

推定 SPAD 値計測のための画像計測方法と解析プロトコルの検討

○相原 孝徳(愛媛大学大学院連合農学研究科), 岡本 宗樹, Islam Md Parvez, 羽藤 堅治(愛媛大学大学院農学研究科)

画像計測, SPA, SPAD 値

1. はじめに

日本における食料自給率の低下は社会問題の一つであり, 解決に向けて様々な提案や実証実験が日本各地で進められている. 画像計測は植物や土壌の状態を非破壊・非接触で可視化できる手段としてスマート農業実装コンソーシアムを始めとし, 様々な農業現場で導入されている技術であり, 私たちの研究では, Spraking Plant Approach(SPA)に基づく研究を行っている. 本研究では, RGB 画像から計算した推定 SPAD 値を用いた葉色の可視化¹⁾と, それらを用いた人工知能の解析による植物の生育診断や病気診断, 土壌診断の実現に向けて研究を進めている. 元来, SPAD 値は, 水稻作物の生育ステージ変化に伴う施肥タイミングの見極めに利用されている指標であり, 植物の生育診断や土壌診断, 深層学習等の画像解析においても, 利用されている. しかしながら, 画像計測の課題は多岐に及んでいる. 一例として, デジタル一眼レフカメラや, ドローンを用いた RGB 画像の撮影において, カメラの色彩値の自動調節機能によって, 被写体の色彩値が正しく画像に反映されず, 画像解析の精度が著しく下がってしまうことが報告されている. これを防ぐために, 被写体の色情報を正確に画像へ格納する, 画像撮影条件や撮影ノウハウの連携・共有の必要性が示唆されている²⁾.

2. 材料および方法

本研究では, 推定 SPAD 値を算出するためのプロトコルとして図 1 に示すフローチャートを提案し, 減光フィルター(ND フィルター)の使用効果と, 色補正用カラーチャート(以下, CC)を用いた RGB 画像の補正方法の検討を行った. RGB 画像撮影には, ドローン(Inpire2, DJI)とセンサーサイズが 1 インチのカメラジンバル(ZENMUSE X4S, DJI)と ND4 フィルター(ZENMUSE X4S ND4 Filter, DJI)を使用し, カメラ設定は表 1 のようにした. 画像撮影は, 各被写体の上部 1m の位置にドローンを抱え上げ, 手持ちの状態で行った. 照度変化に伴う RGB 画像の補正には, 照度計(T-1H, ミノルタ)と CC を使用した. 今回使用した CC は, 黒, 濃灰, 淡灰, 白のグレースケール 4 色で構成されている. CC の撮影は 2022 年 8 月 22 日から同年 9 月 2 日の期間中の日中に 24 回撮影を行った. また, 補正に使用する色データとして CC の各色の XYZ 値を色彩色差計(CR-400, コニカミノルタ)を用いて計

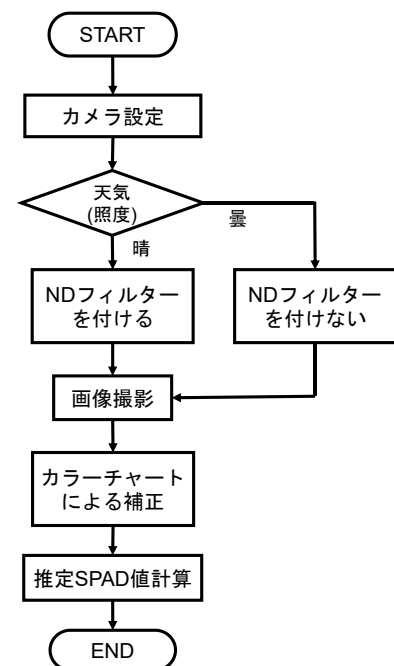


図 1 推定 SPAD 値算出
プロトコルのフローチャート

表 1 カメラ設定

| | |
|-----------|-------|
| F値 | 5.6 |
| シャッタースピード | 1/500 |
| ISO感度 | 100 |
| ホワイトバランス | 5200K |

