パッケージセンターの効率化に向けた イチゴ果実階級判別装置の開発と性能評価

池ヶ谷 篤^{1,5*}・望月麻衣²・天池寛武³・河田智明¹・井狩 徹¹・
大場聖司¹・竹内 隆¹・伊藤聖子^{4,5}・新井映子^{4,5}

¹ 静岡県農林技術研究所 438-0803 静岡県磐田市富丘

² 静岡県富士農林事務所 416-0906 静岡県富士市本市場

³ 一般財団法人雑賀技術研究所 640-8341 和歌山県和歌山市黒田

⁴ 静岡県立大学食品栄養科学部 422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田

⁵ 静岡県立大学大学院薬食生命科学総合学府 422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田

Development and Performance Evaluation of Strawberry Class Sorting Apparatus for Improvement of Packaging Center Efficiency

Atsushi Ikegaya^{1,5*}, Mai Mochizuki², Hiromu Amaike³, Tomoaki Kawata¹,
Toru Ikari¹, Seiji Ohba¹, Takashi Takeuchi¹, Seiko Ito^{4,5} and Eiko Arai^{4,5}

¹Shizuoka Research Institute of Agriculture and Forestry, Tomigaoka, Iwata, Shizuoka 438-0803

²Shizuoka Fuji District Agriculture and Forestry, Motoichiba, Fuji, Shizuoka 416-0906

³SAIKA Technological Institute Foundation, Kuroda, Wakayama 640-8341

⁴School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka, Yada, Suruga-ku Shizuoka 422-8526

⁵Graduate School of Integrated Pharmaceutical and Nutritional Sciences, University of Shizuoka, Yada, Suruga-ku Shizuoka 422-8526

Abstract

Strawberries are a labor-intensive agricultural product. Packaging strawberries, in particular, is time-consuming, and is a major burden on producers. In recent years, packaging centers in charge of packing operations for producers have emerged in major strawberry-producing regions; however, they are not fully capable of meeting producers' demands. We developed a prototype strawberry fruit-class sorting apparatus that can measure the amount and value of strawberry to fix the payment from each strawberry producer at the time of shipment acceptance, through the weighing of boxed strawberries, image capture, and image processing. This prototype yielded an accuracy equal to or higher than that achieved by the manual classification of strawberries by humans; moreover, the introduction of this prototype was determined to shorten the time required by packaging workers by about 14 min per strawberry producer. These results can thus improve the operating efficiency of packaging centers. However, image processing of strawberries was found to be influenced by the background color, suggesting the need to consider the color of the cushioning material that is used to box strawberries.

Key Words : automation, fruit volume, image processing, mechanization

キーワード : 画像処理, 自動化, 果实体積, 機械化

1. 技術開発の背景

イチゴは10a当たりの年間労働時間が2,000時間を超える労働集約型の野菜である。その中でも出荷に関わる労働時間は全体の26.1%と最も多く(農林水産省, 2007), 生産農家の大きな負担となっている。2000年代に入り農家の高齢化や後継者不在によって労働力不足が顕在化し始めると, イチゴの収穫ロボットの開発, イチゴの栽培, 出荷などの機械化に向けた研究が行われるようになってきた(有馬ら, 2001; 重松ら, 2009)。また, 出荷に関わる作業の

中でも, 特に負担の大きいイチゴのパック詰め作業を代行するパッケージセンター(以下PC)の利用を希望する農家数は増加し(岩崎ら, 2013), 主要産地では徐々にPCが普及している(和田, 2005)。

静岡県は, 栽培面積308ha, 生産量10,400t, 生産額108億円(農林水産省, 2016)の主要なイチゴの産地であり, 現在, 県内では4か所のPCが運営されている。いずれのPCも, 生産者の利用希望は年々増加し, 要望がPCの処理能力を超えていることから, イチゴの受け入れ量を制限しており, PCの受け入れ拡大が望まれている。一部の地域では, 大型のライン型選果機を導入して処理能力を増大させ, 地域のイチゴ生産におけるパック詰め作業の大半を

2018年1月19日 受付. 2018年5月25日 受理.

