

原著論文

# 花蕾の日成長速度モデルを用いた 7~8 月咲き小ギクの 収穫期予測

虎太有里・印田清秀\*・原田優生\*\*・辻本直樹

## Harvest Date Prediction Using a Daily Bud Growth Rate Model for Small-flowered Chrysanthemum Flowering in July–August

TORATA Yuri, INDA Kiyohide, HARADA Yui and TSUJIMOTO Naoki

### Summary

Accurate prediction of July–August harvest dates for small-flowered chrysanthemum is crucially important for meeting high market demand during the August Bon season. After developing a daily bud growth rate model for two cultivars ('Kosuzu' and 'Kasuga Y2') using daily mean air temperature and daily integrated solar radiation as explanatory variables, we evaluated its performance using agro-meteorological grid square data. The daily bud development rate was represented by a quadratic function of daily mean temperature combined with a linear function of daily integrated solar radiation. For 'Kosuzu', predicted harvest dates closely matched observations (ME = -0.8 days, RMSE = 2.5 days), whereas those for 'Kasuga Y2' showed a mean delay of four days. Sampling the earliest-developing buds allowed simple estimation of the initial harvest stage (~10%). For 'Kosuzu', the predicted cumulative harvest rates based on the bud size distribution were within one day of field observations. These findings suggest that combining bud development rate models with agro-meteorological data represents a practical and accurate approach for harvest prediction.

**Key Words:** agro-meteorological grid square data system, air temperature, flower bud diameter, solar radiation

**キーワード:** 花蕾径, 気温, メッシュ農業気象データ, 日射量

### 緒言

奈良県における 2019 年の小ギク生産は作付面積 98 ha, 出荷本数 4,510 万本で (農林水産省, 2020), 夏秋期では全国第 1 位であり, 主な産地は生駒郡平群町や葛城市である. 小ギクは仏花としての需要が多く, 盆, 彼岸, 正月といった「物日」に需要が集中し, 特に関西市場では 8 月盆に向けた 7~8 月に年間で最大の取扱数量となる (大阪鶴見花き地方卸売市場, 2025). この時期における奈良県産小ギクの市場シェアは約 50%で (浅野・仲, 2012), 需要期に確実に出荷することが求められる.

しかし, 7~8 月開花の小ギクは露地栽培が主体であるため, 気象の影響を強く受け, 開花時期に年次変動が生じやすい (小山・和田, 2004). 近年では, 冬春季の温暖化や夏季の猛暑, 少雨, 寡日照など, 極端な気象が増加し, 開花時期の変動も大きくなっている. 加えて, 相対取引の増加により, 市場からは正確な事前の出荷情報の提供が強く要請されるようになった.

収穫日の予測手法としては, 福島県において, 鈴木ら (2021) が直径 3 mm 以上の花蕾を複数日測定し, その日成長速度と着色時の花蕾径から収穫日を予測する方法を開発している. この手法は花蕾径が直線的に増加することを前提としており, 予測日以降の気温の変化を考慮していない. しかし, 鉢植えの小ギクを用いた試験では, 昼温/夜温が 24/20°C, 27/23°C, 30/26°C の範囲では, 気温が高いほど花蕾の成長速度が遅くなり (印田ら, 2023), 切り花においても, 開花速度は 20~25°C で最も速く, 30°C を超えると遅延することが報告されている (仲ら, 2012). 冷涼な東北地方と気候の異なる西南暖地の 7~8 月開花作型では収穫時期が遅くなるほど高温条件になりやすく, 花蕾の日成長速度の低下が予測精度に影響を及ぼす可能性がある. また, 花蕾の成長には気温が大きく影響するものの, 日射量など他の気象要因の影響も考慮する必要があることが示唆されている (印田ら, 2023). これらのことから, 収穫日を精度高く予測するためには, 気温に加えて日射量など複数の気象要因を組み合わせ

\*現 奈良県中部農林振興事務所

\*\*現 奈良県農業水産振興課

せて花蕾の日成長速度を解析する必要があると考えられる。

農業・食品産業技術総合研究機構が開発・運用するメッシュ農業気象データシステムは、全国の日別気象データを約 1 km 四方の基準地域メッシュを単位に提供している (佐々木ら, 2022)。気象庁の地域気象観測システム (アメダス) でも、全国約 840 か所 (約 21 km 間隔) で気温や日射量等の観測が行われているが、メッシュ農業気象データ (以下、メッシュデータ) を用いることで、アメダス観測所から離れた圃場でも、局所的な気象条件を反映した解析が可能になると期待される。

