

ドローンモニタリングと時系列クラスタリングによる 高温が水稲に及ぼす影響の分析

佐藤翠[†] 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、水稲栽培において高温ストレスによる収量や品質への悪影響が問題となっている。水稲ではドローンで得た植生指標値の時系列分析を行い、農作業評価の可視化をする試みが行われている[1]。登熟期の高温が外観品質や食味を低下させることが知られている[2]が、植生指標を用いて植生を可視化した結果から水稲品質等への高温の影響を調査した報告はない。そこで本研究では、定期的なドローンモニタリングから得た植生指標値の時系列クラスタリング分析を用い、生育状況やストレスの推移をメッシュ単位で分類する。そして、分類結果より高温が水稲に及ぼす影響を分析する。

2. 水稲モニタリング

2.1. ドローンモニタリング

ドローンモニタリングとは、植物の日光反射率を用いて生育を予測するものである。植物は健康状態により、赤領域と近赤外領域の反射率の差が大きくなる傾向がある[3]。本研究では赤 (Red), RedEdge, 近赤外 (NIR) 領域の反射率を取得し、以下4つの植生指標を計測する。

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

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

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



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

各植生指標について、(1)は植生、(2)はストレス、(4)は窒素含有量、適正施肥量の診断に用いられる。(3)は(2)のデータの重みを揃え、変化を捉えやすくしたものである。

2.2. 実験圃場

実験圃場は岩手県花巻市の2か所(湯口, 狼沢)(表1)で、品種は多収かつ良食味で業務用米に適した「ゆみあずさ」、「つきあかり」、「ほむすめ舞」、2022年狼沢は主食用米の「ひとめぼれ」を栽培している。湯口では、追肥量比較

表1 モニタリング圃場

圃場名		湯口	狼沢
メッシュ数		856	744~748
品種	2021	ゆみあずさ	
	2022	つきあかり	ひとめぼれ
	2023	ほむすめ舞	ゆみあずさ
圃場 RGB 画像			

実験として7月中旬から下旬ごろに西20[kg/10a], 中25[kg/10a], 東30[kg/10a]の追肥を行った。狼沢では北は7月下旬に1回, 中と南は8月上旬の2回に分けて追肥を行っている。

3. 時系列クラスタリング

3.1. 分析手法

ドローンで得た反射率から算出した植生指標値を時系列データにしてクラスタリングを行い、メッシュごとの水稲生育状況を可視化する。また、メッシュ農業気象データを活用し、日平均気温などの気象データを取得することで各クラスタに分類された要因を考察する。時系列クラスタリングはk-means法を用い、結果は二次元クラスタ分布図と各クラスタ重心の時系列推移グラフで出力される。

3.2. 2021年湯口(ゆみあずさ)

2021年湯口では追肥量比較実験を行っていたが、各筆でクラスタ分布に大きな差は見られず、追肥後の7月後半の大雨により肥料が流されたことが原因と考えられる。そのため、比較的高温傾向であったが高温ストレスの影響は分析結果から確認できなかった。

3.3. 2022年狼沢(ひとめぼれ)

2022年は田植期から6月上旬にかけての低温や幼穂形成期以降に日照不足が見られたものの、出穂期前後の日平均気温は25℃付近とやや高かった。図1のsNDREのクラスタ分布とグラフか

Analysis of the Impact of High-Temperature Stress on Rice Plant using Drone Monitoring and Time-series Clustering
SUI SATO[†], 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