* Corresponding author. E-mail: atsushi1_ikegaya@pref.shizuoka.lg.jp

PCで対応している事例もみられるが(岩崎, 2013; 徳田, 2017), PCの増設・拡大や大規模な機械化は, 設備投資が大きくなり, パック詰めの手数料が上がる危険があることや, 管理する人員が不足していることから, 導入が困難なことも多い。そのため, 我々は大規模な機械化をすることなく, 現状の施設, 人員のままでPCに導入することが可能な設備を開発し, PCの受け入れ量の拡大を図ることを目的として技術開発を行った。

現在, 静岡県 of イチゴPCでは, 生産者がイチゴを搬入し, 搬入されたイチゴは個々の生産者ごとに, PCの職員がパック詰めを行う。また, パック詰め終了後に出荷したイチゴから, それぞれの生産者について, どの階級のイチゴパックがどれだけできたかを計算して出荷額を精算している。そのため, PC内では常に生産者ごとに出荷されたイチゴを管理する必要がある, これが効率化を阻む要因となっている。我々は, この問題を解決するために, PC内での作業の効率化を目的とした「イチゴ果実階級判別装置」を開発した。「イチゴ果実階級判別装置」は, 出荷箱の重量測定と画像認識によって出荷量と出荷された果実の階級を判別する装置であり, 装置の導入によって生産者が入荷した際に精算を済ませることが可能になる。これにより, PC内で生産者ごとにイチゴを管理する必要がなくなり, 後のパック詰め作業に付随するいくつかの工程を省き, PCの効率化を図ることができる。

前述の大規模に機械化されたイチゴPCでも, カラーカメラ式画像処理装置が導入され, 形状, 色が計測されているが, これらはあらかじめパンと呼ばれる小型の容器にイチゴを1果ずつ乗せる必要があり, また, 重量はパンごと, 1果ずつ重量計で測定している(徳田, 2017)。一方, 開発した試作機は, 入荷されたイチゴを出荷箱のまま処理できることを特徴としている。また, 三次元計測による果実体積の測定が報告されているが(山本・紺野, 2009), 本装置は平面画像を処理することで体積を推定する。この他にも自動パック詰めロボットの開発等(山本ら, 2015), 機械化に向けた研究は盛んに行われているが, いずれの場合にも階級別出荷量の把握を事前に行うことによって, 入荷した果実の取り扱いが簡便化できる。

今回は, PCの効率化に向けて, 現在稼働しているイチゴPCを調査し, 作業効率や人手による選果の精度を明らかにするとともに, 試作した「イチゴ果実階級判別装置」を実際にPCに持ち込んで装置の処理能力や精度を検証し, 装置の導入がPCの運営にどのような影響を与えるかを検討した。

2. 技術開発の概要

1) イチゴPCにおける作業効率とパック詰め精度の検証(開発1)

現状のPCの作業効率と従業員が行うパック詰め精度を知るため, 2016年1月21日に遠州夢咲農業協同組合(JA 遠州夢咲)のイチゴPC(静岡県菊川市峯田)におい

第1図 JA 遠州夢咲イチゴパッケージセンターでの作業風景

て, 調査を実施した。現在, JA 遠州夢咲のPCは, 5名のパート従業員で構成されるラインが6系統あり, ラインごとに生産者が搬入したイチゴのパック詰め作業を行っている(第1図)。各ラインでは, 1生産者分ずつ冷蔵庫からイチゴを搬出し, イチゴをすべて詰め終わった後, 出来上がったパックの出来高確認を行って出荷量を確定し, 次の生産者分のイチゴをパックに詰めるという作業を繰り返している。なお, パート従業員は概ね3分の2が5年以上の経験を有する熟練作業員であり, 残りは未経験もしくは経験の浅い作業員である。パート従業員は熟練度などをふまえ, 各ラインの能力がほぼ等しくなるように配置されている。

今回は, パート従業員によるパック詰め終了後の出来高確認と荷の端合わせの工程に要する作業時間を調査した。出来高確認は, 生産者ごとに搬入されたイチゴから, どの階級の製品がどれだけ出来たかを確認する作業であり, 荷の端合わせは, 出来高確認を行う前に他の生産者の荷と混ざらないようにするため, 1生産者分の荷のパック詰め作業を完了させる最後の調整作業である。10生産者分のパック詰め作業について, 各ラインの作業風景をビデオカメラで撮影し, 得られた動画から出来高確認および荷の端合わせの作業に要した時間を計測した。