測し RGB 値を算出した。

SPAD 値の計測および推定 SPAD 値の算出に使用する作物はキャベツ(*Brassica oleracea* var. *capitata*)であり、本研究の撮影時は苗の状態であった。キャベツの SPAD 値の計測には SPAD 計(SPAD 502-Plus, コニカミノルタ)を使用し、推定 SPAD 値の算出には式 1 を使用した。式中の 'B', 'G' はそれぞれ RGB 色空間の B 値と G 値を表している。キャベツ苗の撮影は、2022 年 9 月 30 日、同年 10 月 3 日に CC と同様の方法で撮影を行った。

$$\text{推定 SPAD 値} = 116.77 \times (B-G)/(B+G) + 67.73 \quad (\text{式 1})$$

3. 結果および考察

今回の計測期間を通して、照度は 16,300lx~115,000lx の間を推移した。そして、撮影したすべての日時において、過度の白飛びを起こすことなく、キャベツ苗と CC の画像撮影を行うことができた。

次に、照度と CC の色彩値の関係性についてである。今回は、撮影した CC 画像の RGB 値から、式 1 で使用している変数 '(B-G)/(B+G)' と、それらの分母・分子部分である 'B-G', 'B+G' の 3 つの変数(色彩変数)に限り、照度との関係性を調査した。この結果、色彩変数 'B+G' において、CC 4 色全てで強い正の相関を示した。そこで、今回の色補正には、図 2 で示した濃灰の 'B+G' を使用することとした。そして、濃灰の 'B+G' を用いた補正係数 k を式 2 のように定義づけ、補正推定 SPAD 値算出モデルの式 3 を作成した。

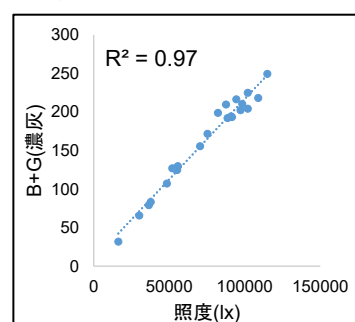


図 2 照度と色彩変数の相関関係(抜粋)

$$k = 236 / (\text{CC 画像の B} + \text{CC 画像の G}) \quad (\text{式 2})$$

$$\text{補正推定 SPAD 値} = 116.77 \times k \times (B - G) / (B + G) + 67.73 \quad (\text{式 3})$$

図 3 に実測 SPAD 値と、式 1 を用いて算出したキャベツ苗の推定 SPAD 値と、補正係数 k を用いて算出した補正推定 SPAD 値をまとめたものを示す。両日ともに、推定 SPAD 値よりも補正推定 SPAD 値の方が実測 SPAD 値に近い値が算出された。よって、今回撮影に使用したカメラと、各設定を用いた推定 SPAD 値の算出には式 2、式 3 を用いた補正は有効である可能性が示唆された。

以上から、本研究で使用した撮影機器、カメラ設定による画像計測では、ND4 フィルターを装着することでダイナミックレンジ内の画像計測が可能であった。更に、撮影した画像に対し、CC を用いた色補正が画像解析時に有効であることが明らかとなった。このことから、今回提案したプロトコルは推定 SPAD 値を算出するために有効であることが示唆された。今後は、グレースケール以外の CC を用いた色補正方法と、航空画像に対しての色補正の有効性を調査していく。

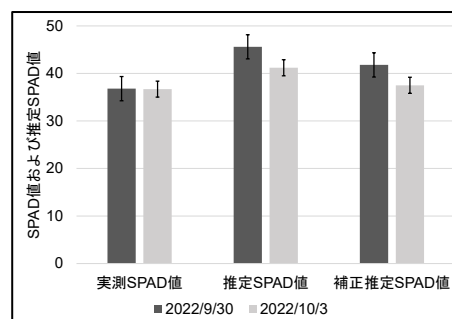


図 3 キャベツ苗の推定 SPAD 値比較

引用文献

- 1) Liu Y, Hatou K, Aihara T, Kurose S, Akiyama T, Kohno Y, Lu S, Omasa K. A Robust Vegetation Index Based on Different UAV RGB Images to Estimate SPAD Values of Naked Barley Leaves. *remote sensing*. 13(4), 686. 2021.
- 2) 藤原洋一, 塚口直史, 長野峻介, 普及型マルチスペクトルカメラによる水稻生育診断一窒素吸収量の評価を事例として一, *農業農村工学会論文集*, 309(87-2), IV_7-IV_8, 2019.