

1 情報通信技術を活用したランダムピッキングシステムの開発（第1報） 安価なシステム構築を目指すランダムピッキング基盤技術の開発

藤原義也, 是永晋治, 安部重毅, 後藤孝文, 大賀 誠, 打田澄雄, 矢式良行*, 北村好道*

Development of computer based random picking system applying Information Technology (1st Report)

FUJIWARA Yoshinari, KORENAGA Shinji, ABE Shigeki, GOTOU Takafumi, OGA Makoto, UCHIDA Sumio,
YASHIKI Yoshiyuki* and KITAMURA Yoshimichi*

To improve productivity in the manufacturing process in the factory, the needs for process automation by introducing random picking systems is growing. However, expensive cost is a barrier to introduce the robot system which consists of vision systems and robots. Further, once a system is elaborated, the difficulty to reconfigure the system for other works or robots is another problem.

To solve this problem, a picking system is required which uses inexpensive generic sensors, and it is necessary to introduce a flexible mechanism to setup a system easily.

In this study, we propose image processing foundation for picking and control foundation for robots which supports a variety of robot manufactures. By effectively combining resources such as sensors, cameras and robots, it is possible to realize a reusable system.

キーワード: Robot Technology, 情報通信技術, 画像処理, オープンソースソフトウェア, ランダムピッキング, ティーチングレス

1 結 言

工場内の製造工程において、軽労化や製造コスト削減、さらに生産性向上による国際競争力強化のため、ランダムピッキングシステムの導入により生産工程を自動化するニーズは、自動車関連企業を中心に高まっている。

しかし自動化のために必要な、人の「眼」に相当するビジョンセンサや、人の「腕」に相当する産業用ロボットが高価（ともに数百万円程度）であり、導入コストが高いことが導入の妨げとなっている。また、汎用性の高い産業用ロボットであるが、今のピッキングシステムは特定の部品形状やロボットメーカーを対象としたシステムで、実質的に専用機となっており、容易に段取り替えができないことも問題となっている。

本研究では、これらの課題を解決するため、安価なシステムで、さまざまなロボットメーカーに対応でき、しかも柔軟な段取り替えが実現可能なピッキングシステムを開発した。この基盤技術として、安価なセンサに対応し、ピッキングに特化した画像処理基盤（以下、画像処理基盤）およびロボットメーカー共通の制御基盤（以下、ロボット制御基盤）を提案する。これらにより、カメラやセンサ、ロボットといった資源の組み合わせにより再利用可能なシステムを実現し、ピッキングに関するノウハウを継続的に活用可能な環境を構築できる。

本報告では、昨年度取組んだパソコン(PC)で制御するロボットシステム¹⁾を発展させ、情報通信技術の活用により開発した画像処理基盤、ロボット制御基盤について

報告する。またこの活用事例として、円筒形状部品を対象にしたランダムピッキングシステムの開発事例を紹介する。

2 要素技術開発

2.1 画像処理

2.1.1 安価なハードウェアの活用

汎用センサとして Microsoft 社製距離画像センサの Kinect（以下距離画像センサ）を使用した。この距離画像センサは元々ゲームコントローラとして使われており、価格は数万円と安価である。このセンサには図1に示す3つのデバイスが搭載されており、①は近赤外線プロジェクタ、②はRGBカメラ、③は近赤外線カメラである。①の近赤外線プロジェクタによりドットパターンを被写体に照射し、③の近赤外線カメラで撮影したドットパターンの投影位置により、三角測量の原理で被写体までの距離を計測する。

2.1.2 画像処理基盤

図2に開発したピッキングに特化した画像処理基盤

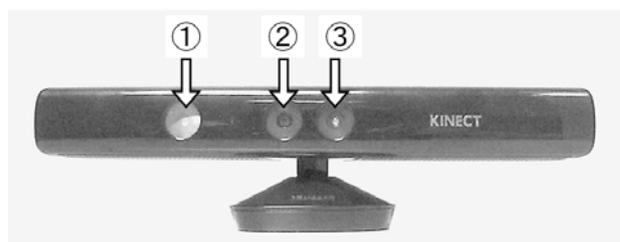


図1 距離画像センサ (Microsoft 製 Kinect)

*シグマ株式会社



図2 ピッキングに特化した画像処理基盤

表1 画像処理基盤の機能概要

画像 (カラー, 距離)	入力: カメラ, ファイル 出力: ファイル
画像処理	二値化, 輪郭抽出, フィルタ, ラベリング, AND/OR 等
数値演算	四則演算, 三角関数等
座標系変換	ロボット, カメラ, ローカル
表示機能	画像, 数値, 文字列
通信機能	TCP/IP

