

部分予測の拡張に基づくトマト農園全体の収量予測手法の検討

田畑 良樹[†] 渡邊 真也[†] 堀江 達郎[‡] 小林 洋介[†] 佐藤 和彦[†] 岸上 順一[†]
 室蘭工業大学[†] エア・ウォーター[‡]

1 はじめに

我が国における食糧の安定供給のために、温室等を用いた施設園芸は重要である。その中でも植物工場と呼ばれる大規模温室では、日射量や温湿度、二酸化炭素濃度などの植物の生育環境情報データの計測収集と制御を行い、季節や天候に左右されない作物生産に利用している [1]。一方で、収集したデータから作成する植物生長モデルはこのような栽培環境制御や収量予測に大きく貢献されることが期待されるが、特に果菜類は生育ステージが複数あることから、高度なモデルは未だ完成していない [2]。

そこで本研究では、大規模施設におけるトマト栽培をケーススタディとし、近年発展著しい IoT を用いた気温等の外的環境データを多数収集すると共に、栽培管理者によって収集された限られた量の詳細な作物栽培記録に基づく植物情報を、栽培エリア全体に拡張する植物生長モデル作成法を提案する。そして、農園全体のトマト収量予測を行い、その予測性能評価を行ったので報告する。

2 収集データ

北海道内の施設トマト栽培農園に設置した、気温や日射量等を計測する環境センサから収集した 2019 年 4 月 1 日 (14 週目) から、9 月 22 日 (38 週目) までの環境データを用いた。なお、週番号は ISO 8601 規格に従った。また、データ収集を行った農園では図 1 に示すように、一部の限られたトマト木に対して果実状態等を詳細に調査した生育調査データが記録されている。表 1 に、収集した環境データ及び生育調査データの種類と計測間隔を示す。

表 1 収集データの種類と計測間隔

属性	データ種目	計測間隔
環境	気温	5 分
	日射量	5 分
生育調査	収穫週	1 週間

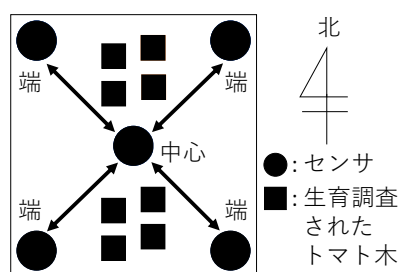


図 1 センサと生育調査されたトマト木の配置図

3 提案する収量予測手法

本研究では、限られた生育調査データを最大限活用し、農園全体の収量を予測するための手法を提案する。データ収集を行った農園には、複数個の外的環境を計測するセンサを設置しており、気温や日射量といった外的環境データの分布については収集することができる。そこで、限られた生育調査データを農園全体の収量予測に活用するため、図 1 に示した農園端の環境データの確率分布 $p(x)$ と中心の環境データの確率分布 $q(x)$ の差を利用し、エリアの違いによる環境データの確率分布の変化度合いを求めた。また、2 つの確率分布の差を表す指標として、JSD (Jensen-Shannon divergence)[3] を用いた。JSD を $D_{JS}(p, q)$ としてその定義を式 (1) に示す。

$$D_{JS}(p, q) = \frac{1}{2}(D_{KL}(p, M) + D_{KL}(q, M)) \quad (1)$$

ただし、 $M(x)$ は

$$M(x) = \frac{p(x) + q(x)}{2} \quad (2)$$

A yield prediction approach based on extending a fine partially prediction

Yoshiki Tabata[†], Shinya Watanabe[†],
 Tatsuro Horie[‡], Yosuke Kobayashi[†],
 Kazuhiko Sato[†], Jay Kishigami[†]

[†] Muroran Institute of Technology

[‡] AIR WATER INC.

