

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：87402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18319

研究課題名（和文）熟練者の目視技術を活用する稲の生育診断システム

研究課題名（英文）Growth Diagnosis System of Rice Leaf Using The Gaze of Experts

研究代表者

渡辺 秀典（WATANABE, Hidenori）

熊本県産業技術センター（ものづくり室、材料・地域資源室、食品加工室）・その他部局等・研究員

研究者番号：10734288

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では稲の生育状況の診断について高精度、低労働負担および低コストの評価システムを確立することを目的とし研究を実施した。

まず熟練者が生育診断する際の視線を取得し、視線の特徴を解析した。解析した結果をもとに生育診断を行うと生育診断の精度が向上する傾向があることが確認できた。続いて熟練者の視線を機械化することが可能であることを示した。これらの結果より、本研究により生育診断の精度が向上する可能性があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

稲の生育診断時の熟練者の視線を解析することで熟練者の技術の特徴を浮き彫りにすることができた。また、その解析結果を活用することで稲の生育診断の精度が向上する可能性が示唆されたことは学術的に意義がある。また、特定作業の熟練者の視線が見える化する技術は多く存在するが、機械化する技術、特に少ないデータセットから機械化する技術は独特である。他方面で活用することも可能な技術であることから社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this work is to establish a high accurate, low burden, and low cost evaluation system for the diagnosis of rice growth.

This work obtained the gazes of experts in growth diagnosis and analyzed the characteristics of the gazes. It was confirmed that the accuracy of growth diagnosis improved when growth diagnosis was performed based on the results of the analysis. It was possible to implement the gaze of experts. These results suggest that the present study may improve the accuracy of growth diagnosis.

研究分野：信号処理

キーワード：熟練技能 視線 生育診断

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

稲は生育状況に応じて適切な水管理や施肥の管理が必要であり、その判断は主に葉の観察により行われている。観察方法としては、群落測定：稲の集合（稲群落）と色標本である葉色板の色を比較する、単葉測定：葉色板に稲の葉を当てて比較するという2つの方法が普及している。しかし以上の方法はどれも問題を抱えている。に関しては、極めて高い熟練技術を要し、また評価の妥当性を保証するために複数人の熟練者による判断が必要であり、労働負担が多いことである。に関しては、測定対象を一枚の葉とするため圃場全体の評価を得るためには多くの測定が必要となり現実的ではない点が挙げられる。色ではなく葉緑素値を測定器で評価する方法もあるが、同様の問題がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は稲の生育状況の診断についての高精度、低労働負担および低コストの評価システムを確立することである。現在最も普及している稲の生育診断方法は、稲の葉色と色標本の目視による比較である。しかしながら、この方法には評価の際に高度な熟練技術を持つ人員を複数要することから労働負担が大きい、営農規模に比例して診断の負担が大きくなるという2つの問題がある。これらの問題に対し本研究では、まず熟練者の視線を解析することで稲の生育診断の際に熟練者が何に注目しているのかを明らかにし、得られた知見を活用して稲の生育診断を機械化する。

3. 研究の方法

本研究では高精度、低コストかつ低労働負担の稲の生育診断を実現することを目標としている。この目標に対し、まず視線取得装置による視線の解析により様々な条件のもとで群落測定中の熟練者の視線を取得し、目視技術を解析する。続いてその成果を機械化することで、条件に左右されず、低負担、低コストの生育診断システムを実現する。また、空撮等と併用し、広域の圃場に対する生育診断を容易とする手法を検討する。

4. 研究成果

(1) 熟練者の視線の解析

まず熟練者が圃場で生育診断を行う際の視線を取得し、生育診断中の視線にはどのような特徴が見られるのか解析を行った。図1に取得された視線の一例を示す。視線を解析した結果、熟練者は色の標本である葉色板と、圃場遠方の稲をよく見る傾向があることがわかった。聞き取り調査においても同様の回答があったことから、圃場遠方を観察することが主要なコツであると考えられる。また圃場を観察する際の特徴には、視線が止まらず流れるように圃場を観察する、特徴的な部分を中止する、など複数のパターンが見られることが明らかになった。

