

地上観測による水稻生育期の時系列分光反射特性と植被率の把握

環境リモートセンシング研究室 12327083 阿部 惇稀
指導教員 力丸 厚 坂田 健太

1. 研究背景

日本人の主食といえば「米」であるが、我々が米を安心して食べることができるのは、日本の稲作農家による、安定した米の生産があるからである。しかし、稲作農家の経営は年々厳しくなり、安定した生産が危ぶまれている。その主な原因としては、米の価格の低下が挙げられる。

近年、日本の稲作は、田植えを基本に機械化が進み、労働生産性が大幅に上昇した。しかし、近年の米の生産量は過剰で、食文化が多様化していることもあり、米の価格は低下してきている。一方で、消費者は、安全で美味しい米への関心が高まってきている。生産者側は、水稻の収量や、食味を安定させ、年間の採算をある程度予想することが必要であり、消費者に受け入れられるための努力も必要となっている。食味の向上と、低コスト化を実現させるため、高精度かつ低労力で行える生育コントロール方法が望まれる。そのため、稲作農業においては、米の品質維持、収量安定とともに、稲作の効率化、省力化を目的とした研究が進められている。特に、水稻の生育初期の状態が、その後の生育へ与える影響が大きいことから、早期段階で水稻の生育を診断する事が好ましいとされている。現地で行う生育調査は、水稻の細部まで調査する事ができ、早期段階における生育診断に有効である。しかしながら、現地で行う生育調査では時間がかかってしまうため、広範囲に分布している水田の全圃場を診断する事が困難である。そのため、広範囲の情報が取得できるリモートセンシング技術を利用した生育情報の把握が注目されている。

こうした背景から、全国的に、リモートセンシング技術を利用した研究やシステム開発が増加してきている。リモートセンシング技術を用いて、観測対象物との対応を明らかにするためには、リモートセンシングによるデータの取得以外に、現地の様子を地上観測にて把握する必要がある。そこで、本研究では、リモートセンシングによって取得したデータと、水稻との関係を明らかにするため、地上から圃場の様子を観測し、水稻の生育を把握するための計測を行った。

2. 目的

本研究では、地上観測による水稻の分光反射率及び植被率の特性を把握する。また、衛星画像を用いて水稻の分光反射率を算出し、地上観測による分光反射率との間の相関について検討することを目的とした。

3. 研究フロー

本研究では、水稻の生育期間に2つの圃場(圃場A、Bとする)での地上観測を行い、解析を行うことで、水稻の分光反射率と植被率を算出した。そして、分光反射率と植被率の関係について把握した。次に、人工衛星画像を用いて対象圃場の分光反射率を算出し、地上観測により得られた分光反射率との間の相関性について考察した。研究フローを図1に示す。

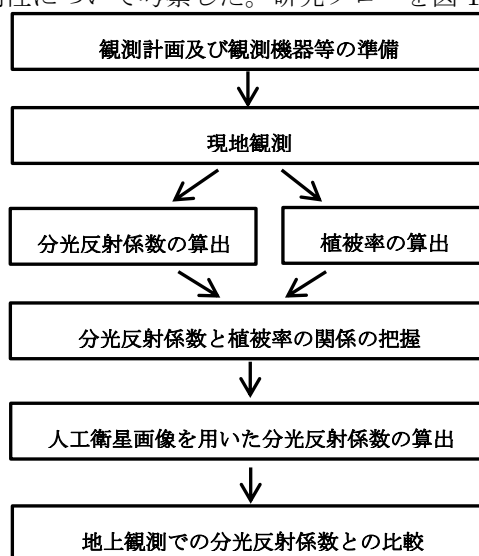


図1.研究フロー

4. 使用機器

本研究では、分光システムとして、オーシャンオプティクス社製「SD2000」を使用した。また、水稻の撮影には、PENTAX社製「OptioW60」を使用した。

5. 分光反射率と植被率の観測

5.1 分光反射率と植被率の関係

水稻の生育期には、大きく分けて幼穂形成期、出穂期、登熟期の3つの期間に分けることができる。移植後日数経過ごとの圃場直下視撮影写真を図2に示す。図のように水稻の移植後日数経過とともに圃場内の水稻占有面積が増大していき、一方水面や土壌などの面積は減少していく。そこで、本研究では、地上観測した分光反射率において、水稻の生長とともに土壌と水面と水稻が混在したスペクトル特性から、水稻のみのスペクトル特性に推移すると仮定した。また、圃場状態を示すため、単位面積あたりに占める植生比率の植被率を算出し、分光反射率と植被率を算出し、分光反射率と植被率の特性を把握した。

