

# 8 統計手法を活用したランダムピッキングシステムの検討

藤原義也, 大賀 誠, 打田澄雄

Study of random picking system utilizing statistical methods

FUJIWARA Yoshinari, OGA Makoto, UCHIDA Sumio

By the need to automate the production line from local companies in Hiroshima Prefecture, we carried out strategic research, entitled "the development of next-generation production system by the industrial robot". In this research, we worked on the development of the random picking system which can be built at low cost. We transferred the component recognition technology and robot control technology to local companies, and supported them to introduce the random picking system in their factory. In this support process, although robot control technology can be reused without depending on the robot manufacturers, component recognition technology has become an obstacle to shortening the development period, because we need steps to adjust the image processing algorithms and image processing variable for each work of shapes and sizes.

In this report, we utilized statistical methods to adjust the image processing variables required for recognition of the target work, and evaluated the feasibility of the shortening the development period and effectiveness of this method.

キーワード：産業用ロボット, ランダムピッキング, 情報通信技術, 画像処理, ロボット制御, 統計処理, 機械学習

## 1 緒 言

広島県では県内自動車部品メーカ等の企業から、生産ライン自動化のニーズを受け、H25 年度からの戦略研究「産業用ロボットによる次世代生産システムの開発」において企業ニーズの高い、低コストで構築可能な汎用性の高いランダムピッキングシステムの開発に取り組んできた。この研究では主に以下の要素技術開発に取り組み、研究成果を県内企業に技術移転してきた<sup>1),2)</sup>。

- ・ 部品の位置と姿勢を認識する、画像処理基盤ソフトウェア
- ・ ロボットを効率よく動作させる知能を持ったロボット制御ソフトウェア
- ・ 効率よく部品をつかみ運ぶためのエンドエフェクタの開発

このうちロボット制御技術は、対象とするワークやロボットに変更があってもそのまま他の生産工程のロボットシステムに短期間で流用可能である。しかし、認識技術については円筒形状やドーナツ形状等様々な基本形状のワークに対応しているものの、実際の工場内で扱われる部品には様々な形状があるため、形状・サイズごとに画像処理アルゴリズム等の認識手法やしきい値等の画像処理変数（パラメータ）の調整を行う必要がある。そのため、ランダムピッキング可能な対象部品の拡大を図るには、アルゴリズム検討や動作検証、それに伴う繰り返し実験等を含めると、かなりの開発工数が必要となる。実際に、画像処理やロボット制御技術及び、各要素技術を統合するシステム化技術の成果移転を行った事例では、

円筒形状ワーク<sup>1)</sup>及びドーナツ形状ワーク<sup>3)</sup>を扱ったが、ピッキング対象ワークの形状ごとに画像処理アルゴリズムの開発が必要であり、多くの開発期間と工数が必要であった。

本報告では、対象ワークの認識に必要な画像処理変数調整に必要な工数を短縮することで様々な形状のワークに短期間で対応可能な手法の検討を行った。そのため、戦略研究で構築した画像処理基盤ソフトウェア<sup>1),2)</sup>をベースにワーク認識に必要な変数を統計処理により自動調整する仕組みを構築し、有効性を評価したので報告する。

## 2 画像処理基盤ソフトウェア

画像処理基盤ソフトウェアの概要を図1に示す。このソフトウェアは距離画像センサ<sup>1)</sup>により距離画像とカラー画像を入力し、それぞれの画像に対し、二値化、輪郭抽出、ラベリング等の画像処理を行う。また画像処理コ

