

植物の着果周期特性を考慮した機械学習による収量予測手法

藤浪一輝[†] 中西豪太^{††} 峰野博史[†]

静岡大学情報学部[†] 静岡大学大学院総合科学技術研究科^{††}

1. はじめに

近年, IoT の利活用が進むとともに, 農産物の収量予測の研究が注目されている. 収量予測は, 温度や湿度等の環境情報や, 植物の特定部位の測定値といった成長に関係性のある経時データを利用した手法が多く, 様々な植物を対象に行われている. しかし, ピーマンやキュウリ等の 1 シーズン中に複数回収穫可能な植物が持つ着果周期特性[1]による収量変動の考慮ができていない. 着果周期特性は, 着果による負荷が株全体の成長速度を低下させることにより生じる特性であるため, 環境情報から着果周期を捉えることは困難である.

本研究では, 環境情報に基づいた収量予測手法に加えて, 収量変動が着果周期の傾向を表すことに着目し, 着果周期特性を考慮した機械学習による収量予測手法を提案する.

2. 関連研究

収量予測の研究は様々な農産物を対象に行われており, 対象植物で検討方法が異なる. サトウキビ[2]やトウモロコシ[3]などの 1 シーズンに収穫が 1 回の農産物では, 植物の茎の数や太さ, 栽培経過日数などが収量と相関が高いことから, 線形回帰で予測できることが多い. 一方, トマト[4]などの 1 シーズンに収穫を複数回行う農産物では, 各収穫に対して, 時系列特性を考慮した環境情報に基づく特徴量(以降, 環境特徴量)を算出し予測している. このように収量予測では, 時系列情報の変化や集積した結果が現在の植物を形成するという考えに基づいた手法が多く用いられる. しかし, 着果周期特性を持つ植物は成長が様でなく, 着果負担に依存して収量が大きく変動する. 特に, 着果周期特性が著しいピーマンでは, 着果負担の有無によって開花数に 8.7 倍の差が生じたという報告もある[5]. ピーマンは開花部分に着果するため, 開花数が収量に大きく影響する. つまり, ピーマンのような農産物では, 収量に影響を及ぼす着果周期特性の考慮が重要となる.

3. 提案手法

着果周期特性を考慮した収量予測手法として, 環境特徴量に基づく従来手法を踏襲した上で, 収量トレンド除去と特徴量算出を行う手法を提案する. 図

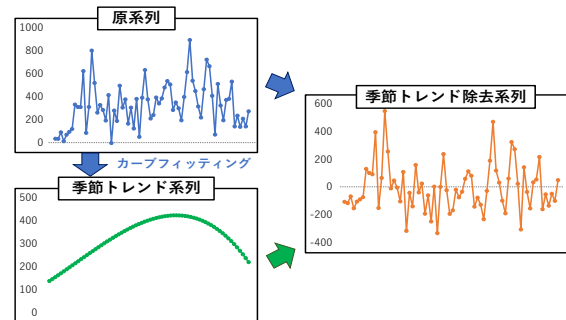


図1 収量トレンド除去の概要

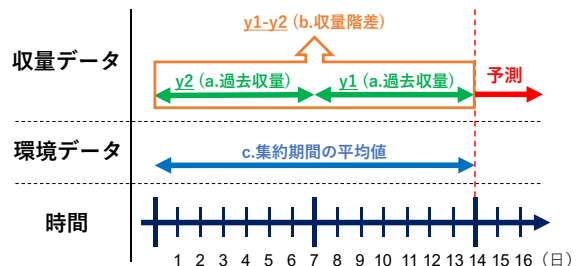


図2 特徴量算出方法

1に収量トレンド除去の概要を示す.

収量トレンド除去では, 栽培の 1 シーズンにおける収量データのトレンド除去を行う. 農学者の知見から, 着果周期特性を持つ農産物の収量は, 収穫開始期から後期にかけて増加し, 後期から終期にかけて減少する逆 U 字曲線の傾向があるため, 2 次多項式のカーブフィッティングによって算出した原系列の近似曲線を季節トレンド系列とし, 原系列から季節トレンド系列を引いた系列(図 1. 季節トレンド除去系列)を収量データとして扱うこととする. 機械学習モデルは, トレンド除去した収量を予測するため, 予測結果に季節トレンド系列を加算して正しい収量予測結果を導出する.

特徴量算出では, 図 2 に示すように環境特徴量に加えて着果周期特性を考慮した特徴量を検討する. 着果周期による影響は収量に顕著に表れることから, 収量に基づく特徴量(以降, 収量特徴量)を用いることで考慮可能と考える. そこで, 直近の過去収量(図 2.a)と, 収量の変化量を表す収量階差値(図 2.b)を収量特徴量として追加する. また, 環境特徴量の算出方法として, 欠損値の補間が容易かつ, 集約期間が一致する場合は積算値と同じ情報を持つといった理由から, 集約期間の平均値(図 2.c)を採用することとした.

