

食品製造工程の自動化技術の開発

多品種少量生産に対応したロボットハンドリング技術の開発（令和元年度～令和3年度）

衛生管理の高度化のためのAI食品検査システムの開発（令和元年度～令和3年度）

産業システム部 ○井川久、川島圭太、宮島沙織、中西洋介、
飯島俊匡、岡崎伸哉

開発推進部 ○本間稔規

(株)ASGe、(株)安西製作所北海道支店、(日糧製パン(株))

1. はじめに

食品業界は深刻な労働力不足の問題に直面しており、ロボット等の導入による自動化が喫緊の課題である。産業用ロボットは、メーカー出荷時にハンドや動作プログラム組み込まれていないため、ロボット Sier がシステムを構築しているが、食品は不定形状であることが多く、ロボット導入による自動化の難易度を高めている。また、令和3年からの HACCP の義務化に伴う製造工程のモニタリングなどの作業量の増加をカバーするためには、目視検査で行われている異物混入対策の省力化が求められている。

本研究では、食品製造業で特に多くの人手を要しているハンドリング作業の自動化を目指し、食品の個別識別、多種多様な食品の把持を可能とするロボットハンドリング技術、さらに食品衛生・品質の管理を効率化するため、分光イメージング技術と AI 技術を組み合わせた AI 食品検査システムを開発した。

2. ロボットハンドリング技術の開発

2. 1 把持個所認識技術の開発

食品製造の各工程について自動化の可能性を検討し、焼成後のパンの検品および整列作業を本研究における自動化対象作業として決定した。

コンベア直上にカメラを設置し、撮像した画像から画像処理によりパンを検出し、ロボットハンドの把持箇所を決定するアルゴリズムを開発した（図1）。

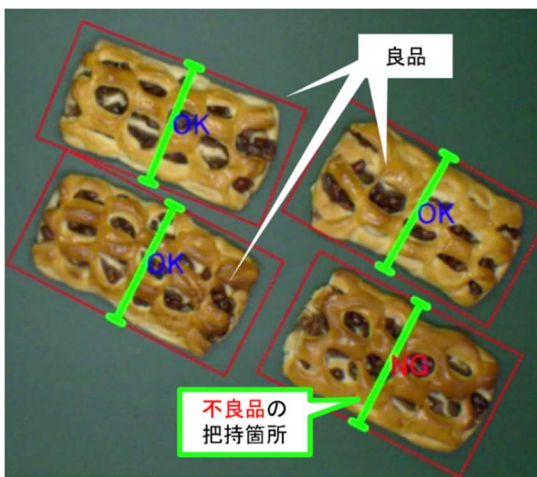


図1 把持箇所認識および不良品判別

また、パンの良品と不良品それぞれの画像を学習させることで、不良品の判別を可能とする AI 技術を開発した。6 品種のパンに対して AI による不良品判別を行い、81～100%の精度で判別可能であることを確認した（図2）。

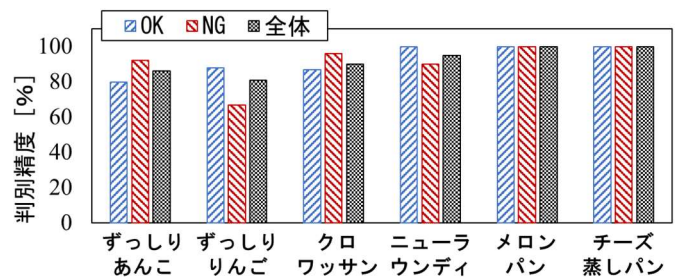


図2 各品種における不良品の判別精度

2. 2 ロボットハンドの開発

様々な大きさや形状のパンを把持するために、空気圧駆動のソフトフィンガーを有し、パンの大きさに応じて把持幅が可変となるスライダクランク機構を採用したロボットハンドを開発した（図3）。6 品種のパンに対してそれぞれ約 50 回の把持試験を行ったところ、把持の成功率は 99.4%であった。

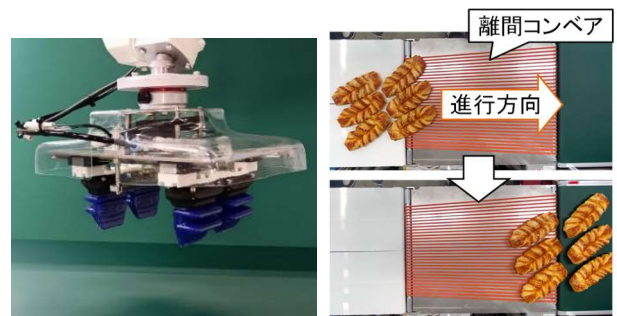


図3 ロボットハンド

図4 離間コンベア

2. 3 実証試験

密集した状態で流れてくるパン同士の間隔を広げるために、丸ベルト駆動の離間コンベアを開発した（図4）。本コンベアは上流から下流に向かって丸ベルトのピッチが広がっており、搬送されるパンの間隔を広げる事が可能である。