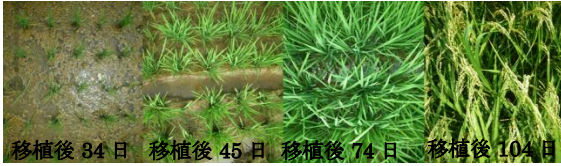


図 2. 移植後日数経過ごとの圃場の様子

5.2 測定概要

分光反射率の測定については、波長約 400～900nm の範囲における、それぞれの透過光と水稻からの反射光の強度を測定した。

植被率については、デジタルカメラで 1.25m の高さから鉛直下向きに水稻を撮影した。観測に用いた装置図を、図 3 に示す。

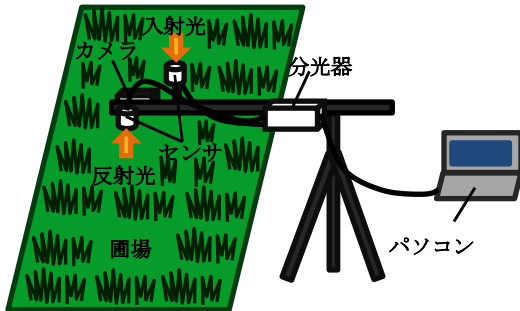


図 3.地上観測に用いた装置図

5.3 分光反射率の算出

地上観測により測定した水稻からの反射光と透過光との割り算によって、各波長における反射率を算出した。以下に、反射率の式を示す。

$$\text{反射率} = \frac{\text{水稻からの反射光}}{\text{透過光}} \dots \text{式(1)}$$

一例として、2013年6月20日の圃場 A における分光反射率のグラフを図 4 に示す。

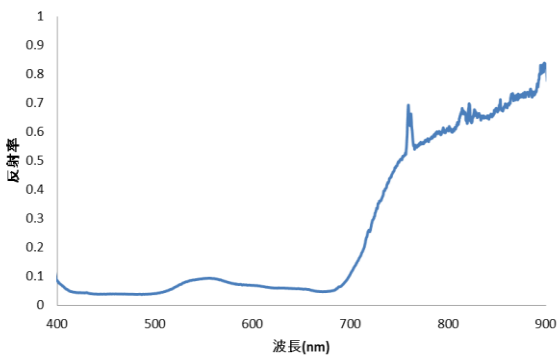


図 4.圃場 A における分光反射率(2013年6月20日)

本研究では、地上観測により取得したデータと、衛星を用いて取得したデータの相関性について解析する。そのため、地上観測により得られた分光反射率の、人工衛星の波長域における平均値を算出した。今回は衛星データとして、Landsat7 に搭載されている ETM+ によって観測されたデータを使用したため、Landsat7 における波長域における分光反射率

の平均値を算出した。以下の表 1 に、Landsat7 の概要を示す。

表 1.Landsat7 の概要

観測センサ	バンド	波長域[μ m]	空間分解能[m]	観測幅[km]
ETM+	Band1	0.45～0.52	30	185
	Band2	0.53～0.61		
	Band3	0.63～0.69		
	Band4	0.75～0.90		

本研究では、Band1～4 の波長帯を用いて、反射率の平均値を日付ごとに算出した。

5.4 植被率の算出

今回行った測定では、デジタルカメラを用いて、水稻を 1.25m の高さから鉛直下向き方向に撮影した。実際に撮影した画像は図に示した。そして、撮影した画像に PCI を用いて、Greenness 指標を適用し、二値化を行うことによって、水稻の植被率を求めた。以下に、本研究で使用した式を示す。

