

## メッシュ農業気象データを利用した

### 「はなっこりー」出荷予測技術の開発

重藤 祐司・荊木 康臣<sup>※</sup>・藤井宏栄・宇佐川 恵<sup>※※</sup>

Yield Prediction for “Hanakkori”  
Using Agro-Meteorological Grid Square Data System

SHIGEFUJI Yuuji, IBARAKI Yasuomi, FUJII Kouei and USAGAWA Megumi

Abstract: A two-stage Hanakkori growth model was created considering the day of the apical bud picking as a boundary. This model can predict the apical flower bud picking from the "average temperature at the planting time". This was followed by development of an effective accumulative temperature model from the date of apical flower bud picking to the date of harvesting each flower stalk. The Agro-Meteorological Grid Square Data were linked to the Microsoft Excel sheet incorporating these prediction model formulae. In order to correct the predicted value of yield according to the growth condition, a regression analysis of the vegetation cover and the yield was performed. By combining these, the "Hanakkori Yield Predict Tool" was created. Additionally, to improve the prediction accuracy, multiple effective temperature models were created and verified. Although the upper temperature setting was not clear, high prediction accuracy was obtained by setting the lower temperature limit to 1 °C or less as invalid.

Keywords: Effective accumulation temperature, vegetation coverage, prediction accuracy  
キーワード：有効積算気温、植被率、予測精度

## 緒 言

「はなっこりー」は1999年8月に山口県農林総合技術センター（以下；センター）が品種登録したなばな類に分類される野菜である。センターではそれ以降も、早晚性や収量性の異なる3つの品種・系統「E2」、「ME」、「L」を育成し（藤井ら、2012, 2019）、それらすべてが、「はなっこりー」として県内で栽培されている。「はなっこりー」の2020年度栽培面積は11 ha、出荷量77.7 tであるが（2021, 山口県農業協同

組合）、出荷時期や出荷量が気象に影響されやすく不安定であるため、販売計画が立てにくいことが問題となっている。一方で、2016年より、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下；農研機構）が「農研機構メッシュ農業気象データ」を一定の条件で農研機構外部への提供を開始したため、多くの農作物で精度の高い出荷予測技術が開発されつつある。野菜の例を挙げると、キャベツやレタスでは葉齢増加モデルのシミュレーションにより、推定された結球葉数から圃場ごとの収穫開始可能日を予測するプログラムが

※山口大学大学院創成科学研究科、※※現在：山口農林水産事務所

開発され (2019, 岡田・菅原)、冬春ブロッコリーでは、「活着～花芽分化」と「花芽分化～収穫日」の2段階に分けた予測モデルが開発されている(2021, 浅尾)。ブロッコリーは花蕾形成において、低温が主要因として働き、長日条件は低温に対する花成反応を促進する副次要因と考えられる(1988, 藤目)。「はなっこりー」についても、主に低温条件を要因に花成反応すると考えられ、分化した花芽が伸長することで頂花蕾が出蕾する。栽培基準では、それを摘心することで頂芽優勢が崩れ、収穫部位となる複数の側枝(以下;花茎)が伸長を開始することから、頂花蕾摘心日は出荷時期予測をする上で、極めて重要なポイントとなる。したがって、1段階目として頂花蕾摘心日予測モデルを作成し、2段階目に頂花蕾摘心日を起点とした各花茎収

モニタリング技術の開発のため、群落の端から撮影した画像によって「はなっこりー」の植被率推定を試みた。その結果、支柱に高さ1.4～1.5 m、俯角約60°で設置した定点カメラ画像による植被率の違いが、「はなっこりー」の収量を反映する可能性を示唆した。

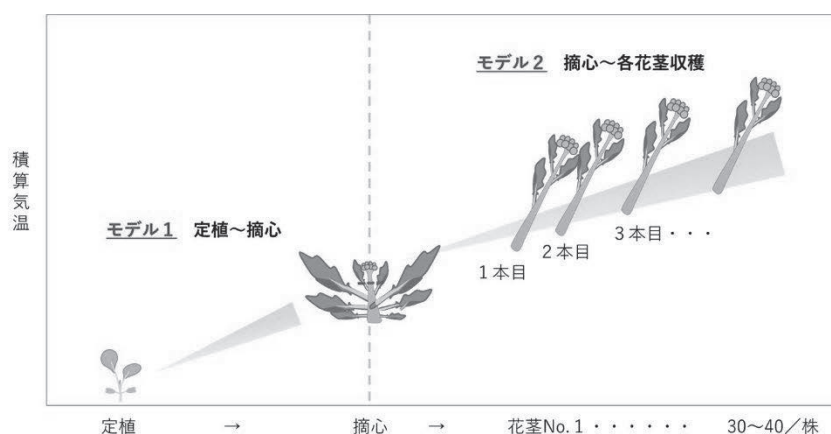
本研究は、農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)を利用した。

