

## 普及型マルチスペクトルカメラによる水稲生育診断 -窒素吸収量の評価を事例として-

### Monitoring of rice growth using a multispectral camera: evaluation of nitrogen absorption

○藤原洋一 塚口直史 長野峻介

○ Y. Fujihara, T. Tsukaguchi, and S. Chono

**1. はじめに** 小型のマルチスペクトルカメラが比較的安価に入手できるようになり、UAV (Unmanned aerial vehicle) と組み合わせた水稲生育モニタリングに注目が集まっている。マルチスペクトルカメラによる水稲モニタリングについては、原科ら<sup>1)</sup>は直播栽培におけるイネの収量推定を試みており、濱ら<sup>2)</sup>は玄米タンパク含有率の推定に利用しているが、誰でも利用可能な技術へと発展して普及するためには、マルチスペクトルカメラ+UAVによる観測事例の蓄積、共有が重要であると考えられる。そこで、本研究では、小型で安価な普及型マルチスペクトルカメラを用いた水稲生育モニタリングを行い、マルチスペクトルデータから算出される植生指数とイネの窒素吸収量との関係について検討した。

**2. 研究方法** 付属農場において、施肥量を3パターン(少肥、標準、多肥)、栽植密度を2パターン(疎植、密植)設定し、合計6パターンによって石川県オリジナル米品種である「石川65号」を栽培した。一つの区画の大きさは15×15mとし、2018年4月19日に播種、5月11日に移植し、8月7日に出穂期を迎えた。さらに、9月14日に収穫を行った。

水稲モニタリングには、マルチスペクトルカメラ(Sequoia)を搭載したPhantom3を利用した。Sequoiaは、現在、最もよく利用されている小型マルチスペクトルカメラの一つであり、緑(Green:550nm)、赤(Red:660nm)、レッドエッジ(Red edge:735nm)、近赤外線(NIR:790nm)の放射輝度データを得ることができる。フライトは、アプリAtlas flightによってオートパイロットで行い、オーバーラップ率80%、サイドラップ率80%、高度30mとした。撮影頻度は4、5日に1回として収穫日までに行い、合計で28回の撮影を行った。なお、農場の9カ所に対空標識を設置し、トータルステーションで測量して地上基準点とした。また、80×80cmサイズの標準反射板(グレー)を作成し、この反射板を撮影毎に圃場内において画像に写り込むようにした。そして、この反射板の反射率をスペクトルメータで計測して真値を求めておき、マルチスペクトルカメラで撮影した放射輝度を反射率に変換した。なお、データの解析にはAgisoft社のPhotoscanを利用した。

マルチスペクトルカメラによる生育診断の精度について検証するために、水稲地上部の坪刈り調査を行った。ここでは、籾数の決定や稈長にも強く影響し、収量、品質にも強く関わる事が知られている幼穂形成期における窒素吸収量に着目した。坪刈り調査は幼穂形成期である7月17日と7月24日に行い、これらの日とほぼ同じ時に撮影した画像データ(7月17日と7月25日に撮影)を利用することとした。また、窒素吸収量との関係を見る植生指数として、2種類の指数( $NDSI[i,j] = (R_j - R_i) / (R_j + R_i)$ ; Normalized Difference Spectral Index,  $RSI[i,j] = R_j / R_i$ ; Ratio Spectral Index)を利用する。ここで、 $R_i$ と $R_j$ は、セコイアによって観測された反射率(Green, Red, Red edge, NIR)である。これらの植生指数と窒素吸収量との相関関係を調べ、水稲生育診断に有力な指数を明らかにする。

石川県立大学生物資源環境学部 *Ishikawa Pref. Univ., Faculty of Bioresources and Environmental Sciences*

キーワード: UAV、マルチスペクトルカメラ、水稲、生育診断、窒素吸収量

### 3. 結果・考察

NDSI[i,j] および RSI[i,j] と窒素吸収量との相関係数を **Table1**、**Table2** に示す。なお、2回の測定結果の平均である。まず、**Table1** を見ると、Rj=NIR、Ri=Green の組み合わせが最良であることが分かる。この指数は GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) に相当する。Rj=NIR、Ri=Red の組み合わせは、植生指数として最も有名な NDVI になるが、窒素吸収量を表す指数としては GNDVI の方が優れているといえる。さらに、**Table2** を見ると、Rj=NIR、Ri=Green の組み合わせが最良であり、相関係数は 0.915 となっており、窒素吸収量との相関はかなり強いことが分かる。