そこで本研究は、メッシュデータを用いて花蕾の日成長速度を推定するモデル式を作成し、そのモデルによる圃場での収穫時期予測の適合性を検証することを目的とした。

## 材料および方法

### 実験 1. 花蕾の日成長速度モデル式の作成

奈良県での自然開花期が 7 月下旬～8 月上旬の小ギク 2 品種 (‘小鈴’ および ‘春日 Y2’) を供試した。2020～2022 年に奈良県生駒郡平群町において、各年各品種 2～4 圃場で調査を行った。調査圃場数は、2020 年は ‘小鈴’ 4 圃場と ‘春日 Y2’ 2 圃場、2021 年は ‘小鈴’ 4 圃場と ‘春日 Y2’ 3 圃場、2022 年は両品種各 2 圃場とした。各圃場で群落内の株から生育中庸な枝を計 7～8 本選び、各枝の最大花蕾について花蕾径を経時的に測定した。調査は、2020 年は 7 月 2 日～29 日、2021 年は 7 月 5 日～31 日、2022 年は 7 月 5 日～8 月 3 日にかけて、2～3 日間隔で実施した。調査 2 回分 (4～6 日間) の花蕾径の差を日数で除し、花蕾の日成長速度 (日成長速度 = 花蕾径の差 / 日数) を算出した。日成長速度と気象要素との関係を調べるため、Microsoft Excel (Microsoft 365, Microsoft 社) の分析ツールを用い、重回帰分析を行った。説明変数として日平均気温および日積算日射量 (以下、日射量) を用い、各圃場に対応するメッシュデータ過去値を利用した。なお、露地圃場では、降雨や風だけでなく、生産者の灌水管理により土壌水分含量が変動する。水分条件に関しては統一性に欠けるため、降水量は説明変数から除外した。

### 実験 2. 収穫期予測と予測精度の検証

奈良県の小ギク産地では圃場間に標高差があり、同一品種でも開花時期が異なるため、‘小鈴’ では標高 70 m および 259 m, ‘春日 Y2’ では標高 58 m および 289 m と、品種ごとに標高の異なる 2 圃場を選定し、予測精度と汎用性を検証した。本試験では、収穫始めの予測を目的として、2023 年 6 月 29 日に畝上に連続配置された 50 株から生育の早い花蕾を抽出し、花蕾径を測定した。抽出は調査者 3 名がそれぞれ 10 個ずつ行い、計 30 個とした。実験 1 で作成したモデル式とメッシュデータ予報値を用い、各花蕾が収穫適期の大きさに達する日を算出した。収穫適期は、開花前で花蕾が円錐形となり、最外列の舌状花が十分に着色した時期 (以下、収穫日) で、その大きさは、実験 1 の 2022 年の調査結果に基づき、‘小鈴’ で 10.4 mm, ‘春日 Y2’ で 10.2 mm とした。続いて 7 月 11 日にも同一花蕾を測定し、同様の予測を行った。抽出花蕾の収穫日を記録して、予測値と実測値の平均誤差 (以下、ME) および平均二乗平方根誤差 (以下、RMSE) を算出し、予測精度を評価した。さらに、全 50 株の収穫日を 2～3 日ごとに調査して、抽出花蕾の収穫日と全体の収穫率との関係について検討した。

### 実験 3. 群落の花蕾径の分布と予測精度の検証

実験 3 では群落全体の収穫期予測を試みた。試験は奈良県農業研究開発センター (奈良県桜井市) の露地圃場で実施した。2023 年 3 月 23 日に 200 穴セルトレイへ挿し芽し、育苗した苗を 4 月 13 日に幅 80 cm, 長さ 1200 cm, 深さ 25 cm の栽培ベッドに条間 36 cm, 株間 12 cm の 2 条植えて定植した。定植数は ‘小鈴’ 88 株, ‘春日 Y2’ 100 株で、肥料は 10 a あたりに有機複合肥料 (スーパー菊 8 号, 片倉コープアグリ (株)) 170 kg, 被覆複合肥料 (エコロング 413, ジェイカムアグリ (株)) 103 kg, 熔成リン肥 (BM ヨウリン, 日之出化学工業 (株)) 18 kg を全量元肥で全層施肥した (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=28.0-25.0-25.3 kg/10 a)。4 月 20 日に摘心を行い、5 月 26 日に 1 株 4 本に整枝した。

7 月 18 日に全枝について、頂花または最も生育の進んだ側花蕾の直径を測定した。測定数は、‘小鈴’ 320 個, ‘春日 Y2’ 377 個であった。実験 2 と同様に、モデル式とメッシュデータ予報値を用いて収穫日を算出した。また、全枝の収穫日を記録し、実測の収穫率と予測収穫日を用いた場合の収穫率を

比較・検証した。

## 結果

### 実験1. 花蕾の日成長速度モデル式の作成

花蕾の日成長速度 ( $v$ ,  $\text{mm} \cdot \text{day}^{-1}$ ) を目的変数, 日平均気温 ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) および日積算日射量 ( $s$ ,  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ ) を説明変数とした9組み合わせで重回帰分析を行った(第1表)。モデルのあてはまりを補正決定係数(以下, 補正  $R^2$ ) で評価した結果, 両品種とも日平均気温の二次関数と日積算日射量の一次関数を組み合わせたモデルで最も高い値を示した。補正  $R^2$  は‘小鈴’では0.386, ‘春日 Y2’では0.205であった。モデル全体の有意性はF検定により, ‘小鈴’では  $p < 0.001$ , ‘春日 Y2’では  $p=0.004$  といずれも統計的に有意であったが, ‘春日 Y2’ではあてはまりがやや低く, 各モデル式は以下のとおりであった(第2表)。

