

小型 UAV 搭載デジタルカメラを用いた水稻群落葉色計測に関する検討

環境リモートセンシング研究室 齋藤洋志

1.はじめに

水稻の生育量の一つとして葉色がある。葉色から水稻の窒素栄養状態の確認を行い、施肥を適切に行うことで肥料による水質汚染を防ぎ、高品質米の生産が可能となる。現場の葉色計測では、主に葉色カラスケールと携帯用の葉緑素計が用いられている。葉色カラスケールは群落計測、単葉計測の両方に対応しているが、目視で判断しているため客観性が低い。葉緑素計は客観的に水稻の栄養状態を把握でき、再現性も高いが、単葉計測しか行えない。そのため、広範囲の計測が可能で、再現性が高い方法を求めて、リモートセンシングを用いた方法が研究されている。王¹⁾はデジタルカメラ画像の色差から水稻部の平均カラスケール値を推定したが、計算値はバラつきが大きく、実用的な結果を得るまでには至らなかった。また、近年では UAV が様々な用途に使用され始めている。UAV での水稻群落葉色計測を行うことができれば、より広域の計測が可能となる。しかし、デジタルカメラでの撮影は撮影時の照明条件や設定により、対象物が同一でも画素値が変化してしまう。

本研究では、性質の経時変化がなく、色が均一である規準板を水稻と同時に撮影した。図 1 に示すように、撮影した画像は再生処理を行い、撮影画像中の規準板の画素値と規準板の分光反射率を元に反射率変換をし、前述した要因の影響の低減を試みた。その後、反射率変換画像中の葉色カラスケールを擬似的に水稻と見立てて、葉色の再現性の検討を行った。

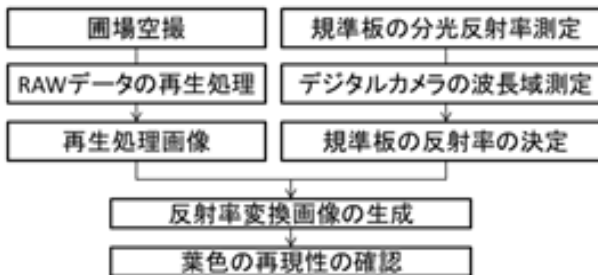


図 1 研究フロー

2.データと方法

2-1.対象圃場と圃場空撮データ (カメラ RAW データ)

小型 UAV を用いて対象圃場の空撮を実施した。対象圃場は新潟県長岡市越路中沢の圃場とし、空撮には「DJI 社製 Phantom2 Vision+」を使用した。

撮影画像はカメラ RAW データとして保存される。そこで、表 1 に示すパラメータを用いて、再生処理データを生成した。このとき、露光量をさげているのは、規準板③の画素値の飽和を避けるためである。

表 1 再生処理の設定

色深度	16ビットカラー
ファイル形式	TIFF形式、非圧縮
補正内容	レンズ補正、露光量(0.0→-3.0)

2-2.反射率変換画像の生成

撮影画像中の規準板の画素値と規準板の分光反射率を対応させ、反射率変換を行った。また、カメラが記録した規準板の画素値が必ずしも線形の関係にあるとは限らないため、一次式、二次式、直線内挿の 3つの方法で反射率変換を行った。

2-3.規準板の分光反射率

反射率変換画像の生成を行うには、規準板の分光反射率が必要である。スペクトロメーターを使用し、規準板の分光反射率の測定を行った。図 2 は規準板と分光反射率を示している。