Machine learning-based crop yield estimation method considering bearing habit

Kazuki Fujinami[†], Gota Nakanishi^{††}, Hiroshi Mineno[†]

[†] Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{††} Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

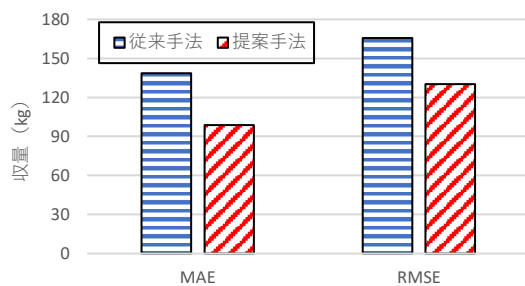


図3 予測誤差の比較

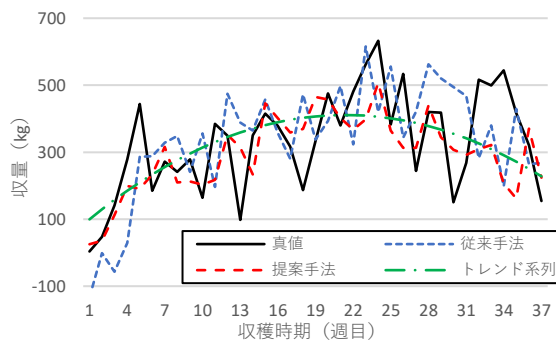


図4 1シーズンにおける週毎の予測結果

4. 評価

4.1. 検証内容

着果周期特性を持つ植物としてピーマンを対象とし、2015年10月から2018年6月における3シーズン分の促成栽培ピーマンの栽培データを使用した。1シーズンは10月から6月の期間を指し、いずれも同一品種、同一生産者のデータである。環境データとして、温度(°C)、湿度(%)、飽差(g/m³)、CO₂濃度(ppm)、照度(lx)を15分周期で収集し、日平均に集約した値を使用した。収量データは、収穫が生産者の主観によって不定期に実施されたため1週間分の合計値を使用した。

目的変数は、シーズン内の各1週間分の収量とした。説明変数は、図2で示すように予測対象とする週に合わせてデータの使用範囲を変えて使用した。また、ピーマンの開花から着果までの一般的な期間である2週間を環境特徴量算出時の集約期間とし、着果周期はそれより長い周期であると考え、収量特徴量では過去8週間を使用範囲とした。学習器には、非線形回帰モデルで実績のあるXGBoost[6]を使用し、2シーズン分を訓練データ、1シーズン分をテストデータとして学習を行った。評価用の誤差指標として、平均絶対誤差(MAE)と平均二乗誤差(RMSE)を用いて、環境特徴量のみを用いた従来手法と提案手法のそれぞれで収量予測を行い性能評価した。

4.2. 結果・考察

図3に従来手法と提案手法における予測誤差を示す。MAE, RMSEにおいて、従来手法ではそれぞれ138.57kg, 165.77kgであり、提案手法では98.83kg, 130.18kgであった。提案手法ではどちらの誤差指標を用いた場合も、約20%の誤差を低減できている。

また、図4に収量予測結果を時系列上に表したグラフを示す。図4から提案手法は従来手法よりも収量変動に追従できており、着果周期の表現ができておりと定性的に確認できる。

以上の結果から、着果周期特性を持つピーマンに対して、提案手法が従来手法より有効であることを確認した。しかし、提案手法の決定係数は0.25程度であり実用には及ばない。図4に示すように、提案手法の予測値が真値よりもトレンド系列に回帰しており、ピークの予測が十分でないことが分かる。これは、実際の栽培データを使用したため、休日や天候といった生産者都合の影響を受けやすく、植物生理以外の外的要因の考慮が不十分であったことが原因であると考えられる。また、データが3シーズン分と少なく、それぞれで最大値、最小値、分散の値が異なることから、学習が不十分かつ外挿に弱いモデルができた可能性も高い。ピーマンの収量は、摘花処理[7]や株間隔[8]といった栽培方法に影響を受けることも報告されており、提案手法でも考慮するよう改良すれば性能向上が期待できると考える。

5. おわりに

本研究では、植物の着果周期特性を考慮した農産物の収量予測手法の検討を行った。提案手法を用いることで、従来手法に比べて高精度な収量予測モデルを得られたが、多くの改良点も懸念された。今後、データセットの拡充だけでなく、データ収集環境の統一や、栽培方法の記録を用いた植物以外の要因考慮、画像を併用するマルチモーダル学習などを検討することで精度向上を目指す。

謝辞 本研究を進めるにあたり、テラスマイル株式会社からデータ提供に加え農学知見の支援を得た。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 加藤徹, 田中守敏: ピーマンの結実・肥大に関する研究(第1報) 着果習性について, 園芸学会雑誌, Vol.40, No.4, pp.359-366 (1971).
- [2] 大内田真, 長谷健, 上野敬一郎: 種子島におけるサトウキビ「NiF8」の生育に及ぼす気象の影響と収量予測, 日本作物学会吸収支部会報, No.81, pp.39-42 (2015).
- [3] 吉尾卓宏, 津田公男: 飼料用トウモロコシの収量予測試験, 茨城県畜産試験場研究報告, No.30, pp.7-11 (2000).
- [4] 久枝和昇, 二科弘重: 大規模トマト生産温室における生産性向上に関する研究—積算日射量に基づいたトマトの出荷量予測—, Vol.19, No.1, pp.11-18 (2007).
- [5] 福元康文, 西村安代, 島崎一彦: ピーマンの着果と着果周期に及ぼす着果負担の影響, 園芸学会雑誌, Vol.73, No.2, pp.171-177 (2004).
- [6] Chen, T. and Guestrin, C.: XGBoost: A Scalable Tree Boosting System, ACM SIGKDD, pp.785-794 (2016).
- [7] 齋藤謙二, 阿部清: ハウス雨よけ栽培におけるカラーピーマンに対する摘花処理効果, 東北農業試験研究会, No.54, pp.217-218 (2001).
- [8] Monirul, M. I., Saha, R. S., Akand, H., Md, et al.: Effect of spacing on the growth and yield of sweet pepper, Journal of Central European Agriculture, Vol.12, pp.328-335 (online), DOI: /10.5513/JCEA01/12.2.917 (2011).