## 材料および方法

### 1 予測モデルの作成

#### (1) データセットの作成

過去9年間(2012～2020年度)計62作のセンタ



第1図 出荷予測の模式図

花茎No. は、収穫花茎の株あたり収穫順

穫までの有効積算気温モデルを作成することで、出荷時期予測が可能と考えた(第1図)。

「はなっこりー」は早生品種「E2」の定植が8月下旬頃から始まり、中生品種「ME」と晩生品種「L」は厳寒期を経過して4月下旬頃まで収穫が続くため、定植時期の長雨、定植後の干ばつ、病虫害、台風、厳寒期の凍霜害など様々な気象災害を受けて生育状況が変化しやすい。生育状況を表す指標として、植被率を利用した研究が数多く実施されているため、今回の試験においても撮影画像から植被率を算出する簡易なソフトを作成し、出荷量予測精度の向上に取り組んだ。「はなっこりー」の戸当たり栽培面積は極めて小さいため、キャベツやレタスで実施されているようなドローン撮影には向かないと判断し、手軽に撮影可能なスマートフォンやデジタルカメラ利用を前提とすることとした。中村ら(2019)は、より簡便で普及しやすい植物

一内における栽培記録のうち、「はなっこりー栽培マニュアル(平成31年版)」に示された定植時期に適合し、出荷量も基準(103～230 kg/a)を満たした22作について、データセットとして整理した(第1表)。

#### (2) 摘心日予測 [モデル1]

データセットより、定植時期の平均気温と摘心までの積算気温の線形回帰分析を実施した。定植時期の平均気温は、定植日を1日目として26日目までの日平均気温の平均値を利用した。その理由としては、メッシュ農業気象データシステムで26日先までの予測値が提供されており、説明変数として適当と考えたためである。積算気温については、センター内に設置されている気象観測機データにより算出した。目的変数は、定植日～平均頂花蕾摘心日までの0°C以上有効積算気温とし、メッシュ農業気象データの日平均気温予測値から頂花蕾摘心日が予測可能な形とした。

第1表 生育モデル作成用データセット<sup>z</sup>の概要 (2019年)

No.	品種・系統 <sup>y</sup>	定植日	平均頂花蕾摘心日	合計出荷量 kg/a
1	E 2	2019/9/5	2019/9/25	164
2	E 2	2019/9/5	2019/9/25	159
3	E 2	2019/9/15	2019/10/11	144
4	E 2	2019/9/15	2019/10/11	132
5	E 2	2020/9/8	2020/9/30	158
6	E 2	2020/9/8	2020/10/2	148
7	E 2	2020/9/8	2020/10/2	132
8	ME	2012/9/5	2012/10/24	124
9	ME	2012/10/17	2012/12/19	131
10	ME	2014/9/17	2014/11/4	127
11	ME	2019/10/5	2019/11/16	163
12	ME	2019/10/15	2019/11/27	205
13	ME	2019/10/15	2019/11/29	228
14	ME	2020/9/24	2020/11/3	103
15	ME	2020/9/24	2020/11/7	210
16	ME	2020/10/5	2020/11/19	190
17	L	2012/9/5	2012/11/1	140
18	L	2012/10/17	2013/1/28	144
19	L	2013/9/18	2013/11/21	132
20	L	2013/9/25	2013/12/2	124
21	L	2013/10/5	2013/12/30	130
22	L	2014/10/1	2014/12/1	121

<sup>z</sup>モデル作成用データ絞り込み条件

定植時期：「E2」9/1～9/20、「ME」9/20～10/20、「L」10/1～10/20

出荷量：103～230kg/a

花茎1本重：7g以上

<sup>y</sup>表に記載された項目以外についても、以下の通り整理した

- ・各花茎No. (花茎収穫順にナンバリング) の1本重
- ・定植日～26日後の日平均気温の平均 (モデル1説明変数：X<sub>1</sub>)
- ・定植日～平均頂花蕾摘心日までの有効積算気温、有効気温0℃以上 (モデル1目的変数：Y<sub>2</sub>)
- ・平均頂花蕾摘心日～各花茎No.収穫までの有効積算気温

また、定植時期の気温と花芽分化の影響を確認するため、人工気象室を利用した育苗試験を実施した。「はなっこりー」品種「E2」、「ME」、「L」を2020年8月4日、10月7日、11月25日、2021年1月13日に培地(与作N150、ジェイカムアグリ株式会社)を充填した72穴セルトレイに播種し、人工気象室内(グロースキャビネット、三洋電機株式会社)に入庫し、照明光(ビオルックスHG、NEC)を明期時間12h、温度設定を15℃、20℃、23℃として育苗した。1区あたり各6株について、経過日数に伴う展開葉数、未展開葉数および花芽分化ステージを調査した。

### (3) 出荷予測[モデル2]と精度検証

出荷時期および出荷量の予測モデルを作成するために、「頂花蕾摘心日から各花茎収穫日までの有効積算気温」および「各花茎No.ごとの1本重」について平均値を求めた。なお、花茎No.とは、株あたりで花茎

