

協働ロボットと AI による作業連動システムの開発（第3報）

渡辺博己*、内野義友輝*、坂東直行**

Development of a cooperative system using collaborative robots with artificial intelligence（Ⅲ）

WATANABE Hiroki*, UCHINO Yoshiyuki* and BANDO Naoyuki**

本研究では、DXの推進によるものづくりの高度化を実現するために、協働ロボットとAI技術を組み合わせることで、人の作業状況に合わせてロボットが動作する作業連動システムの技術開発に取り組んでいる。今年度は、昨年度開発した作業連動搬送システムにおけるロボットとエンドエフェクタについて、より高い把持力を持つ機種に変更することで、複数種の部品の供給が可能なシステムに改良した。また、改良したシステムの動作検証により、昨年度と同様に、作業者のピックアップ動作に応じて、ベルトコンベアが自動的に搬送を開始するとともに、ロボットが自動的にピッキング動作を開始することを確認した。

1 はじめに

AI（人工知能）やIoT（モノのインターネット）を含むデジタル技術の進展により、様々な業界でDX（デジタル変革）の実現に向けた取り組みが行われている。こうした中、ものづくりの現場でも、新たなビジネスモデルの創出や競争優位性の確立を目指し、製造プロセスの自動化や生産システムの連携、製品データの高度な分析等が求められている。

生産工程の自動化技術においては、従来の産業用ロボットに加えて、人間と同じ空間で作業可能な協働ロボットにも注目が集まっている。安全性や柔軟性に優れた協働ロボットの活用により、単純な繰り返し作業だけでなく、人の動きや生産ラインの変化に合わせた複雑な作業の自動化技術の開発が期待されている。

そこで、本研究では、協働ロボットとAI技術を組み合わせることで、人の作業状況に合わせてロボットが動作する作業連動システムの技術開発に取り組んでおり、昨年度は、組立作業を想定し、作業者が部品をピックアップする動作に合わせて、ロボットがベルトコンベアを介して次の部品を供給する作業連動搬送システム（以下、「旧システム」）を開発した¹⁾。本年度は、異なる種類のロボットとエンドエフェクタを用いて、複数種の部品を供給する作業連動搬送システム（以下、「新システム」）を開発し、対応可能な部品種の拡張を試みたので、その内容について報告する。

2 システム構成

旧システムでは、ロボットとエンドエフェクタに DOBOT Magician と付属の吸引カップを使用していたが、吸着箇所穴の空いた部品や吸着箇所が吸盤径より小さい部品等に対して把持力や形状適応性に課題があっ

た。そこで、新システムでは、より高い把持力を持つ DOBOT CR3 と ASPINA ARH350A（3爪ハンド）を採用し、多様な部品に対応できるようにした。図1に新システムの外観を示す。ロボットは、作業エリアの前に、ベルトコンベアを挟んで配置した。

カメラは、旧システムと同様に1つのUSBカメラと2つのRealSense（D455、D435）を使用し、USBカメラで新システムの動作確認画像を、作業エリア上部に設置したD455カメラで作業者の手や部品、部品トレイ上部に設置したD435カメラで部品の検出処理のための画像を取得した。なお、D435カメラとロボットの位置関係については、旧システムと同様に、事前にキャリブレーションを行った。

また、対象部品は、ボルトとナットの2種類とし、ボルトは頭部高さ：8mm、ネジ部長さ：35mm、ナットは高さ10mmで、どちらも二面幅：19mm、ネジ径：M12、材質：PVCである。新システムでは、図2に示すそれぞれの部品トレイに、頭部の姿勢を揃えて配置した。な

