

水耕栽培レタスの生長観察のための葉面展開ベクトル抽出手法

坂根 靖法¹, 岡本 拓巳¹, 小出 哲士¹, 小川 敦史², 小峰 正史², 曾根 千晴², 豊福 恭子², 鎌田 貴浩², 木村 健², 石川 陽子², 金田 吉弘², 矢治 幸夫², 石井 義一², 笠間 敏博³, W.-P. Bula³, 遠藤 喜重³, 三宅 亮³

1. はじめに

農業先進国として知られるオランダでは、九州と同程度の土地面積で日本の年間の農業生産額に匹敵する約7.5兆円(2008年)の輸出額を達成している。その理由は比較的安価な施設の下、科学的データに基づいた作物へのストレス抑制など、成長力を最大限に引き出すための管理手法(光強度や気温、湿度、CO₂濃度、施肥量)を見出し、それらと自動制御(窓やブラインドの調整、施肥等)と組み合わせた結果とされる。作物は生育の過程で養分吸収量が変化するほか、そのパターンは作物種により異なり単純ではない。そのため作物種毎に育成に伴う養分吸収パターンを想定し、一定の時間間隔で過不足なく施肥量を調整することが行われる。

オランダは平坦かつ区画管理された土地環境にあり、気候などの均質性が高く、これらの施肥パターン等のデータの汎用利用が可能であるが、国土が南北に長く変化に富んだ気候や、耕作地が分散している日本では、オランダ型の農業をそのまま展開することは難しい。したがって日本においては地域毎・個別にきめ細かく作物の生育状況を観測し、個別データに基づいて作物近傍の環境や施肥を制御することが求められる。

我々の研究グループでは、フィールドに常時設置して作物境界近傍の動態を高精度に観測する頑健な計器類と、それら境界動態と作物循環系モデルを同化させることで形質変化を推定する技術開発を行っている。

2. 研究目的

本研究では、形質変化を推定する技術開発のために、レタスの水耕栽培を対象として、非破壊でカメラを用いて撮影した画像を元に、画像解析により葉や根の成長を分析する方法に関する研究を行う。その足がかりとしてまず、レタスの水耕栽培のモニタリング動画からオプティカルフロー[1]とパーティクルフィルタ[2]を用いてフレーム間の作物の生長の速度と方向を表す葉面展開ベクトルを算出し、成長を分析する手法を提案する。

3. 葉と根の生長のモニタリング環境の構築

レタスの水耕栽培の葉と根の画像による同時リアルタイムモニタリングを行うために、図2のモニタリングシステムを開発した。開発したシステムでは、葉の育成を上1台と横2台のカメラにより、リアルタイムでの動画と静止画が撮影することができる。また、サーモグラフィカメラを1台設置することにより、葉温の分布もリアルタイムで取



図1 研究目的の概要図

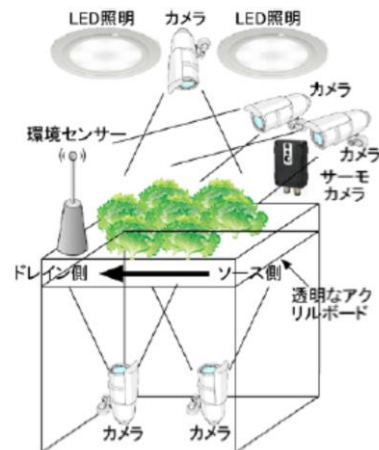


図2 葉と根のモニタリング環境

得することができる。さらに、透明なアクリルベットの作成し、その上にレタスを定植することにより、従来では観測ができなかった根の生長を下部に設置したLEDを定期的に光らせることにより、下部のカメラで撮影することが可能である。

4. 葉面展開ベクトルの取り方

レタスのモニタリング映像からオプティカルフローを取り、パーティクルフィルタと統合することで葉の動きを解析し、レタスの成長の分析の足掛かりとする。

¹広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所

²秋田県立大学生物資源科学部、フィールド教育研究センター

³東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻

4.1. オプティカルフローとパーティクルフィルタの統合

葉面展開ベクトルの表示手法の手順は、画像中にある観測点 P を置くとする。まず、パーティクルをすべて点 P におき、システムモデルを用いて遷移させる (図 3(a))。遷移後のパーティクルの尤度をオプティカルフローと観測モデルを用いて推定する (図 3(b))。パーティクルの尤度は点 P に人がいた場合、次のフレームにおいてその人がパーティクルの位置に移動する確率と言える。尤度推定の後、リサンプリングを行う (図 3(c))。

