

# ジャガイモ自動芽取り機の開発

シンセメック(株) ○大田佳佑, 栗林宏光, 道総研 井川久, 中西洋介, 川島圭太

## 要 旨

じゃがいもの芽や傷み等の不用部を除去する芽取り作業は, 大量に投入される複雑な形状のじゃがいもを高速かつ確実に処理する性能が求められ, その難易度の高さからこれまで実用化されてこなかった。我々は, 複数のじゃがいもを同時に整列・固定する機構を考案し, 3次元画像処理で検出した不用部をロボットで高速に除去する自動芽取り機を開発したので報告する。

### 1. はじめに

加工食品用のじゃがいも(以下, 芋)は, 皮を剥いた後に商品価値を損なう芽や傷み等の不用部を除去する必要がある。この作業を自動化するためには, 大量に投入される複雑な形状のじゃがいもを高速かつ確実に処理する性能が求められるが, その難易度の高さからこれまで実用化にいたっておらず, 未だ多くの人手で作業を行っている。しかし, 人手作業に起因する低生産性や作業人員確保の困難さが課題となっており, 複数の道内食料品製造企業から不用部除去作業の自動化が強く要望されている。

本研究では, 大量の芋の整列・位置決めを可能とした機構, 画像処理により不用部位置を検出する技術, およびロボットにより高速に不用部を除去する技術を開発した。

### 2. 整列・位置決め機構の開発

図1に開発した整列・位置決め機構を示す[1]。中心がくびれた一對のローラで芋を挟み込むというシンプルな構造ではあるが, 以下の3つの機能を有している。

- i) 姿勢安定化
- ii) 反転(任意の角度に回転)
- iii) 複数同時処理

まず, 姿勢安定化について説明する。本研究で開発した自動芽取り機では, 人手で芋を1個ずつ一對のローラの間投入することを前提としている。芋を投入した直後は, ローラ軸に対して芋の中心軸の方向が必ずしも平行にならず, 芋とローラの間には多くの隙間が散在する(図1左図)。この状態の芋に除去機構を押し付けた場合, 押し付ける度に芋が動いてしまうが, ローラで揺動回転させることでローラ軸と芋の中心軸が平行になり, 芋とローラの間隙が無くなるため, 芋は安定した姿勢に落ち着く(図1右図)。このような安定した姿勢の芋に除去機構を押し付けても芋が動くことはない。反転に関しては, ローラを回転させることで, 芋の大きさや形状の影響を受けることなく, 中心軸周りに任意の角度で芋を回転させることが可能である。複数同時処理に関しては, 構造がシンプルなためローラの本数を増やすことが容易であり, 複数の芋を同時に反転させることができる。このようにして, 不定形状である芋を大量に整列・位置決めすることが可能となる。

第一試作機では, ローラ表面に筋状の加工を施すことで, 除去機構を押し付けた際の芋の滑りを防いでいたが, 第二試作機では, 突起状の加工を施すことで芋を確実に保持できるようにした(図2)。

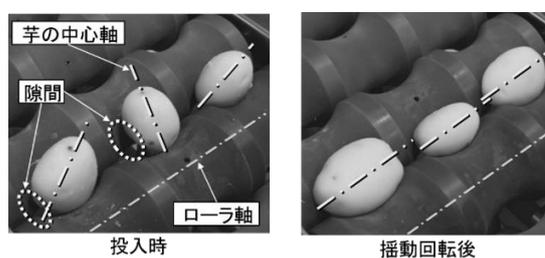


図1 整列・位置決め機構

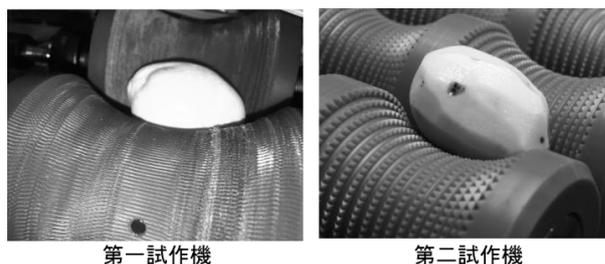


図2 ローラ表面の加工

### 3. 不用部領域の検出

芋は品種が異なると身色も異なるため, 色相や彩度による閾値の設定で安定して不用部を検出することは難しい。本研究では, まず RGB カメラから得られた画像を RGB 表色系から HSV 表色系に変換する。次に, H (Hue:色相) に対して閾値による抽出範囲を設定し, 背景となる青色のローラ部を除去することで芋領域を検出する。検出した芋領域ごとに動的な閾値処理[2]を施すことで, 芋毎に身色が異なる場合においても安定して不用部領域の検出が可能であることを確認した。図3に元画像, 図4に芋領域および不用部領域を検出した画像処理結果を示す。

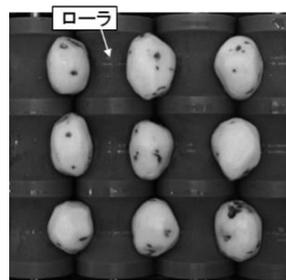


図3 元画像

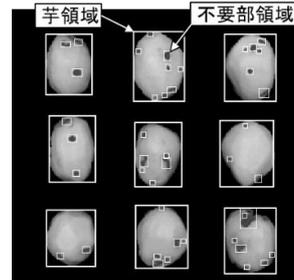


図4 画像処理結果

#### 4. 除去機構の経路生成

前章で抽出した不用部領域に対して、除去機構の形状を考慮した目標位置を抽出する。除去機構のドリル部は、厚さ1mmの板を三角形に切り出した形状をしているが、モータにより高速回転しているため、不用部を除去する際は三角錐の形状で削り取ることとなる。そこで、画像処理により得られた不用部領域の全ての3次元点群が除去機構の三角錐に含まれるように除去機構の目標位置を算出した。図5に、除去機構の目標位置を描画した結果を示す。

