

水稲「めんこいな」における ドローンリモートセンシングにより得られる NDVI と窒素吸収量の関係

石川祐介・進藤勇人*・齋藤雅憲

(秋田県農業試験場・*秋田県山本地域振興局農林部)

Relation between NDVI for Drone Remote Sensing and Nitrogen Absorbed amount in Rice Cultivar Menkoina

Yusuke ISHIKAWA, Hayato SHINDO* and Masanori SAITO

(Akita Prefectural Agricultural Experiment Station ·

* Akita Prefectural Yamamoto Regional Development Bureau Agriculture and Forestry Department)

1 はじめに

秋田県では、水稲を主体とする経営体の規模拡大によるほ場の多筆化と大区画化に伴い、ほ場毎、ほ場内の両方で生育状況の把握が困難になっている。そのため、安定生産に向けて簡易かつ広域的に生育状況を把握できる技術が必要とされている。近年、省力的な生育診断の指標として NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指数) が注目されており、携帯型測定機により得られる NDVI から窒素吸収量が推定されている¹⁾²⁾。一方、ドローンリモートセンシングは、小規模から大規模まで面積によらず、短時間で広域的に観測できることから簡易に生育状況を把握する技術としての期待が高いものの、本県における研究事例は少ない。そこで、本研究ではドローンリモートセンシングにより簡易かつ広域的にほ場全体の生育状況を把握することを目指し、NDVI と窒素吸収量の関係を検証した。

2 試験方法

(1) 撮影条件

試験は 2022 年から 2024 年に秋田県農業試験場内の水田ほ場 2 筆 (1ha ほ場、長辺 200m × 短辺 50m) で行った。撮影には、Phantom 4 Multispectral (DJI 社) を供試した (マルチスペクトルカメラのフィルタは、赤 650nm ± 16nm、近赤外線 840nm ± 26nm)。飛行時の撮影高度は 50m で、航路上・航路間オーバーラップ率をそれぞれ 70% とし、飛行速度を 5.2m/秒 で撮影した。なお、本条件による飛行時間は約 7 分/2ha である。撮影時期は、水稲の生育ステージに合わせて行った (分けつ始期 (6 月 10 日頃)、有効茎決定期 (6 月 25 日頃)、最高分けつ期 (7 月 5 日頃)、幼穂形成期 (7 月 15 日頃)、減数分裂期 (7 月下旬頃)、出穂期 (8 月上旬頃))。撮影時刻は午前 8 時から午前 10 時の間で行い、撮影時の天候は、晴天または曇りであった。

(2) 画像解析および窒素吸収量

画像解析は、画像解析ソフト「PIX4fields」を用いてマルチスペクトル画像をオルソ化し、そこから NDVI 画像を作成後、地理情報解析フリーソフト「QGIS」を用いて 1m メッシュの NDVI を算出した。

窒素吸収量は、撮影および生育調査日にあわせてサンプリングした稲を分析 (ケルダール法) して求め、調査地点の 1m メッシュの NDVI と比較した。

(3) 耕種概要

品種は「めんこいな」を供試し、高密度播種苗 (乾籾 250g 播 / 箱) を 50 株 / 坪の栽植密度で移植した。移植日は、2022 年が 5 月 18 日、2023 年が 5 月 17 日、2024 年が 5 月 21 日である。施肥は、基肥窒素量を 0, 4, 7, 10kgN / 10a の 4 水準とし、肥料は基肥一発型肥料「ゆとり L588 (N 15%、P₂O₅ 8%、K₂O 8%)」を使用した (追肥なし)。