の収穫順に番号を付したものである。「はなっこりー」は低温および高温で生育が停滞する(データ省略)ため、有効気温については第2表に示す条件とし、それぞれで出荷時期予測モデルを作成した。なお、有効気温の計算方法を例示すると、下限温度～上限温度が1～18℃の場合、日平均気温(T)が1～18℃では(T-1)、18℃以上は(18-1)、1℃以下は0となる。

また、岩国市、山口市、長門市3か所の現地生産ほ場について、品種、定植日、面積、画像データ(定植後積算気温650℃、1000℃、1月20日の3段階)をそれぞれ収集し、2に示す「はなっこりー出荷予測ツール」を利用して出荷予測を行った。得られた日出荷量予測データと、各生産ほ場の日出荷量を半旬ごとに集計し、予測精度(二乗平均平方根誤差:RMSE)を算出した。有効気温については、第2表の条件で作成したモデルをすべて当てはめて検証した。

第2表 有効気温の上限および下限温度設定

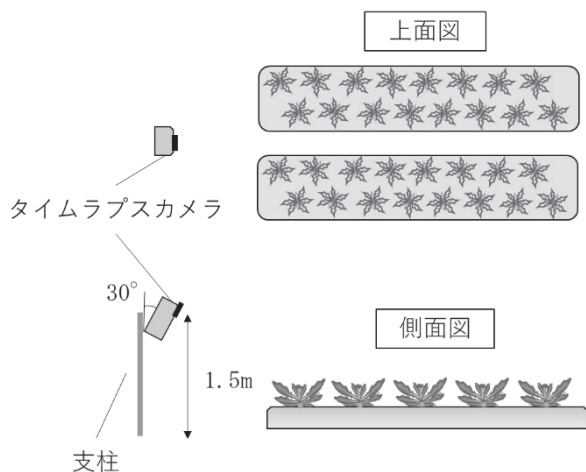
(°C)

	試験区										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
有効気温の下限	0	1	2	3	4	5	0	0	0	0	0
有効気温の上限	18	18	18	18	18	18	20	22	24	26	なし

## 2 「はなっこりー出荷予測ツール」の作成

### (1) 画像による出荷量補正

センター内において、2019～2020 年度に「E2」を9 反復、「ME」を10 反復栽培して植被率および出荷量 データを得た。栽植密度は、「はなっこりー栽培マニ ュアル（平成31年版）」に従い、「E2」は357株/a、「ME」と「L」は313株/aとした。植被率算出用の画像を撮影するために、各試験区1台のタイムラプ スカメラ（TLC200、Brinno）を、高さ約1.5m、俯角約 30°で設置し、群落の画像を1時間間隔で記録した



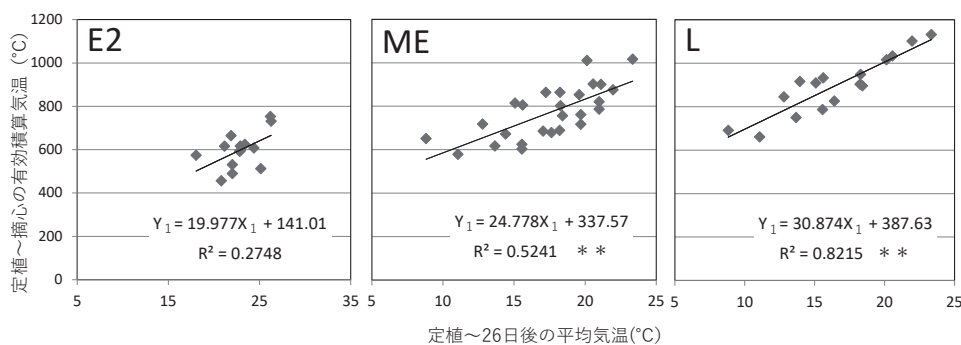
第2図 画像撮影方法

スマートフォンやタブレットを利用して撮影する場合も、同様の位置から撮影

(第2図)。山口大学荊木研究室の作成したプログラムを利用して、定植以降の植被率推移を調査した。最も生育の良い状態を表す指標として、品種ごとにすべ ての植被率推移グラフを重ねた時の最大値を標準植被 率とし、同様に出荷量推移の最大値を標準出荷量とし た。各品種について、相対植被率（実測植被率/標準 植被率）と相対出荷量（実測出荷量/標準出荷量）の 線形回帰分析を実施した。植被率を当てはめる時期と しては3段階設定し、定植後の有効積算気温650°C、 1000°Cおよび1月20日とした。凍霜害については、 「ME」を中心に1月頃に発生することから、調査日を 1月20日に固定し、2月以降の「ME」出荷量を補正 する形とした。

### (2) メッシュ農業気象データシステムと連動したエクセルツール作成

マイクロソフトエクセルにモデル1および2を組み 込んだシートを作成し、メッシュ農業気象データシス テムより提供されている「メッシュ気象組み込みモジ ュール（2019, 根本）」を利用して、メッシュ農業気 象データと連携させた。