(ソフトウェア)の画面を、表1に機能概要を示す。

このソフトウェアは距離画像センサ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い、各ワークの面積、長さ、高さ、傾き等の特徴量を算出する。これらの特徴量から、ロボットが把持を行うワーク候補の三次元座標やピッキングの優先順位を決定し、ワークの位置座標と姿勢データを2.2に示すロボット制御基盤へ転送する。画像処理コマンドやパラメータは、ユーザが処理手順を記述したテキストファイル(プログラム)を編集することで自由にカスタマイズできるため、さまざまな形状のワークに対応可能である。なお、このソフトウェアは当センターが保有する画像処理資源をコマンド化したもので、既存のソフトウェアを有効活用した。

図3に容器に入ったバラ積みワークからピッキングの対象を決定する画像処理の例を示す。①は容器内の高い位置にあるワークをピッキング対象とするため、距離画像から容器上部にあるものを二値化により抽出している。

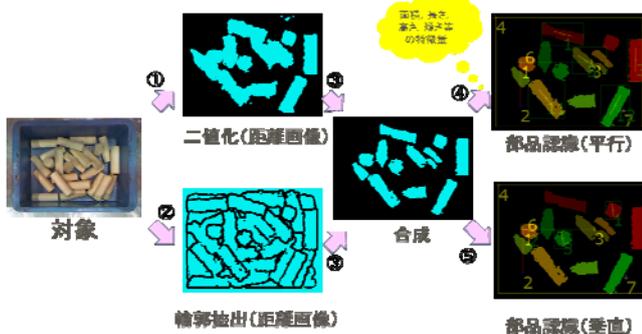


図3 画像処理例

②はワークを分離するため距離画像の高低差を利用して輪郭抽出している。③は①と②の画像を合成し、重なり合ったワークを分離した画像である。この画像にラベリング処理を施し、それぞれの領域の特徴量と、あらかじめ設定したピッキング対象ワークの特徴量とを比較し、把持候補のワーク(④, ⑤)を決定する。

2.2 ロボット制御基盤

産業用ロボットの制御コマンドはメーカーごとに異なるため、別のメーカーのロボットを使用したシステムに移植するには、多大な労力と時間が必要である。(図4)。

本研究では、図5に示すように各社のロボットに対し、「共通ロボットコマンド」で制御する仕組みを開発することで、汎用性の高いロボット制御基盤を実現した。この制御基盤は、さまざまな種類のコンピュータ(ロボット制御クライアント)が、「共通ロボットコマンド」により各社ロボットの制御を実現するサーバ的な機能(ロボット制御サーバシステム)を提供する。これにより開発資源の再利用や技術共有が可能な移植性の高い環境が実現でき、開発コストの削減、ロボットの稼働率の向上も期待できる。

なお、このロボット制御基盤では、移動命令、位置情報確認やアラームの有無などのステータス確認、ユーザ座標の編集・確認、ロボットコントローラ内のプログラム起動等のロボット制御に必要な基本命令(35コマンド)を実行できる。

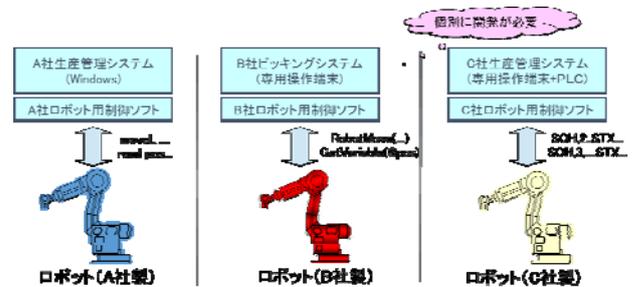


図4 現状のロボットシステム開発

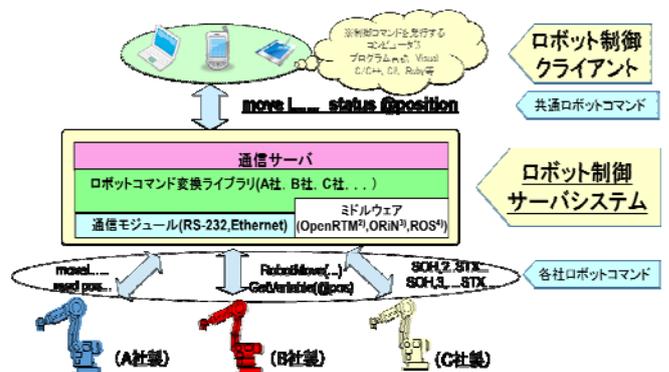


図5 ロボット制御基盤

3 システム構築例

3.1 システム概要

ランダムピッキングシステムの把持対象ワークとして、今回は円筒形状の木片（φ30mm×90mm）を選定した。円筒形状のワークは、工場内で扱われる部品の代表的形状の一つである。画像処理のパラメータ調整により、工場内で扱われるワークにも応用できるため、本システムは多方面で再利用が可能である。ピッキングシステムの仕様を以下に示す。