$$\text{Greenness 指標} = \frac{2G - (R + B)}{2G + (R + B)} \dots \text{式(2)}$$

また、図 5 に Greenness 指標を適用した画像、図 6 に二値化を行った画像を示す。

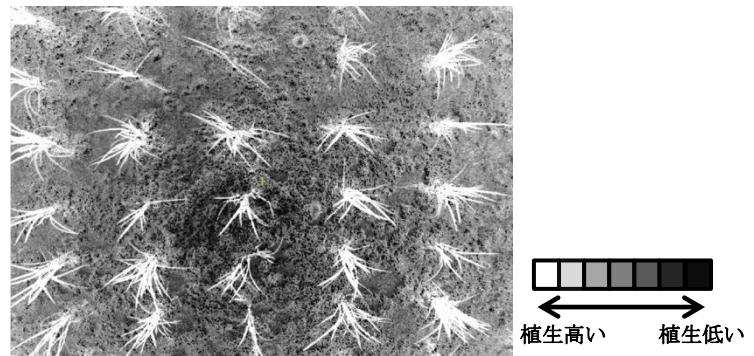


図 5.Greenness 指標を適用した画像

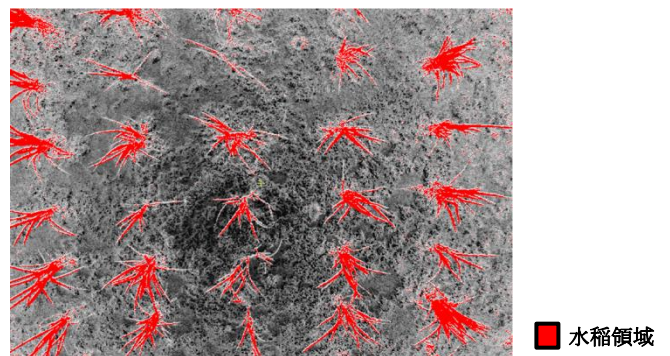


図 6.二値化を行った画像

二値化を行った画像から、水稻領域のピクセル数と全体のピクセル数を抽出し、割り算を行うことによって、植被率を算出した。図 6 では、赤く染まっている部分が水稻領域となる。以下に、植被率の算出式を示す。

$$\text{植被率}(\%) = \frac{\text{水稻領域のピクセル数}}{\text{全体のピクセル数}} \times 100 \dots \text{式(2)}$$

6.分光反射率と植被率の相関の検討

6.1 分光反射率の時系列変化

本研究で算出した圃場Aと圃場Bの分光反射率の時系列変化のグラフを、バンドごとに図7に示す。

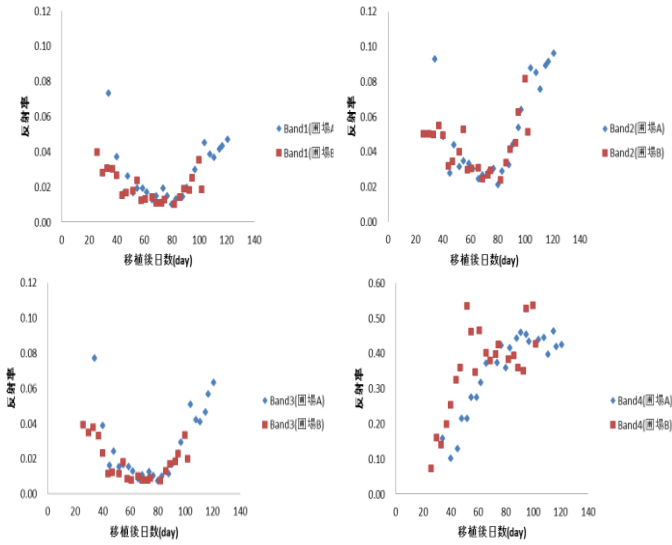


図7. 圃場A、Bにおける反射率の時系列変化

Band1~3においては、移植後日数が約80日までは、反射率が減少傾向を示し、それ以降は増加傾向を示していることがわかる。しかし、Band4のグラフにおいては、移植後日数が約80日までは、反射率が増加傾向を示し、それ以降は減少傾向を示していることがわかる。移植後日数約80日の写真を確認すると、出穂がみられた時期であることがわかったため、稲穂は可視光を反射し、赤外域の光を吸収しているといえる。