第3図 摘心時期予測モデル(2019年)

説明変数X<sub>1</sub>: 定植日～26日後までの日平均気温の平均

目的変数Y<sub>1</sub>: 定植～摘心までの0°C以上有効積算気温

\*\*は1%水準で有意であることを示す

## 結果および考察

### 1 予測モデルの作成

#### (1) 摘心日予測[モデル1]

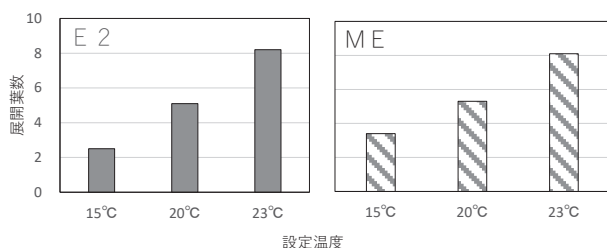
回帰分析の結果、すべての品種において、定植時期の平均気温 ( $X_1$ ) と定植から摘心までの有効積算気温 ( $Y_1$ ) の間に正の相関が認められた (第3 図)。

$$\text{「E2」} : Y_1 = 19.977X_1 + 141.01$$

$$\text{「ME」} : Y_1 = 24.778X_1 + 337.57$$

$$\text{「L」} : Y_1 = 30.874X_1 + 387.63$$

決定係数は「E2」で0.27と低く、有意ではなかったものの、「ME」で0.52、「L」で0.82と比較的高く、1%水準で有意であった。また、人工気象室内で、温度設定を15℃、20℃、23℃として育苗し、花芽分化ステージ2 (7段階中の2段階目:花芽分化期)を超えた時の展開葉数を調査した結果、温度設定が高いほど展開葉数が多かった (第4 図)。このことは、定植時期の気温と着花節位の関係を裏付けるものである。奥田 (2000) によると、カイランは花成に対して量的低温要求性を持つものと考えられ、着花節位は低温になるほど低下することを確認しており、今回も同様の結果となった。



第4 図 気温が着花節位に与える影響 (2020年)

実体顕微鏡で花芽分化が確認できた時点の展開葉数をカウント

#### (2) 出荷予測[モデル2]と精度検証

各品種における、頂花蕾摘心日から各花茎収穫までの有効積算気温を算出した結果、第5 図のモデルが得られた。また、各花茎 No. ごとに平均1本重を計算した結果、第3 表のモデルが得られた。各モデルを組み合わせて精度検証した結果、有効気温の上限については、日平均気温 18℃および 24℃以下を有効とした場合で、平均RMSEが最も低かった (第4 表)。ただし、今回得られたデータでは一定の傾向は見られなかったため、有効気温の上限設定による大幅な予測精度改善は望めないと考えられた。一方、有効気温の下限

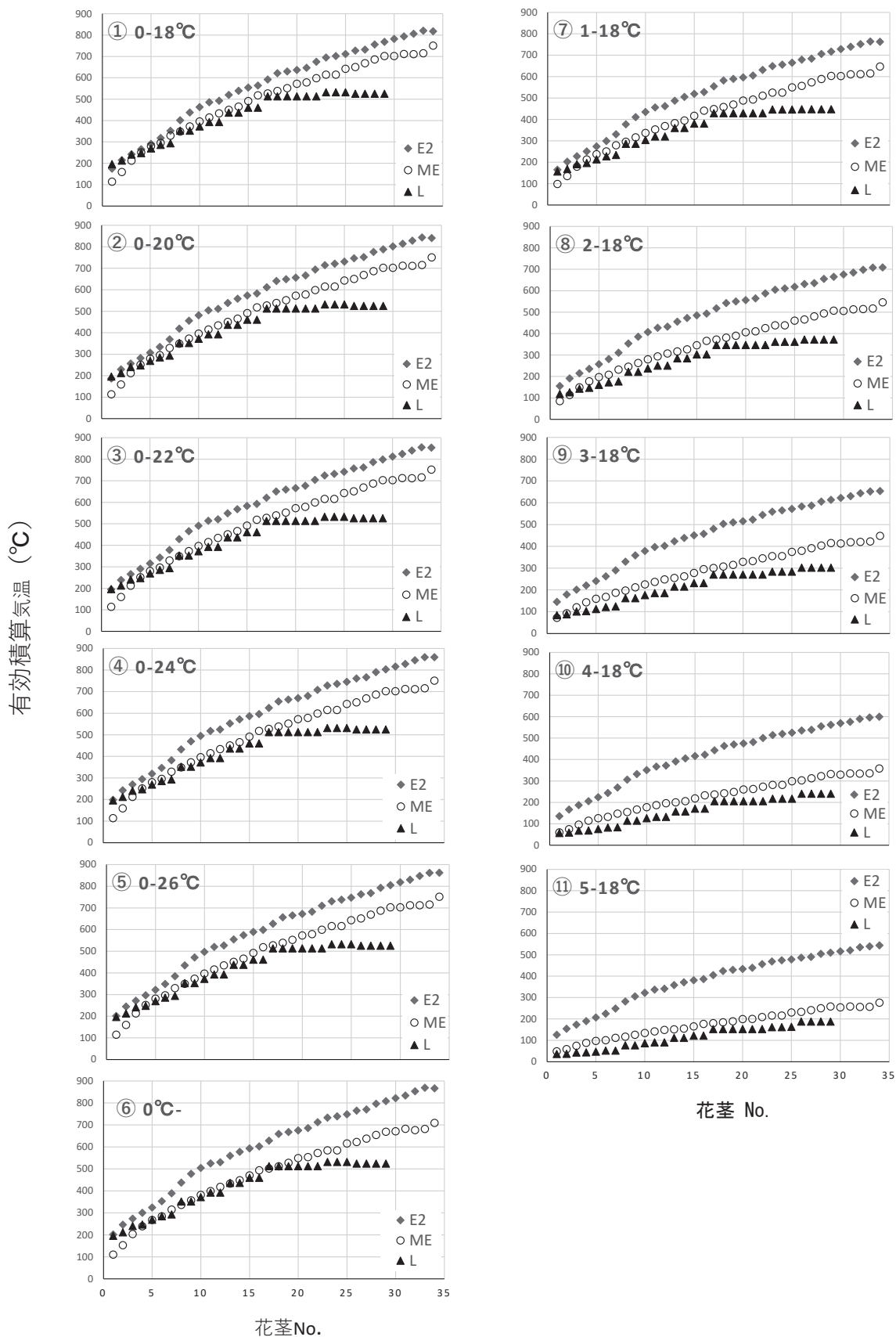
については1℃以上を有効とした場合で、平均RMSEが最も低かった (第5 表)。これらの結果から、有効気温1℃以上の積算気温を利用することで予測精度が向上すると考えられた。有効気温1~18℃条件における、現地試験ほ場の出荷量予測値と実績値の半旬別推移をグラフに表した (第6 図)。予測値と実績値は概ね同様の推移をしているが、出荷時期によっては気象 (降雨で収穫を控えるなど) 等の影響により乖離も見られる。

