

掛流し灌漑における水温・群落温度分布の特徴

Characteristics of water and canopy temperature distributions by continuous irrigation with running water

○大谷健人*・藤原洋一*・塚口直史*・長野峻介*・一恩英二*

○Kento Otani, Yoichi Fujihara, Tadashi Tsukaguchi, Shunsuke Chono, Eiji Ichion

1.はじめに 近年の地球温暖化に伴う気温上昇により、水稻の高温登熟障害が発生して一等米比率が低下し、農家の収入減少に繋がっている。このため、用水を取り入れつつ田面水を排水する掛流し灌漑によって、水温・群落温度を冷やして米の品質向上を図る試みがある。しかし、掛流し灌漑実施時における水田水温の低下は確認されているが、稲の群落温度がどのように冷やされているかを空間的に観測した事例は少ない。また、稲の生育状況（稲の栄養状態）と米の品質との関係を面的に把握しようとした試みは皆無である。そこで、今回の研究では、UAVに搭載したサーモグラフィーによって、掛流し灌漑時における稲の群落温度分布を観測した。さらに、UAVに搭載したマルチスペクトルカメラによって、水稻の生育状況もモニタリングし、水温・群落温度、植生指数と米の品質（整粒比）との関係についても検討した。

2.使用機器と研究対象地 実験は、石川県立大学附属農場の1号田で行った。水口は水田の南西側、水尻は北西側にある。水口では塩ビ管を通して水を取り入れ、水尻の堰板はかなり低く設置して常時排水を行えるようにしている。栽培品種はコシヒカリ、出穂時期は7月28日で、登熟期である7月30日～8月14日まで掛流し灌漑を実施した。また、7月23日～8月21日までの間、ロガー付き水温計（9地点）と水位計（1地点）を設置して、水温および水深を10分間隔で計測した。また、収穫時期に、水温を計測した9地点の地上部の坪刈りを行って、米の品質（整粒比など）を調査した。

使用したサーモグラフィーは、Flir社のZenmuse XTで、解像度は650×512、フレームレートは30Hz、レンズは13mmであり、DJI社のUAVに改造なしに取り付けることができる。UAVにはDJI社のInspire 1を使用した。撮影は、8月2日、6日、7日の6時、10時、14時、18時に行い、それぞれ4枚の画像を平均してその時の群落温度とした。UAVの飛行高度は100mとして、1枚の画像に圃場全てが写りこむようにした。

マルチスペクトルカメラは、Parrot社のSequoia（セコイア）で、現在、最もよく利用されているマルチスペクトルカメラの一つである。緑（Green：550nm）、赤（Red：735nm）、レッドエッジ（Red edge：735nm）、近赤外（NIR：790nm）の地表面反射率データを取得することができる。UAVにはParrot社のBluegrassを使用した。Bluegrassはセコイアを内蔵したタイプのUAVであり、アプリを使用することでオートパイロットを行うことができる。撮影は7月23日、30日、8月7日の8時に行った。高度はこれまでの研究から30mとし、オーバーラップ率は80%とした。

3.研究結果 実験を行った2019年は、出穂（7月28日）後20日間の平均気温は29.4℃、出穂後10日間の平均最高気温は32.3℃であったことから、高温登熟障害が起きる可能性のあった年といえる。平均水温の時系列変化を調べたところ、水田水温は水口部か

*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：地球温暖化、高温登熟障害、掛流し灌漑、UAV

ら離れるほど高く、地点①と地点⑨では2.5~5.1℃の温度差があった。8月7日の水田水温および稲の群落温度分布を図1に示す。なお、水温はクリギングによって空間内挿している。これを見ると、水田水温は水口部が最も低く、離れるほど高くなってい

