

# ピーマン自動選別システムの開発 (軽量異形野菜のハンドリング)

Development of Automatic Sorting System for Green Peppers  
(Handling of Light-Weight and Irregular-Shape Produce)

技術本部 千歳 孝\*<sup>1</sup> 益本 雅典\*<sup>2</sup>  
広島製作所 河野 國雄\*<sup>3</sup>

青果物は、形状がふぞろいで傷付きやすく、自動選別の機械化が困難な対象物である。特に、ピーマンは、極めて形状がふぞろいで、跳ねやすく、跳ね、転がりの方向が一定しないという特徴を持つ。このようなハンドリングが困難な対象物に対して、一個づつ一定の規格に従って自動的に選別するシステムを開発した。本システムでは、(1)搬送コンベヤ間の増速乗継ぎにより山積みピーマンを一段にする機構、(2)コンベヤ上の斜板開閉により一列に整列する機構、(3)エアにより高速に切出す機構、を用いて5個/sの高速選別処理を可能とした。

The handling of fresh produce is very difficult to automate, because it is irregular in size and shape, and its surface scratches easily. Green peppers are particularly irregular in shape and they easily bounce and roll in various directions. We have developed a sorting system for these objects which have been difficult to handle, and the system sorts them one by one automatically according to certain standards. This system has the following features, (1) removing piles of green peppers with a series of speed conveyors, (2) lining up them by a vibrating slanting plates mechanism set on conveyors, (3) separating them rapidly one by one with air-blowing, with a sorting rate of 5 peppers per second.

## 1. はじめに

農業分野では、集約化・大規模化された生産地形成が、全国的に進んでいる。一方、産地農家は高齢化し、人手不足の問題を抱えている。そのため、市場要望の高品質(鮮度保持)、定時定量供給にこたえにくい状況にある。市場拡大を行うには、特に収穫から出荷までの農産物物流の省人化・合理化が不可欠で、大規模農協を中心に青果物自動選別施設の建設気運が高まっている。

選別施設とは、収穫された青果物を一定の規格・基準に従って、等階級選別し、包装して商品としての荷姿を整え、流通の場に乗せるための機能を有する施設のことである。選別システムは、供給・整列・等階級選別・切出しを行う選別施設の中核でありながら、対象物の取扱いの困難さから機械化が遅れている。

青果物は、形状や大きさが不均一で傷付きやすく、工業製品とは異なる観点から取扱う必要がある。本報ではピーマンを対象とした自動選別システムのハンドリング技術について述べる。

## 2. 選別システム概要

選別システムは、収穫コンテナから供給される山積みのピーマ

ン(約500個)を取扱う次の工程から構成されている。

- ① 平坦化して一段に整列
- ② 5列に分配し、一列に整列
- ③ ピーマン間にすきまを空けて一個一個に分離
- ④ CCDカメラによる画像処理にて等階級を判別
- ⑤ 等階級ごとに切出し

供給から切出しまで連続して流すライン構成である。ピーマンの一個一個の分離は、連続的に流れて行く過程で、判別・切出しが可能な最小限のすきまを空ける方式である。完全な分離は困難であるが人手で手直しする個数の全ピーマン個数に対する割合(以下、人手介在率と称す)は20%以下となり、省力化が図られる。

図1にライン構成を示す。キー技術は次の三つである。

- ① 増速乗継ぎによる一段整列
- ② 斜板開閉機構による一列整列
- ③ エアによる高速切出し機構

処理速度の条件を以下に示す。

供給 : 20 s 間隔で1 コンテナ

判別 : 5 個/s

切出し : 5 個/s

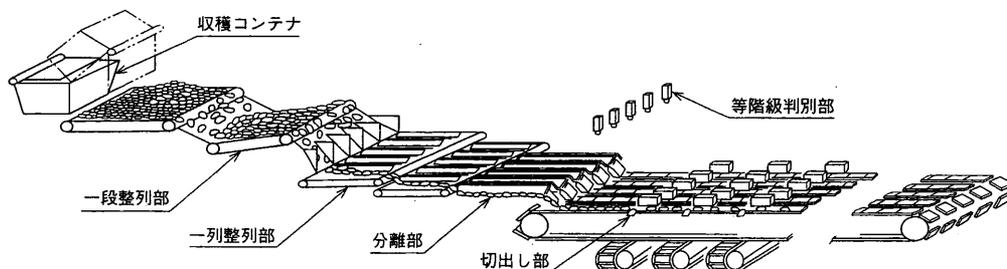


図1 自動選別システムの構成 1ライン5条の構成である。収穫コンテナからの供給・一段整列・一列整列・分離・等階級判別・切出しから構成されている。  
Outline of automatic sorting system