第3 表 花茎No.重量モデル (2019年) (g)

花茎No. <sup>z</sup>	E2	ME	L
1	10.4	17.9	22.5
2	12.1	17.4	24.9
3	12.6	19.9	24.4
4	12.5	20.3	23.1
5	12.9	19.3	23.6
6	12.3	19.4	23.0
7	12.6	19.4	22.8
8	12.0	18.2	20.2
9	11.4	16.2	20.2
10	11.1	14.8	18.4
11	10.7	16.8	15.0
12	10.7	16.7	15.0
13	11.1	15.3	13.1
14	10.9	14.9	13.1
15	10.5	15.8	11.4
16	10.5	14.2	11.4
17	11.0	13.6	10.3
18	10.6	14.2	10.3
19	10.1	13.5	10.3
20	10.1	13.1	10.3
21	9.5	12.8	10.3
22	10.7	13.8	10.3
23	10.6	12.8	9.7
24	10.2	12.8	9.7
25	9.8	12.6	9.7
26	9.6	12.5	8.4
27	9.5	11.1	8.4
28	9.2	11.2	8.4
29	9.3	11.4	8.4
30	9.1	11.2	
31	9.2	11.1	
32	9.3	12.2	
33	9.4	11.7	
34	9.2	11.4	

<sup>z</sup> 株あたり1本目の収穫花茎をNo.1とし、それ以降降順に番号を付した





第5 図 出荷時期予測モデル (2020年)

各図の左肩は、試験区番号と下限～上限の有効気温（日平均気温）  
 各プロットは、それら有効気温条件における、定植～各花茎No. 収穫に要する積算気温

第4表 有効気温による高温時出荷量（10～11月末）予測精度の違い（2021年）

有効気温	RMSE <sup>2</sup>			
	Aほ場（岩国市）	Bほ場（山口市）	Dほ場（長門市）	平均値
0-18°C <sup>y</sup>	15.6	19.3	18.5	17.8
0-20°C	21.1	17.9	24.7	21.2
0-22°C	21.6	16.1	18.9	18.9
0-24°C	20.2	14.7	18.4	17.8
0-26°C	22.2	14.7	18.4	18.4
0°C以上	22.2	15.0	19.6	18.9

<sup>2</sup>3か所の実証ほ場における、収穫開始から11月30日までの10aあたり半旬別出荷量について、予測値と実績値の二乗平均平方根誤差を比較

数値が低いほど予測精度が高いことを示す

<sup>y</sup>有効気温の下限を0°Cに固定し、上限の有効気温設定を18°C～上限なしの6段階に変えて比較

第5表 有効気温による低温時出荷量（12～3月末）予測精度の違い（2021年）

有効気温	RMSE <sup>2</sup>			
	Aほ場（岩国市）	Bほ場（山口市）	Dほ場（長門市）	平均
0-18°C <sup>y</sup>	39.0	22.2	21.8	27.7
1-18°C	38.1	23.0	18.1	26.4
2-18°C	38.1	24.1	21.8	28.0
3-18°C	44.9	29.6	30.5	35.0
4-18°C	58.7	30.4	34.1	41.1
5-18°C	67.9	32.9	36.7	45.8