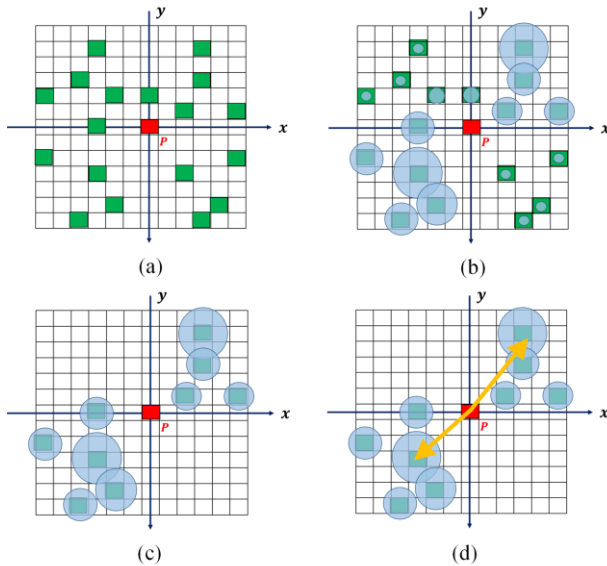


図3 可視化の手順. (a) パーティクルの予例. (b) パーティクルの尤度推定 (尤度の大きさを表現). (c) リサンプリング例. (d) 矢印の表示

4.2. 矢印の色の設定

葉面展開ベクトルの見やすさ向上のため矢印の角度によって矢印に色をつけるようにした。具体的には HSV 色空間の色彩を角度によって変えることで矢印に色付けを行う。このことにより、より直感的な可視化手法になった。

角度による色変化を図4に示す。

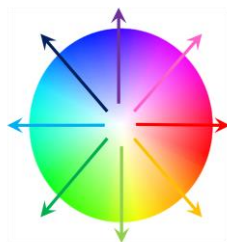


図4 葉面展開ベクトルの向きによる色の表示手法

4.2. 葉面展開ベクトル抽出結果

以上の手法を実際にモニタリング画像に適用した結果が図5である。これを見ると多少のノイズが確認できるもの

レタスの成長による葉の広がり表現できていることが分かる。また、図5は観測点におけるピクセルの色が緑の場合のフローのみを抽出した結果である。これによりノイズを除去することが可能となりより正確な分析が可能となる。

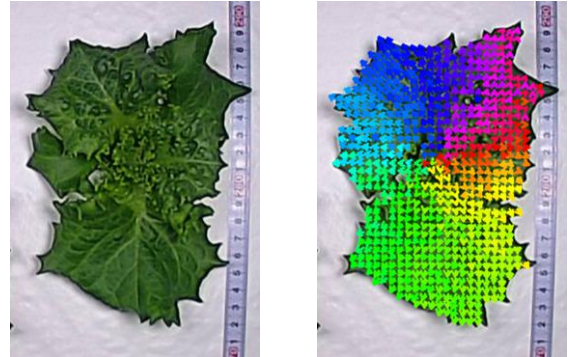


図5 葉面展開ベクトル抽出結果

5. 葉面展開ベクトルの活用

レタスの時系列画像データと提案手法により求めた葉面展開ベクトルよりレタスの葉面積と相関がとれるデータを算出できる。

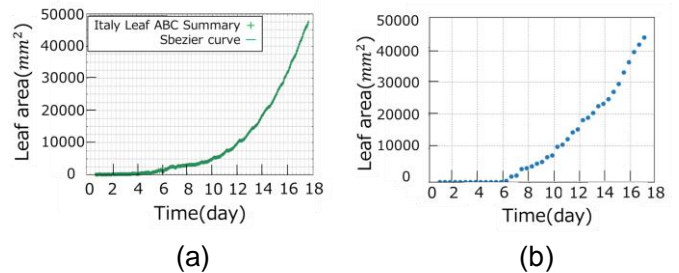


図6 レタスの葉面積算出結果. (a) 射影葉面積. (b) 用面展開ベクトルより算出した葉面積.

6. おわりに

本稿では、オプティカルフローとパーティクルフィルタを統合した手法をレタスのモニタリング映像に適用することで葉の広がり表現した葉面展開ベクトルの抽出手法を提案した。また、葉面展開ベクトルを用いることでレタスの葉面積を求める手法を提案した。

謝辞

本研究は、JST、CREST、JPMJCR1504 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Beauchemin, S.S, Barron, J.L, "The computation of optical flow." ACM Computing Surveys, Vol.27, No.3 (1995).
- [2] Genshiro Kitagawa, "Monte carlo lter and smoother for non-gaussian nonlinear state space models." Journal of Computational and Graphical Statistics, Vol.5, No.1 (1996).
- [3] T. Kasama, W. P. Bula, Y. Endo, T. Koide, T. Okamoto, A-T. Hoang, M. Komine, A. Ogawa, C. Sone and R. Miyake, "Development of novel hydroponic culture system for real-time monitoring of root and leaf lettuces", Proc. of 7th int. multidisciplinary conf. of optfluidics 2017, Singapore, July 25-28, 2017.