6.2 植被率の時系列変化

本研究で算出した圃場Aと圃場Bの植被率の時系列変化のグラフを、図8に示す。

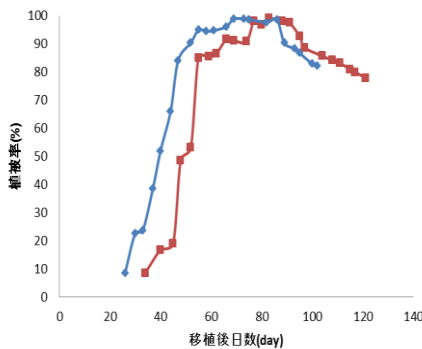


図8. 植被率の時系列変化

グラフから、移植後日数約60日のあたりまでは植被率が著しく増加し、飽和に達していることがわかる。また、植被率が飽和に達した後に減少傾向を示していることがわかる。

6.3 分光反射率と植被率の相関について

6.1と6.2に示した結果を用いて、分光反射率と植被率のグラフを作成した。以下の図9に作成したグラフを示す。

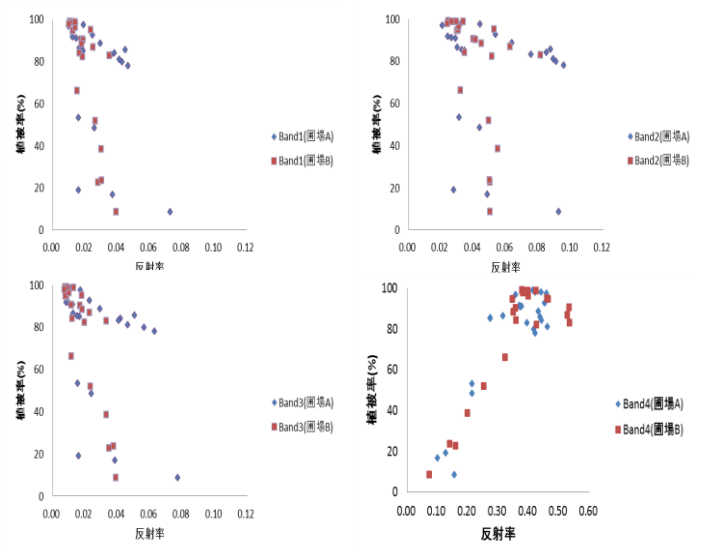


図9. 圃場A、Bにおける反射率-植被率のグラフ

Band1~3におけるグラフでは、植被率が約100%に達した後、植被率が減少していることがわかる。またBand4におけるグラフでは、反射率と植被率の間の相関係数が、圃場Aで0.86、圃場Bで0.81という高い値を示した。

7. Landsat-7を用いた反射率の算出

本研究では、地上観測における分光反射率と、人工衛星画像から得られた分光反射率を比較する。そのため、今回はLandsat-7を用いて撮影された衛星画像から反射率を求めた。算出方法としては、画像中の対象圃場のDN値を抽出し、DN値を反射率へ変換した。また、6.3でも示したが、反射率と植被率の相関がBand4でみられたため、地上観測反射率と衛星観測反射率を、Band4における値で比較した。作成したグラフを図10に示す。

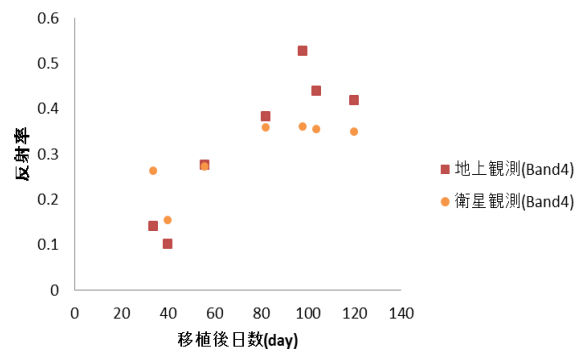


図10. 地上観測反射率と衛星観測反射率の比較

図10から、衛星観測反射率が、移植後日数80日あたりから地上観測反射率の値より低くなっていることがわかる。また、同一日の植被率に対して、Band4における地上観測反射率と衛星観測反射率をプロットし、作成したグラフを、図11に示す。

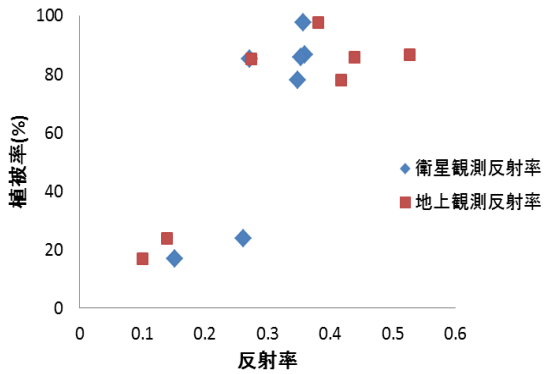


図 11. 植被率に対する地上観測反射率と衛星観測反射率のグラフ

グラフから、両反射率の間の誤差はあるものの、おおむね同じ傾向を示していることがわかる。

8. 総括

本研究では、地上観測による水稻の分光反射率及び植被率の特性を把握した。

水稻生育期における分光反射率は Band1~3 においては、移植後日数 80 日までは反射率が減少傾向を示し、その後は増加傾向を示した。そして、Band4 におけるグラフでは、移植後日数 80 日までは反射率が増加傾向を示し、それ以降は減少傾向を示した。また、水稻生育期における植被率は、移植後日数が 60 日(水稻生育期)のあたりまで著しく上昇し、植被率が 100%に近づくことがわかった。次に、水稻の分光反射率と植被率の関係についてであるが、Landsat7 の近赤外の波長帯(Band4)における反射率と、植被率を比較・検討した。圃場 A における相関係数は 0.86、圃場 B における相関係数は 0.81 と、高い相関係数を確認することができた。

また、本研究では、衛星画像を用いて水稻の分光反射率を算出し、地上観測による分光反射率と比較・検討した。Landsat7 の近赤外の波長帯(Band4)における、地上観測反射率と衛星観測反射率を比較したが、同一日の植被率に対する、衛星観測反射率と地上観測反射率のグラフでは、両反射率は同じような傾向を示した。これらの成果から、人工衛星画像を用いて分光反射率を算出することで、広範囲に分布する圃場の生育情報を把握できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 遠藤昌宏, 水稻の植被率および分光特性観測による生育状態把握に関する研究, 長岡技術科学大学大学卒業論文, 2004
- 2) 社団法人日本測量協会日本リモートセンシング研究会編 図解リモートセンシング, 2004
- 3) 「Landsat7 Science Data Users Handbook」, NASA
http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html