<sup>2</sup>3か所の実証ほ場における、12月1日から3月31日までの10aあたり半旬別出荷量について、予測値と実績値の二乗平均平方根誤差を比較

数値が低いほど予測精度が高いことを示す

<sup>y</sup>上限の有効気温を18°Cに固定し、下限の有効気温設定を0～5°Cの6段階に変えて比較

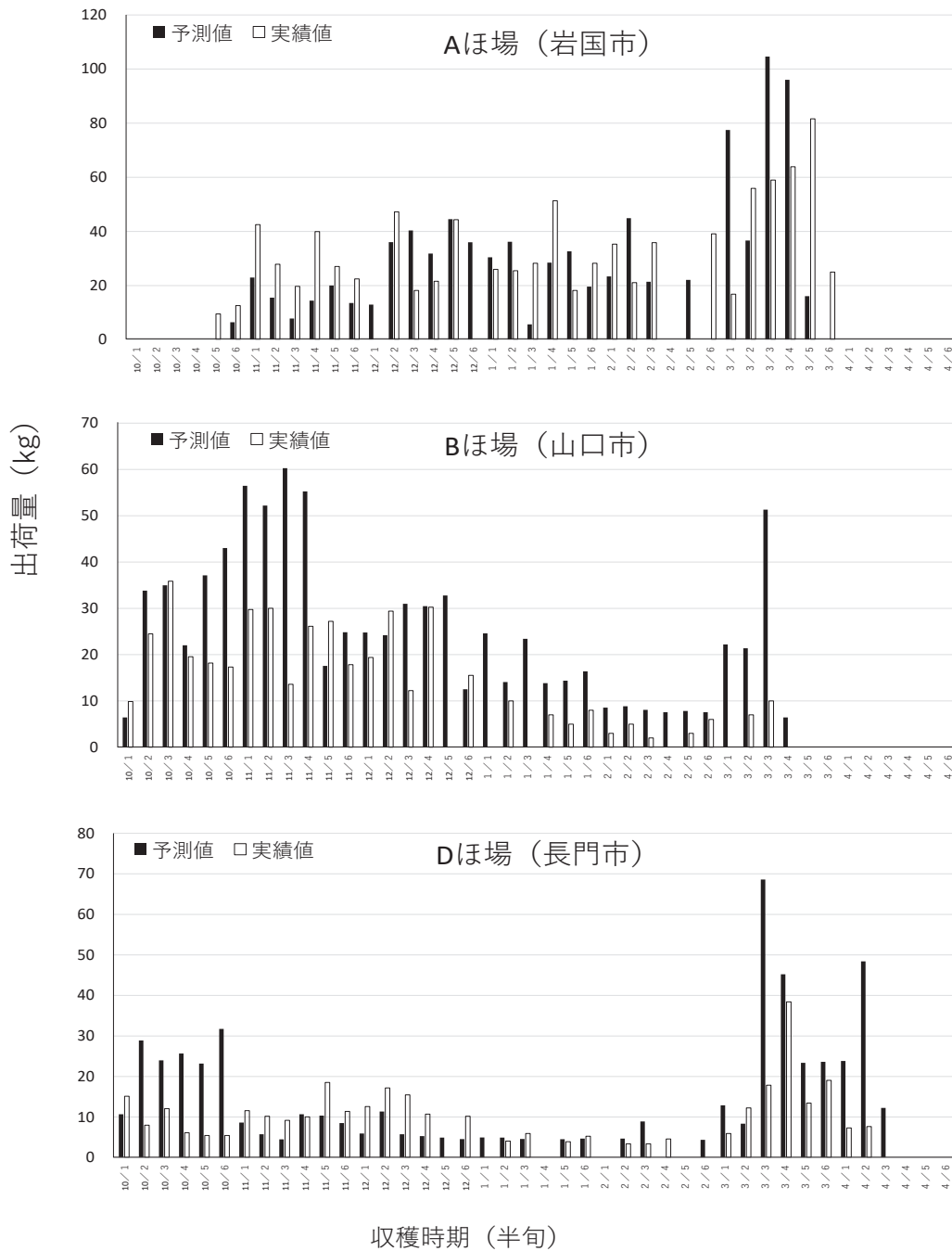
尾崎ら（2021）によると、キャベツは生育適温を超えると生育が遅延・停滞することから、既存モデルの葉齢と積算気温の回帰式に上限温度を22°Cとする有効積算気温法を導入すると、葉齢に対する積算気温の寄与率が高まるとしている。今回の手法ではメッシュ農業気象データの日平均気温を利用したことから、細かな気温変化から予測精度を向上させることは困難であったが、将来的には1時間ごとの気温データ利用により改善を図ることが可能と思われる。また、天候不良等により定植が遅れた場合や、極端に栽植密度が基準と異なる場合は予測精度が低下しやすいため、そのような場合の補正機能もあれば、より予測精度が向上す