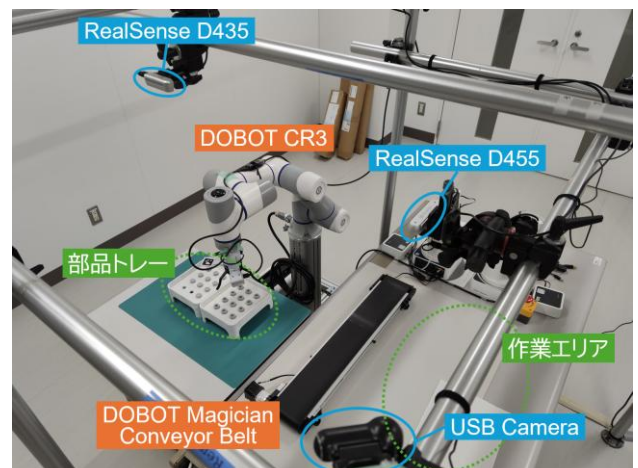


図1 システムの外観

* 情報技術部

** 生産システム部



図2 対象部品と部品トレー

お、想定する組立作業では、1つのボルトに2つのナットを取り付けることとし、新システムでは、ボルト→ナット→ナットの順に、作業者に3つの部品を個別に搬送する動作を繰り返す仕様とした。

3 手・部品検出処理

ロボットやベルトコンベアの動作については、図3に示す手や部品の検出処理画像例の作業検出領域、ロボット稼働領域、部品検出領域(1)~(3)内で検出した手、部

品の状況により、旧システムと同様の処理フローで制御した。なお、手検出処理では MediaPipe Hands²⁾を、部品検出処理では Mask R-CNN³⁾を使用して、旧システムと同様にそれぞれの画像上の位置を推定し、各領域内に存在するかどうかを判定した。

4 ロボット制御処理

ロボット制御処理では、旧システムと同様に、部品検出領域(2)で部品が検出されず、部品検出領域(3)で対象部品が検出された場合にピッキング動作を開始させた。図4にピッキング動作時の移動例を示す。

ピッキング動作では、待機位置（図4(a)）を開始点とし、以下の順に移動させた。

- ① 部品取得位置上空（図4(b)）
- ② 部品取得位置（図4(c)）
- ③ 部品取得位置上空（図4(d)）
- ④ 待機位置（中継点）
- ⑤ 部品配置位置上空（図4(e)）
- ⑥ 部品配置位置（図4(f)）
- ⑦ 部品配置位置上空（図4(g)）
- ⑧ 待機位置（図4(h)）

