

水ストレス栽培自動化のための灌水制御法の検討

難波 脩人[†]

辻 順平[†]

能登 正人[†]

神奈川大学工学部電気電子情報工学科[†]

1 はじめに

高品質な農作物の生産には高度な栽培技術を要することがある。中でも果実の高糖度化を目的とした水ストレス栽培は、農業に対する長年の経験と勘によって灌水を行う高度な栽培技術として知られている。そのため、新規就農者にとって水ストレス栽培を行うことは困難であり、栽培技術を失わないためにも経験と勘による部分の技術継承は解決すべき問題である。そのような背景のもと、水ストレス栽培を形式知化することを目的として画像処理法による水ストレスの程度を推定する研究が報告されている [1]。しかしながら、水ストレス栽培における灌水制御は着果不良による収量の減収を防ぐために必要な技術であるにもかかわらず、推定された水ストレスを基にした灌水制御の方法は確立されていない。

本研究では画像処理法に基づいて推定された水ストレスをもとにした自動灌水制御システムを提案する。

2 関連研究

従来の灌水制御システムでは茎径変化量をもとにした研究 [2] が報告されている。茎は付与された水ストレスの程度によって収縮するため、茎径変化量を測定することは水ストレス栽培の灌水制御に応用が可能である。一方で、茎径変化は植物の成長に伴い変化量が乏しくなるため、継続的に水ストレスの程度を測定することが難しい。また、測定に必要な計測機器は高価なため、一般農業従業者に向けた導入には課題が残る。

高価な計測機器を用いずに水ストレスの程度を推定する手法として画像処理法を用いた研究がある。若森らの研究 [1] では、植物外観の変化であるしおれの特徴量を Optical Flow を用いて抽出し、CNN で学習させることで植物の水ストレスを推定する手法が提案されている。一方、推定された水ストレスの程度をもと

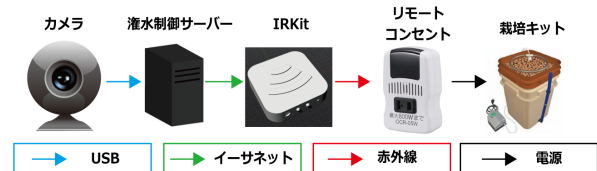


図 1: 灌水制御システムの構成

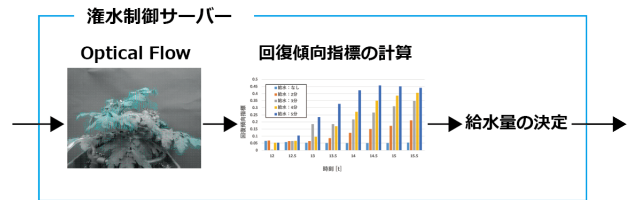


図 2: 灌水制御処理のフロー

にした自動灌水制御法は確立されていない。

3 給水による植物の回復反応の確認

提案システムは図 1 に示すように画像データを灌水制御サーバーで処理し、灌水制御サーバーからの出力を基に無線通信によって灌水制御を行う。また、詳しい灌水制御サーバーの制御処理を図 2 に示す。

本研究の灌水制御は Optical Flow を用いて測定した葉のしおれを基に行う。複雑背景下でも高精度に葉のしおれの変化を検出できることが確認されており [3]、画像処理法による安価な手法であることから実際の栽培環境への導入を考慮できるため、葉のしおれを基にした灌水制御は有効であると考えられる。また、葉のしおれを基に灌水制御を行うためには給水による植物の回復反応が Optical Flow を用いて確認できるかを明らかにする必要がある。

Optical Flow を用いて給水による植物の回復反応を明らかにするため、以下の回復傾向指標を導入する。時刻 t 、時刻 $t + \Delta$ においてそれぞれ撮影した画像に対して、Optical Flow を用いて抽出した変位ベクトルの

Irrigation Control Method for Automation of Water Stress Cultivation

[†]Syuto Namba, Junpei Tsuji and Masato Noto

[†]Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

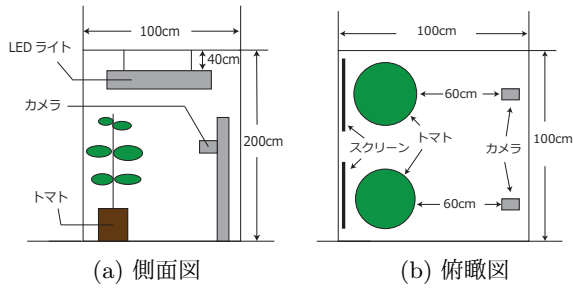


図 3: 栽培用ハウスの概要

集合を $V_{t,t+\Delta}$ と定義する。このとき

$$r_{t,t+\Delta} = \frac{\#\{v \in V_{t,t+\Delta} \mid 0 \leq \arg v < \pi\}}{\#V_{t,t+\Delta}}$$