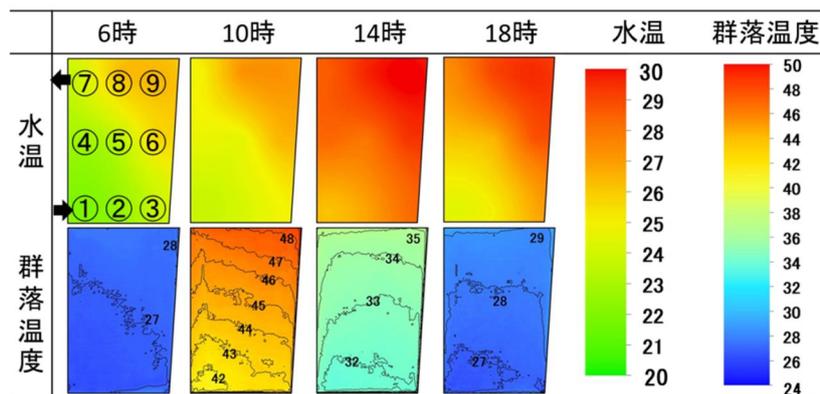


図1 8月7日における水温分布と群落温度分布 (Water and canopy temperature distributions)

ることが分かる。群落温度については、撮影時間によって温度が大きく異なるが、基本的には水口部の方が低温で、離れるほど高くなっていることが分かる。また、8月2日、6日においてもほぼ同じような温度分布になった。水田水温と群落温度の関係を確かめたところ、2日14時を除いて相関係数は0.8以上であった。つまり、水田水温と群落温度の間には関係があり、群落温度は掛流し灌漑の効果を受けていることが分かった。

米の品質として整粒比を地点毎に調べたところ、整粒比は地点③>①>⑤>⑨>⑥>②>⑧>⑦>④の順番になっていた。掛流し期間の平均水温と整粒比の相関係数を調べたところ、-0.01となっており、ほとんど相関は認められなかった。また、群落温度と整粒比との相関係数は-0.42~-0.32となっており、水温との相関よりも少し強いことが分かった。さらに、植生指数と整粒比との関係を調べた。その結果、8月7日では、植生指数 (NIR-Red) / (NIR+Red) と整粒比との相関係数は、0.88となっており、強い相関があることが分かった。なお、7月23日および30日においても、8月7日程強くはないが、比較的高い相関係数であった。植生指数は稲の栄養状態(窒素吸収量)をよく表現していることが知られている。つまり、今回行った実験においては、水温が品質に及ぼす影響よりも、稲の栄養状態の方が品質に与える影響は大きかったといえる。

4. 結論 UAVを用いて、掛流し灌漑時の水田の温度環境を観測した。また、水稻の生育状況も同時にモニタリングした。その結果、群落温度は水田水温の影響を強く受けており、水口部から離れるほど温度が高くなることが分かった。しかし、本実験においては、品質(整粒比)に与える水田水温および群落温度の影響は小さく、栄養状態が品質に与える影響の方が大きかった。

引用文献 西田ら(2019)農業農村工学会論文集、87(2)、I_219~I_226 藤原ら(2019)農業農村工学会論文集、87(2)、IV_7-IV_8

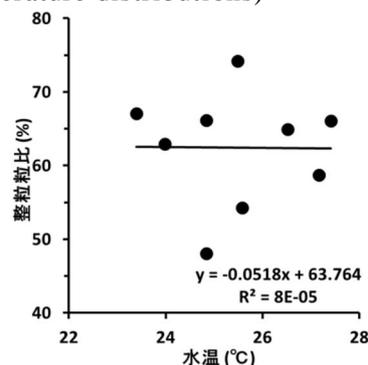


図2 水温と整粒比の関係 (Relation between water temperature and ratio of perfect grains)

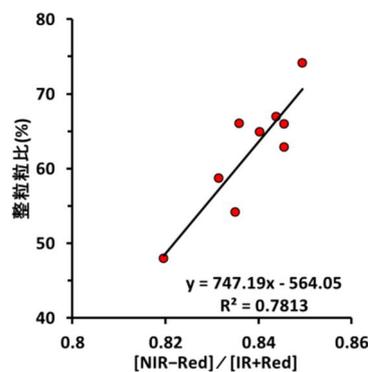


図3 植生指数と整粒比の関係 (Relation between vegetation index and ratio of perfect grains)