

マルチモーダルデータを用いたメロン網目形成過程の分析

島田 拓人[†] 足立 量[†] 小池 誠^{††} 小川 晋[‡] 峰野 博史^{‡‡}静岡大学情報学部[†] 静岡大学大学院自然科学系教育部^{††} 株式会社大和コンピューター i 農業開発部[‡]静岡大学学術院情報学領域/グリーン科学技術研究所^{‡‡}

1 はじめに

農業分野において、品質の良い農作物を栽培するには、熟練農家が培った経験や勘による高度な栽培技術が求められている。本研究では、特に高級果実として栽培される温室メロンを対象とする。温室メロンは、果実の形状や色合い、ネットの模様など外観の品質が重要視されるが、農業従事者の高齢化と就労者の減少にともない、これらの高度な栽培技術の継承が困難となっている。温室メロン栽培を対象に、ICTを用いて熟練農家による高度な栽培を自動化する研究がいくつか進められている。例えば、蒸発散量を用いた灌水制御[1]や育苗時の苗画像を用いた自動灌水[2]がある。しかし、これらの研究では果実肥大期における果実表面に現れる網目の形成過程までは考慮されておらず、熟練農家がメロン表面を見て判断しなければならないという課題がある。

そこで、網目形成過程を制御できる灌水制御を実現するために、農業IoTとして継続してデータ収集を行い、果実画像から網目形成過程を定量化する仕組みを検討する。一般的にメロンは、果実肥大期に果皮が割れることで網目が形成されるが、形成方向が果実肥大期内で変化することが知られている[3]。この生育特性を考慮し、環境条件や生育状態に応じて適切な灌水ができれば網目形成過程を制御できると考える。そこで、果実肥大期のメロン果実画像から網目方向の検出と定量化を行い、時系列データとして分析し、果実肥大期における果実の網目形成過程の定量化を可能とする仕組みを研究開発する。

2 関連研究

2.1 蒸発散量を用いた灌水制御

自動灌水指標として蒸発散量を用いたもの[1]が提案されている。灌水指標には植物体内の水のほとんどが最終的に葉の表面から蒸発する特性が利用されている。24時間前の重量の差分から蒸発散量を算出し、蒸発散量の分だけ灌水制御を行う。関連研究内で生育ステージによって灌水の割合を設定することで収量が担保されたメロンが収穫できるという結果を報告されている。この灌水指標は計算の容易さの面では導入しやすい。一方で、重量を測るための大規模な装置が必要となる点、網目の形成との関連性が分析されていない点に課題が残されている。したがって、高品質なメロン栽培を行うには別の指標を用いた方がよい。

2.2 育苗時の苗画像を用いた自動灌水

育苗時の灌水指標として苗画像を用いたもの[2]が提案されている。論文内では土壌のRGB色座標系におけるR成分の平均輝度値と灌水に相関があること、苗の萎れに

Analysis of melon mesh formation process using multimodal data

Shimada Takuto[†] Adachi Ryo[†] Koike Makoto^{††} Ogawa Susumu[‡] Mineno Hiroshi^{‡‡}[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University^{††}Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University[‡]Daiwa Computer Co., Ltd^{‡‡}College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University

画像内の本葉の面積が減少することをを用いて灌水を自動で灌水を行っている。論文内で手灌水と比較して育苗期から果実肥大期へ移行する期間が短く、少ない回数での灌水が実現と報告されている。しかし、定植後のステージにおいて、育苗と同様に本葉の面積が出せない点と土壌栽培にのみ有効な点、収穫時品質との関連性が不明である点に課題が残っている。そのため、論文内の灌水手法は高品質な温室メロンの栽培に不向きである。

3 提案手法

3.1 データ収集システム

図1に果実画像や環境データ、植物データを収集するためのシステムを示す。開発システムは温室ハウス内で安定して動作させるため温室トマト栽培のデータ収集で用いられたシステムを利用した[5]。環境、果実データ収集のため、散乱光、温湿度モジュール、カメラモジュールがついたRaspberry Pi Zeroを開発した。茎径、果実径分析用にセンサをデータロガーに接続しデータの収集を行った。以上全てのデータをRaspberry Pi3に集約させ1区間のシステムとした。