続いて熟練者の視線を活用することで生育診断の精度が向上する余地があるのか検討を行った。これまでに開発された生育診断システム[1]は利用者が診断したい領域を選択するが、この場合毎回の結果が変わってしまう。今回は再現可能な実験とするため、熟練者の視線を基準点として領域の大きさを変更して比較を行った。前述の通り圃場を観察する際の特徴は複数のパターンがあったが、特徴的な部分を注視するパターンの視線を採用した。これらの条件のもと、熟練者の視線を中心として広い領域を生育診断した場合、および狭い領域を生育診断した場合の比較を行った（図2）。狭い領域を選択した場合において推定精度がよい傾向が示されたことから、熟練者の視線を活用することで精度が向上することが示唆された。

また、今回の研究の過程で、画像上において圃場遠方の稲の色が変化する事象が確認された。熟練者が注目しやすい領域ではあるが、色の変化を補正することが容易ではなかったことから、現時点では、画像処理による生育診断を行うためには撮影者から近い領域の稲の色を利用することが妥当であるとの結論に達した。割合は少ないものの、熟練者が自身や葉色板の近辺にも視線を向けることがあったことから、本研究では比較的周辺に現れる視線を重視することとした。

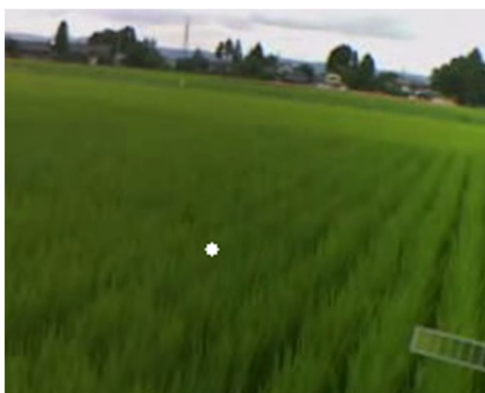


図1 視線の一例。視線の位置を白丸で示した。



図2 範囲の選択例

(2) 熟練者の視線の機械化

熟練者の視線を機械化するための研究を実施した。視線を機械化するという試みについては、機械学習による一般物体認識の枠組みを利用した DeepGazeII などが存在する[2]。これらは一般的な画像を見せられたときにどのような部分に視線が集まりやすいかを可視化することができるが、本研究のように一般的な条件ではない画像を与えられ、視線も一般的な傾向を示さない場合においては利用することができない。実際、図3の画像に対し DeepGazeII を利用して視線を可視化した場合は図4が得られる。図4のように、DeepGazeII では人や木といった一般物体に視線が集まりやすいと判断されてしまい、圃場には視線が集まらない。