\*1 広島研究所機構技術グループ主務  
\*2 広島研究所機構技術グループ  
\*3 一般機械設計部プラント設計課主務

表1 等級判別要因と判別方法  
Factor and method for grad select

NO.	要因	採用理由	判定方法 (評価指数)	判定条件
1	短軸/長軸比	・極端に太いもの、極端に細いものは等級が落ちる。	ピーマンの短軸と長軸の比で評価する。 $T_1 = W/L$ (1)	A等級サンプルの度数分布を取り、平均値 $\pm 2.5\sigma$ をA等級とB等級のしきい値とする。  短軸/長軸比
2	輪郭の微分 (平均値)  複雑度 大 複雑度 小	・周囲の輪郭の凹凸が全体的に激しいものは等級が落ちる。	ピーマンの長軸を左右に分割し、左右それぞれについて射影データを取り、下記計算を行い、式(3)で評価する。 $C(i) =  X(i) - 1/2 [X(i-10) + X(i+10)] $ (2) $T_2 = \sum C(i)/n$ (3) 式(2)で10画素(5mm)両隣との差分処理を行ったのは、これ位の値が人間の評価と一番良く一致したからである。 $n$ はピーマンの長手方向の画素数から上下端30画素(15mm)を除いた値である。上下端を除いたのはエッジ部分ではA級品も式(2)の値が大きくなるからである。	A等級サンプルの度数分布を取り、平均値 $+2.5\sigma$ をA等級とB等級のしきい値とする。  輪郭の微分 (平均値)
3	輪郭の微分 (最大値)  複雑度 大 複雑度 小	・周囲の輪郭の凹凸が極端に激しいものがあると等級が落ちる。	上記2と同様にして式(4)で評価する。 $T_3 = C(i)$ の最大値 (4)	A等級サンプルの度数分布を取り、平均値 $+2.5\sigma$ をA等級とB等級のしきい値とする。  輪郭の微分 (最大値)
4	対称度	・長軸を中心に左右のバランスが悪いものは等級が落ちる。	ピーマンの長軸を中心に折返し、不一致部分の面積を $A_d$ としたとき式(5)で評価する。 $T_4 = 1 - A_d/A$ (5)	A等級サンプルの度数分布を取り、平均値 $-2.5\sigma$ をA等級とB等級のしきい値とする。  対称度
5	充てん率	・極端な先細り、曲がりは等級が落ちる。	ピーマンの外接長方形の面積とピーマンの面積の比で評価する。 $T_5 = A/(W \cdot L)$ (6)	A等級サンプルの度数分布を取り、平均値 $-2.5\sigma$ をA等級とB等級のしきい値とする。  充てん率

判別及び切出し部のコンベヤ速度は、40 m/min である。はん用のコンベヤでは最高水準の速度である。

ピーマンの等級判別においては、等級はピーマンの形状の良否により、階級は大きさにより行っている。ピーマンの形状は複雑で、一方向だけからでは形状を正しく評価できない。そこで、90度異なる方向から撮影し、両方の画像を用いて判別を行っている。具体的には、鏡を使って一つのカメラで90度異なる二つの画像を一度に取込み、判別を行っている。

等級は、A等級、B等級の2種類である。しかし、規格はあいまいで定量化されておらず、実際の判別は、標準果形写真を基に人間の感覚に頼っているのが実状である。判別アルゴリズムを作成するに当たっては、ピーマンサンプルを分析して等級分けの要因となる形状の特徴を見いだすしかなかった。そこで、客先で等級分けされているピーマンサンプルを入手し、A、B各等級の形状の特徴を分析して、表1に示す五つの要因を抽出した。表1には、これらの要因の採用理由、判定方法(評価指数)、判定条件も併せて記載する。

等階級判別の処理時間は、上記等級判別と大きさによる階級判別を加えて、180 ms にて処理を行なっている。

### 3. ハンドリング技術

#### 3.1 対象物の特徴

装置化には、まずピーマンの性質を知る必要がある。ピーマンの性質について、装置化上の注意点と合せて、表2に概要を示す。固定ガイドでの矯正では摩擦抵抗で詰りの不具合を起し、プッシュ等の移動では方向が定まらない、傷を付ける等の不具合を起す。そこで、連続的に流して行く過程において、一個一個に分離する。実験により挙動を十分に観察し、流れを乱すことなく操る技術が必要となる。

