ノート

多関節ロボット 2 台を用いた協調制御による 複雑作業の自動化

山田　敏浩[*]　小林　豊[**]　高橋　靖[**]　大野　宏[**]　木嶋　祐太[***]　林　成実[**]
嶋　優仁[****]　藤井　智史[****]　廣井　奈緒子[****]　山口　貴史[****]

Automation of complex tasks using two multi-joint robots

YAMADA Toshihiro[*], KOBAYASHI Yutaka[**], TAKAHASHI Yasushi[**], OHNO Hiroshi[**],
KIJIMA Yuta[***], HAYASHI Narumi[**], SHIMA Yuji[****], FUJII Tomofumi[****], HIROI Naoko[****]
and YAMAGUCHI Takashi[****]

1. 緒　　言

多くの企業は，少子高齢化による人手不足，コロナ禍による人の接触機会を減少させる製造技術の構築，生産性の向上と品質の安定化など多くの課題を抱えている。それらを解決する手段の一つとしてロボットを生産現場に導入することが挙げられているものの，コストなどの問題で導入が進んでいない。

本研究では，企業で導入しやすい単腕ロボット 2 台を用いて協調制御システムを構築し，複雑作業工程の自動化を行った。

2. 対象工程とワーク

自動化の対象となる工程は，加工した製品のピッキング，保護シートの剥離，外観検査の 3 工程で，従来人手で行っていたこれらの工程を 2 台の産業用多関節ロボットで行うとともに，機械学習を使って外観検査を行った。

対象のワークは 130mm×80mm のアルミニウム板をプレス加工した製品であり，表面に保護シートが貼られている。ワークの外観を図 1 に示す。

* 研究開発センターレーザー・ナノテク研究室
** 研究開発センター
*** 下越技術支援センター
****（株）山口製作所

3. 使用したロボットとロボットハンド

単腕ロボットは，（株）安川電機製 MOTOMA N-GP4 を用いた。ロボットの配置を図 2 に示す。

ロボット 1 には図 3 に示す吸着パッド付のロボットハンド，ロボット 2 には図 4 に示す吸着パッドとエアチャック付きのロボットハンドを装着した。

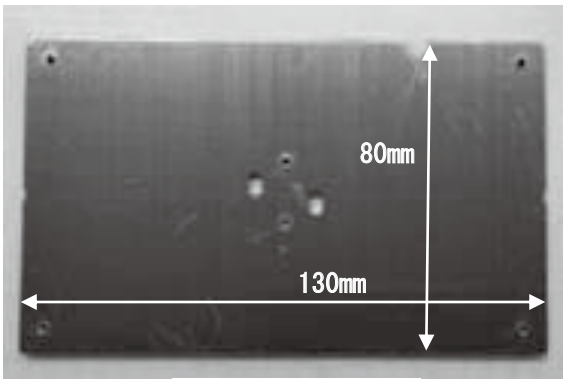

図 1　対象ワーク

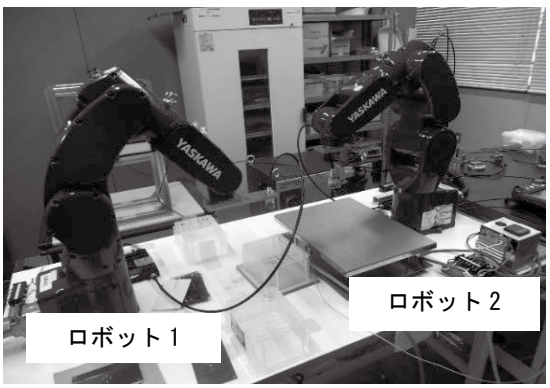

図 2　ロボットの配置

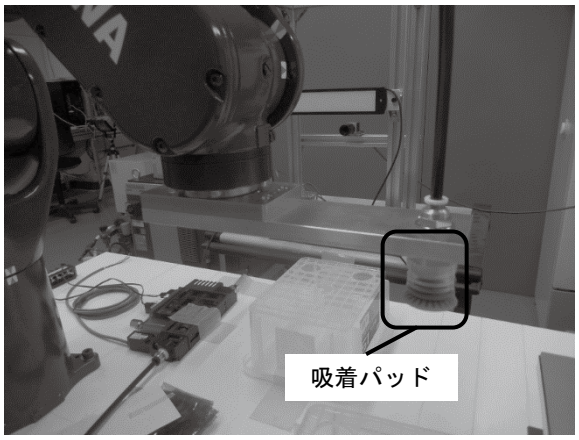

図 3　ロボット 1 のハンド

図 4　ロボット 2 のハンド

4.　保護シートの剥離と外観検査

4.1　保護シートの剥離

保護シート剥離のため，汎用プログラム言語 Python のソケット通信機能およびロボットコントローラのイーサネット通信機能を使用して PC1 台でロボット 2 台と通信を行うプログラムを開発した。PC とロボットの通信方法を図 5 に示す。制御は各ロボットに個別に命令を送信する方式とした。