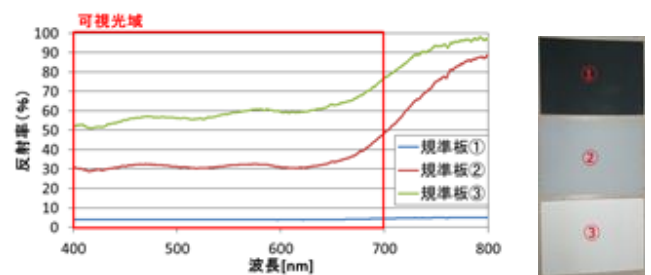


図 2 規準板 (右) とその分光反射率

2-4.デジタルカメラの波長域測定

デジタルカメラごとにカラーフィルターが異なるため、Public Lab²⁾が公開している簡易分光器を作成し、それを用いてデジタルカメラの波長域測定を行った。規準板の分光反射率データを波長域測定データの濃淡値で重み付けし、加重平均を算出することで規準板の反射率を決定する。

2-5.葉色の再現性の検討

反射率変換画像中の葉色カラスケールを擬似的に水稻と見立てて、再現性を検討する。検討内容は以下に示す2つである。

- ・葉色カラスケールの分光反射率との比較
- ・葉色カラスケールの反射率の変動量

葉色カラスケールの分光反射率は、同研究室の野崎が測定したものを利用した。再現性の検討は、葉色カラスケールの使用頻度が高いNo.3、No.4、No.5とした。図3は葉色カラスケールの分光反射率を示している。

また、葉色カラスケールの各バンドの反射率をRGB色空間での座標とし、判別分析より得た線形判別式で番号が識別できているかを確認した。

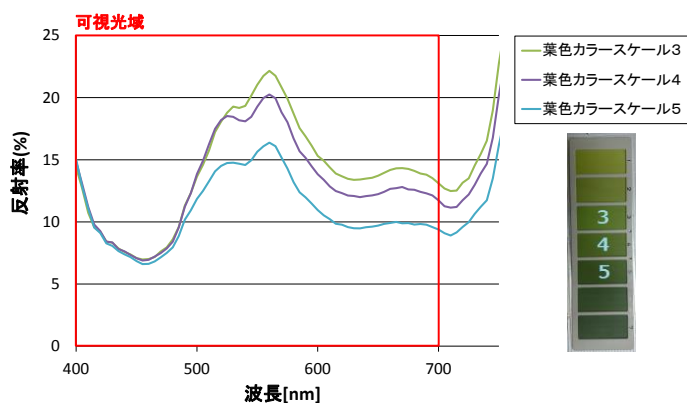


図3 葉色カラスケール(右)とその分光反射率

3.結果及び考察

3-1.デジタルカメラの波長域

自然光でのデジタルカメラの波長域測定結果を用いて、重み付けを行い、加重平均を算出することで規準板の反射率を決定した。また、

同様に葉色カラスケールの分光反射率を決定した。表2は規準板の反射率、表3は葉色カラスケールの反射率を示している。

表2 規準板の反射率(単位: %)

	規準板①	規準板②	規準板③
赤バンド	4.0	32.0	60.0
緑バンド	4.0	32.0	58.0
青バンド	4.0	31.0	55.0

表3 葉色カラスケールの反射率(単位: %)

葉色カラスケールNo.	3	4	5
赤バンド	16.3	14.8	11.8
緑バンド	17.6	16.6	13.5
青バンド	9.4	9.4	8.7

3-2.空撮画像と反射率変換画像

前述した反射率変換の方法により、反射率変換画像を生成した。図4に空撮画像と反射率変換画像を示す。



図4 空撮画像(左)と反射率変換画像(右)

3-3.葉色の再現性評価

前述した方法に従って、葉色の再現性評価を行った。まず、反射率変換画像中の葉色カラスケールの画素値を読み取り、反射率の経時変化について調べた。一次式では、経時変化で反射率が変動している日付が多かった。二次式では、経時変化で反射率が変動している日付が少なかったが、反射率画像が正しく出力されていない場合が存在していた。直線内挿は、二次式で

