

# 作業計画をパラメータに組み込んだ相対成長率法による ハウス栽培ミズナの生育予測モデル

菊地 大介<sup>†</sup> 飯塚 新司<sup>†</sup> 齋藤 邦夫<sup>†</sup> 手塚 大<sup>†</sup>

(株)日立東日本ソリューションズ<sup>†</sup>

## 1 はじめに

近年、IT 技術の農業への活用が進んでいる。圃場に設置したセンサー類の収集データや栽培実績などのデータをコンピュータで分析し、得られた知見を農作物の生産活動に活用することで、栽培管理作業の効率化や生産物の品質向上につなげている。

また、農作物の契約栽培を行う農業法人が増加している。契約栽培では契約で定められた期日および数量での出荷を行うため、農作物の計画的な生産が要求される。それを支援するための技術の一つとして、農作物の収穫適正時期や収穫量を推定する生育予測技術が注目されている。

しかし、既存の生育予測手法は気温や日射量だけを入力とするものが多く、散水や遮光などの日々の農作業や、季節による栽培方法の違いが生育へ与える影響が考慮されていない。そのため、既存の手法を農作業の計画調整に役立たせることが難しい。

本稿では、上記の問題を解決するため、日々の農作業や季節ごとの栽培方法の違いの影響を考慮した生育予測手法を提案する。また、ミズナの通年ハウス栽培の実績データを用いて、収穫時期での生育予測精度を求めることで、本手法の実用性を評価する。

## 2 既存の生育予測手法の課題

ここでは、既存の農作物の生育予測手法の、実用上の問題点と課題について述べる。

主に国内で活用されている農作物の生育予測手法として、有効積算気温法[1]やDVR法[2]、相対成長率法[3]がある。例えば、相対成長率法に基づくコマツナの葉面積の生育予測モデル[3]での、翌日比の相対成長率を求める成長関数は、次の式(1)で表される。ここで、 $L_n$ は生育 $n$ 日目の生育度、 $T_{S,n}$ は温度、 $F$ は定数、 $a, b, c, g, k$ は係数である。

$$g(L_n, T_{S,n}) = \frac{a(b - L_n^F)}{1 + ce^{-kT_{S,n}}} - g \quad \dots (1)$$

これらの既存の生育予測手法では、温度や日射量などの気象条件だけを予測モデルのパラメータとしたものが多い。そのため、遮光や換気などの日々の農作業の影響を考慮できない。

また、農作物の栽培では、暖房やべた掛けなどの農作業や、使われる資材が季節や圃場によって異なる。例えば、ミズナやコマツナなどの葉物野菜の栽

培では寒冷期にべた掛けが行われているため、生育に寄与する気温や日射量の影響の仕方が、温暖期に栽培する場合と異なると考えられる。

従来は農業試験場などの人工的な環境での栽培実験を通じて得られたデータを用いて、生育予測モデルの係数を推定している。実際の農作物の栽培では、季節や圃場に応じて栽培方法が変わるため、温度や日射量などのパラメータに対する生育への影響度を表す係数が変化する。したがって、栽培実験で得られた係数をそのまま用いて生育予測を行うと予測精度が低下すると考えられる。

このように、従来の生育予測手法では、日々の農作業や季節ごとの栽培方法の違いによる影響を考慮した、実用的な精度での生育予測手法の構築が課題となっている。

## 3 日々の農作業や季節による栽培方法の違いを考慮した生育予測手法の提案

本稿では、従来の生育予測手法の課題を解決するために、相対成長率法に基づくコマツナの葉面積の生育予測モデル[3]を改良した、以下の式(2)を成長関数とするモデルを提案する。ここで、 $L_n$ は $n$ 日目の生育度、 $\vec{\theta}_n$ は気象条件や作業影響などのパラメータ、 $a, m, f, g, \vec{k}$ は係数である。また、 $\vec{k} \cdot \vec{\theta}_n$ は内積を表す。なお、係数 $m$ は農作物の標準的な最大生育度に相当するものであり、生育度の成長因子を $a \left(1 - \left(\frac{L_n}{m}\right)^f\right)$ と正規化することで、係数の意味を明確化するとともに、係数推定の安定性を高めている。

$$g(L_n, \vec{\theta}_n) = \frac{a \left(1 - \left(\frac{L_n}{m}\right)^f\right)}{1 + e^{-\vec{k} \cdot \vec{\theta}_n}} - g$$

$$\vec{\theta}_n = (T_{A,n}, S_n, W_n, M_n, V_n) \quad \dots (2)$$

本モデルでは、作業パラメータとして散水時間 $W$ 、遮光状態値 $M$ 、換気状態値 $V$ を用いる。これにより、日々の農作業の影響を考慮できるようにした。気象パラメータとしては、気温 $T_A$ と日射量 $S$ を用いる。

また、農作物の栽培方法が季節ごとに変わる場合を考慮して、季節ごとにデータを分けて生育予測モデルの係数推定を行う。これにより、季節ごとに予測モデルの係数を適切に推定し、予測精度を改善できると考える。

Growth Forecast Model for Greenhouse-grown Mizuna, built with Relative Growth Rate Model with Parameters of Works.

<sup>†</sup>Daisuke Kikuchi, Shinji Iizuka, Kunio Saitou, Masaru Tezuka  
Hitachi East Japan Solutions, Ltd.