また, パート従業員によってG(40g以上), DX(19g以上40g未満の正形果), DXA(19g以上40g未満の変形果), 2L(15g以上19g未満), A(15g以上19g未満の変形果), L(11g以上15g未満), M(8g以上11g未満), S(6g以上8g未満)およびB(6g以下)の9階級に仕分けられたイチゴ542果について, 1果ずつ重量を測定し, 人手による階級判別の誤差を調査した。

10生産者分のパック詰め作業に関わる出来高確認および荷の端合わせの作業時間を調査したところ, 調査したラインの出来高確認に要する所要時間の平均は2分6秒, 荷の端合わせに要する所要時間の平均は12分12秒であった。今回調査した生産者の出荷量は, 約2kg入る出荷箱で16~38箱であったが, 出荷量と出来高確認および荷の端

第1表 人手によるイチゴパック詰め作業の誤判別率

	全体	階級別 ^z						
		G	DX	DXA	2L	L	M	S
調査果実数 (個)	542	27	59	56	40	96	120	144
誤判別果実数 (個)	95	4	11	18	12	7	29	14
誤判別率 (%)	17.5	14.8	18.6	32.1	30.0	7.3	24.2	9.7

^z G, 40 g 以上 ; DX, 19 g 以上 40 g 未満の正形果 ; DXA, 19 g 以上 40 g 未満の変形果 ; 2L, 15 g 以上 19 g 未満 ; L, 11 g 以上 15 g 未満 ; M, 8 g 以上 11 g 未満 ; S, 6 g 以上 8 g 未満

合わせにかかる所要時間に有意な相関は認められなかった (データ省略)。従って、これらの所要時間は、出荷量ではなく、生産者の人数に影響されると考えられた。試作機を導入した場合には、あらかじめ精算が終わっている果実を詰めることになるため、1生産者当たり14分18秒 (出来高確認と荷の端合わせにかかる所要時間の合計) の作業時間が短縮されると推定された。

当PCでは、1日に平均で35生産者分のイチゴが入荷され、これを従業員5名から構成される6ラインで処理しているが、1ラインが1日に6生産者を担当すると仮定すれば、本装置を導入することによって、各ラインの1日当たりの作業時間が85分48秒短縮される。現在のPCは休憩を除いた1日の稼働時間が8時間であるが、装置の導入による作業時間の短縮により、現在の人員、稼働時間のまま、イチゴの受け入れ量を拡大することが期待される。

また、従業員によるパック詰め階級判別率を調査したところ、全果実中、誤った階級として判別されていたものは17.5%であった (第1表)。誤判別率は階級によって差が認められ、DXAが最も高く32.1%、2Lが30.0%、Mが24.2%であった。LとSは誤判別率が低く、Lが7.3%、Sが9.7%であった。

これらの調査結果から、試作機を導入した場合、荷受け階級判別装置の誤判別率が17.5%以下であれば、現状の人手による判別と比較して遜色なく、生産者に精算する際の金額の算出に十分利用可能と考えられた。

2) 「イチゴ果実階級判別装置」の開発 (開発2)

「イチゴ果実階級判別装置」 (以後「試作機」) は、イチゴを収穫箱に入れた状態で、箱の中のイチゴの個数と階級を判別することを目的として開発した。装置は、ロードセル (FG-30KBM 表示分解能 2g, (株) エー・アンド・デイ) 上にイチゴ収穫箱を静置し、重量を測定すると同時に、上部に設置したデジタルカメラ (カメラ : acA1600-20uc (1626×1234 pixel), BASLER AG, レンズ : SV-0813V, (株) VSテクノロジー) によって収穫箱の画像を撮影し、画像処理を行うものである (第2図)。なお、ロードセル上には、JA 遠州夢咲で使用されている外寸 576×319×98 mm のイチゴ収穫箱に対応するように、ガイド付きのアルミニウム板を設置した。カメラは、外光の影響を避けるために遮光カバー内に設置し、遮光カバー内には第2図に示した