②の部品取得位置は、D435 カメラで取得したカメラ座標系の3次元座標を変数として取得し、キャリブレーションにより求めた変換行列を用いて、ロボット座標系

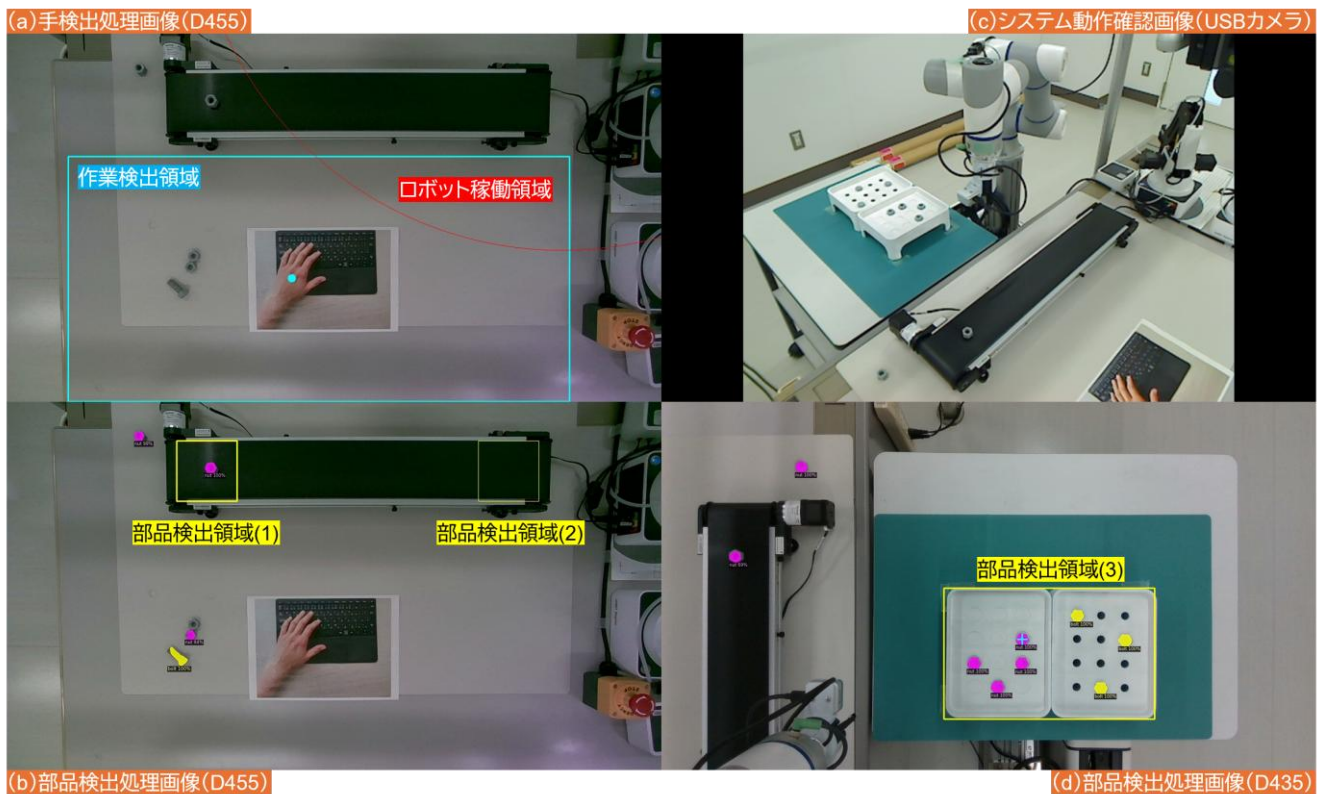


図3 手や部品の検出処理画像例

※ここでは手を検出するために、手の写真を作業者の手の代用として作業検出領域内に置いている。



(a)待機位置



(b)部品取得位置上空



(c)部品取得位置



(d)部品取得位置上空



(e)部品配置位置上空



(f)部品配置位置



(g)部品配置位置上空



(h)待機位置

図4 ピッキング動作時の移動例（対象部品がナットの場合）

※ここではシステムの動作を検証するために、手の写真を作業者の手の代用として作業検出領域内に置いている。

の3次元座標に変換した。ただし、 z 座標については、作業台の高さを0 mmとしたロボット座標系を基準とし、部品トレイ、及び部品の高さが既知であることから、定数として設定した。

⑥の部品配置位置の x 、 y 座標は、部品検出領域(2)内となるように定数を設定し、 z 座標は、ベルトコンベアの高さ、部品の高さ、及び把持時の高さが既知であるため、対象部品の種類ごとに定数を設定した。

②の部品取得位置で部品を把持する際は、部品をあらかじめ決められた姿勢に固定しているため、ロボットの姿勢をそれに合わせ、エンドエフェクタの爪を閉じて把持させた。

③の部品取得位置上空から⑤の部品配置位置上空へ移動する際は、④の待機位置を中継点として経由させた。これは、PTP (Point-to-Point) モードで直線移動するとロボットの可動域外を通過する経路となるのを回避するためである。

5 まとめ

本研究では、協働ロボットとAIを活用した作業連動システムの開発を行い、より高い把持力を持つロボットとエンドエフェクタを用いることで、より多様な部品への対応を実現した。

新システムの動作を検証したところ、旧システムと同様に、作業者の部品検出領域(1)からの部品のピックアップ動作に応じて、ベルトコンベアが自動的に搬送を開始すること、ベルトコンベアの搬送開始により部品検出領域(2)が空になると、ロボットが自動的にピッキング動作を開始し、対象部品が供給されることを確認した。

今後は、バラ積みされた部品にも対応できるよう、高精度な部品識別を実現するために、3D形状認識の導入やAIモデルの学習データの増強を検討する。また、力覚センサを用いたフィードバック制御を組み合わせることで、ピッキング動作の精度向上を図る予定である。

【参考文献】

- 1) 渡辺ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.5, pp102-105,2024
- 2) F. Zhang, et al., arXiv: 2006.10214,2020
- 3) K. He, et al., arXiv: 1703.06870,2017