- ・ワークは容器にバラ積み
- ・ワークの姿勢（底面，側面）を識別
- ・吸着により対象ワークを把持，取出し
- ・ロボットのピッキング動作経路はパソコンで生成
- ・ロボットをパソコンで制御し，ロボットと容器との干渉を回避
- ・把持したワークは別の容器にパレタイズ

3.2 ハードウェア構成

ハードウェア構成は図6，表2に示すように、距離画像センサ、パソコン、産業用ロボットで構成され、ロボットアーム先端に吸着パッドを取付けている。このシステムは汎用の距離画像センサとパソコンを使用しているため、ロボットのビジョンシステムを安価に構成できる。

3.3 ソフトウェア構成

ソフトウェア構成を図7に示す。ピッキング制御部は画像処理基盤から得られた把持候補の位置座標を基に、「共通ロボットコマンド」をロボット制御サーバシステムに発行することで、ロボットの動作・姿勢制御，I/O

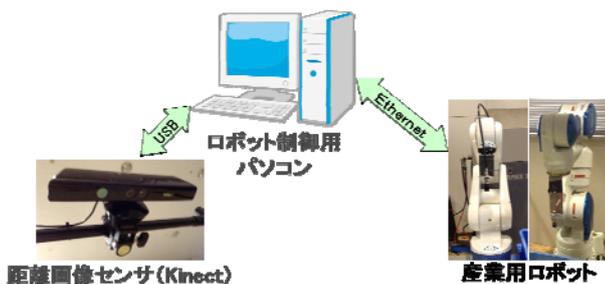


図6 システム構成

表2 開発したシステムに利用した機器の仕様

機器	仕様
ロボット	VP6242 (デンソーウェーブ:6軸) MOTOMAN-SIA20F (安川電機:7軸)
距離画像センサ	Kinect (Microsoft)
パソコン	OS:Windows7 Professional CPU:Intel Core i3 2.2GHz メモリ:4GB
吸着パッド	VSP-C20WN-6 (CKD)

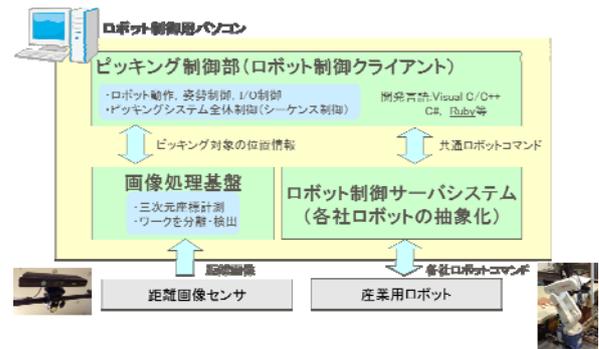


図7 ソフトウェア構成

制御を行うとともに、ピッキング結果の管理等、システム全体を制御する役割を担っている。このピッキング制御部が、図5のロボット制御クライアントに相当する。

ピッキング制御部では、C/C++、C#、Visual Basic、Ruby、Perl等さまざまな開発言語でシステム全体の動作制御プログラムを記述でき、産業用ロボットも同様に「共通ロボットコマンド」の文字列を各言語の文法でプログラムすることにより制御できる。また現場の環境に応じて、PC、PLC、タブレット端末など、さまざまなコンピュータを選択できる。今回は、汎用のパソコンにDebian GNU/Linuxをインストールし、Ruby⁵⁾によりシステム全体の制御を行うピッキング制御部のプログラムを記述した。

3.4 ピッキング例

図8に円筒形状ワークの把持候補を認識した例を示す。左図は底面が上に向けた姿勢のワーク、右図は側面が上に向けた姿勢のワークを認識しており、ワーク姿勢を区別して認識できていることが確認できる。なおワークをピッキングする際、容器表面にあるワークから取出すほうが効率的であるため、容器下部にあるワークや設定値以上傾いているワークは把持候補から除外している。

図9にそれぞれの姿勢のワークを把持した例を、図10にパレタイズを行った例を示す。把持したワーク姿勢に応じて、パレタイズ時のロボットの動作を制御している。

今回の実験で、容器との干渉を避けるようにロボットアームの姿勢を制御し、ワークを把持することが出来た。しかし、隣接する部品との干渉によりワークと吸着部に隙間ができてしまい、把持に失敗することもあったが、その場合でも再試行により容器内のワークを全て把持で