装置外観

遮光カバー内部

制御ボックス内部

第2図 試作したイチゴ果実階級判別装置の外観と遮光カバー内部

ように4本のLED照明 (LEDSC190-W 2本, LEDSC350-W 2本, (株) ミスミ) を配置し、撮影時に照射した。

得られた画像は、画像解析ソフト (HALCON Ver. 11.0, MVTec Software GmbH) を使用して解析した。画像処理時

第3図 面積値推定方式によるイチゴの実測果重と推定果重の相関

には、果実色閾値を設定する必要があるが、これは果実部分を背景から抽出するための輝度（0～255）の閾値であり、輝度が設定値以上の部分をイチゴとして抽出し、設定値未満であれば背景として認識するようにした。また、抽出したイチゴの画像の形状から正形果と変形果を判別した。

得られた画像からイチゴの果実重量を推定するために、2種類の推定式を使用した。1つ目は面積値推定方式で、画像処理によって1果ずつの面積値を算出し、推定式によって果実重量を推定する方法である。本推定式は、イチゴを球体とみなして、画像解析によって得られた面積値（ x ）を1.5乗した値と果実重量の実測値との間の回帰分析を行い、式（1）を得た（第3図）。

（1）面積値推定方式による推定式

$$y_i = x_i^{1.5} \div 37873 + 1.27$$

y_i = 面積値による果実重量推定値（g）

x_i = 重量を推定する果実の面積値（pixel）

2つ目は重量比按分方式で、収穫箱ごとに重量計でイチゴの重量を測定し、その実測値を画像処理したイチゴの面積値で按分して算出する方法である。重量比按分方式による果実重量の推定には、以下の推定式を用いた。なお、本推定式は傾きと切片を用いないものとした。これは、装置を実用化して長期にわたって運用することを想定し、PCで取り扱うイチゴの品種が変更された際や、装置の更新やラインの改造によってカメラの性能、カメラと測定物の距離等が変更された際に、新しく係数を求める必要がない算出方法が望ましいという利用者からの要請をふまえたものである。

（2）重量比按分方式による推定式

$$z_i = TW \times (x_i^{1.5} \div \sum x^{1.5})$$

z_i = 重量比按分による果実重量推定値（g）

TW = トレイ当たりの全果実重量の実測値（g）

x_i = 重量を推定する果実の面積値（pixel）

x = トレイ内にある果実の面積値（pixel）

輝度閾値	画像	要因ほか
処理前		
120		重なりあった果実を個別に認識できない、劣化した緩衝材を果実と誤認識
140		一部で変色した緩衝材の誤認識があるが、比較的良好に認識
160		過熟気味の色の濃い果実の認識不良が発生

第4図 試作機によるイチゴの画像認識精度と誤認識の要因
画像から果実を抽出し、重量と形状を判別する
処理後の画像は、階級ごとに異なる色で輪郭が表示される

今回は試作機を運用するためのソフトウェアとして、得られた果実重量の推定値と果実の形状からこれらの処理を生産者ごとに自動で処理、集計が行えるプログラムを新たに構築し、試験に用いた。

また、装置の運用を行う際は、果実色閾値を設定する必要があるが、最適な果実色閾値を求めるため、120、140および160に設定して解析した。その結果、第4図に示すように120では明るめの色の果実が重なりあった際に個別に分離して認識できない事例が発生した。また、劣化した緩衝材の一部を果実と誤認識した。160では過熟気味のイチゴについて認識しない事例がみられた。一方、140では熟度が異なるイチゴであっても背景と良好に分離できたため、140を試作機の基本設定値とした。

3. 試作機のPCでの実証

1) イチゴPCにおける試作機の性能評価（実証1）

画像処理を行う際の果実色閾値は140とし、同じデータを面積値推定方式および重量比按分方式のそれぞれで解析した。なお、面積値推定方式で使用する変数は開発2で得られたものを使用した。果実重量、形状によるイチゴの階級は開発1と同様であるが、試験実施日に、PCではG、A階級の果実の入荷量が少なく、通常加工用として出荷されるB階級とともに加工用として処理されたため、G、A、B