‘小鈴’

$$v = -0.00463t^2 + 0.2374t - 0.0085s - 2.6484$$

‘春日 Y2’

$$v = -0.00774t^2 + 0.3880t - 0.0031s - 4.5831$$

### 実験2. 収穫期予測と予測精度の検証

‘小鈴’について, 標高70mの圃場Aにおける2023年6月29日時点の花蕾径は  $4.40 \pm 0.53$  mmであった( $n=30$ , 平均±標準偏差, 第3表)。この時点での抽出花蕾の平均収穫日は7月23日±2.2日と予測され, 実測値の7月23日±2.5日と一致した。7月11日時点の花蕾径は  $8.51 \pm 0.69$  mmで, 予測収穫日は7月21日±3.3日となり, 実測値より2日早かった。圃

場Aでは  $ME = -0.9$  日,  $RMSE = 2.4$  日で, 約1日早く予測された。

一方, 標高259mの圃場Bにおける6月29日時点の花蕾径は  $3.65 \pm 0.53$  mmで( $n=30$ ), 圃場Aより小さかった。この時点で3.4mm未満であった花蕾の一部は生育途中で座死し, 開花しなかった。これらの個体を集計から除外した結果, 花蕾径は  $3.76 \pm 0.49$  mm( $n=22$ )であった。予測収穫日は7月26日±2.3日となり, 実測値の7月27日±1.7日より1日早かった。7月11日時点の花蕾径は  $6.98 \pm 0.78$  mm, 予測収穫日は7月27日±3.4日で実測値とほぼ一致した。圃場Bでは  $ME = -0.6$  日,  $RMSE = 2.5$  日であった。

‘小鈴’全体では予測値との誤差は  $ME = -0.8$  日,  $RMSE = 2.5$  日と小さく, 平均して約1日早い予測ではあったが, 実用的な精度と考えられた。

‘春日 Y2’では, 標高58mの圃場Cにおける6月29日時点の花蕾径は  $3.81 \pm 0.45$  mmであった。予測収穫日は7月31日±2.7日で, 実測値の7月27日±3.1日より4日遅れた。また, 7月11日時点の花蕾径は  $7.19 \pm 0.83$  mm, 予測収穫日は8月1日±5.0日で, 実測値より5日遅れた。圃場Cでは  $ME = 4.9$  日,  $RMSE = 5.4$  日であった。

標高289mの圃場Dでは, 6月29日時点の花蕾径は  $4.14 \pm 0.32$  mmで標高の低い圃場Cより大きかった。予測収穫日は7月27日±1.4日で, 実測値の7月24日±1.3日より3日遅れた。7月11日時点では花蕾径  $7.21 \pm 0.48$  mm, 予測収穫日は7月26日±2.3日で, 実測値より2日遅れた。圃場Dでは  $ME = 3.2$  日,  $RMSE = 3.5$  日であった。

‘春日 Y2’全体では  $ME = 4.0$  日,  $RMSE = 4.5$  日と, 平均して4日程度遅い予測となり, ‘小鈴’と比較して精度は低かった。

第1表 花蕾の日成長速度を目的変数とし, 異なる気象要素を説明変数に用いた重回帰モデルの比較

説明変数とした気象要素 <sup>2</sup>	小鈴		春日Y2	
	補正 $R^2$	$p$ 値	補正 $R^2$	$p$ 値
日平均気温	0.030	0.078	-0.020	0.786
日平均気温2乗	0.034	0.065	-0.019	0.706
日平均気温2乗, 日平均気温	0.100	0.009	0.149	0.010
日積算日射量	0.347	< 0.001	0.065	0.045
日積算日射量2乗	0.347	< 0.001	0.085	0.025
日積算日射量, 日積算日射量2乗	0.340	< 0.001	0.140	0.034
日平均気温, 日積算日射量	0.374	< 0.001	0.085	0.051
日平均気温2乗, 日平均気温, 日積算日射量	0.386	< 0.001	0.205	0.004
日平均気温2乗, 日平均気温, 日積算日射量2乗, 日積算日射量	0.377	< 0.001	0.193	0.010

<sup>2</sup>各要素の値は, ‘小鈴’で気温 21.6~27.4 $^{\circ}\text{C}$ , 日射量 8.3~27.6  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ , ‘春日 Y2’で同 21.6~27.7 $^{\circ}\text{C}$ , 8.1~27.6  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ の範囲にあった