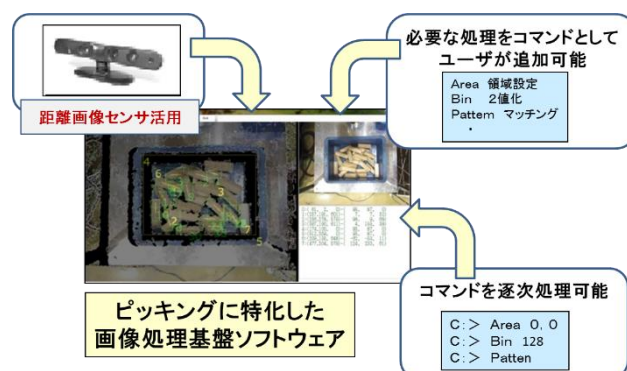


図1 画像処理基盤ソフトウェア

マンドや画像処理変数は、ユーザが処理手順を記述したテキスト形式のプログラムを編集することで自由にカスタマイズ可能で、さまざまな形状のワークに対応が可能である。

### 3 実験方法

#### 3.1 概要

今回の実験では、画像処理変数を従来通り試行錯誤により手動で調整する場合と、統計処理により自動調整する場合を比較し、開発期間の短縮の可能性及び性能の比較を行うとともに課題を洗い出すことを目的とした。各ワークを認識するためのアルゴリズムは共通とし、しきい値等の画像処理に関連する数値変数のみを統計処理の処理対象とした。

また、実験に用いる把持対象ワークは比較的簡単な形状である円筒(φ30mm×90mm)と立方体(30mm×30mm×30mm)とし、市販品(積み木) (図2)を用いた。なお、これらの形状は、工場内の生産ラインで扱われる部品の代表的な形状である。



図2 対象ワークの写真(左:円筒:右:立方体)

#### 3.2 システム構成

実験には、戦略研究で開発したランダムピッキングシステムを活用して検証を行った。システム構成を図3に示す<sup>1),2)</sup>。

#### 3.3 実験方法

画像処理変数を統計処理により自動調整するフローを図4に示す。まず図2のように容器内にワークをランダムに数個平積みし、ワークの認識処理を行う。認識され

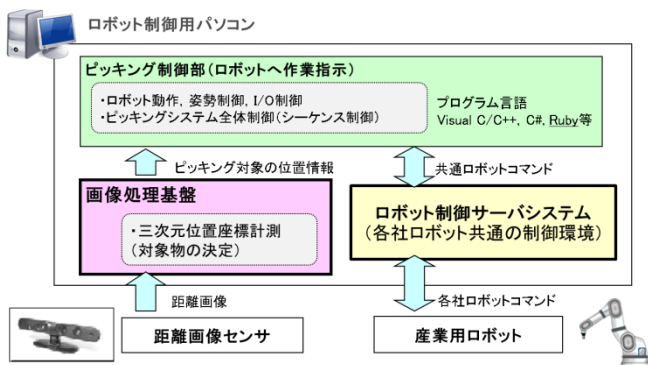


図3 システム構成

たワークは図5(a)の写真に示すように、ワーク全体が正しく認識されていれば正解とマークし、図5(b)の写真のようにワークの一部を誤って認識した場合は不正解とマークし、正解・不正解の教示を行う。この教示結果をもとに統計処理により画像処理変数を決定し、プログラムに反映させる。この正解・不正解の教示、統計処理およびプログラムへの反映は簡単な操作で実行可能となっているため、教示を含め数分で一連の処理が完了した。

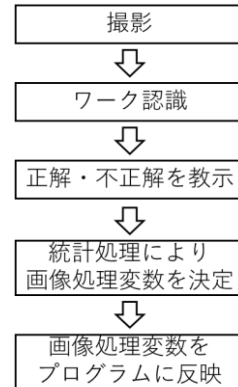


図4 統計処理による画像処理変数調整フロー

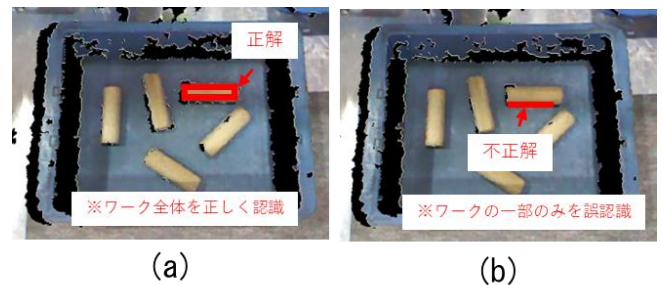


図5 教示例(円筒形状ワーク)