3 試験結果及び考察

(1) NDVI の経時変化

NDVI は、分けつ始期を除いた全ての生育ステージで施肥量が多いほど高い傾向がみられた (データ省略)。生育時期別の NDVI の範囲は、有効茎決定期が 0.23 ~ 0.65、最高分けつ期が 0.66 ~ 0.87、幼穂形成期が 0.72 ~ 0.90、減数分裂期が 0.79 ~ 0.92、出穂期が 0.75 ~ 0.92 であり、いずれの年次も最高分けつ期までは急速に増加し、以降減数分裂期までは緩やかに増加した。一方、減数分裂期から出穂期にかけては、横ばい傾向となり、植被率が最大となる出穂期以降は、葉色の低下とともに減少した (図 1)。そのため、窒素吸収量の推定では、有効茎決定期から減数分裂期までの NDVI を用いるのが望ましいと考えられた。

(2) NDVI と窒素吸収量の関係

有効茎決定期から減数分裂期までの NDVI は、3 年ともに窒素吸収量と正の関係性がみられ、浪川らの報告²⁾と同様に指数関数で表すことができた (図 2)。各年次の NDVI (x) と対数変換した窒素吸収量 (y) の関係から直線回帰式を求め (図 3)、共分散分析により年次間差異を検定したところ、各年次の回帰式に有意な差は認められなかった (表 1)。このことから、3 年間で得られた全データで作成した回帰式 $y = 0.3601e^{3.2687x}$ (図 2) を用いて窒素吸収量を推定することとした。

(3) 窒素吸収量の推定

前述の回帰式を用いて、2024 年の耕種概要が同様である隣接ほ場の NDVI から窒素吸収量 (g/m²) を推定した。有効茎決定期から減数分裂期の期間における RMSE (二乗平均平方根誤差) は 0.92 であり、推定精度は携帯型 NDVI 測定機による報告¹⁾²⁾と同程度であった (図 4)。また、減数分裂期を除いた有効茎決定期から幼穂形成期の期間における RMSE は 0.67 であり、前述の RMSE に比べ小さい値を示した。これは、NDVI は

減数分裂期で飽和したが、窒素吸収量は生育ステージが進むにつれて増加したためであり、今野らの報告¹⁾と同様の傾向を示した。よって、NDVIによる窒素吸収量の推定は、減数分裂期頃およびNDVIが0.90以上(窒素吸収量で6.8g/m²相当)になると飽和し、窒素吸収量の推定誤差が大きくなることに留意が必要であると考えられた。

4 まとめ

水稻「めんこいな」においてドローンリモートセンシングにより得られるNDVIと窒素吸収量は、正の関係性がみられ、携帯型NDVI測定機による報告と同様に指数関数で表すことができた。NDVIによる窒素吸収量の推定精度は、携帯型NDVI測定機と同程度であ

り、ドローンリモートセンシングにより簡易かつ広域的にはほ場全体の生育状況の把握が可能であった。広域的に生育状況を把握する場合、ほ場毎に品種や栽培条件が異なるため、他品種や栽植密度別などのNDVIと窒素吸収量の関係についても検証が必要である。

引用文献

- 1) 今野 周, 齋藤 寛, 松田 晃. 2021. 携帯型NDVI測定機を用いた水稻栄養生長期における窒素吸収量の推定. 東北農業研究 74:23-24.
- 2) 浪川茉莉, 西田瑞彦, 高橋智紀, 金田吉弘. 2016. 携帯型NDVI測定機によるNDVI値と水稻窒素吸収量の関係. 土肥誌 87:450-454.

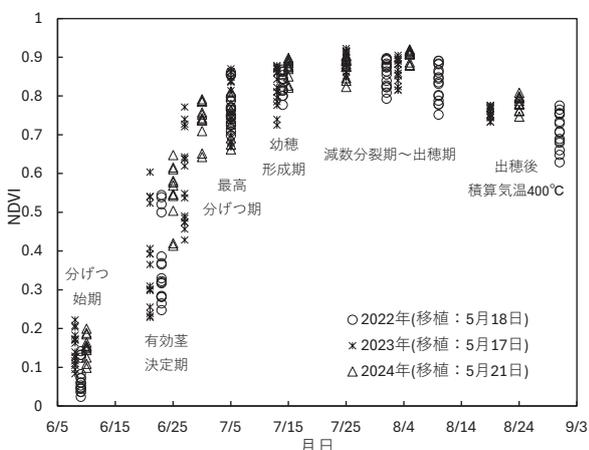


図1 生育ステージ毎のNDVI値の推移(2022年～2024年)