第2表 花蕾の日成長速度を目的変数、日平均気温(2次)と日積算日射量(1次)を説明変数とした重回帰分析結果

説明変数 <sup>z</sup>	小鈴			春日Y2		
	係数	t値	p値	係数	t値	p値
切片	-2.6484	-1.467	0.147	-4.5831	-2.757	0.008
日平均気温2乗 ( $t^2$ )	-0.00463	-1.520	0.133	-0.00774	-2.787	0.008
日平均気温 ( $t$ )	0.2374	1.601	0.114	0.3880	2.857	0.007
日積算日射量( $s$ )	-0.0085	-5.797	< 0.001	-0.0031	-2.034	0.048
補正決定係数 ( $R^2$ )	0.386			0.205		
モデル全体の有意性 ( $p$ 値)	< 0.001			0.004		
観測数 ( $n$ )	73			48		

<sup>z</sup> 説明変数を日平均気温 ( $t$ , °C) および日積算日射量 ( $s$ , MJ・m<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup>) とし、回帰式を以下の形で表した

‘小鈴’:  $v = -0.00463t^2 + 0.2374t - 0.0085s - 2.6484$

‘春日Y2’:  $v = -0.00774t^2 + 0.3880t - 0.0031s - 4.5831$

( $v$ : 花蕾日成長速度, mm・day<sup>-1</sup>)

第3表 予測精度の検証

品種	圃場 <sup>z</sup>	測定日 (月/日)	花蕾径(mm) 平均±標準偏差	$n^y$	平均収穫日 (月/日±SD)		ME <sup>x</sup> (日)	RMSE <sup>w</sup> (日)	
					予測	実測			
小鈴	A	6/29	4.40 ± 0.53	30	7/23 ± 2.2	7/23 ± 2.5	0.1	1.5	
		7/11	8.51 ± 0.69		7/21 ± 3.3	-2.0	3.1		
	B	6/29	3.76 ± 0.49	22	7/26 ± 2.3	7/27 ± 1.7	-1.1	2.5	
		7/11	6.98 ± 0.78		7/27 ± 3.4	0.0	2.5		
	小鈴 (A)				60			-0.9	2.4
	小鈴 (B)				44			-0.6	2.5
小鈴 (全体)				104			-0.8	2.5	
春日Y2	C	6/29	3.81 ± 0.45	30	7/31 ± 2.7	7/27 ± 3.1	4.7	5.0	
		7/11	7.19 ± 0.83		8/1 ± 5.0	5.0	5.7		
	D	6/29	4.14 ± 0.32	30	7/27 ± 1.4	7/24 ± 1.3	3.2	3.4	
		7/11	7.21 ± 0.48		7/26 ± 2.3	3.2	3.7		
	春日Y2 (C)				60			4.9	5.4
	春日Y2 (D)				60			3.2	3.5
春日Y2 (全体)				120			4.0	4.5	

<sup>z</sup> A:生駒郡平群町椋原 (標高70 m), B:福貴畑 (同259 m), C:平等寺 (同58 m), D:久安寺 (同289 m)

<sup>y</sup>  $n$ : 観測データ数

<sup>x</sup> ME: 平均誤差 (予測-実測)

<sup>w</sup> RMSE: 二乗平均平方根誤差

抽出花蕾の収穫日と50株全体の収穫日との関係を第4表に示した。50株の収穫本数は228~266本で、‘小鈴’の平均収穫日は圃場Aでは7月30日±4.9日 ( $n=266$ )、圃場Bでは8月4日±5.3日 ( $n=236$ )であった。‘春日Y2’の平均収穫日はC圃場では8月3日±4.8日 ( $n=255$ )、D圃場では7月29日±4.0日 ( $n=228$ )であった。各圃場の50株の平均収穫日は、抽出花蕾の収穫5~8日後であった。また、50株の10%収穫日は抽出花蕾の収穫日と概ね一致し、90%開花日は抽出花蕾の収穫10~15日後であった。

