol.158, pp.226-240, 2019. 4) Woebbecke, D. M. et al.: Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions, Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol.38, pp.259-269, 1995. 5) 気象庁 HP: https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/hourly_s1.php?prec_no=88&block_no=47827&year=2022&month=03&day=24&view=p1, (2022.3.30 確認). 6) 国立天文台 HP: <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2022/s4703.html>, (2022.3.30 確認). 7) 富士フィルム HP: https://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_1254.html, (2022.3.31 確認). 8) 村井他: 新編治山・砂防緑化技術-荒廃環境の復元と緑の再生-, ソフトサイエンス社, p.191, 1997.

表 1 デジタルカメラの設定

画質	ノーマル
ホワイトバランス	晴れ
露出補正	0
ISO 感度	100
フラッシュ	オフ

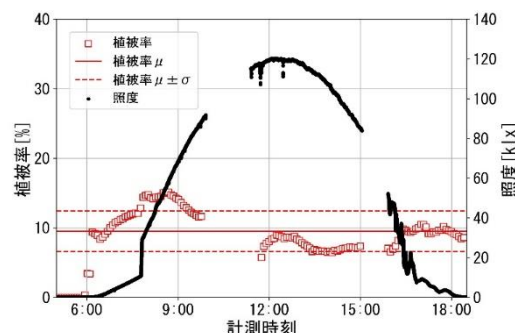


図 2 植被率と照度の時系列変化