実験結果の評価フローを図6に示す。画像処理変数を統計処理により自動調整する手法と、従来通り繰り返し実験により画像処理変数を手動で調整する手法の2通りで評価を行った。手動で調整したプログラムは、ピッキングシステム用に開発した既存のプログラムを使用した。

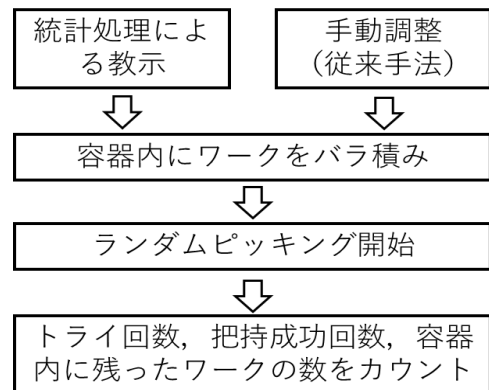


図6 評価フロー

以上の評価フローをそれぞれ円筒形状部品、立方体形状部品に対し3回ずつ繰り返した。なお、教示に使用するワークは5個とし、容器内にバラ積みしランダムピッキングを行うワークは円柱15個、立方体40個(図7)で行った。



図7 容器内にバラ積みしたワーク例(立方体)

#### 4 実験結果

図8は実験の状況を示している。円筒形状ワークの評価結果を表1に、立方体形状の評価結果を表2に示す。なお把持成功率は(把持成功回数)/(試行回数)とした。これより円筒形状ワークについては手動調整と自動調整のいずれの場合でも、リトライを含めるとすべてのワークを認識・把持することができた。把持成功率については手動調整、自動調整の場合でばらつきはあるが、容器内のワークは評価ごとにランダムにおかれているので誤差の範囲と考えられる。また立方体形状ワークについても同様の結果が得られた。以上の実験結果により、画像処理変数を統計処理により調整することで、従来手法と同等の認識結果が得られる可能性を示した。また画像処理変数の調整にかかる時間は、統計手法の方が格段に短縮できることが確認できた。



図8 円筒形状ワークのランダムピッキング

表1 評価結果(把持対象:円筒)

回	手動調整			自動調整		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
成功数	15	15	15	15	15	15
試行数	15	17	16	15	16	15
ワーク 残数	0	0	0	0	0	0
把持 成功率	1.00	0.88	0.93	1.00	0.93	1.00

表2 評価結果(把持対象:立方体)

回	手動調整			自動調整		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
成功数	40	40	40	40	40	40
試行数	41	41	43	41	41	46
ワーク 残数	0	0	0	0	0	0
把持 成功率	0.98	0.98	0.93	0.98	0.98	0.87

#### 5 結 言

本報告では、ランダムピッキングの対象となるワーク認識に係る開発期間を短縮し、効率良く様々な形状のワークに対応可能とするため、画像処理変数を統計手法により決定した。また、従来行なわれてきた繰り返し実験の場合と比較し評価を行った。

実験の結果、統計手法を活用することで、画像処理変数の調整時間を短縮し、手動で調整した場合と比較しても同等の把持成功率となることが確認できた。

本報告では統計手法と従来法で画像処理アルゴリズムを共通とし、比較的単純な形状のワークをピッキング対象としたが、より複雑な形状のワークでは、統計手法による画像処理変数の調整のみでは、把持率が低下する事例があった。そのため実際に多種多様な複雑な形状のワークに対応するためには、機械学習やディープラーニングなどの手法を取入れる等の検討が必要と考えられる。

#### 文 献

- 1) 藤原他：広島県立西部工技研究報告，57(2014)，1
- 2) 大賀他：広島県立西部工技研究報告，59(2016)，2
- 3) <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/191022.pdf>