### 実験3. 群落の花蕾径の分布と予測精度の検証

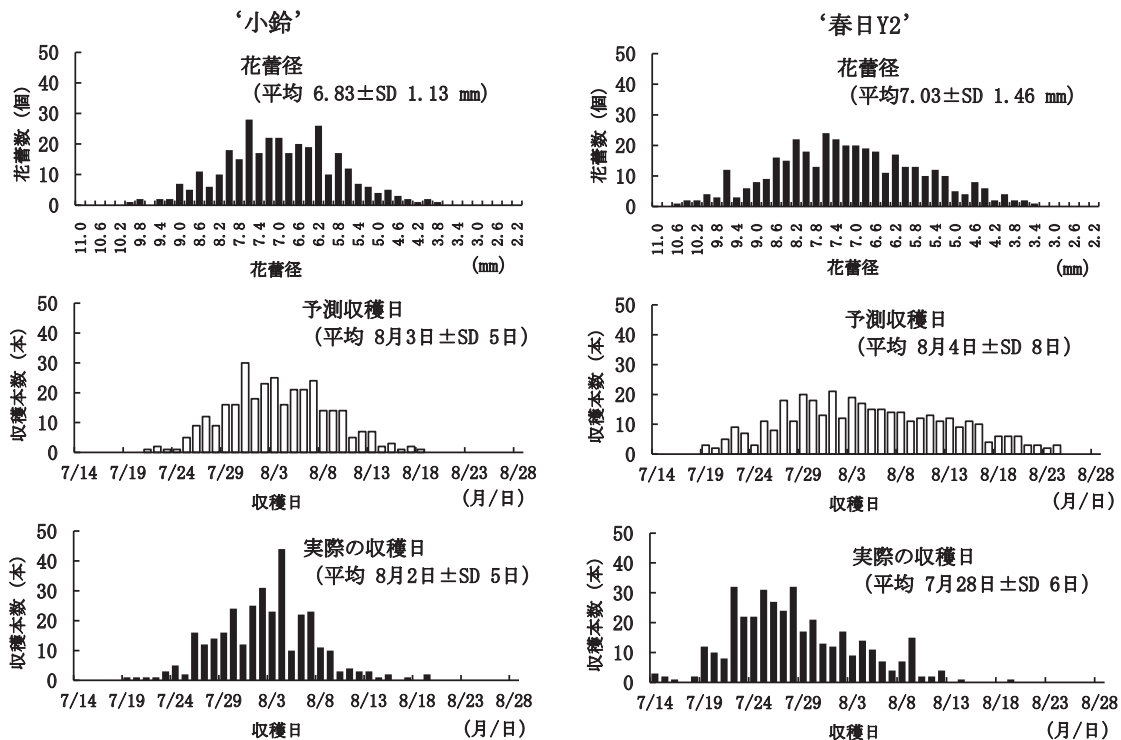
‘小鈴’の2023年7月18日時点の花蕾径は3.73~9.89 mm, 平均6.83±1.13 mm ( $n=320$ , SD)で正規分布を示した (Shapiro-Wilk 検定,  $W=0.998$ ,  $p=0.913$ , 第1図)。実験1のモデル式とメッシュデータ予報値を用いて収穫日を予測した結果、収穫日は7月21日~8月18日, 平均8月3日±5日, 花蕾径と同様, 正規分布を示した (Shapiro-Wilk 検定,  $W=0.993$ ,  $p=0.1119$ )。実際の収穫日は7月19日~8月19日, 平均8月2日±5日 (SD)で, 統計的に正規性は棄却された (Shapiro-Wilk 検定,  $W=0.989$ ,

第4表 現地圃場での抽出花蕾の収穫日と群落全体の収穫日との関係

品種	圃場 <sup>z</sup>	標高 (m)	抽出花蕾		群落全体			
			収穫 本数 (本)	平均 収穫日 (月/日)	収穫 本数 (本)	平均収穫日 ±標準偏差 <sup>y</sup> (月/日) (日)	10% 収穫日 (月/日)	90% 収穫日 (月/日)
小鈴	A	70	30	7/23	266	7/30 ± 4.9 (7)	7/24 (1)	8/4 (12)
	B	259	22	7/27	236	8/4 ± 5.3 (8)	7/28 (1)	8/11 (15)
春日 Y2	C	58	30	7/27	255	8/3 ± 4.8 (7)	7/28 (1)	8/8 (12)
	D	289	30	7/24	228	7/29 ± 4.0 (5)	7/24 (0)	8/3 (10)

<sup>z</sup> A:生駒郡平群町樫原, B:福貴畑, C:平等寺, D:久安寺

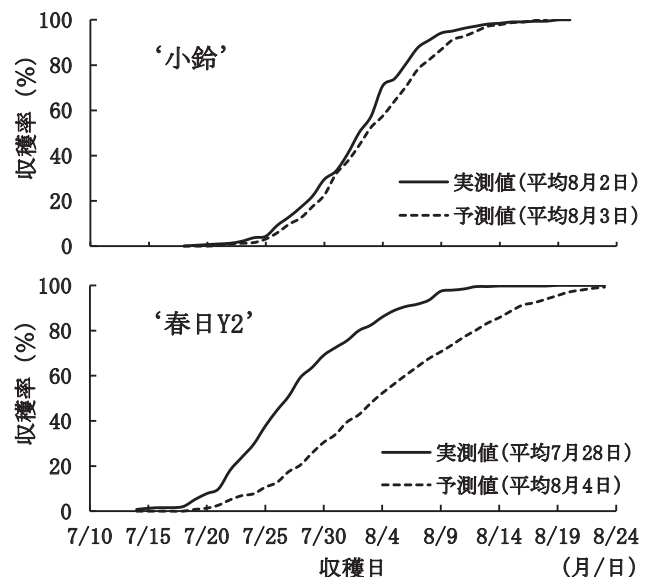
<sup>y</sup> 表中の ( ) 内の数値は抽出花蕾収穫後の経過日数を示す