と思われる。

## 2 「はなっこりー出荷予測ツール」の作成

### (1) 画像による出荷量補正

相対植被率（実測植被率／標準植被率）と相対出荷量（実測出荷量／標準出荷量）の線形回帰分析を実施した結果、「E2」は、定植後積算気温約650°Cにおいて頂花蕾摘心後の有効積算気温1000°Cまでの相対出荷量と相対植被率に正の相関が認められ、定植後積算気温1000°Cにおいて頂花蕾摘心後の有効積算気温1300°Cまでの相対出荷量と相対植被率に正の相関が認められた（第6表）。「ME」についても概ね同様



第 6 図 有効気温1~18℃条件における出荷量子測値と実績値の違い (2021年)

半旬別に出荷量データを集計して比較



第6表 植被率による出荷量の補正 (2021年)

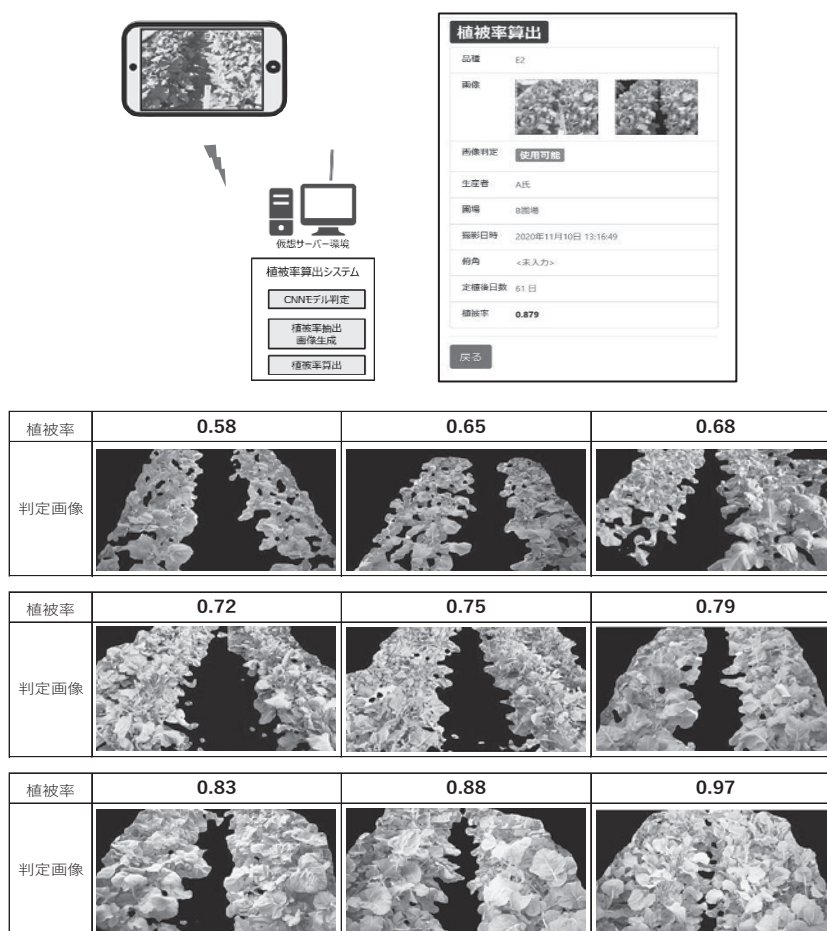
品 種	撮影時期	標準植被率 <sup>z</sup>	出荷量補正式	利用データ、算出条件など
E2	650°C <sup>y</sup>	0.77	$y=1.49x-0.667^x$	2019年定植「E2」、「ME」 2020年定植「E2」、「ME」 定植後の有効積算気温1000°Cまでの収量
	1000°C	0.90	$y=1.5x-0.526$	2019年定植「E2」 2020年定植「E2」 定植後の有効積算気温1300°Cまでの収量
ME	650°C	0.80	$y=1.49x-0.667$	2019年定植「E2」、「ME」 2020年定植「E2」、「ME」 定植後の有効積算気温1050°Cまでの収量
	1000°C	0.90	$y=0.912x$	2020年定植「ME」 定植後の有効積算気温1400°Cまでの収量
	1月20日 <sup>w</sup>	0.91	$y=3.02x-1.89$	2019年定植「ME」 2020年定植「ME」 1/20以降の収量

<sup>z</sup> 2020年に複数作型栽培した中で、各撮影時期において最も高い植被率

<sup>y</sup> 植被率算出用の画像撮影時期を有効気温0°C以上の積算気温で指定した  
650°Cは葉数10枚程度、1000°Cは収穫開始時期頃

<sup>x</sup> x：相対植被率（実測植被率/標準植被率）、y：相対収量  
得られたy値と出荷量予測値との積が各撮影時期における補正出荷量となる

<sup>w</sup> 凍霜害確認時期として最適と考えられる日を指定した



第7図 植被率算出アプリ（上）と画像サンプル（下）（2021年）



第8 図 はなっこりー出荷予測ツール (2021年)

