

植生指標を用いたドローンモニタリングデータの 時系列クラスタリングによる小麦の生育分析

鈴木壮† 伊藤太一† 梅木紳太郎† 南野謙一†

岩手県立大学ソフトウェア情報学部† 岩手大学花巻サテライト†

1. はじめに

近年、「農作業評価が曖昧」という原因による農業従事者の減少を問題視し、新規就農を促進するため農作業のノウハウを見える化する取り組みが行われている。水稲ではドローンを用いて圃場をモニタリングし、光の反射率より導出した植生指標（NDVI 等）を用いて農作業の効果を視覚化することでそれを理解し技術を継承し易くする試みが行われている¹⁾。しかし、水稲の次に栽培量の多い小麦でのドローンモニタリングによる生育指標を用いた農作業効果の視覚化は行われていない。

そこで本研究では、小麦のドローンモニタリングデータから複数の植生指標を導出し農作業の効果を視覚化する。特に追肥作業を対象とし、適切な追肥量とその効果を明らかにする。

2. 小麦の生育環境

2.1. 小麦の栽培管理

小麦は、一般的に9月末から10月下旬に播種が行われ、6月中旬から7月上旬にかけて収穫される。栽培作業として冬は複数回に渡る麦踏み、3月頃から土寄せや雑草取り、4月には病虫害駆除が行われる。小麦の病虫害には、縞萎縮病、赤かび病、うどんこ病、ムギダニ、アブラムシ等がある²⁾。

小麦は栽培期間が長いため基肥だけでなく追肥を行い、収量・品質を高める。その量と回数は、品質として重要である蛋白含量に影響する。また生育に悪影響を与える気象要因として、登熟期から収穫までの降雨による穂発芽の発生、水はけの悪さによる土壌の空気不足が挙げられる。

2.2. 実験圃場

実験圃場は岩手県花巻市（轟木 3）と北上市（横川目）の2か所で、どちらも2筆が隣接している。品種は、強力粉の「銀河のちから」と「ゆきちから」である。両品種ともに耐寒雪性・耐倒伏性が強く東北での栽培に優れている³⁾。横川目について、播種は9月下旬で、基肥は50kg/10aである。出穂は5/15頃で、収穫日は7/7となっている。追肥は2回行い、時期は4/12と5/10である。轟木3について、播種は9月下旬で、基肥は30kg/10aである。出穂は5/10で、収穫日は7/1~4である（表1）。

表 1 モニタリング圃場

圃場名	横川目	轟木 3
メッシュ数	784	490
品種	銀河のちから	ゆきちから
播種日	9/26	9/30
収穫日	7/7	7/1~4
出穂日	5/15 頃	5/10
追肥日	4/12, 5/10	4/7, 5/5, 5/24, 5/30

轟木 3 については、追肥比較実験を行っており、西側は4回、東側は2回行った。時期は4/7, 5/5, 5/24, 5/30である。

モニタリングデータからの植生指標導出

ドローンモニタリングとは、植物の日光反射率から植生指標を導出し生育を予測するものである。植物は健康状態により、赤領域と近赤外の反射率の差が大きくなる。特に反射率が変化しやすいのは RedEdge 領域である。本研究では赤（Red）、RedEdge、近赤外（NIR）領域の反射率を取得することで、以下4つの植生指標を計測する。

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

$$NDRE = (NIR - RedEdge) / (NIR + RedEdge) \quad (2)$$

$$sNDRE = \text{観測日ごとの標準化}NDRE \quad (3)$$

$$CCCI = (NDRE - NDRE_{min}) / (NDRE_{max} - NDRE_{min}) \quad (4)$$

各植生指標の診断項目は、(1)は植生、(2)はストレス、(4)は窒素含有量、適正施肥量である。(3)は(2)の時系列での比較をし易くしたものである。一般的なドローンモニタリングにはNDVIが用いられることが多く、小麦にNDREおよびsNDREは用いられていない。

ドローンについては、マルチスペクトルカメラと一体となっているDJI社のP4Multispectralを用いた。モニタリングは4~6月の約1~2週間おきに行い、1メッシュは約3m四方で、横川目では、轟木3では490メッシュのデータが取れた。

3. 機械学習による時系列分析

3.1. 分析方法

上述の植生指標を時系列データとして扱い、メッシュ毎の変化量の傾向を時系列クラスタリングにより捉える。そして現地視察を踏まえ、農作業（追肥）の効果を可視化し評価する。メッシュ毎にクラスタ分類し2次元図とグラフで表示することで、クラスタ毎の推移と分布から生育・ストレス等の状態とその位置を把握でき、各原因の考察

Growth Analysis of Wheat by Time Series Clustering of Drone Monitoring Data using Vegetation Indexes

SOH SUZUKI[†], TAICHI ITO[†], SHINTARO UMEKI[†], and KEN-ICHI MINAMINO[†]

[†]Faculty Software and information Science, Iwate Prefectural University

[‡]Hanamaki branch, Research Center for Industrial Science and Technology, Iwate University