第1図 2023年7月18日における花蕾径とこれによる予測収穫日および実際の収穫日の度数分布

$p=0.0139$ )。予測日は実測値より平均で1日遅れ、収穫前半の収穫率は実測値と予測値がほぼ一致したが、収穫後半の収穫率は予測値よりも実測値で高くなる傾向がみられた(第2図)。

一方、‘春日Y2’の7月18日時点の花蕾径は3.33~10.41 mm, 平均  $7.03 \pm 1.46$  mm ( $n=377$ ) で、‘小鈴’と同様に正規分布を示した ( $W=0.993, p=0.056$ , 第1図)。7月18日時点での予測収穫日は7月19日~8月24日, 平均8月4日 $\pm$ 8日で, 統計的に正規性は棄却された (Shapiro-Wilk 検定,  $W=0.983, p<0.001$ )。実際の収穫日は7月14日~8月19日, 平均7月28日 $\pm$ 6日で, 予測収穫日と同様, 正規性は棄却された ( $W=0.979, p<0.001$ )。また, 予測収穫日は実測値より平均で7日遅れ, ‘小鈴’と比較して予測精度は低かった。



第2図 予測値および実測値での収穫率の推移

## 考察

本研究では、小ギク‘小鈴’および‘春日 Y2’について日平均気温と日積算日射量を説明変数とした花蕾の日成長速度モデルを作成し、メッシュ農業気象データ予報値を用いて収穫期予測の適合性を検証した。

花蕾の成長と気温の関係については、夏秋ギク‘岩の白扇’で発蕾以降の高温による開花遅延（長菅ら、2007）、7 月下旬咲き小ギクで花芽発達期の高温による開花遅延（間藤ら、2009）が報告されている。森ら（2019）も夏秋小ギクについて、高温処理により供試 9 品種全てで発蕾後の到花日数が増加したことを報告しており、これらのことは、本研究において、気温の二次関数を含むモデルのあてはまりが良いことと合致する。

一方、日射量については、日射量が多いほど日成長速度が低下する一次関数であてはまりが良かった（第 1 表）。2 品種のみを対象とした試験であるが、夏季の日射と高温条件の組み合わせにおいては強日射が日成長速度に対して抑制的に作用することが示唆され、近年の高温障害の軽減に有用な知見と考えられた。なお、日平均気温と日射量の間には相関（‘小鈴’  $R = 0.66$ 、‘春日 Y2’  $R = 0.60$ ）が認められたが、分散膨張係数（VIF）はそれぞれ 1.75 および 1.52 であったため、重回帰分析において多重共線性の影響は無視できると判断した。

実験 2 では、現地生産圃場での収穫期予測を行い、その実用性を検証した。本モデルは‘小鈴’では、 $ME = -0.8$  日、 $RMSE = 2.5$  日と実用的な精度を示し、標高が異なる圃場間でも適用可能で、汎用性があることが示唆された。一方、‘春日 Y2’では、予測値が平均 4 日程度遅れ、‘小鈴’と比較して精度が低かった。

試験を実施した 2023 年は猛暑で、抽出花蕾の花蕾径を調査した 6 月 29 日から調査終わりまでの日平均気温は圃場 C で  $24.1^{\circ}\text{C} \sim 29.9^{\circ}\text{C}$ （平均  $27.9^{\circ}\text{C}$ ）、圃場 D で  $22.7 \sim 28.5^{\circ}\text{C}$ （平均  $26.4^{\circ}\text{C}$ ）の範囲であった。‘春日 Y2’は高温による花芽発達期の成長抑制程度が比較的小さい‘春日の紅’（仲ら、2018）に準じた選抜によって育成された品種である。‘春日 Y2’モデルは‘小鈴’に比べて  $25^{\circ}\text{C}$  を超える高温域での速度低下が顕著であることから、高温での成長抑制

を過大評価している可能性が示唆された。

また、‘春日 Y2’では、土壌水分が到花日数に影響し、土壌の体積含水率が約 7% と低い場合に開花が遅延することが報告されている（辻本ら、2025）。調査対象とした現地試験圃場では畝間灌水が行われていたが、モデル作成用データを収集した 7 圃場における土壌水分条件との差が日成長速度に影響した可能性も考えられた。さらに‘小鈴’ではモデル作成に用いたデータ数が 73 であったのに対し、‘春日 Y2’では 48 と少なかった。今後はデータを追加してモデルの再構築を進める必要がある。加えて、現在のモデル作成に用いたデータの日平均気温の最大値は  $27.7^{\circ}\text{C}$  であったため、今後は  $28^{\circ}\text{C}$  を超える高温条件でのデータ取得も重要と考えられた。