- 1) 2023, 2024年のみ6月30日頃にも調査を実施している。
- 2) 基肥量は、3カ年とも0, 4, 7, 10kgN/10aの4水準(追肥なし)である。

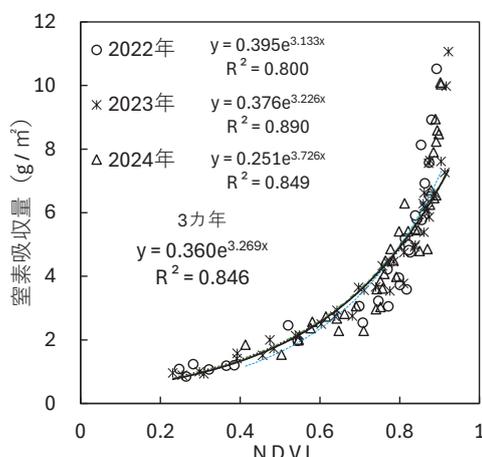


図2 NDVIと窒素吸収量の関係(2022年～2024年)

- 1) n数は2022年が32で、2023年と2024年がそれぞれ40である。
- 2) 有効茎決定期から減数分裂期までの期間における試験結果である。

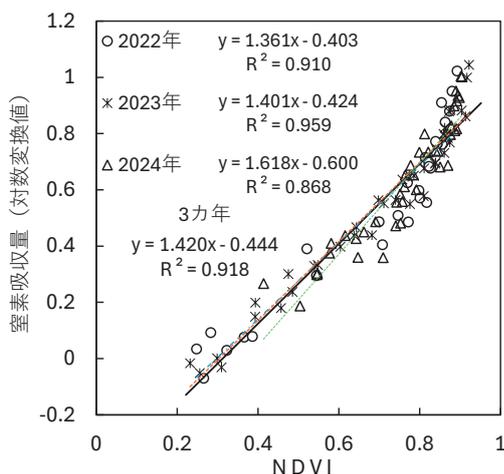


図3 NDVIと窒素吸収量(対数変換値)の関係(2022年～2024年)

- 1) n数は2022年が32で、2023年と2024年がそれぞれ40である。
- 2) 有効茎決定期から減数分裂期までの期間における試験結果である。

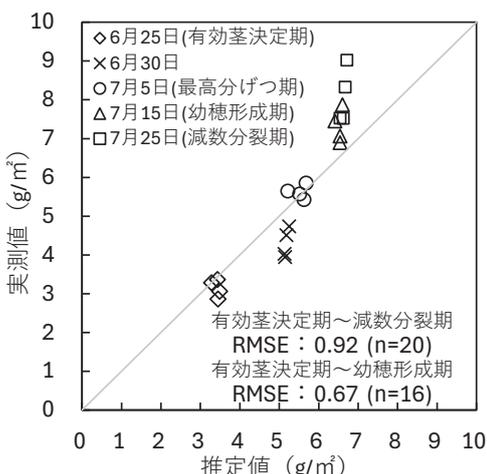


図4 NDVIから推定した窒素吸収量と実測値との関係(2024年)

- 1) 窒素吸収量の推定には、図2の3カ年の回帰式に、耕種概要が同様の隣接ほ場(施肥量N10kg/10a)のサンプルを適用した。
- 2) 窒素吸収量の実測値は、各生育ステージに調査を実施した4地点からサンプリングした稲を分析して求めた。

表1 窒素吸収量(対数変換値)における年次の差異を検討した共分散分析の結果(2022年～2024年)

	自由度	交互作用含む		交互作用除外	
		F	p	F	p
年次	2	2.56	0.08	0.23	0.80
NDVI	1	1084.14	P < 0.001	1191.55	P < 0.001
年次×NDVI	2	2.48	0.09		