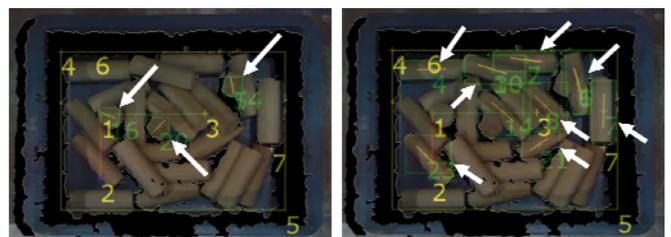


図8 ワーク姿勢の認識例(左:底面, 右:側面)



図9 ピッキング例（左：底面，右：側面）

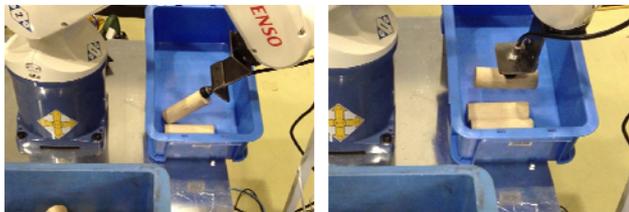


図10 パレタイズ例（左：底面，右：側面）

きた。サイクルタイム短縮のためには、失敗率を低減させる工夫が必要である。

4 考 察

4.1 画像処理基盤

画像処理基盤で扱える距離画像センサは、現時点では Kinect のみであるが、画像入力部のソフトウェアを共通化することで、Xtion[®]等の各種センサに対応することが可能である。

また図11に示すように、ワークの特徴量を適切に指定することで、円柱形状の木片、直方体形状の木片、単三電池、円形状のビニルテープを、それぞれワークの姿勢を含め個別に認識できる。

4.2 ロボット制御基盤

ロボット制御基盤は、安川電機とデンソーウェーブのロボットに対応しており、利用頻度の高い基本的なコマンドを実装している。その他メーカーのロボットについて

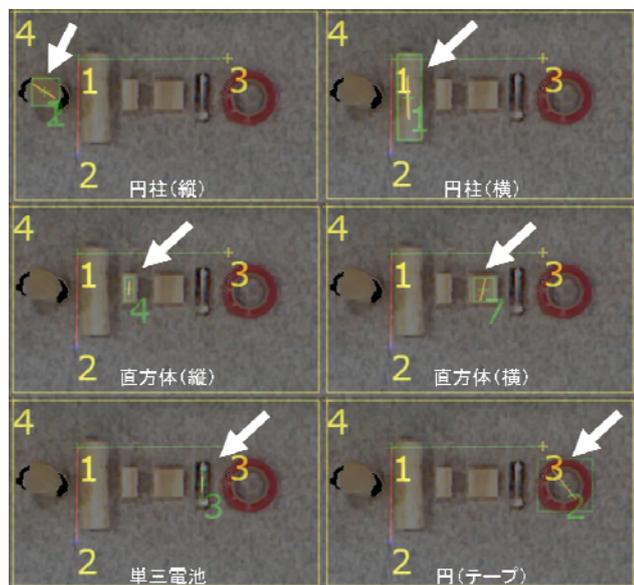


図11 ワーク認識例（円柱，直方体，電池，円）



6軸ロボット(デンソーウェーブ製) 7軸ロボット(安川電機製)

図12 ピッキング例（デンソーウェーブ，安川電機）

も、それらが外部からの制御機能を備えていれば、ロボットコマンド変換ライブラリを整備することで対応可能である。図12に6軸ロボットを7軸ロボットに置きかえた事例を示す。この例では画像処理部は共通であり、システムの移植に関する変更箇所は、通信設定、I/O設定、ロボットサイズ・軸数の違いによる調整のみのため、作業時間は短い。このため、異なるメーカーのロボットを使ったピッキングシステムでも容易に移植できる事が確認できた。

5 結 言

本研究では、安価で柔軟なピッキングシステム構築のため、ピッキングに特化した画像処理基盤およびロボット制御基盤を開発した。画像処理基盤については、ワークの特徴量を調整することで、さまざまな形状、姿勢のワークを個別に認識でき、汎用性が高いことが確認できた。またロボット制御基盤については、異なるメーカーのロボットを共通のコマンドで制御することができ、移植性の高いことを確認した。

今回は木片によるランダムピッキング事例を示したが、同様な円筒形状の金属部品を対象としたシステムを県内企業の工場内に構築し、実用化に向け共同研究を行っている。

今後は基盤技術の機能を強化しつつ、新たにロボットのメーカーが異なっても統一的なユーザーインターフェイスを実現する操作端末の開発などに取組み予定である。

文 献

- 1) 藤原他：広島県立西部工技研究報告，56(2013)，10
- 2) <http://www.openrtm.org/>
- 3) <http://www.orin.jp/>
- 4) <http://www.ros.org/wiki/>
- 5) <https://www.ruby-lang.org/ja/>
- 6) http://www.asus.com/Multimedia/Xtion_PRO_LIVE