#### 3.2 一段整列機構

層を一段に均一化するため、次の方法を採用した。

- ① 間欠投入のピーマンの山の重なりをなだらかにするよう、コンベヤ速度を設定
- ② 傾斜板に乗移らせ、段を崩し層を広げる

表2 ピーマンの性質と装置化上の注意点  
Features of green peppers and technical points for design

性質	装置化上の注意点
形状がふぞろい	1個ごとの分離が困難
大きさの範囲が広い	跳ね、転がりの方向が一定しない
重量が軽い(30g程度)	跳ねやすい
摩擦係数が大きい	ブロッキングを起しやすい

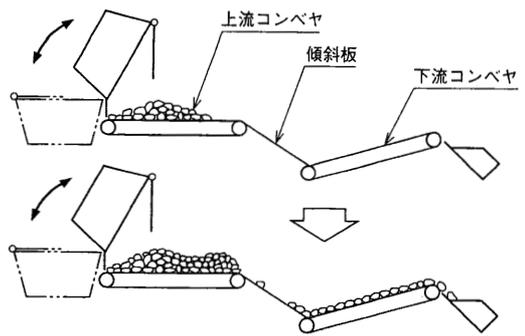
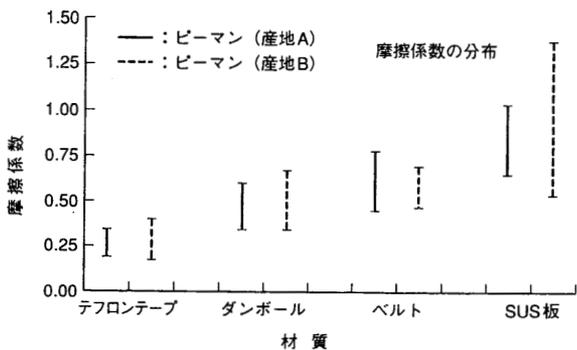
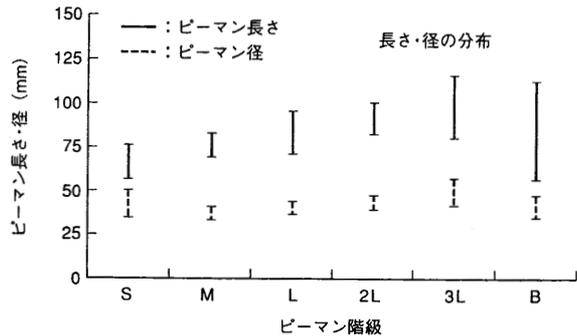


図2 一段整列部の構成 上流コンベヤと下流コンベヤの速度比、及び傾斜板を含めた配置の適正化により、間欠供給される山積みピーマンを一段にする。 Schematic view of unpling unit

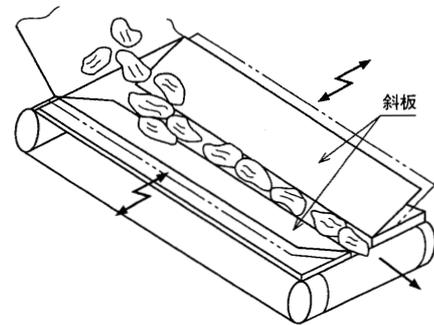


図3 一列整列部の構成 斜板開閉機構により一列に整列する。 Schematic view of lining unit

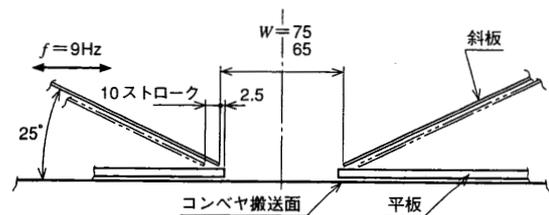


図4 斜板開閉機構の構成 実験で求めた斜板開閉機構の適正值を示す。 Structure of vibration slants plates mechanism

③ 傾斜板上でためができるように、傾斜板とその下流コンベヤの角度を設定

④ 一段となるように下流コンベヤを増速

収穫コンテナから間欠的に山積み供給されるピーマンを一段化するために、コンベヤ速度は供給量からの計算値を基準とし、コンベヤ配置を含め実験により適正化した。図2に一段整列部の構成を示す。