正しく出力されない場合のみを行い、二次式での問題が克服出来ており、反射率が変動している日付も少ない。葉色カラスケールの反射率の経時変化より、今回行った3種類の生成方法の中では、直線内挿が最も適していると判断できた。図5は一次式で生成した反射率変換画像での葉色カラスケールの反射率を、図6は二次式と直線内挿で生成した反射率変換画像での葉色カラスケールの反射率を示している。

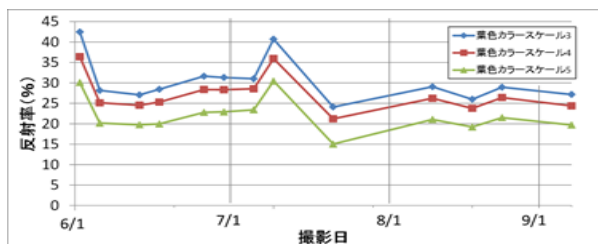


図5 葉色カラスケールの反射率経時変化 (一次式、緑バンド)

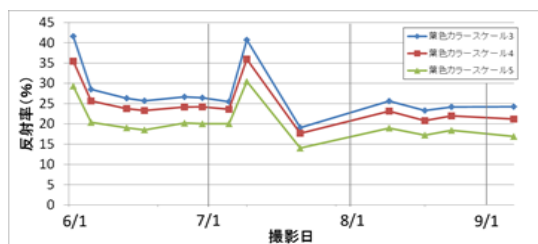


図6 葉色カラスケールの反射率経時変化 (二次式と直線内挿、緑バンド)

二次式と直線内挿で生成した反射率変換画像の葉色カラスケールの再現性を確認した。分光反射率との差は、赤バンドで6~7%、緑バンドで6~9%、青バンドで約2%の差が存在していた。また、反射率の変動量は3~5%程度であった。しかし、6月1日などの反射率の相対的な変動が大きい日付があったため、原因を検討した。その結果、天候が晴れの場合が変動していることが分かった。葉色カラスケールの反射率の変動が相対的に大きい日を除き、葉色の再現性についても検討した。その結果、葉色カラスケールの分光反射率とは、赤バンドで5~7%、緑バンドで5~8%、青バンドで約1%の差があった。また、反射率の標準偏差が1~2%程度であった。

二次式と直線内挿における葉色カラスケ

ールの反射率の変動が相対的に小さい日付について、前述した方法で葉色カラスケールの番号が識別できているかを確認した。その結果、No.3~No.4において、2日識別できなかった日が存在した。これは、図3の葉色カラスケールの分光反射率から分かる通り、No.3~No.4は元から反射率の差が小さいことが起因しているからだと考えられる。また、No.4~No.5においては全ての日付で識別できていたことが確認できた。

5.まとめ

本研究では、3種類の方法で反射率変換画像の生成を行い、撮影時の照明条件などの影響を低減させることを試みた。その結果、本研究で用いた方法では直線内挿を用いた方法が最も適していると判断できた。また、二次式と直線内挿の葉色の再現性について、葉色カラスケールを用いて検討した。分光反射率との差は赤バンドで6~7%、緑バンドで6~9%、青バンドで約2%の差が存在していた。また、反射率の標準偏差が3~5%程度であった。反射率の変動が大きい日付を除いた場合、分光反射率との差は赤バンドで5~7%、緑バンドで5~8%、青バンドで1%の差があった。反射率の標準偏差は1~2%程度であった。また、葉色カラスケールの各バンドの反射率をRGB色空間での座標とし、判別分析より得た線形判別式で番号が識別できているかを確認した。その結果、No.3とNo.4は識別できていない日付が存在し、No.4とNo.5は全ての日付において識別できていたという結果が得られた。これは各番号の葉色カラスケールの分光反射率の差が起因しているからだと考えられる。

参考文献

- 1) 王心悦(2011)、「平成23年度修士論文 デジタルカメラ画像を用いた水稻の栄養状態推定に関する研究」
- 2) Public Lab、「spectrometer」、<https://publiclab.org/wiki/spectrometer>