

# 植物工場での果菜類の初収穫日予測モデルの開発

吉田 研祐<sup>†</sup> 大場 みち子<sup>†</sup> 高森 満<sup>‡</sup>  
 公立はこだて未来大学 システム情報科学部<sup>†</sup>  
 株式会社アプレ<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

日本の食料自給率は約 40%と極めて低い[1]. この食料問題に対し, 植物工場での作物栽培[2]やスマートアグリ[3]が注目されている. 植物工場は, 環境を自動制御して年中安定に作物栽培できる施設である. スマートアグリは, ICT を活用して農作業の効率化を目指す取り組みである. そのうちの 1 つに初収穫日予測がある. 初収穫日予測ができることで, 出荷・生産計画が立てやすくなる. 予測対象となる作物の種類は数多くあるが, 葉菜類と果菜類に大別できる. 果菜類は葉菜類より成長段階が多く, 初収穫日の予測が難しい. 代表的な初収穫日の予測方法にノンパラメトリック DVR 法があり, 作物の日ごとの成長率に着目して初収穫日を予測する手法で, 高精度に予測できる[4][5]. しかし, 従来研究のほとんどは長期間のデータをもとにしている. 日本では新品种が次々と開発され, 品種にあったモデルを開発する必要がある, 長期間のデータを用いた品種ごとのモデル開発は適切ではない. そこで, 本研究は植物工場での果菜類の短期間のデータを用いて品種ごとの高精度な初収穫日予測モデルの開発を目標とする.

## 2. 研究課題

本研究の課題は, 適切な環境パラメータの選定である. 長期間データをもとにした従来研究の共通点は, パラメータを気温と日長時間に絞っていることである. 1920 年にこのパラメータが生育に主に影響を及ぼすと言われ[6], 多くの研究でこのパラメータに着目して予測するようになった. しかし, その後の研究より, 湿度や CO<sub>2</sub> 濃度などが生育に影響を与える重要なパラメータであるとわかった. そこで, 報告書等は環境パラメータを気温や日長時間のみに限定せず, 湿度や CO<sub>2</sub> 濃度も考慮することで, 作物の生育現象をさらに多角的にかつ委細に捉えることができる考えた. 一般的に, パラメータを増や

すと偶発的に外れ値をとった場合に予測精度が落ちる可能性があるが, 植物工場では環境が安定しており, 外れ値を取りにくい.

## 3. 課題解決アプローチ

パラメータの選定には, AIC(赤池情報量基準)を用いる. AIC は, パラメータとモデルの適合度を評価する指標であり, AIC が小さいほど適切と言われている. 選定したパラメータとノンパラメトリック回帰の一般加法モデルを用いて予測モデルを開発する. 予測モデルの精度は, 予測値と実測値の差の RMSE(平均二乗誤差)と実測値の標準誤差を算出して評価する. RMSE が各品種の実測値の標準誤差よりも小さい場合, 実用的な予測モデルであると従来研究は判断していたため[4], 本研究も同様の評価方法を採用する.

## 4. パラメータの選定

本研究のパラメータ候補を気温・湿度・CO<sub>2</sub> 濃度の 3 種類とした. 検証の場である植物工場 A は日光を遮り, 閉鎖的な空間である. 日光の代わりに白色・淡紅色の人工光を作物に照射しているが, 照射時間を 4 時~19 時までの 15 時間と定めている. 1 年を通して変化がない環境データをモデルに取り入れることは不適切であると考えたため, 日長時間をパラメータ候補から外した. パラメータの 7 つの組合せの中で, どれが最適かを検証した. 植物工場 A の 2 号棟の 2016 年秋~2017 年春のミニトマト 3 品種「千果・イエローアイコ(Y アイコ)・アイコ」のデータを対象とした. 検証の結果は表 1~3 にまとめた.

表 1: 千果 AIC

気温	湿度	CO <sub>2</sub> 濃度	AIC
○	○	×	13.3
○	×	×	14.4
○	○	○	14.8
×	○	×	18.3
×	○	○	18.6
×	×	○	19.1
○	×	○	19.1

Development of Harvest Date Prediction Model of Fruit Vegetables for A Plant Factory

<sup>†</sup>Kensuke Yoshida <sup>†</sup>Michiko Oba <sup>‡</sup>Mitsuru Takamori

<sup>†</sup>School of System Information Science, Future University Hakodate

<sup>‡</sup>Apure Inc.