また、実験 2 では、連続する 50 株から「生育の早い花蕾」を 3 名が 10 個ずつ選び、花蕾径の測定を行った。群落内の大きな花蕾は目視で確認しやすく、抽出花蕾の平均収穫日は概ね 10% 収穫日と合致した。本抽出方法は現場での測定負担を軽減しつつ、予測精度の確保に資する手法として有望である。調査圃場においては、開花始めから 5~8 日で群落の平均収穫日となった。また、開花始めから 10~15 日後に 90% 収穫日に達した。単年度の結果のため、今後の事例の蓄積が必要であるが、収穫始めを予測することで簡便に群落全体の開花の様相を推測できる可能性が示唆された。

実験 3 では、群落全体の花蕾径を網羅的に測定し、その分布から収穫率を予測して、実際の収穫日と比較した。‘小鈴’では、7 月 18 日時点の花蕾径の分布は正規分布に従った（第 1 図）。実際の収穫日は正規分布からやや前倒しとなり、予測開花日より早まる傾向がみられたが（第 2 図）、誤差は 1 日以内で実用上問題ない精度であった。以上から、‘小鈴’では花蕾径の平均値と分散を把握することで、安定して群落の収穫日を予測できると考えられた。

一方、‘春日 Y2’でも 7 月 18 日時点の花蕾径分布は正規分布を示したが、実際の収穫日は花蕾径の分布に対して明確に前進傾向を示し、ヒストグラムが左に歪む傾向がみられた。この要因として、以下の 3 点が考えられた。第一に、環境条件の変化である。群落における光環境が開花斉一性に影響することが報告されている（仲ら、2017）。収穫開始からの短期間の変化ではあるが、収穫の進行に伴い、群落内の風通しが良くなり、光環境も変化するため、このような局所的な環境条件の変化が花蕾の発達速

度に影響を及ぼした可能性がある。第二に、終点となる花蕾径に個体間差が存在する可能性である。小さい花蕾で収穫適期に達する個体が含まれる場合、収穫日が予測よりも前進する傾向となり得る。第三に、温度に対する花蕾の発達速度が発達段階により異なる可能性である。秋ギクにおいて、発蕾から着色までを二期に分けた場合、生育の後半で温度に対する反応が鈍化し、成長速度の差が小さくなることが報告されている (Karlsson et al., 1989)。これらの要因により、結果として個体間の発達速度の差が縮まる場合と、逆に拡大する場合があるが、本試験では生育の早い個体がやや前倒しに集中し、分布が左に歪む要因の一つとなった可能性が示唆された。このような傾向を示す品種では、収穫期予測を行うにあたり、モデルの改良とともに群落全体での生育反応を考慮する必要があると考えられる。

さらに、7月の露地圃場での花蕾径測定は負担が大きいので、このモデルを実際の生産現場で活用するには、予測の精度向上だけでなく、計測の省力化も重要な課題となる。ガーデンマムでは無人航空機 (UAE) を用いて撮影した画像から生育ステージを判断する手法が開発されているが (Zhang et al., 2025)、色比率を用いた開花ステージの診断を目的としており、本研究のような着色前の花蕾への応用は困難である。しかし、大産地における計画生産と安定供給の重要性が指摘されており (前田ら, 2019)、精度の高い出荷情報の事前提供は産地間競争での優位性確保に繋がる。現時点では、実験2のような簡易な予測が実用的と考えられるが、高精度の収穫期予測に向けて、群落の花蕾径の分布を簡易に診断できる技術開発が期待される。

一方、‘小鈴’と‘春日 Y2’は県内産地における黄色の主力品種であるが、小ギクは基本的に赤、白、黄の3色が必要とされる品目であり、各色の主力品種についても収穫期予測が求められる。本研究は2品種のみを対象としたため、品種ごとに発育モデルを作成する必要があるのか、生育特性に応じて類型化できるのか明確でなく、今後の研究課題である。

なお、8月出荷用の電照抑制栽培では栽培地の日長により開花時期が変動し、高緯度地域で開花遅延が著しい品種があることが報告されている (中野ら, 2024)。本研究は奈良県内のみで実施し、日長条件は一定のため、日長の異なる他地域でのモデルの応用には注意が必要である。

以上から、花蕾の日成長速度モデルと気象データ

の組み合わせにより、実用的かつ高精度な収穫期予測が可能であることが示された。産地の販売競争力を高め、収益性を向上させるため、将来的には花蕾の日成長速度モデルと画像解析技術を組み合わせ、圃場全体の花蕾生育状況を把握して収穫期を予測し、販売計画に反映させるシステムの構築が期待される。

## 謝辞

本試験の実施にあたり、現地調査の実施にご協力いただいた西和花卉部会の皆様と、調査に多大なご尽力をいただきました奈良県農業研究開発センター会計年度任用職員の今西不二男氏、東 恭子氏に厚く御礼申し上げます。