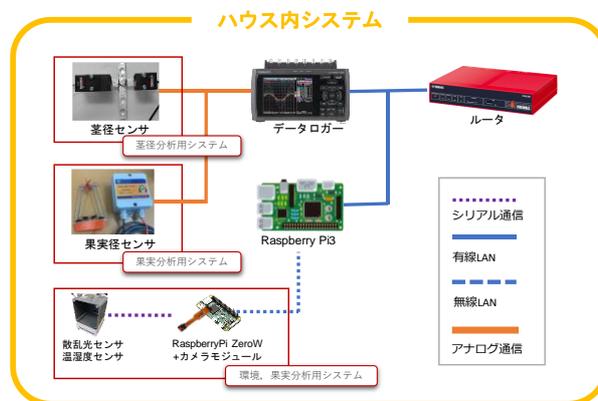


図1 データ収集システム図

3.2 温室メロンにおける果実肥大期網目形成

温室メロンでは交配後約20日間果実の肥大が行われる。表1に示すように果実の肥大に合わせて網目が形成されるが形成される方向が期間によって異なる。網目形成期間ごと求められる灌水量が異なるため、各期間の網目を定量化することは重要である。

本研究では灌水量を変化させる必要のある縦方向、横方向の網目形成を検出する手法を検討する。

表1 果実肥大期の網目形成

交配後日数	網目形成方向	灌水量
13 ~ 15日	リング状	通常
15 ~ 18日	縦	減量
20 ~ 25日	横	増量

3.3 網目形成期間推定手法

図2に網目形成期間を推定する手法の概要を示す. 3.1にて取得した画像を用いて数値を算出する. ①では網目の中央検出を行う. 検出サイズはメロンの玉に対して80%のサイズの正方形とし, 手動で検出する. ②では網目のマスク画像を手動で生成する. ③では網目を線として検出するためOpenCVのライブラリを用いて細線化を行う. ④ではどちらの方向に網目が形成されたかを把握するためFLD(Fast Line Detector)を用いて線分の検出を行う. 検出された線分に対し角度と長さを算出して水平を基準として45度を境に縦方向・横方向に分割し長さを算出する. 最後に④で得たデータを元に網目形成までの期間, 縦方向が優位な期間, 横方向が優位な期間を決定する.

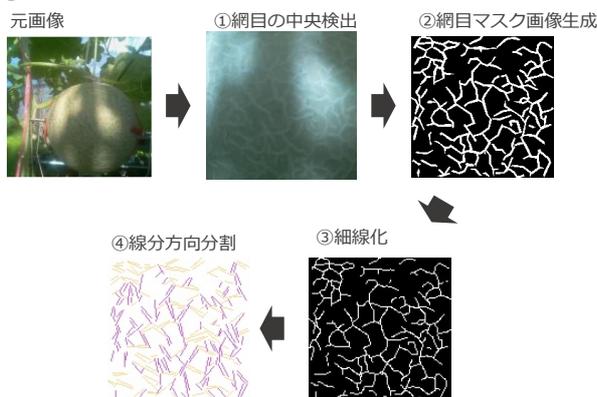


図2 網目形成期間を推定する手法

4 提案手法評価

4.1 データセット

ロックウール培地で養液栽培[6]で栽培された温室メロンを対象に 3.1 のシステムを設置しデータの収集を行った. 表2にデータセットの詳細を示す.

データセット1は網目が細かく果実サイズの大きい等級の高い温室メロンで, データセット2は1に比べて網目が粗く果実サイズの小さい温室メロンである. 環境分析データは6:00~18:00までを日中, 18:00~6:00を夜間としてグルーピングし平均を算出する. 温室メロンは日中, 夜間でそれぞれ異なる環境制御が必要だと考えられているからである.