図 6 に剥離工程を示す。始めに，ロボット 1 の吸着パッドでワークの片方を押さえながら，ロボット 2 の吸着パッドで保護シートを吸着し，少し剥離する（①～③）。次に，ロボット 2 の吸着パッドで保護シートを吸着しながらエアチャックで挟み，剥離を続ける（④，⑤）。その後，ロボット 1 のワークを押さえる位置を変更して，ロボット 2 で最後まで剥離する（⑥）。

4.2　剥離したワークの外観検査

4.2.1　画像撮影

ワーク表面の画像を撮影して正常品か異常品かを判別する機械学習モデルを構築し，評価を行った。画像撮影は，図 7 に示すように 1 ラインだけ撮影しながらワークをスキャンさせて全体画像を取得する方法（ラインスキャン）で行った。ラインスキャンを行うことでワーク全体の明るさを均一に撮影できる。

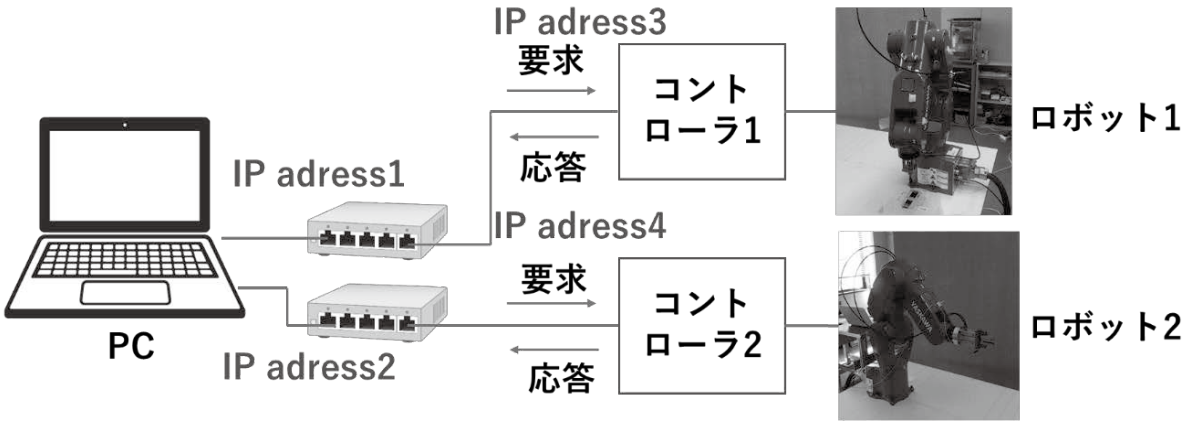

図 5　PC とロボットの通信方法

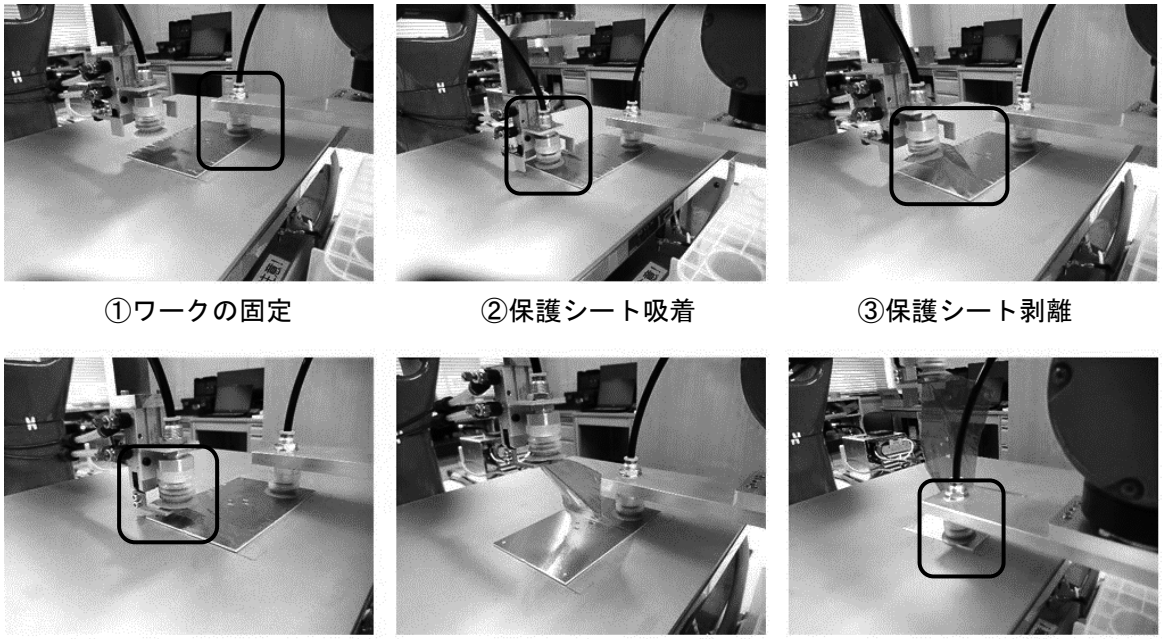

図 6　剥離工程

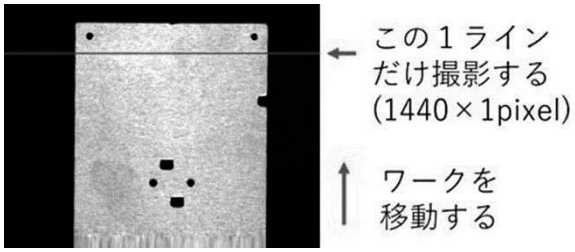

図 7　ラインスキャン画像

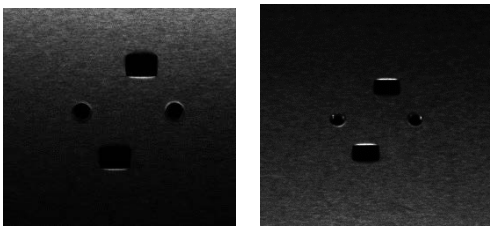

図 8　中央部穴のエッジを撮影した画像

ワーク中央部穴のエッジ部分の傷については，ラインスキャンでは撮影が難しい場合があるため，光の照射方向を変えて別途画像を取得した。エッジ部を撮影した画像を図 8 に示す。

画像は，ワークごとに表・裏面について，それぞれ垂直方向 2 枚・水平方向 1 枚のラインスキャン画像（計 3 枚），エッジ部 4 枚の計 14 枚を撮影した。