窒素吸収量と強い相関が見られた (NIR-Green)/(NIR+Green) と NIR/Green の時系列変化を **Fig.1** に示す。なお、ここでは、紙面の都合から密植 (少肥:Low、標肥:Standard、多肥:High) のみの結果を表している。また、最上段には、RGBカメラによって推定した圃場全体の草高の時系列変化を示している。これらを見ると、2つの指数ともに、出穂期 (8月7日) までに値が飽和することはなく、水稻の生育 (草高) に応じて数値が大きくなっている。また、栽培パターン毎に値に違いが表れていることも分かる。ただし、両者を比較すると、比率で表現する NIR/Green の方が相関係数自体は大きいですが、時系列データを見るとバラツキが大きいことが分かる。これは、(NIR-Green)/(NIR+Green) のように正規化した方が、観測誤差を軽減する効果が期待できることを意味する。

**4. おわりに** 本研究では普及型マルチスペクトルカメラを用いて水稻生育診断 (窒素吸収量) の検討を行った。その結果、近赤外と緑の反射率を組み合わせた植生指標と窒素吸収量との相関が最も強かった。また、正規化した指数の方が観測誤差に強いことが示された。

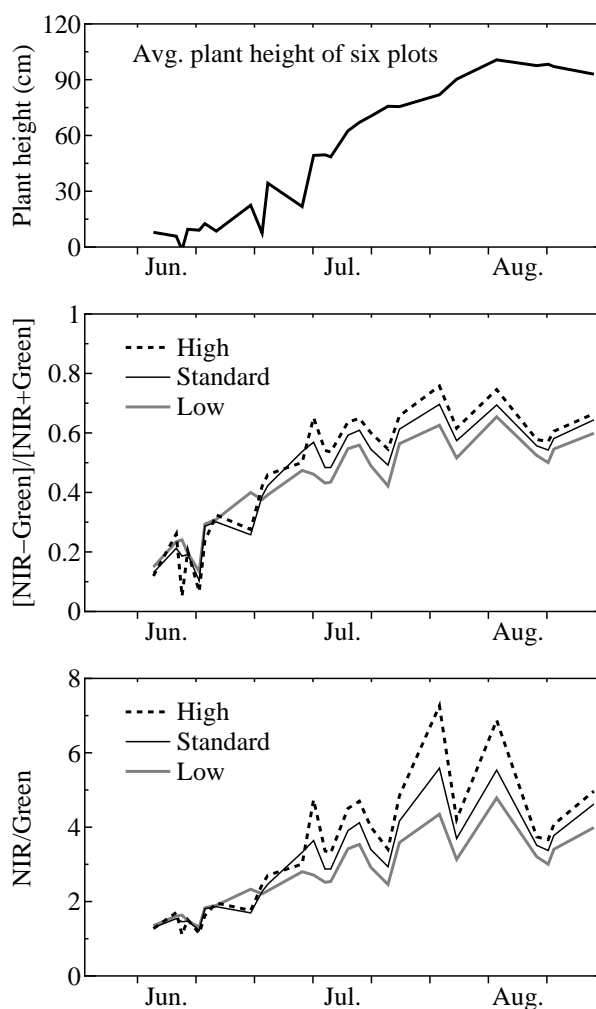
**引用文献** 1) 原科幸爾ら (2019) 水土の知、87 (2)、121-126. 2) 濱侃ら (2018) 日本リモートセンシング学会誌、38 (1)、35-43.

**Table1** Correlation between NDSI and plant N (%)

Rj \ Ri	Green	Red	Red edge	NIR
Green		0.746	-0.743	-0.904
Red	-0.746		-0.794	-0.880
Red edge	0.743	0.794		-0.659
NIR	0.904	0.880	0.659	

**Table2** Correlation between RSI and plant N (%)

Rj \ Ri	Green	Red	Red edge	NIR
Green		0.751	-0.742	-0.901
Red	-0.743		-0.795	-0.877
Red edge	0.746	0.792		-0.662
NIR	0.915	0.898	0.654	



**Fig.1** Time series of plant height, NDSI, and RSI