表 2 : Y アイコ AIC

気温	湿度	CO <sub>2</sub> 濃度	AIC
○	○	○	12.9
○	×	×	13.3
○	○	×	13.7
×	○	×	16.1
×	○	○	16.8
○	×	○	17.1
×	×	○	18.3

表 3 : アイコ AIC

気温	湿度	CO <sub>2</sub> 濃度	AIC
○	×	×	16.8
○	○	○	17.1
○	○	×	18.0
×	○	×	19.6
×	○	○	19.9
×	×	○	20.5
○	×	○	21.2

ミニトマト全品種ともパラメータが「気温・湿度・CO<sub>2</sub>濃度」のとき、「気温・湿度」のとき、「気温」のときの AIC が小さく、かつ僅差となった。そのため、初収穫日予測モデルのパラメータを「気温・湿度・CO<sub>2</sub>濃度」、「気温・湿度」、「気温」の3パターンに絞ることにした。

### 5. 実験

4章の提案手法で選別したパラメータを用いて予測モデルを開発し、予測の精度を評価した。予測モデルは一般加法モデルを用いて求めた。気温・湿度の回帰係数を  $t \cdot h$ 、実測値を  $T_i \cdot H_i$  としたとき、式(1.1)で表される。

$$DVI = \sum_{i=1}^N (t * T_i + h * H_i) = 1 \quad (1.1)$$

植物工場 A の 1 号棟の 2016 年秋～2017 年春のデータをモデルに実際に当てはめ、予測値と実測値の差の RMSE を算出した。千果・Y アイコ・アイコの実測値の標準誤差は、順に 4.24, 3.89, 5.00 であった。表 4 に RMSE が最も小さくなった予測モデルの回帰係数と RMSE をまとめた。

表 4 : RMSE が最小となったモデルの回帰係数

品種	気温	湿度	CO <sub>2</sub> 濃度	RMSE
千果	4.20E-03	1.50E-07	1.80E-06	2.38
Y アイコ	3.51E-03	4.30E-05	5.50E-06	1.41
アイコ	4.23E-03			1.91

千果と Y アイコは「気温・湿度・CO<sub>2</sub>濃度」を用いたときに、アイコは「気温」のみを用いたときに RMSE が最も小さくなった。RMSE は順に 2.38, 1.41, 1.91 となり、各品種の実測日の標準誤差より小さく、実用的なモデルであると判断できる。

### 6. 考察

千果, Y アイコ, アイコとも、短期間のデータより高精度な初収穫日の予測モデルを開発することができた。千果と Y アイコは、「多様な環境パラメータに着目することで、作物の生育現象を多角的にかつ委細に捉えることができる」という仮説が成り立つと考えられる。アイコは、気温のみに着目した場合に、最も RMSE が小さくなった。このことから、アイコは気温の影響を受けやすく、気温に着目することで柔軟に生育を捉えることができる品種と考えられる。

### 7. おわりに

本研究では、約半年間のデータを用いてミニトマトの 3 品種の初収穫日予測モデルを開発した。千果・Y アイコは「気温・湿度・CO<sub>2</sub>濃度」に、アイコは「気温」のみに着目することで高精度な予測モデルとなることがわかった。今後は、1 年間のデータを収集し、同様に多様なパラメータから適切な環境パラメータを選定し、品種にあった予測モデルを開発することを次の目標とする。

### 参考文献

- [1] 農林水産省：食料・農業・農村白書，平成 27 年度版，2016.
- [2] 安場健一郎：植物工場における農場生産における ICT の利用，電気学会誌，136(6)，pp360-363，2016.
- [3] 成着政：ICT イノベーションにおけるスマート農業の現状と地域活性化- 日韓におけるスマート農業関連政策の分析を中心に-，地域総合研究，17(Part1)，pp19-41，2016.
- [4] 佐藤守，竹澤邦夫：四倍体無核ブドウ‘あづましずく’の発芽，開花および着色期の予測，長野県野菜花き試験場報告，13(3)，pp193-201，2014.
- [5] 堀江武，中川博視：イネの発育過程のモデル化予測に関する研究第 1 報モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用，日作紀，59(4)，pp687-695，1990
- [6] Garner. W.W. and H.A. Allard. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. J. Agric. Res. 18. pp553-606. 1920.