表2 データセットの詳細

網目形成期間推定用データ	果実画像	
環境分析用データ	温度[°C], 湿度[%], 照度, VPD[hPa]	
データ収集間隔	1分	
データ収集期間	データセット1	2022/09/09 ~ 2022/10/24
	データセット2	2022/11/08 ~ 2022/12/31
データ収集個数	データセット1	3個
	データセット2	2個

4.2 網目形成期間推定

図3に網目形成を縦方向, 横方向に分割して定量化した結果を示す. 横方向の網目が縦方向を上回った日を境にして各期間を推定した. データセット1は2と比べて縦方向形成期間に差があることが分かる. 縦方向の網目形成の開始日に関して, データセット1が交配後12日, データセット2が交配後18日となっており大きな差が確認できた. 検出された網目の最大値もデータセット1が約2000px, データセット2が約1600pxと差があることから縦方向の網目の形成が早いほど良い網目である可能性も考える.



図3 網目形成方向推定結果

4.3 各期間状態分析

図4に各網目形成期間における環境値の箱ひげ図を示す. 照度の高さは果実の肥大に影響しているといわれているが, 網目形成にはどの期間においても明確な差が見られなかった. 飽差がデータセット1において網目形成前のみ高くなっている. この結果は縦方向の網目形成量を増やすためには飽差を高くして蒸散を促進することが有効であることを示している. 4.2で縦方向の網目形成期間の重要性が示されているため, 分析の結果から網目形成前の飽差が, 網目の細かさに影響する要因の一つであるといえる.

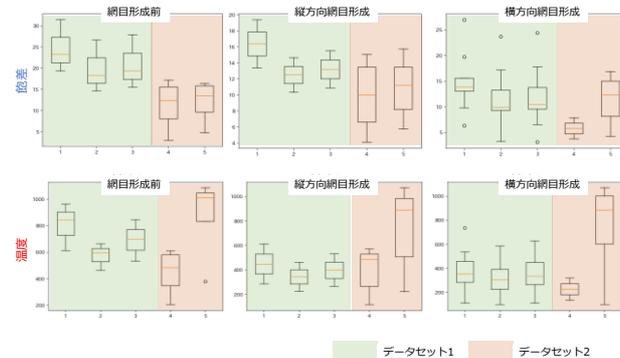


図4 各網目形成期間における環境値

5 おわりに

栽培中のメロン画像から網目方向を検出することで, 果実肥大期に網目形成期間の推定や網目の細かさの要因の推測を行った. 今後の課題として, 網目形成期間推定手法における網目の検出精度の改良と, 新しいデータにおける収穫時品質との関係性分析, 分析結果と茎径センサー, 果実径センサーを用いて網目形成過程を考慮した灌水手法の提案が挙げられる.

参考文献

- [1] Ruidan, R., Tao, L., Lele, M., et al.: Irrigation based on daily weighted evapotranspiration affects yield and quality of oriental melon. *Scientia Horticulturae*, Vol.275 (2020)
- [2] 佐藤裕也, 中野和弘, 大橋慎太郎ほか: ネットメロン育苗時の自動灌水個体管理装置の開発研究, *新大農研報*, Vol.61, No.1, pp.105-110 (2008)
- [3] 農山漁村文化協会: 野菜園芸大百科 第2版 4メロン, pp.344-345, (2004)
- [4] Jin, H.L., Sehyung, L., Guoxuan, Z., Jongwoo, L., et al.: Outdoor Place Recognition in Urban Environments using Straight Lines, *ICRA*, (2014)
- [5] Ibayashi, H., Kaneda, Y., Imahara, J., et al.: A reliable Wireless Control System for Tomato Hydroponics, *Sensors*, Vol.16, No.5, pp.644 (2016)
- [6] サンメロウ株式会社: サンメロウシステム養液栽培-, サンメロウ株式会社 (オンライン), 入手先 < <http://www.sun-mellow.jp/wp/archives/category/about01> > (参照2022-11-14)