すべての目標位置を最短経路で接続し、かつ、経路上の芋領域の3次元点群（芋の高さ）を考慮することで、除去機構が芋に衝突することなく、除去機構の上下移動量が最小となるような経路を生成した。図6に生成した経路を示す。

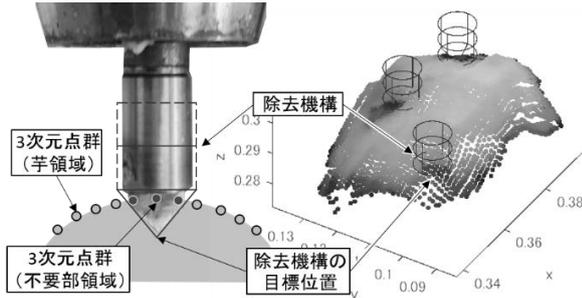


図5 除去機構の目標位置

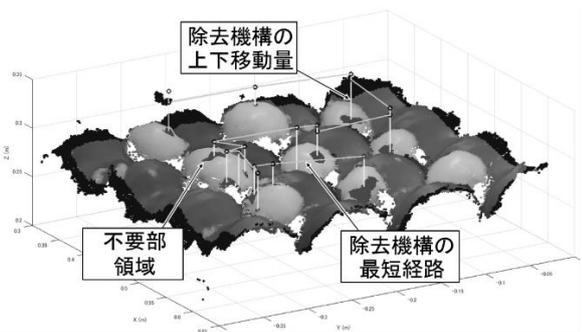


図6 生成した経路

#### 5. ジャガイモ自動芽取り機の開発

芋の整列・位置決めから不用部の検出・除去、そして搬出までの工程を一連のラインに統合したジャガイモ自動芽取り機を図7と図8に示す。整列・位置決め工程では、搬送コンベアのローラ上に人手で芋を並べ、ローラの揺動回転により芋の姿勢を安定させる。検出・除去工程では、ローラの上部に設置したステレオカメラにより不用部の検出を行い、除去機構の目標位置となる不用部の座標をロボットへ送る。座標を受けたロボットは、高速に回転するドリルから構成される除去機構により不用部の除去を行い、除去作業終了後、ローラを一定角度回転させて不用部の未処理部分を上部に露出させる。芋全周の処理が終了した後、搬送コンベアを駆動させて芋を搬出する。

第一試作機では、1列の搬送コンベアで芋を搬送する。検出・除去工程は2つの領域A・Bに分かれており、各々の領域に9個の芋、合計18個の芋を投入する。一方の領域で不用部の検出を行っている間に、もう一方の領域でロボットによる除去作業を行うことで、18個の芋の不用部除去作業がすべて終了するまで常時ロボットを稼働させている。しかし、整列・位置決め工程から検出・除去工程へ18個の芋を搬送する間、ロボットは停止しているため、処理速度に課題が残った。第一試作機の芋1個当たりの処理速度は3.6秒/個であった。

第二試作機では、ロボットを挟んで搬送コンベアを2列配置し、一方の搬送コンベアで検出・除去を行っている間に、もう一方の搬送コンベアで芋を搬送する。このような構成にすることで、ロボットは搬送コンベア間の移動以外は常時除去動作が可能となり、第一試作機と比較して大幅な処理速度の向上を実現することができた。なお、各搬送コンベアでは21個の芋を投入可能としており、合計42個の芋の同時処理が可能である。第二試作機の芋1個当たりの処理速度は2.3秒/個であった。



図7 ジャガイモ自動芽取り機（第一試作機）

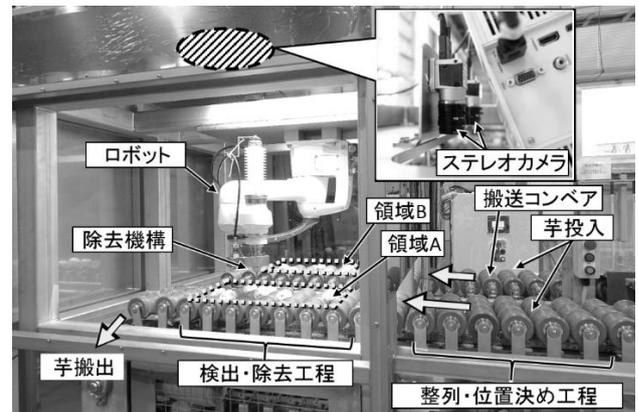


図8 ジャガイモ自動芽取り機（第二試作機）

#### 6. まとめ

本研究では、複数の芋を同時に処理可能なジャガイモ自動芽取り機の開発を行い、以下のことを確認した。

- i) 整列・位置決め機構を考案し、画像処理により身色の異なる芋に対しても安定して不用部を検出し、除去が可能なジャガイモ自動芽取り機（第一試作機）を開発した。芋1個当たりの処理速度は3.6秒であった。
- ii) 第一試作機を改良して搬送コンベアを2列配置させることで高速化を実現し、除去機構の接触による芋の滑りを防ぐためにローラに突起状の加工を施したジャガイモ自動芽取り機（第二試作機）を開発した。芋1個当たりの処理速度は2.3秒/個であった。

開発した本機は、整列・位置決め機構の機構上の制約から、芋の長軸端の不用部は検出および除去不可能である。今後、長軸端の不用部を除去する機構の開発を進める予定である。

#### 参考文献

- [1] 栗林宏光, 松本英二, 中西洋介ほか: 農産物の不用部除去装置, 特願2017-58731, (2017)
- [2] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.