

産業用ロボットの新しい展開

Development for Industrial Robotics Applications

| | |
|--------|---------------------------|
| 小野 一也 | 技術開発本部プロジェクトセンター 開発部 |
| 林 俊寛 | 技術開発本部総合開発センター 制御技術開発部 |
| 藤井 正和 | 技術開発本部総合開発センター 制御技術開発部 |
| 柴崎 暢宏 | 技術開発本部総合開発センター 制御技術開発部 |
| 曾根原 光治 | 技術開発本部総合開発センター 制御技術開発部 課長 |

生産現場では作業効率や品質，安全の向上のために，人手に頼っている作業の自動化が，継続して期待されている。本稿では，ピッキング作業，中重量物搬送作業，組立作業などへ産業用ロボットを応用する研究開発を紹介する。これらの研究開発では当社が長年培ってきた高度センシング技術，制御技術，機械要素技術をシステム化することで，従来自動化が困難であった作業へ産業用ロボットを適用することができた。

Factory automation is currently expected to improve productivity, quality and/or safety in the production industry, especially for functions depending on workers. This report introduces IHI's R&D activities to allow industrial robots to work in bin picking, payload handling, assembly, and similar operations. The R&D activities integrate IHI's advanced technologies; such as sensing and measurement technology, control technology, and mechanics technology, to automate operations not possible for conventional robots.

1. 緒言

過去，大量生産を目的とした工場生産ラインの自動化が進められ，多くの産業用ロボットや専用機が導入された。しかし，近年の生産現場では，差別化やニーズの多様化に対応するため，セル生産方式（ライン生産方式と異なり，一人の作業員で製品を組立てる方式）に代表される多品種変量生産になってきている。多品種変量生産では，扱う部品の種類が多く専用機や産業用ロボットでは品種変更の手間や設備コストが増えるため，多くの作業が人手に頼っている。

最近では，少子高齢化による労働人口減少の問題もあり，産業用ロボットを活用しセンシング技術や生産ノウハウを融合して，人手に頼っている作業の自動化が期待されている。

産業機器メーカー各社も知能化をキーワードに，従来は人でなければできなかった作業をロボットに行わせる技術開発に力を入れているが，まだ一部の限定された作業にとどまっているのが実情である。

当社でもグループ内外の工場の自動化を目的として，長年培ってきた，① 高度センシング技術 ② 制御技術 ③ 機

械要素技術，を産業用ロボットとシステム化し，従来，自動化が困難で人に頼っている作業へ，産業用ロボットを適用する研究開発を進めている。

本稿では，① ピッキング作業 ② 中重量物搬送作業 ③ 組立作業，などへ産業用ロボットを応用したシステムの概念や研究開発を紹介する。

2. 三次元物体認識バラ積みピッキングシステム

生産現場において，バラ積み部品の整列や搬送などは人に頼っている作業である。ボルトなどの部品はバラ積み状態で箱に入っており，人はいとも簡単に幾種類もの部品を取り扱うことができる。しかし，バラ積み部品の山をセンサで計測し，個々の部品を認識しながらロボットで部品を取り出すことは，極めて困難である。

当社では，独自の三次元物体認識技術を利用して，バラ積みピッキングシステムを開発している⁽¹⁾。

特長として，レーザ光による三次元計測法を使っているため，カメラを用いた方法（2.5次元やステレオ視）とは異なり周囲の明るさの影響を受けないこと，また，3D-CADとの親和性も良く，設計段階で作成した対象物の3D-CADデータを使うことで，品種変更に伴う作業が

簡素化でき、使い勝手の良いものになった。

第1図にシステムの全体構成（-(a)）とピッキングの様子（-(b)）を、第1表に基本仕様を示す。一般に、バラ積みを対象とすると、大量の三次元計測データに複雑な認識処理をする必要があるため、実用的な時間内で動かすことができない。しかし、第1図のシステムでは、計測－ピッキング－搬送－検査－整列の一連の作業を、12秒のサイクルで実行可能である。