3.3 一列整列機構

ピーマンは滑りにくく、ガイド板による一列化は、ガイド板との摩擦抵抗で滑らず搬送できない。そのため、ピーマンは階級が変わっても径は大きくは変わらず、また滑りにくいという2点に着目して、図3に示す斜板開閉機構を考案した。この機構は、2枚の平板で平コンベヤの搬送路を一個だけ搬送できるようにし、この平板上に搬送路に向けて斜板を設けたものである。斜板は平板より搬送路に出ない範囲で開閉する。この機構により、複数個の間欠供給でもコンベヤ上のピーマンのみ搬送され、斜板上のピーマンはコンベヤ上のピーマンが途切れた時点で斜板の開閉によりコンベヤ上に送込まれる。

前述の機構1段方式では、コンベヤ上のピーマンの搬送を妨げ停滞することがあった。そこで上流側にコンベヤ有効幅の広い機構を設けて粗整列する2段方式を採用した。この2段方式では、ピーマンの搬送を妨げることなく、6個/sの供給でも停滞することなく整列できている。

実験で求めた斜板開閉機構の適正值を、図4に示す。斜板傾斜角は25°、開閉周波数は9 Hz、コンベヤ有効幅は1段目65 mm、2段目75 mmである。

3.4 切出し機構

等階級の切出しは、処理速度が速く機械的に行った場合ピーマンを傷付ける可能性が非常に高い。コンベヤ速度は40 m/minであるので、長さ60 mmのピーマンでは、通過時間0.09 sで処理する必要がある。また、ピーマンの重さは約30 gと軽量である。この2点からエアによる吹飛ばし方式を採用した。これは、縦方向にスリット状の層流を用い、ピーマンの上部にもエアを流し、浮上らせ搬送する方式である。図5に切出し部の構成を示す。

切出しに必要なエア吹出し条件は実験で求めた。確実に切出せることと、前後のピーマンの姿勢を乱さないことが必要である。

図6にエア吹出し位置と前後のピーマンへの影響の実験結果を示す。また、以下に実験的に適正化を図ったエア吹出し条件を示す。

- ノズル部圧力：0.4 MPa (ゲージ圧力)
- 吹出し時間：0.035 s
- 吹出し位置：ピーマンの先端から20 mm

狭いすきまで続いていても、前後のピーマンに影響を与えることなく、大きいピーマンまで安定して切出すことができる。

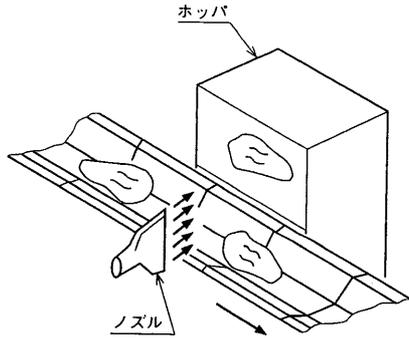


図5 切出し部の構成 スリット状の層流ノズルを縦に配し、エアにより高速にピーマンの切出しを行う。  
Schematic view of operating unit

3.5 供給から分離までの一貫テスト

供給から分離まで一貫テストを行い整列・分離の不良率（接触・重なり）を検証した。テストは、処理速度5個/sで3コンテナ連続投入（20sサイクル）で実施した。テストに用いたピーマンは、産地から直接取寄せ、ハンドリングが難しい形状の悪いもの、小さいものを主体としている。

この結果不良率14~16%で、人手介在率20%以下を達成している。また、テストでは約50000個搬送したが、詰り、傷の不具合は発生していない。

4. おわりに

ピーマンという取扱いが困難な対象物に対して、コンベヤ間増速乗継ぎによる一段整列、斜板開閉機構による一列整列、層流ノズルによる高速切出し等を考案したことにより、処理速度5個/sのピーマン自動選別システムを開発した。

図7に稼働中のピーマン選別施設の概要を示す。5条×3ライン=15条の選別ラインを有し、35t/d、約1167000個のピーマンを処理する施設である。荷受コンベヤに収穫コンテナが乗せられ、オートダンパにより自動的に選別システムにピーマンが供給される。包装は、定量詰め、定数詰め、2種類あり、選別システムで