水色セルに作型ごとの数値を入力して「気象データ取得」ボタンを押すことで出荷予測できる

の傾向が認められ、凍霜害の影響を評価する1月20日においても、それ以降の相対出荷量と相対植比率に正の相関が認められた。なお、「L」については反復数が少なかったため正確な解析は困難と判断し、「ME」と同様の一次式を使用することとした。「はなっこりー」は初期生育が収量に与える影響が極めて大きいため、1回目(定植後積算気温650°C)の植比率判定で概ね予測値の補正が可能と考えたが、実際には途中で生育が回復して出荷量も増加するパターンなども確認された。そのため、今回のように複数回に渡り植比率を確認することで、予測精度の向上を図ることできると考えられる。

植比率算出ソフトについては、山口大学作成のプログラムを利用して開発し、Windows パソコン内の仮想サーバー上にスタンドアローン型として搭載した。第2図の位置から撮影した画像をアップロードすることで、植物体だけを抽出した画像を生成するとともに、植比率が算出される。現地における実用性も考慮し、

遠観評価も可能なサンプル画像も作成した(第7図)。将来的には、クラウド上で利用可能なWEBアプリケーションやスマートフォン用のモバイルアプリケーションの開発が望まれる。

## (2) メッシュ農業気象データシステムと連動したエクセルツールの試作

エクセルツールは基本項目として、栽培地点、栽培面積、品種、定植年月日を入力し、メッシュ気象データを更新することで日出荷量予測値が算出される形とした(第8図)。複数作型を組み合わせ、産地全体を予測することも可能である。任意項目として、表示された撮影予定日に、ほ場画像を撮影し植比率を入力することで出荷量予測値が補正される。

## 摘 要

「はなっこりー」について、頂花蕾摘心日を境にし

た2段階の生育モデルを作成した。まず、「定植時期の平均気温」から頂花蕾摘心日を予測できるモデルを作成した。次に、頂花蕾摘心日～各花茎収穫日までの有効積算気温モデルを作成した。これらの予測モデルを組み込んだエクセルシートに、メッシュ農業気象データを連携させた。また、生育状況に応じた出荷量予測値の補正を行うため、植被率と出荷量の回帰分析を実施した。これらを組み合わせて「はなっこりー出荷予測ツール」を試作した。また、予測精度を高めるために、複数の有効気温モデルを作成し検証した結果、上限温度の設定では判然としなかったが、下限温度は1°C以下を無効とすることで高い予測精度が得られた。

尾崎将太・猿渡真・上村拓也. 2021. 葉齢増加モデルの改良による平坦地のキャベツ収穫日予測精度向上. 九州農業研究発表会専門部会要旨集. 84: 7.  
佐々木華織・西森基貴・根本 学. 2022. 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: 1-84.  
[https://amu.rd.naro.go.jp/wiki\\_open/lib/exe/fetch.php?media=wiki:docs:メッシュ農業気象データ利用マニュアル\\_ver5.pdf](https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/lib/exe/fetch.php?media=wiki:docs:メッシュ農業気象データ利用マニュアル_ver5.pdf)

## 引用文献

- 浅尾悠介・森田香利・石原俊幸・森本康史・白岩裕隆. 2021. 秋冬どりブロッコリーにおける平均気温を用いた収穫予測. 園芸学研究: 20(別2): 173.
- 藤井宏栄・岡藤由美子・陶山紀江. 2012. 新系統「はなっこりーME」と「はなっこりーL」の育成および特性. 山口県農林総技セ研報. 3: 25-30.
- 藤井 宏栄・日高 輝雄・重藤 祐司・片川 聖. 2019. 早生系省力型「はなっこりーE2」の育成と栽培 ～初代はなっこりーの改良～. 山口農林総技セ研報. 10: 7-15.
- 藤目幸擴・斎藤良光・中山恭伸. 1988. ブロッコリーの花蕾形成における温度と日長の相乗作用. 園学雑. 57: 70-77.
- 中村郁也・荊木康臣・重藤祐司・宇佐川恵. 2019. 収量予測に向けた画像解析による作物の植被率評価. 中国・四国の農業気象. 32: 30-31.
- 根本 学. 2019. メッシュ農業気象データ Excel 用組み込みモジュール利用マニュアル. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター: 1-11.  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/excel\\_module\\_manual.pdf](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/excel_module_manual.pdf)
- 岡田邦彦・菅原幸治. 2019. 加工業務用露地野菜生産・出荷におけるデータ駆動型生産支援システム～葉齢増加モデルを用いた出荷調整支援システムを例として～. 農研機構研究報告. 1: 43-45.
- 奥田延幸. 2000. カイラン (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* L.H.Bailey) の花芽形成に関する研究. 香川大農紀要. 63: 1-97.