今後、セル生産など多品種変量生産の自動化に対応できるように、三次元物体認識処理のさらなる高速化と安定性の向上を図っていく。

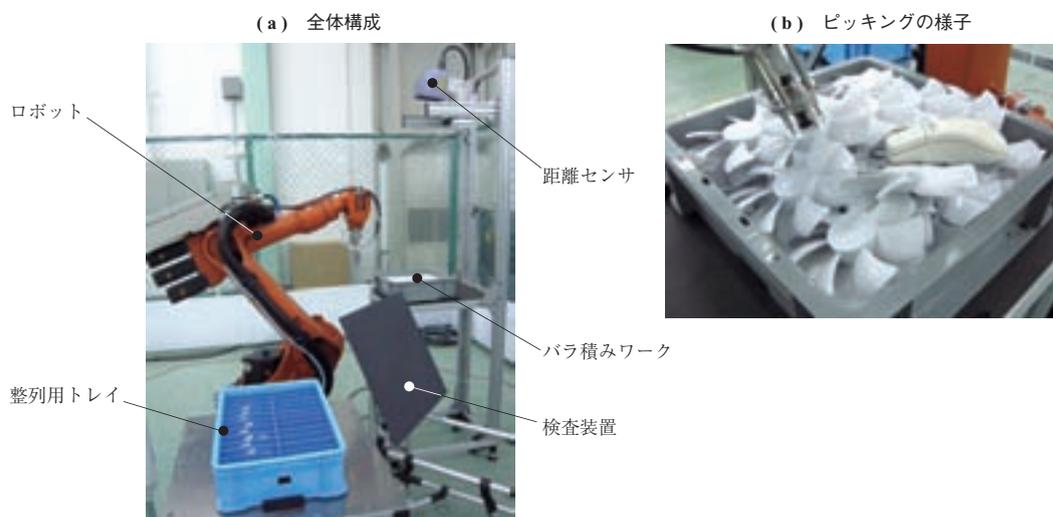
3. 中重量物ハンドリング

現在、中重量物（50～200kg）の搬送作業は、人手やクレーン操作による移動が主流である。作業の自動化は安全性の向上や生産性の改善を図ることができ、多くの生産

現場から期待が寄せられている。しかし、対象物が大きく重い場合、計測や位置決めが難しくロボットによる自動化が遅れている。

当社では、60kg程度のエンジンブロックなどをパレットへ積み付け、積み下ろし、また必要に応じて検査工程に自動搬送するシステムを開発した。

第2図にシステム外観（-(a)）と三次元物体認識の結果（-(b)）を示す。ロボットの手先にカメラを搭載するハンドアイ方式と三次元物体認識技術によって、ワークが整列されていない。あるいは、ワークを積載するパレット自身に誤差があっても、ロボットがワークを認識することができる。さらに、フローティング機構を備え上面からワークを把持するハンドツールによって、パレットにすき間なく積載したワークもスムーズにデパレタイズ（パレットからの積み下ろし）とパレタイズ（パレットへの積み込み）が行える。



第1図 三次元物体認識バラ積みピッキングシステム
Fig. 1 Bin picking robotics using 3-D object recognition

第1表 三次元物体認識バラ積みピッキングシステムの基本仕様
Table 1 Specifications of bin picking robotics

| 項目 | 仕様 | |
|------------------|--|---------------------|
| 計測 ^{*1} | 計測方法 | レーザー光を用いた三次元計測 |
| | 計測距離 | 500～1000mm |
| | 計測範囲 | 250×250～500×500mm |
| | 計測時間 | 計測範囲による |
| 認識 | 認識方法 | 3Dデータとの照合による三次元形状認識 |
| | 処理時間 | 状況による ^{*2} |
| 対象物 | 各種部品など ^{*3} （最小50×50mm程度） | |
| 基本構成機器 | 制御装置、ロボット ^{*4} 、ロボットコントローラ、ハンド ^{*4} 、距離センサ | |

(注) ^{*1}: 第1図のシステムにおける仕様を示す。使用する距離センサによって仕様は異なる。
^{*2}: 認識処理時間は、ワークの形状、数、配置によって変化する。
^{*3}: ワークの表面材質によっては、計測や認識ができないものもある。
^{*4}: 基本構成機器のロボットおよびハンドは、ワークによって仕様が変わる。

(a) システム外観



(b) 三次元物体認識の結果



(注) 1. 認識したワークを色分けして表示している。
2. ワークが整列されていなくても、またカメラがワークと正対していなくても、ワークの位置を個別に認識している。

第2図 中重量物ハンドリングシステム
Fig. 2 Medium payload handling robot

4. ハンドガイドロボットシステム

組立作業や複雑な形状のワークのハンドリング作業では、精度良い位置決めが求められる。このような作業を完全自動化するときは、高価なセンサや高度で複雑な制御が必要となる。また、ワークの形状によっては位置決めしたいワーク部位が計測できなかつたり、自動化してもいわゆる「チョコ停」(設備の故障ではなく、軽微な異常によって一時的に設備が停止した状態で、すぐに復旧する。)が多発し稼働率が上がらなかつたりなど、多くの課題がある。