を回復傾向指標として定義する。Optical Flow により抽出した変位ベクトルの全体集合は予備実験よりベクトルの大きさが3以下のものは葉のしおれとは関係のない動きである可能性が高い。本研究ではあらかじめ上記の条件の変位ベクトルは取り除く前処理を行った上で回復傾向指標を計算した。

生育データはミニトマトを水ストレス栽培の対象として採取した。栽培環境は植物育成用 LED ライトと植物栽培用ハウスキット（縦：100cm×横：100cm×高さ：200cm）を用いて行った（図3）。栽培用ハウスキット内での栽培は太陽光の代わりに植物育成用 LED ライトを使用したことで、Optical Flow は LED によるノイズ影響を受けることが実際の栽培から確認された。そのため、ノイズ被害を軽減することを目的とし、対象物の背後に黒のスクリーンを設置した。

4 実験および評価

水ストレス栽培に用いる自動灌水制御システムは水ストレスの程度の推定を基にその状態における最適な水分量を給水することが必要である。給水における影響が回復傾向指標から確認できれば、灌水制御に回復傾向指標を用いることができる。本研究では給水による影響が Optical Flow を用いて確認できるかを明らかにするために回復傾向指標 $r_{t,t+\Delta}$ を求めて評価した。実験では LED ライトの照射時間である 8 時から 24 時に 640×480 サイズの画像を撮影間隔 $\Delta = 0.5$ [時間] として撮影し、Optical Flow による処理を行った。予備実験より植物の葉は 1 日の中で 12 時をピークとしてしおれ具合が強くなることを確認している。そのため、灌水を行わない日と 12 時に 1 度給水を行う日の 2 種類の条件を設け、さらに給水を行った条件では給水時間を 4 通り設定して回復傾向指標のグラフを求めた。

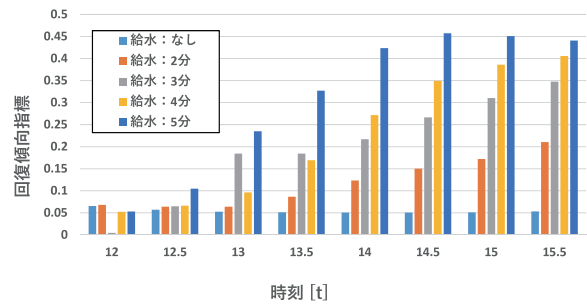


図 4: 12 時から 16 時までの回復傾向指標の値

5 結果および考察

実験結果を図 4 に示す。図 4 から葉の回復傾向は給水を行わない日と給水を行った日では 12 時を境に回復傾向指標が上昇していることが読み取れる。このことから給水による影響が Optical Flow を用いて確認することができた。以上の結果より回復傾向指標は灌水制御に用いることができると考えられる。

6 おわりに

本研究では自動灌水制御システムの実用化を目指し、給水に対する植物の回復反応が Optical Flow を用いて確認できるかを明らかにするために、指標を導入して、給水に対する反応を確認した。結果として、Optical Flow を用いて計算された回復傾向指標が給水に対する植物の回復反応を反映していることが明らかになった。一方で、推定された水ストレスの程度を基に灌水制御は実現できていない。今後は本研究を基に最適な給水量を決定する方法を明らかにする必要がある。

参考文献

- [1] 若森和昌, 柴田 瞬, 峰野博史: 深層学習を用いた植物の水分ストレス推定手法の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, pp. 199–206 (2017).
- [2] 大石直記: トマトの養液栽培における水分ストレスに応じた給液制御システムの開発 (2) 茎径変化を利用した給液制御, 生物環境調節, Vol. 40, No. 1, pp. 91–98 (2002).
- [3] 柴田 瞬, 峰野博史: Optical Flow を用いた複雑背景画像における草姿の変化検出, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol. 7, No. 2, pp. 97–105 (2017).