#### 4 実データによる評価と考察

提案する生育予測手法を用いて、生育予測が実務上必要な精度で行えるかどうかを確かめるため、実データを用いた交差検証を行った。また、栽培方法が季節によって変わる農作物に対して、季節ごとにデータを区分して予測モデルの係数を推定した場合、それをしない場合と比べて予測精度が改善されるかどうかを検証した。なお、交差検証はデータを10区分して行った。

評価用データは、東北地方でミズナのハウス栽培を行う農業法人の作業実績をもとに作成した。これは、収穫日が2010年7月から2011年5月までの期間にある作付データ200件からなる。この作付データは、生育開始日から収穫日までの日次データの集合である。日次データは、記録日の他にミズナの草丈長さ、外気温度や日照時間などのアメダス気象データ、および遮光や換気、散水などの農作業の内容から推定した、該当期間のハウス内の状態変化に応じて0以上1以下で数値化した状態データなどで構成される。なお、ハウス内では暖房がされていたことを考慮し、気温 $T_A$ の下限値は20°Cとした。

また、データの季節区分は収穫日10日前の日付が3月から5月までを春、6月から8月までを夏、9月から11月までを秋、12月から2月までを冬とした。この区分は、評価対象とするハウス栽培ミズナの栽培開始日から収穫日までの生育日数の実績値が近いものを同じグループとするものである。

予測精度の評価は、農業法人からのヒアリングを踏まえ、収穫日の10日前を起点日として、生育予測モデルを用いて収穫日の草丈長さを推定し、予測値と実測値の差を誤差として、その平均自乗値を求めるといった方式で行った。また、農業法人が実務上要求するミズナの出荷適正範囲として、予測誤差が±5cm以内となる作付数の割合を算出した。

予測精度の評価結果の要約を表1に示す。なお、t検定p値とはデータの季節区分および日々の農作業の影響を考慮して予測モデルの係数を推定した場合と、それをしない場合での収穫日の草丈長さの平均自乗誤差についてt検定を行って得られた値である。また、それぞれの場合の予測誤差の度数折れ線グラフを図1に示す。

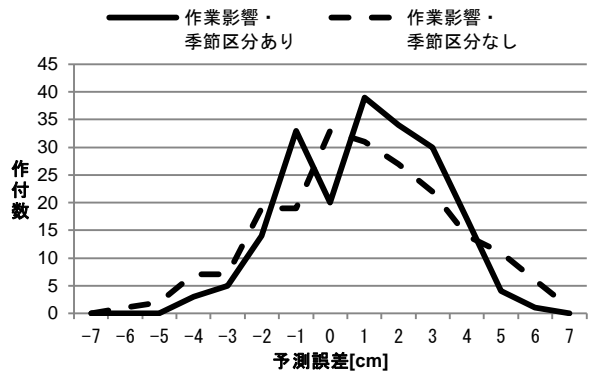
表1 予測誤差の要約表

データ 季節区分	作業影響 パラメータ	平均自乗誤差[cm <sup>2</sup> ] (t検定p値)	出荷適正範囲内 作付数割合
あり	あり	4.179 (-)	99.5%
	なし	4.415 (0.32)	99.5%
なし	あり	6.350 (0.001)	95.5%
	なし	6.633 (0.0003)	95.0%

データの季節区分を行って予測モデルの係数を推定した場合、収穫日10日前時点での収穫日の草丈長さの予測誤差が出荷適正範囲内に入る作付数の割合が、全体の99.5%となった。したがって、本手法

を用いて、実務上必要な精度で通年ハウス栽培されるミズナの草丈長さを予測できると言える。

図1 予測誤差の度数折れ線グラフ



また、データの季節区分を行わない場合と比べて、収穫日の草丈長さの平均自乗誤差が有意な水準で減少した。この結果から、季節ごとに栽培方法が変わるミズナの生育予測では、対応する季節ごとにデータを区分して予測モデルの係数を推定することで、その予測精度を改善できると言える。

なお、日々の農作業の影響を考慮することにより、生育予測精度に有意差が生じるかどうかについては、本実験では明らかにはならなかった。

#### 5 おわりに

本稿では、日々の農作業や季節ごとの栽培方法の違いの影響を考慮した農作物の生育予測手法を提案した。1年分のハウス栽培ミズナの作付データを用いて予測精度を評価した結果、季節ごとにデータを区分して予測モデルの係数を推定した場合、収穫日10日前に農業法人が実務上必要とする精度で収穫日のミズナの草丈長さを推定できた。また、季節に応じて栽培方法が変わる農作物に対して、季節ごとに予測モデルの係数を推定することで、予測精度が改善できることも分かった。各種の農作物に対しての適切な季節区分の方式は、今後の検討課題とする。

今後、顧客評価を通して本手法による予測精度の改善策を検討していくとともに、実績データや農作業のノウハウを分析していくことで、日々の農作業の影響度についても定量化していく。これにより、さまざまな圃場や生産者に適した農作物の生育予測シミュレーションを通して、需要に合わせた農作業計画の最適化を支援する技術の実現を目指す。

#### 参考文献

- [1] 岩田文男, 大久保隆弘: とうもろこしの生育に関する生理生態的研究: 第1報 生育期間の有効積算温度の一定性, 日本作物学会紀事 38(1), pp. 91-94 (1969)
- [2] 堀江武, 中川博視: イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究: 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, 日本作物学会紀事 59(4), pp. 687-695 (1990)
- [3] 濱寄孝弘, 岡田益己: べたがけに伴う温度変化とコマツナの生長との関係の簡易モデルによる解析, 農業気象 59(4), pp. 287-296 (2003)