第2表 推定式の違いがイチゴ重量の誤判別率に与える影響

方式		全体	階級別 ^z						出荷実績重量との差の合計 ^x
			DX	DXA	2L	L	M	S	
	出荷実績重量 (g)	1,029,292	159,820	95,480	216,360	319,452	183,600	55,080	
面積値推定方式	階級別予測重量 (g)	1,092,495	198,911	138,994	197,641	207,865	255,295	93,789	
	出荷実績重量との差 (g)	63,203	39,091	43,514	-18,719	-111,587	71,695	38,709	323,315
	誤判別率 (%) ^y	6.1	24.5	45.6	8.7	34.8	39.0	70.3	31.4
重量比按分方式	階級別予測重量 (g)	1,040,025	233,039	91,198	192,730	184,897	227,736	110,424	
	出荷実績重量との差 (g)	10,733	73,219	-4,282	-23,630	-134,555	44,136	55,344	335,166
	誤判別率 (%) ^y	1.0	45.8	4.5	10.9	42.1	24.0	100.5	32.6

^z 分類法は第1表と同じ；ただし，Gは加工用として判別されたものとみなして除外^y 出荷実績重量との差の絶対値を出荷実績重量で除した値^x 出荷実績重量から階級別出荷実績重量を減じた絶対値の合計とその誤判別率

と判定したものは加工用として判定したものとみなして、出荷実績と比較した。また、表面等に損傷のあるものや、一部受粉不良等がある果実についてもPCでは加工用として出荷された。そのため、出荷実績と比較する際は、画像解析でG、AおよびBとして判定された果実は加工用として判別されたものとみなし、加工用の出荷実績がそれを上回る部分については、残りのすべての階級から、重量に応じて等しい割合で加工用果実が発生したものと仮定して試算した。

その結果、第2表に示したように、面積値推定方式では全体の出荷量の合計値が、実測値より6.1%高い値となった。また、階級ごとの出荷実績値との差の比率の平均も、30%を超えていた。解析ログを確認したところ、本PCでは、イチゴを出荷する際に出荷箱の下に緩衝材としてウレタンを敷いているが、想定していたよりも激しく黄色または褐色に変色しているウレタンが多く、画像解析の際に果実色閾値を140に設定しても、変色したウレタンを果実として誤認識している事例が認められた（第5図）。全体の出荷箱のうち、54.1%でウレタンの一部をイチゴとして認識しており、これが全体の出荷量の合計値が実測値よりも高くなった要因と推察された。また、ウレタンを誤認識したものは、大きい面積で誤認識したものがDXAに、少ない面積で誤認識したものがSに多く、これらがDXAとSで誤判別率が高くなった要因と考えられた。

重量比按分方式では、重量計で重量を測定し、果実ごとに按分してから改めて合計したが、出荷実績値に対して1.0%の誤差が生じた。また、階級ごとの出荷実績値との差の比率の平均は32.6%で面積値推定方式よりも高く、階級判別の精度は低かった。階級判別の比率については、DX、M、Sが出荷実績値よりも高く、Lは低かった。これは、ウレタンを誤認識したものが比較的大きな果実として判定された場合が多かったことと、ウレタンが認識されたことでイチゴの果実数が実際よりも多く推定され、果実重量が実際よりも小さく補正されてしまうことで、Lの果実

第5図 実証試験で見られた緩衝材の誤認識事例
画像から果実を抽出し、重量と形状を判別する
処理後の画像は、階級ごとに異なる色で輪郭が表示される

がM、Sの階級として誤認識されたことが原因であると考えられた。

これらの結果より、緩衝材の誤認識は、試作機の精度に大きな影響を与えることが判明した。そこで、果実色閾値を変更して再解析を行い、認識精度を改善できるかを検討した。その結果、果実色閾値を140から160に上昇させることで、緩衝材の誤認識が発生する出荷箱は3%以下に減少した。ただし、閾値を上昇させたことで、開発2と同様に過熟傾向にある赤色の濃いイチゴを認識しなくなる事例が認められた。入荷されるイチゴの熟度等を制限することはPCの運営上難しいため、実用化に向けて、果実色閾値を変更せず、誤認識をなくす方法を検討した。