図3 圃場画像

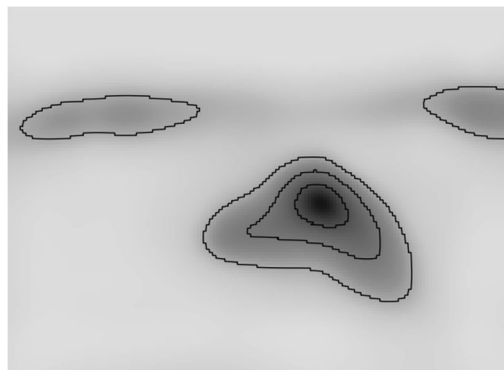


図4 DeepGazeII により図3の画像に対し視線を可視化した図。暗い色の方が注視しやすい場所であることを示す。

また、DeepGazeII 等は原画像と視線データから得られるヒートマップが組になったデータセットを十分用意して学習を行うが、本研究では学習用の圃場画像とヒートマップの組を潤沢に用意することが困難であった。そこで、本研究では異常検知手法を用いることにより比較的少ないデータセットであっても学習、推定が可能であるシステムを構築した。学習時フェーズでは熟練者が注視した部分の画像を切り出し、VAE (Variational Autoencoder) [3]を用いて学習させた。視線の推定フェーズでは新たに撮影された圃場画像から一部画像を切り出し(学習フェーズの切り出し画像と同サイズとする)、入力画像とする。続いて入力画像を VAE に与え、VAE の出力画像と入力画像の MSE (平均二乗誤差) を算出することで差異を算出する(図5)。これらの処理を圃場画像全体に対しラスタスキャン状に実施し、得られた差異の値を 0~1 の範囲内に収まるように正規化した。図6に本手法を図3に適用して得られた図を示す。

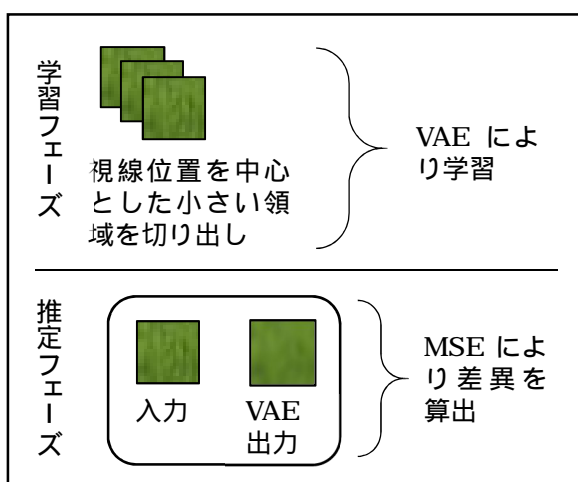


図5 VAE による視線の機械化の概略



図6 提案法により図3の画像に対し視線を可視化した図。暗い色の方が注視しやすい場所であることを示す。

未知の画像に対しても視線を再現することが可能であったことから、本手法により熟練者の視線を機械化可能であることが確認された。

(3) 総括

熟練者の視線を活用すると精度が向上し、熟練者の視線を機械化することが可能であったことから、本研究により生育診断の精度が向上する可能性があることが示唆された。計画当初に想定していなかった課題が広域の圃場の生育診断の障害となっているため、今後この課題を解決していきたいと考えている。

また、特定作業の熟練者の視線を見える化する技術は多く存在するが、機械化する技術、特に

少ないデータセットから機械化する技術は独特であり社会的に意義がある技術である。今後、他方面での活用ができるよう整備したいと考えている。

参考文献

- [1] 高田英治他, 「携帯端末と葉色板を用いる稲の葉色測定システムの開発」, システム農学会 2014 年度秋季大会, A13, 2014 年 .
- [2] Matthias Kümmerer, Thomas S.A. Wallis, Matthias Bethge, “Understanding Low- and High-Level Contributions to Fixation Prediction”, 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 4799-4808, 2017.
- [3] Diederik P. Kingma et al. "Auto-Encoding Variational Bayes." International Conference on Learning Representations, 2013.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡辺秀典、高田英治、石田文彦、板谷恭兵、野村幹雄
2. 発表標題 熟練者の視線を用いた稲の葉色推定システムの精度改善
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺秀典
2. 発表標題 生育診断の熟練者の視線に基づく圃場ヒートマップ
3. 学会等名 電子情報通信学会"信号処理研究会"
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	高田 英治 (Takada Eiji)	富山高等専門学校・電気制御システム工学科・教授 (53203)	
研究協力者	石田 文彦 (Ishida Fumihiko)	富山高等専門学校・電気制御システム工学科・准教授 (53203)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	野村 幹雄 (Nomura Mikio)	富山県農林水産総合技術センター・農業研究所・副主幹研究員 (83207)	
研究協力者	板谷 恭兵 (Itaya Kyohei)	富山県農林水産総合技術センター・農業研究所・研究員 (83207)	
研究協力者	村松 正吾 (Muramatsu Shogo)	新潟大学・自然科学系・教授 (13101)	