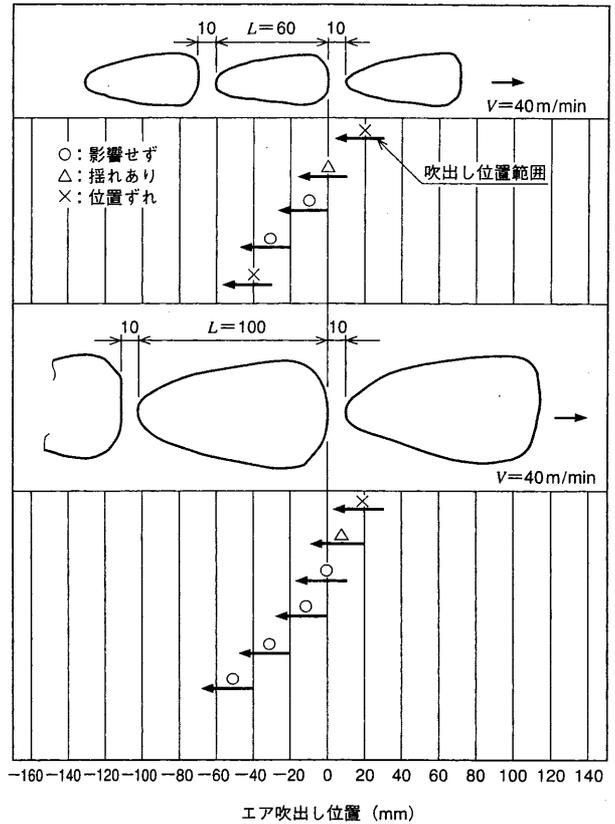


図6 エア吹出し位置による前後ピーマン姿勢への影響結果 エアの吹出す位置を変えて、前後のピーマンの姿勢を乱すか実験を行った結果を示す。  
Result of influence test of air-blowing position

分類された等階級ごとに、自動で袋詰めが行われる。

農産物物流分野の機械化、自動化は、今後ますます進んでいくと思われる。機械工業製品と異なる観点からのアプローチが必要で、人との協業、取扱いの優しさ、環境への配慮が求められる。

今後客先の意見、評価を十分に取入れて、機能、性能の改良・向上を図っていく所存である。

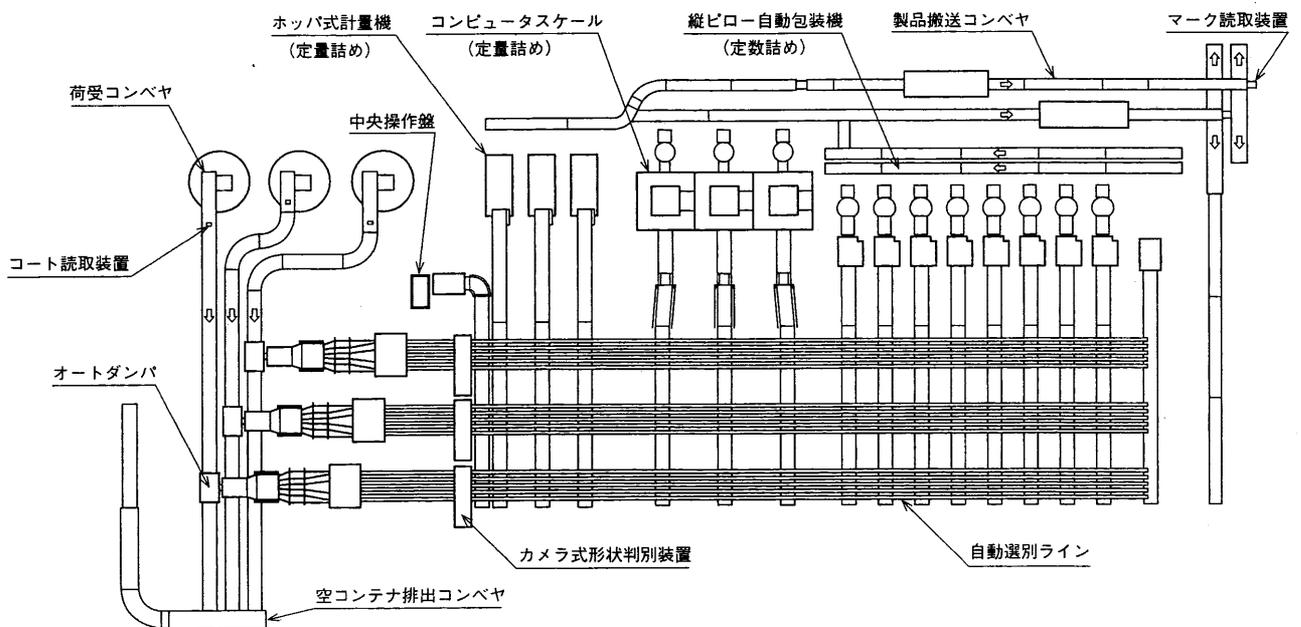


図7 稼働中のピーマン選別施設の概要 3ライン15条の自動選別システムを有する選別施設の概要を示す。  
Outline of sorting plant