

ドローン空撮画像による葉茎菜類の推定 SPAD 値の測定方法の検討

○岡本 宗樹¹⁾, 相原 孝徳²⁾, 川原 正己¹⁾, Islam Md Parvez^{1,2)}, 羽藤 堅治^{1,2)}

1)愛媛大学大学院農学研究科, 〒790-8566 愛媛県松山市樽味 3 丁目 5-7

2)愛媛大学大学院連合農学研究科, 〒790-8566 愛媛県松山市樽味 3 丁目 5-7

要旨

近年, 日本の農業現場では, 農業従事者の高齢化に伴う労働者・後継者不足が問題となっている. この問題に対して, 自動運転トラクタやドローン等を活用したスマート農業が注目を集めている. 当研究室では, 葉内のクロロフィル濃度と相関のある SPAD 値に着目し, RGB 画像から推定 SPAD 値の測定に力を入れている. これまでに当研究室の成果として, ハダカ麦の RGB 画像から推定 SPAD 値の測定方法についての報告がある. (Liu et al. 2021) これを受け, 本研究では露地での栽培が盛んなキャベツとタマネギを計測対象とし, クロロフィル含有量と SPAD 値の関係性を調査する事と, RGB 画像からの推定 SPAD 値の測定方法の検討を目的とした. クロロフィル濃度と SPAD 値の関係性の調査には, DMF 抽出法を用いてクロロフィル濃度を計測した. その結果, 葉面積あたりのクロロフィル濃度と SPAD 値には強い相関があった. また, RGB 画像からの推定 SPAD 値の測定のため, SPAD 値を目的変数, RGB 値を用いた植生指標を説明変数とし, 回帰式の作製を行った. キャベツ, タマネギともに有効であると示唆された回帰式を用いて, RGB 画像から推定 SPAD 値を測定することが可能となった.

キーワード

ドローン空撮画像, RGB 画像, クロロフィル, SPAD 値

1. はじめに

近年農業現場では, ドローン等を活用したスマート農業の普及が進んでいる. 当研究室においても RGB 画像から推定 SPAD 値を測定するアルゴリズム開発を行っている. SPAD 値は, 水稻の葉内のクロロフィル濃度と相関があり, 追肥管理が可能とされている. 現在, 葉緑素計はその他植物でも活用が進んでいる. しかし, SPAD 値計測は, 葉緑素計を用いて手作業で行うため, 圃場全体のきめ細やかな計測には労力を費やす. そこで本研究では, 露地での栽培が盛んな葉茎菜類を対象に, ドローン空撮画像からの推定 SPAD 値の測定を検討を行った.

2. クロロフィル濃度と SPAD 値の関係性の確認

SPAD 値は水稻のクロロフィル濃度と相関があるが, その他植物においては, クロロフィル濃度と SPAD 値の関係性を調査する必要がある. そこで, 計測材料である,

キャベツとタマネギの葉内のクロロフィルを DMF(N,N-ジメチルホルムアミド)で抽出した. 吸光度 663.8nm と 646.8nm を分光光度計(U-1900)で測定し, 式 1(Porra et al. 1989)を用いて定量した. クロロフィル濃度は葉面積あたりに換算した. 図 1 に SPAD 値を説明変数, 葉面積あたりのクロロフィル濃度を目的変数とした回帰分析を行った結果を示す. キャベツおよびタマネギの決定係数は 0.8 以上となり, 強い相関を確認できた.

$$\text{Chl}_{a+b}(\text{nmol/ml}) = 19.43 \times A_{646.8} + 8.05 \times A_{663.8} \quad (\text{式 1})$$

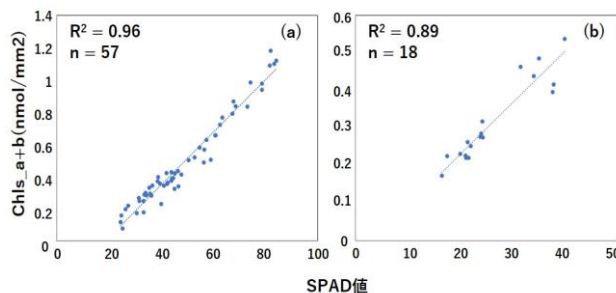


図 1. SPAD 値と葉面積あたりのクロロフィル濃度の関係 (a)キャベツ(b)タマネギ

3. 推定 SPAD 値測定方法の検討

3-1. 材料および方法

計測材料は、愛媛県の A 農園で栽培されているキャベツ・タマネギとした。推定 SPAD 値測定式(以後、推定式)作成のため、表 1 に示す RGB 値を用いた 17 種類の植生指標を説明変数とし、SPAD 値を目的変数とする回帰分析を行った。SPAD 値は葉緑素計を用いて 3 回の平均を実測値とし、RGB 値は色彩色差計(CR-400)で同一箇所を 1 回計測し、XYZ 値に変換した。タマネギは葉が二重になっており、葉を切り開いて計測を行った。