2) 背景色の影響を排除した試作機の性能評価（実証2）

実証1により、収穫箱の底面に敷かれている緩衝材の劣化が解析結果に影響を与えることが明らかになったことから、その影響を排除するため、未使用の緩衝材のみを使用して、PCでの検証試験を行った。収穫箱の底に敷く緩衝

第3表 未使用の緩衝材を使用したイチゴ重量の誤判別率

方式		全体	階級別 ^z						出荷実績重量との差の合計 ^x
			DX	DXA	2L	L	M	S	
面積値推定方式	出荷実績重量 (g)	326,016	76,440	28,280	63,140	61,568	71,100	25,488	
	階級別予測重量 (g)	312,106	69,879	21,420	64,860	68,872	59,007	28,122	
	出荷実績重量との差 (g)	13,850	6,561	6,854	-1,720	-7,304	12,093	-2,634	37,166
	誤判別率 (%) ^y	4.2	8.6	24.2	2.7	11.9	17.0	10.3	11.4
重量比按分方式	階級別予測重量 (g)	328,593	92,450	25,197	66,808	64,484	51,317	28,247	
	出荷実績重量との差 (g)	2,577	16,010	-3,083	3,758	2,916	-19,783	2,759	48,309
	誤判別率 (%) ^y	0.8	20.9	10.9	6.0	4.7	27.8	10.8	14.7

^z 分類法は第1表と同じ；ただし，Gは加工用として判別されたものとみなして除外

^y 出荷実績重量との差の絶対値を出荷実績重量で除した値

^x 出荷実績重量から階級別出荷実績重量を減じた絶対値の合計とその誤判別率

材について、あらかじめ未使用のものを生産者5名に配布した。配布した生産者には、平成29年5月25日に、配布の緩衝材のみを使用して通常どおりPCにイチゴを出荷してもらった。出荷されたイチゴ（出荷箱172枚）について実証1と同様の方法で画像判別による推定値を求め、実際の出荷実績と比較を行った。

その結果、すべての出荷箱で緩衝材の誤認識は発生しなかった。出荷実績重量全体では、第3表に示すように、面積値推定方式では4.2%、重量比按分方式では0.8%の誤差が認められたが、いずれも実証1の際の誤判定率（6.1%、1.0%）より低下した。

階級判別では、面積値推定方式または重量比按分方式のいずれを使用しても、すべての階級で出荷実績重量との誤判別率は30%を下回った。また、すべての階級を合計した誤判別率は、面積値推定方式では11.4%、重量比按分方式では14.7%であった。算出方法が異なるため、単純に比較することはできないが、いずれの方式を採用しても、開発1で調査した人手による階級判別の誤差が17.5%であったことを考慮すると、出荷された果実の実測値の分布と職員による実際の分別結果との誤差より、試作機による推定結果の誤差が大きくなることはないと考えられた。

また、予測した生産者ごとの出荷量に、当日の各階級の

出荷単価を乗じて生産者ごとの精算額を試算し、実際に精算された金額と比較した。その結果、面積値推定方式では、5生産者中最大の誤差を生じた生産者の実精算額との差は5.7%、差の平均は3.4%であった。重量比按分方式では最大誤差を生じた生産者の実精算額との差は1.7%、差の平均は1.1%であり、重量比按分方式の差の方が面積値推定方式よりも少なかった。階級の誤判別率は、面積値推定方式が重量比按分方式よりも小さかったことから、精算金額への影響は階級判別の誤差よりも、全体の出荷量の誤差が大きく影響していると考えられた。そのため、装置のコスト増につながるが、重量計を設置して正確な出荷量を把握し、精算額の誤差を抑えることが、PC利用者の理解を得る上で好ましいと考えられた。

以上の結果から、試作機を導入することでバック詰め作業に関わる出来高確認および荷の端合わせが省略され、1生産者当たり14分18秒の作業時間の短縮が期待できることが明らかとなった（第6図）。ただし、運用するには緩衝材等の背景色に配慮する必要があることが示唆されたため、導入に際しては緩衝材を変色しにくい資材に切り替えることや、黒色のウレタンを利用することを検討している。