## 摘要

7~8月開花の小ギクは気象の影響を受けやすく、開花時期に年次変動が生じるため、8月盆の高需要期に向けた正確な収穫期予測の重要性が高まっている。本研究では、奈良県産夏秋小ギク‘小鈴’および‘春日 Y2’を対象に、日平均気温と日積算日射量を説明変数とする花蕾の日成長速度モデルを作成し、メッシュ農業気象データを用いた収穫期予測の適合性を検証した。花蕾日成長速度は日平均気温の二次関数と日積算日射量の一次関数で表された。‘小鈴’では予測収穫日が実測とほぼ一致し (ME = -0.8日, RMSE = 2.5日)、‘春日 Y2’では平均4日遅れる傾向があったが、生育の早い花蕾を抽出して測定する方法により、収穫初期 (≈10%) の簡易推定が可能であった。さらに、‘小鈴’では群落全体の花蕾径分布に基づく収穫率予測が実測と1日程度の誤差に収まり、実用上問題のない精度を示した。

## 引用文献

- 浅野峻介, 仲 照史. 関西における小ギク市場の構造と取扱数量シェアが価格に及ぼす影響. 近畿中国四国農研農業経営研究. 2012, 23, 47-53.
- 印田清秀, 辻本直樹, 原田優生. 気温が小ギクの花蕾の成長に及ぼす影響. 奈良農研セ研報. 2023, 54, 36-39.

- Karlsson, M.G., R.D. Heins, J.E. Erwin and R.D. Berghage. Development rate during four phases of chrysanthemum growth as determined by preceding and prevailing temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1989, 114(2), 234-240.
- 小山佳彦, 和田 修. 7月咲き小ギクの暗期中断処理による開花調節—高需要期に合わせた計画生産—. *園学研.* 2004, 3(1), 63-66.
- 前田 藍, 杉村泰彦, 内藤重之. 沖縄県小ギク産地の安定供給システム 沖縄県花卉園芸農業協同組合を事例として. *農業市場研究.* 2019, 28(1), 23-33.
- 間藤正美, 工藤寛子, 山形敦子, 佐藤孝夫, 柴田 浩. 7月下旬咲き小ギクにおける気温およびエセフォン処理が開花に及ぼす影響. *園学研.* 2009, 8(2), 201-208.
- 森 義雄, 中野善公, 林 祐貴, 高橋重一, 久松 完, 住友克彦. 夏秋小ギクにおける高温による開花遅延およびフロリゲン遺伝子FTL3の発現抑制の品種間差. *園学研.* 2019, 18(4), 381-390.
- 長菅香織, 矢野孝喜, 山崎博子, 稲本勝彦, 山崎 篤. 夏秋ギク‘岩の白扇’および秋ギク‘神馬’の生殖成長期の温度が開花および花序形態に及ぼす影響. *園学研.* 2007, 6(3), 479-485.
- 仲 照史, 角川由加, 虎太有里, 山中正仁, 豊原憲子, 東 明音. 小ギクつぼみ期収穫切り花の開花処理における温度とUVが開花と切り花品質に及ぼす影響. *園学雑.* 2012, 11(別2), 524.
- 仲 照史, 前田茂一, 後藤丹十郎. 栽植様式が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響. *園学研.* 2017, 16(1), 41-50.
- 仲 照史, 廣岡健司, 辻本直樹, 角川由加, 虎太有里, 後藤丹十郎. 開花期の年次安定性と斉一性に優れる8月咲きの小ギク‘春日の紅’の育成. *園学研.* 2018, 17(1), 105-114.
- 中野善公, 津田花愛, 山形敦子, 足立陽子, 佐々木 厚, 住友克彦, 久松 完. 露地電照栽培による夏秋小ギクの安定生産:8月出荷作型における暗期中断打ち切り後の日長に応じた品種選定の重要性. *園学研.* 2024, 23(2), 137-146.
- 農林水産省. “花き生産出荷統計(令和元年産)”. 作況調査(花き). 2020. [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kaki/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kaki/index.html), (参照 2025-08-20).
- 大阪鶴見花き地方卸売市場. “令和6年市場年報”. 市況・年報. 2025-02. <https://tsurumi-wfm.jp/pdf/sikyo/nenR6.pdf>, (参照 2025-08-20).
- 佐々木華織, 西森基貴, 根本 学. メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver.5. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構農業環境研究部門, 2022, 77p..
- 鈴木詩帆里, 鈴木宏和, 熊谷千敏, 山口浩之, 梅津寿彦, 伊藤愛里菜, 中野善公, 久松 完. 計画的な生産・出荷のための夏秋ギク栽培技術マニュアルIII. 計画生産・出荷管理システムと小ギクの開花予測編. 福島農総セ, 2021, 12p..
- 辻本直樹, 印田清秀, 原田優生. 土壌水分が小ギク‘春日 Y2’の開花に及ぼす影響. *奈良農研セ研報.* 2025, 56, 51-53.
- Zhang, J., J. Lu, Q. Qi, M. Sun, G. Zheng, Q. Zhang, F. Chen, S. Chen, F. Zhang, W. Fang and Z. Guan. Classification of Garden Chrysanthemum Flowering Period Using Digital Imagery from Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Agronomy.* 2025, 15(2), 421.