推定式の精度検証は、計測箇所にマーキングをし、葉緑素計での SPAD 値の計測と、画像から推定 SPAD 値を算出した。精度検証には、二乗平均平方根誤差(RMSE)を用いた。撮影機材はドローン(Inspire2)にカメラジンバル(ZENMUSEX4S)を搭載した。この時の撮影条件は、WB, SS, F 値をオート、ISO 感度は 100 とした。

表 1. 説明変数として検討した植生指標

説明変数に使用した植生指標	文献
R	Person et al.
G	Person et al.
B	Person et al.
G/R	Gamon&Surfus.
B/G	Sellaro et al.
B/R	Wei et al.
G-B	Kawashima&Nakatani
R-B	Wang et al.
2G-R-B	Woebbecke et al.
(R+G+B)/3	Wang et al.
R/(R+G+B)	Kawashima&Nakatani
G/(R+G+B)	Kawashima&Nakatani
B/(R+G+B)	Kawashima&Nakatani
(G-R)/(G+R)	Giteson et al.
(R-B)/(R+B)	Penuelas et al.
(G-B)/(G+B)	Hunt et al.
(2G-R-B)/(2G+R+B)	Wang et al.

3-2. 結果および考察

検討した植生指標の中から、赤色波長が時間帯の影響を受けやすいことを考慮し、(G-B)/(G+B)を用いた回帰式を採用した。キャベツおよびタマネギの回帰式を式 2, 3 に示す。

$$SPAD_{cabbage} = -116.77 \times (G-B)/(G+B) + 67.73 \quad (式 2)$$

$$SPAD_{onion} = -159.37 \times (G-B)/(G+B) + 54.603 \quad (式 3)$$

式 2 を用いて、キャベツの推定式の精度評価を行った結果を図 2 に示す。日向の箇所は、RMSE が 9.03 に対して、葉が結球している日陰の箇所は RMSE が 23.97 となった。採用した推定式は、日向の条件下で使用可能だと考えられる。式 3 を用いて、タマネギの推定式の精度評価を行った結果を図 3 に示す。RMSE は 8.7 となり、SPAD と推定 SPAD 値に大きな差がなかった。また、図 4 に示す計測日ごとの SPAD 値と推定 SPAD 値の推移を確認した結果、SPAD 値の推移を画像から測定することが可能であると示唆された。

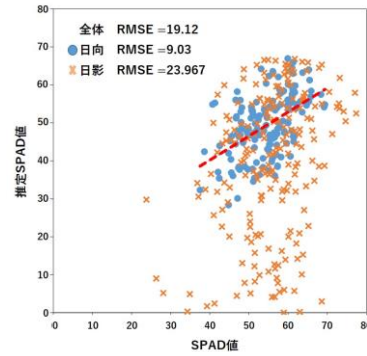


図 2. キャベツの SPAD 値と推定 SPAD 値の評価

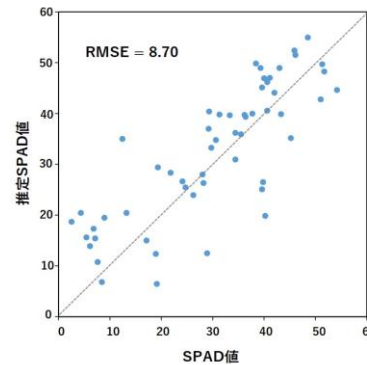


図 3. タマネギの SPAD 値と推定 SPAD 値の評価

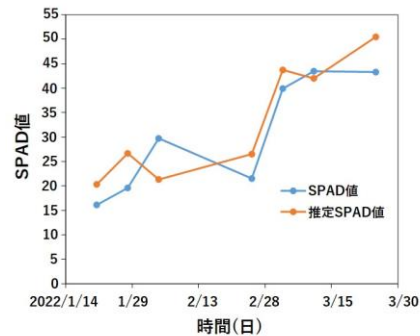


図 4. 計測日ごとの SPAD 値と推定 SPAD 値の推移

謝辞

本報告は、令和 2 年度スマート農業実証プロジェクト 露 2G11「スマートフードチェーンによる野菜生産強靱化の実証」の一部成果が含まれている。

引用文献

- Yu Liu et al. Assessment of naked barley leaf SPAD values using RGB values under different growth stages at the leaf and canopy levels, *Eco-Engineering*, 33(2): 31-38, 2021
- Porra et al. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy, *Biochimica et Biophysica Acta*, 975:384-394,1989