また、装置を導入する際は、面積値推定方式と重量比按

第6図 現状のパッケージセンターの運用と装置導入による効果

分方式のいずれで解析を行っても、現状の人手による階級判別と同等以上の精度でイチゴの出荷実績を判別することができると考えられた。そのため、PCで取り扱うイチゴの品種の変遷や、施設の変更等に容易に対応できる、重量比按分方式の導入が望ましいと考えられた。

しかし、重量比按分方式による階級の誤判別率は、現状と同等以上の精度ではあるものの、面積値推定方式より大きくなった。この理由として、イチゴ‘紅ほっぺ’は果実の形状が、小果は比較的球形に近いが、大果の一部はやや扁平になることがあるため、実際の果実重量よりも大きく判定される傾向があった。重量比按分方式では推定式に切片を用いなかったため、この影響をより大きく受けたと予想される。今回の実証試験は静岡県 JA 遠州夢咲の PC で実施したが、本 PC で扱うイチゴ品種は‘紅ほっぺ’のみである。果実の形状に関する特性は品種ごとに異なると予想されるため、実際に運用する際には、装置による予測値と出荷実績値のデータを蓄積し、取り扱うイチゴの特性に合わせて推定式を補正することで、より高い精度での階級判別が可能になると考えられる。

摘 要

イチゴは労働集約型の農産物であるが、その中でもパック詰め作業にかかる労働時間は大きく、生産者の大きな負担となっている。近年、イチゴの主要産地では、イチゴのパック詰め作業を代行するパッケージセンターが稼働しているが、生産者の需要に応えきれていない状況である。我々は、箱詰めしたイチゴの重量を測定すると同時に画像撮影および画像処理を行うことで、受け入れ時に生産者ごとのイチゴの出荷量と階級分布を推定し、出荷額を精算するための「イチゴ果実階級判別装置」を試作した。本試作機は、人手によるイチゴの階級判別と同等以上の精度を有しており、導入によって1生産者当たり14分程度の作業時間を短縮できることが判明した。これにより現在の人員、稼働時間のまま、イチゴの受け入れ量を拡大することが期待される。ただし、イチゴを画像処理する際は、背景色の影響を受けやすいため、収穫箱の背景となる緩衝材の色に配慮する必要があると示唆された。

謝 辞 本研究の実施に際して多大なるご協力を賜りました遠州夢咲農業協同組合の山田守道様と水島武人様に、深く感謝申し上げます。

引用文献

- 有馬誠一・近藤 直・八木洋介・門田充司・吉田裕一.
2001. 高設栽培用イチゴ収穫ロボット (第1報): 5 自由度マニピュレータを用いた収穫ロボット. 植物工場誌. 13: 159–166.
- 岩崎真之介. 2013. 野菜広域出荷産地における共販農家および個人出荷農家に対する農協の支援の実態とその意義—福岡県野菜産地を事例に一—. 農業研究. 26: 401–418.
- 岩崎真之介・細野賢治・山尾政博. 2013. イチゴ機械選果パッケージセンターの特徴と産地のイチゴ販売におけるその有効性. 農業市場研究. 22: 61.
- 農林水産省. 2007. 平成19年産品目別経営統計. <<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/hinmoku/>>.
- 農林水産省. 2016. 平成27年産野菜生産出荷統計. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_yasai/>.
- 重松健太・林 茂彦・山本聡史・小林 研・河野 靖・鎌田順三・栗田充隆. 2009. イチゴ促成栽培における収穫ロボットの周年利用に関する研究. 農機誌. 71: 106–114.
- 徳田博美. 2017. 導入進むいちごパッケージセンターの成果と課題～唐津農業協同組合の取り組み～. 野菜情報. 2017: 46–55.
- 和田昌之. 2005. 栃木県のいちご生産についての一考察. 資本と地域. 2: 23–40.
- 山本聡史・林 茂彦・坪田将吾・落合良治・田中伸明・山田久也. 2015. イチゴパック詰めロボットの開発. 農業食料工学会誌. 77: 197–209.
- 山本隆儀・紺野 靖. 2009. 立体写真測量法を用いた着生果実の三次元的形状、特に果実体積のリモート計測法. 園学研. 8: 451–461.