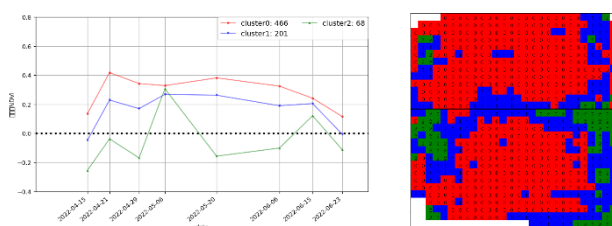


図 1 横川目 NDVI のクラスタリング結果

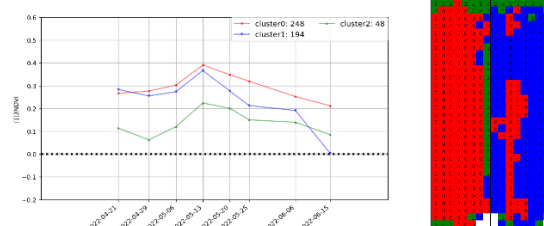


図 3 轟木 3 NDVI のクラスタリング結果

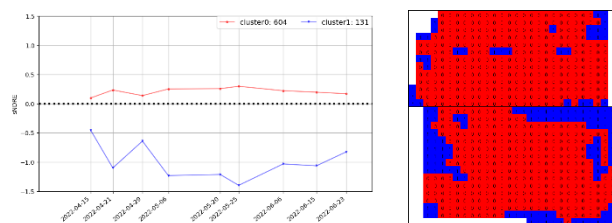


図 2 横川目 sNDRE のクラスタリング結果

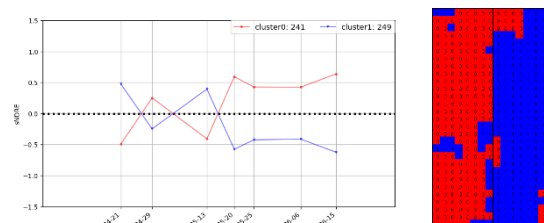


図 4 轟木 3 sNDRE のクラスタリング結果

ができる。時系列クラスタリングの手順は、時系列データからクラスタの数だけ代表データ（重心）を決め、各重心に対し全時系列データ一つひとつの差を求め、最も差が小さい重心のクラスタに分類する。各クラスタの平均値を求め、それを新たな重心とする。これを重心が変わらなくなるまで繰り返す。

3.2. 横川目

図 1 は NDVI をクラスタ数 3 で、図 2 は sNDRE をクラスタ数 2 で時系列クラスタリングした結果とメッシュ分布である。NDVI では、生育良好のクラスタ 0 は圃場中心に広くみられ、生育不良のクラスタ 2 は圃場端にみられた。圃場中心であるほど生育が良好になっていることが示された。NDVI はどのクラスタも成熟につれ下がっていることから、水稻に似た推移をすることがわかった。sNDRE のクラスタ 1 はストレスが高いクラスタであり、水田転換畑であることから、ストレスの原因は水はけの悪さであると推測される。NDVI のクラスタ 2 と sNDRE のクラスタ 1 が似た分布であることから、水はけの悪さが原因で生育不良が発生した可能性が示唆された。この結果から、圃場の土壌改善の必要があることが示された。

3.3. 轟木 3

図 3 は NDVI をクラスタ数 3 で、図 4 は sNDRE をクラスタ数 3 で時系列クラスタリングしたクラスタ毎の推移とメッシュ分布である。NDVI、sNDRE とともにクラスタ 0 は西側に多くみられ、クラスタ 1 は東側に多くみられた。これは追肥量の差による影響が現れている。NDVI のクラスタ 1 は、5 月下旬から下がり、6 月中旬にはクラスタ 0 と大きく差が出た。これは追肥が行われていないことから生育に遅れが生じていると推測される。追肥量比較実験の効果が可視化されたことから、適切な追肥量の選定に活用できる。クラスタ 2 は、圃場の端にみられた。これは横川目と同様で、水はけの悪

さの影響と推測される。横川目と同様に、圃場の土壌改善の必要があることが示された。NDVI の値が最も高い時期は出穂期付近であり、出穂後の追肥の量と時期が重要であることが分かる。

4. まとめ

本研究では追肥作業を行った圃場を対象に sNDRE を加えた複数の植生指標と機械学習を活用することで、植生・ストレスの点から小麦の農作業の効果を可視化した。NDVI と sNDRE を用いることで、ストレス診断とそれに伴った生育への影響を評価することができた。NDRE が約-0.15~0.10 の範囲で推移したのに対し、sNDRE は約-1.50~0.60 の範囲で推移した。標準化することでクラスタ間の差が大きくなったため、ストレスが高くなっているクラスタが明瞭となり、病湿害の発見と適正追肥量の判断がし易くなっている。そのため、農作業の効果を時系列分析により可視化する指標は、sNDRE の方が適している。

今後の課題として、追肥による収量への影響と蛋白含量を明確にすることが挙げられる。そのためは、さらに多くの圃場または同じ圃場で継続的にモニタリングし、複数地点で蛋白含量を実測する等、より多くのデータを収集する必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤太一, 南野謙一, “ドローン水稻モニタリングデータの時系列クラスタリングによる農作業評価”, 情報処理学会第 84 回全国大会, Vol.2022, No.1, pp.829-300 (2022-02-17) .
- 2) 東北農業研究センター, “グルテンの質が強靱で難穂発芽性の硬質小麦新品種「銀河のちから」”, <https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/tarc/2010/tohoku10-24.html>, (参照 2022-12-23)
- 3) 渡邊好昭, 藤田雅也, 柳沢貴司, “麦の高品質多収技術” 農山漁村文化協会, 2013.