不良品と判別されたパンを排除するための不良品排除ロボット、良品と判別されたパンを高速に位置決め・整列するためのワーク整列ロボットを開発し、実

証試験を行った結果、パンの検品・整列作業の自動化が可能であることを確認した（図5）。

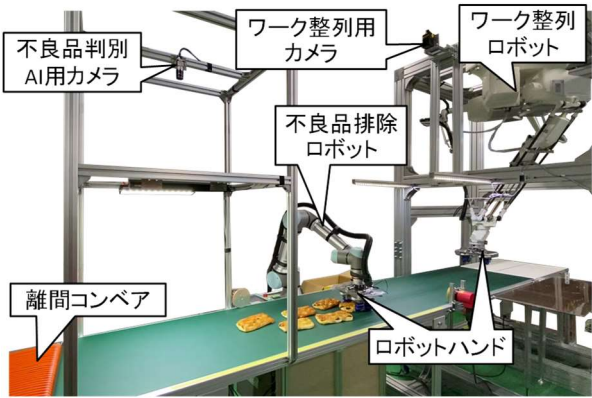


図5 実環境を模擬して構築した仮想ライン

3. AI 食品検査システムの開発

3. 1 多眼式分光イメージング鏡筒の開発

複数の光学フィルタの透過波長を各々可変にできる多眼式分光イメージング鏡筒を開発した。本鏡筒を産業用 CMOS カメラに接続し、1台につき4つの分光画像を取得可能な設計とした（図6）。計測対象のサンプルの分光特性に合わせて光学フィルタの透過波長を調整することにより、最適な分光画像を取得することが可能となった。



図6 CMOS カメラと複数の光学フィルタで構成した多眼式分光イメージングセンサ
(左：外観、右：内部構造)

3. 2 教師なし学習による異物検出アルゴリズム

複数波長の分光画像に対して PCA（主成分分析）により特徴量を求め、その特徴量に対し 1-class SVM（サポートベクターマシン）及び COS 類似度を適用してサンプル表面の異物を検出するアルゴリズムを構築した。異物として人毛とニトリルゴム手袋の破片を豚挽肉に付着させたサンプルに対し本アルゴリズムを適用して異物検出を行ったところ、良好に検出できた（図7）。

3. 3 真空包装食品の両面を検査可能な食品検査システムの開発

タイミングベルトと搬送用プレートにより包装した食品を挟み込み、搬送機構端部で折り返し、食品の表裏を入れ替えることで食品の表面・裏面を順次撮像可

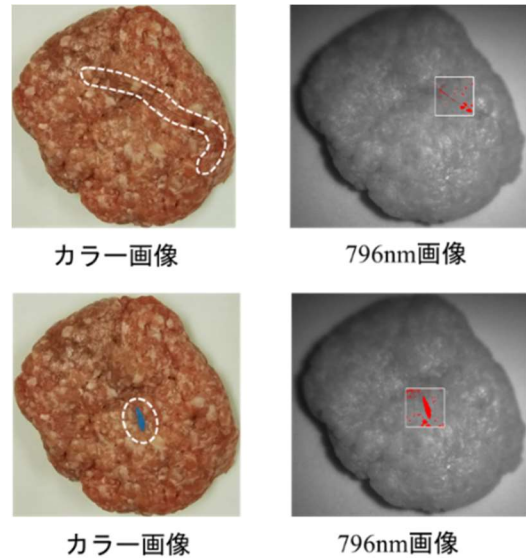


図7 異物検出例（上：人毛、下：ゴム片）

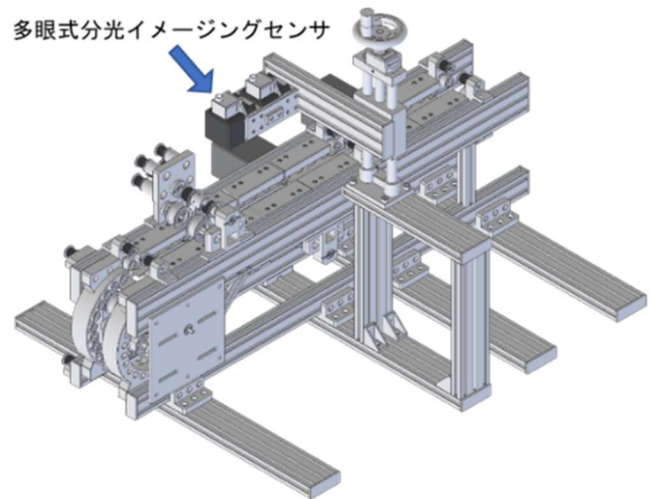


図8 食品検査システム試作機

能な搬送機構を開発した（図8）。本試作機により、レトルト殺菌加工などにより反りが生じた包装フィルムを平坦にそろえて連続して搬送し、表、裏の両面検査が実現可能となった。

4. おわりに

本研究では、食品製造で人手を要する包装工程や検査工程の自動化・効率化を目指して、AIによる不良品判別技術や多様な形状の対象物の把持が可能なロボットハンドを組み込んだパンの検品・整列作業の自動化システムと多眼式分光イメージングセンサと機械学習による異物検出アルゴリズムを組み合わせた食品検査システムの開発を行った。今後は、実ラインへの投入を目指すと共に、多くの食品への展開についても調査を進め、実用化を目指す。

(連絡先： igawa-hisashi@hro.or.jp
: honma-toshinori@hro.or.jp)