と定義される．ここで， $D_{KL}(p, q)$ は式 (3) の KLD (Kullback-Leibler divergence) を意味する．

$$D_{KL}(p, q) = \sum p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} \quad (3)$$

4 実験

JSD を用いた農園内の環境データの確率分布の差を基に，生育調査されたトマト木の収穫果実数を農園全体の収量へ拡張した．

4.1 評価指標

本手法による収量予測の精度評価指標には，式 (4) に示す MAPE (Mean Absolute Percentage Error) を用いた． n はデータ数， A_i は実収量， F_i は予測収量を示している．

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \quad (4)$$

4.2 実験方法

図 2 に実験手順のフローチャートを示す．2019 年の 14 週から 38 週のデータのうち，14 週から 26 週的环境データを学習に利用し，その期間の JSD の平均値を基準の JSD とした．また，27 週以降のデータを評価に利用し，基準値との比較を行った．JSD を算出する際に利用した環境データは，トマトの生育に大きく影響する気温と日射量 [4] である．各環境データごとに確率分布が存在するため，気温と日射量それぞれで JSD を算出し，予測を行った．

また，JSD による予測値はトマト木 1 本あたりの収穫果実数であるため，単位は個である．しかし，本研究の予測対象は農園全体の収量であり，単位は kg である．そこで，収穫果実数を収量に換算するために式 (5) を用いた．

$$\begin{aligned} \text{予測収量} &= \text{生育調査木 1 本あたりの果実数} \\ &\quad \times \text{果実 1 個あたりの重量} \\ &\quad \times \text{農園全体の木の本数} \end{aligned} \quad (5)$$

4.3 収量予測結果と考察

表 2 に，生育調査されたトマト木の収量果実数を直接式 (5) に代入して収量に換算したもの (naive) と，気温または日射量による JSD を利用した収量予測の精度結果を示す．

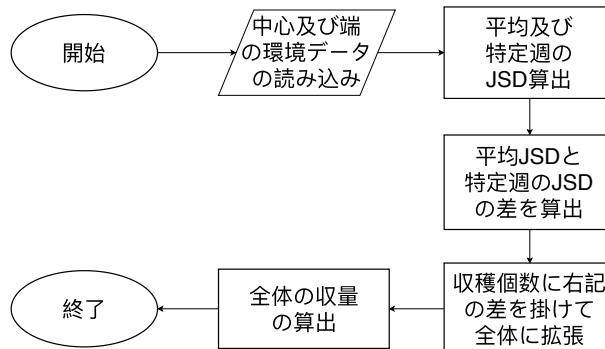


図 2 実験手順のフローチャート

表 2 実験結果

手法	naive	気温	日射量
MAPE (%)	12.85	12.84	11.91

気温の JSD を考慮した予測収量と naive の MAPE の差は，0.01% で僅かに naive よりも精度が高い．対して，日射量の JSD を考慮した予測収量と naive の MAPE の差は，naive よりも 0.94% 高い．これは，27 週目以降の日射量の JSD が基準の JSD より高く，農園内の端と中心での日射量の変化が大きいと考えられる．そのため，日射量の JSD を考慮した予測の方が精度が高くなったと考えられる．ただし，本実験で使用したデータは約半年分のデータであり，季節変動による外的環境の変化が考慮されていない．特に，夏は気温や日射量の上昇によりトマトの成長が著しいため，当該期間のデータをより詳細に収集して本手法の妥当性の検証を試みる．

5 まとめ

本研究では，JSD を用いたエリアごとの環境データの差を利用し，限られた生育調査データから全体の収量の予測を行う手法の検討を行った．そして，日射量の JSD による予測精度が 11.91% と最も精度が高かった．今後は，二酸化炭素濃度や飽差など他の外的環境データにおいても本手法を試し，有効性を検討する．

参考文献

- [1] 東出，園学研，Vol.17, No.2, pp.133-146, 2018
- [2] 竹内他，情報処理学会全国大会，pp.419-420, 2017
- [3] Jop Briët et al., American Physical Society, Vol.79, No.5, 2009
- [4] 久富他，園芸学会，Vol.46, No.4, pp.487-494, 1978