4.2.2　判別モデルの作成・評価

機械学習には教師なし学習の Patch Core[1)]を用い，正常品画像 100 枚を学習して，正常品か異常品かを判別するモデルを作成した。その後，作成したモデルを使用して正常品 20 枚，異常品 20 枚のサンプルについて評価を行った。

出力は正常品との差がスコア（数値）で算出される。判定は任意のしきい値を決めて，それより大きければ異常品とする。図 9 に判定結果を示す。また，結果を混同行列で示したものが表 1 である。今回評価したサンプルでは正常品と異常品を誤りなく判別することができた。ただし，異常サンプルが比較的大きな欠陥であったため，今後は，より小さな欠陥のサンプルで検証を行う必要がある。

5.　結　　言

(1) PC1 台でロボット 2 台を制御し，保護シートを剥離するプログラムを作成した。

(2) 撮影した画像を用いて正常品か異常品かを判別する機械学習モデルを構築・評価し，良好な結果が得られた。

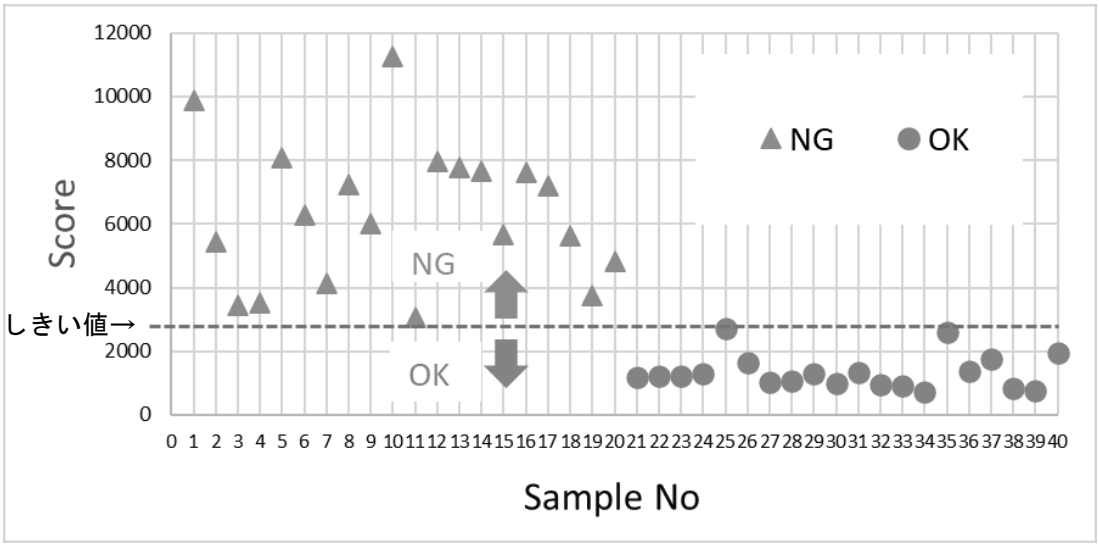

図 9　しきい値の設定と NG 品の判別

表 1　混同行列

	正常と判別	異常と判別
正常品	20	0
異常品	0	20

参考文献

1) Karsten Roth et.al. , “Towards Total Recall in Industrial Anomaly Detection”, *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2022, pp.14318-14328.