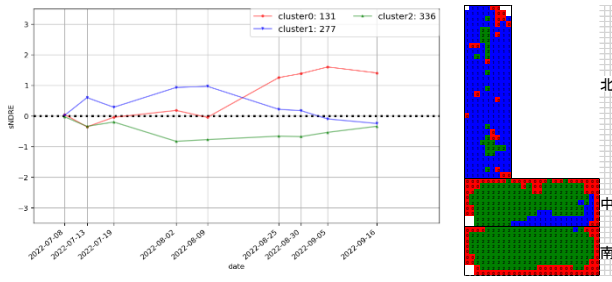


図1 2022年狼沢のsNDREのクラスタリング結果

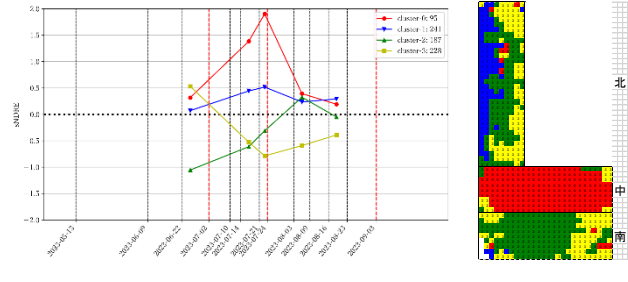


図3 2023年狼沢のsNDREのクラスタリング結果

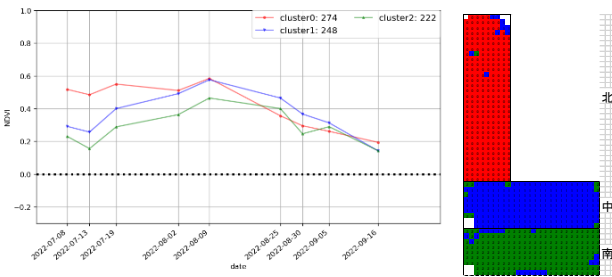


図2 2022年狼沢のNDVIのクラスタリング結果

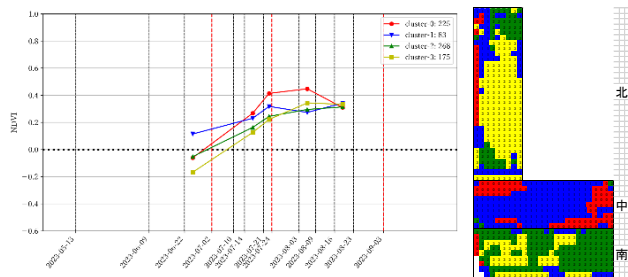


図4 2023年狼沢のNDVIのクラスタリング結果

ら、北側に多いクラスタ1が出穂期まで高く推移していることが分かる。図2のNDVIの結果からはクラスタ0の出穂期以降の低下が見られた。このことから出穂期までの高温傾向で窒素吸収量が増加し、ストレスはそれほどなかったが追肥回数が1回だったために出穂期の低日射で他2筆と分布に差が出たと推察した。この北側のNDVI推移について収量への悪影響は見られなかったが、食味値が72.4と、中、南側に比べて3.0~4.0低い値となっていた。このことから、稲体の窒素含有率が高まり食味低下につながったと考えられる。

3.4. 2023年狼沢(ゆみあずさ)

2023年は外観品質低下が懸念される出穂後10~20日の日平均気温27℃以上であり、胴割れが増加する出穂後10日間の日最高気温も非常に高い条件であった(表2)。35℃以上の高温は収量にも影響を及ぼすおそれがある。図3のsNDREのクラスタリング結果より、中はクラスタ0と1が多く分布するためストレスがなく、図4のNDVIはクラスタ0がほとんどを占めており、出穂期あたりから良く生育していることが分かる。

一方、sNDREの値が低く推移したクラスタ3の多い北は、窒素供給が足りず光合成能力が低下したとNDVIの結果と併せて推察する。2023年岩手県内の水稲品質は、一等米比率が低く着色粒や形質による品質低下要因が多い傾向であったが、作況指数は104の「やや良」と収量に対する影響は県全体では見られなかった。これらから、中側は品質低下の可能性があり、その場合追肥回数や時期、量など施肥条件について検討する必要がある。

表2 出穂後10日間の日平均気温と日最高気温

年度	出穂後10日間 日平均気温(℃)	日最高気温(℃)
2021	26.4	32.1
2022	24.3	28.4
2023	28.3	34.5

4. まとめ

本研究では、高温が水稲へ及ぼす影響という観点から、時系列クラスタリングに対する考察を行った。sNDREからストレスの変化(品質への影響)を評価し、NDVIからは生育の変化(収量への影響)を可視化できた。具体的には、高温条件下において窒素施肥量の違いが水稲品質へ及ぼす影響が大きいのではないかと示唆された。加えて、クラスタリング分析に気象データの分析も加えることで高温の影響を詳細に分析できることが分かった。

今後の課題として、継続的なモニタリングを実施することで温暖化が多くの農作物に与える影響を明らかにし、高品質安定生産を実現する必要がある。

参考文献

- [1] 伊藤太一, 南野謙一, 梅木紳太郎, “ドローン水稲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”, 第84回全国大会講演論文集, Vol. 2022, No. 1, pp. 829-830 (2022).
- [2] 長田健二, 滝田正, 吉永悟志, 寺島一男, 福田あかり, “登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響”, 日本作物学会記事, Vol. 73, No. 3, pp. 336-342 (2004).
- [3] 本郷千春, 小林達明, 有田ゆり子, “分光反射率からみた樹木の水ストレス反応”, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 37, No. 4, pp. 43-50 (1998).