以上の課題の解決策の一つとして、ロボットが得意な作業と人が得意な作業に分け、人とロボットが協働することが考えられる。

2006年に改訂された国際規格 ISO 10218-1 : 2006 (JIS B 8433-1 : 2007)においても、産業用ロボットが満足すべ

き新しい安全の規格と指針が示され、これを満足するロボットを利用することで人との協働も認められることとなった。第2表に協働操作のための要件を示す。

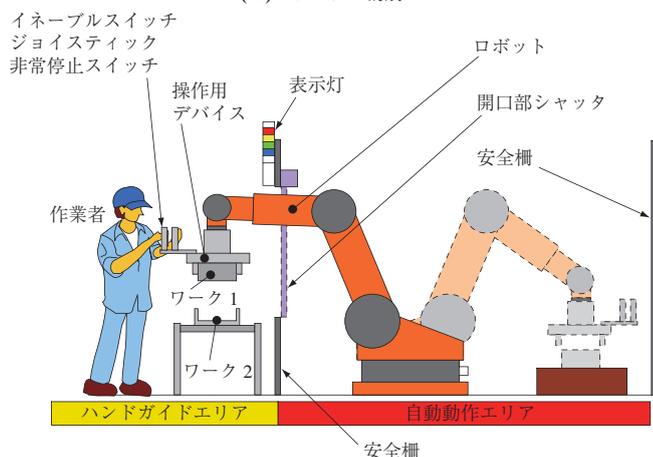
当社では、人と産業用ロボットの協働を可能とするため、ISO 10218-1 : 2006 に準拠したハンドガイドロボットシステムを開発した⁽²⁾。

第3図にシステム構成 (- (a)) と操作システム外観 (- (b)) を示す。本システムは自動動作と手動操作の二

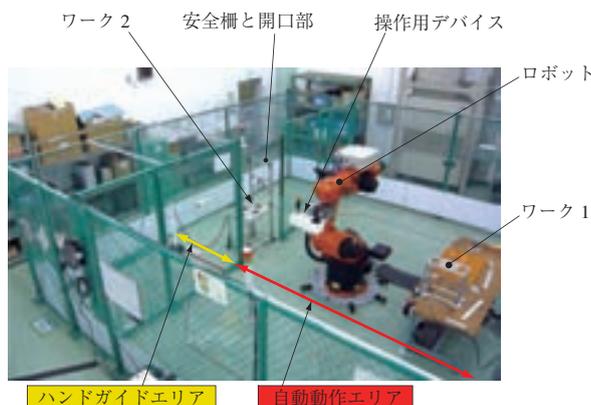
第2表 協働操作のための要件
Table 2 Collaborative operation requirements in ISO 10218-1

| 要求条件 | 項番 | タイトル |
|------------------|----------|---|
| 必須要件 | 5.10.1 項 | General |
| | 5.10.2 項 | Stop |
| | 5.10.3 項 | Hand guiding |
| | 5.10.4 項 | Speed and position monitoring |
| | 5.10.5 項 | Power and force limiting by inherent design |
| | 5.10.6 項 | Power and force limiting by control system |
| 1 項目以上実現が必要となる要件 | | |

(a) システム構成



(b) 試作システム外観



第3図 ハンドガイドロボットシステム
Fig. 3 Concept of hand guiding system

つのモードを備え、教示・プレイバックやセンサ処理による認識・判断に従って実現できる作業はロボットが自動で行う。さらに、教示や認識・判断が難しい作業はロボットのアシストを受けながら人が手動で作業を行うことで、単なるパワーアシスト装置ではなく産業用ロボットを使うことの利点を引き出している。

今後は対象作業の拡大によって、さまざまな試験を行い、ハンドガイドロボットシステムとしての評価・改良を行っていく。

5. セル生産ロボット

市場のニーズの多様化に伴い、多くの種類の製品を需要に合わせて生産する多品種変量生産に適したセル生産方式が各分野で導入されている。一方、生産現場において作業員の確保が困難になり、セル生産の特長を生かした自動化の要求がますます強くなってきている。しかし、セル生産方式では非常に多くの作業および部品を扱うことになり、自動化のために設計変更や専用ジグを準備したり、タクトタイム（工程作業時間）が長くなったりと、自動化によるメリットが見いだせない状況が続いている。

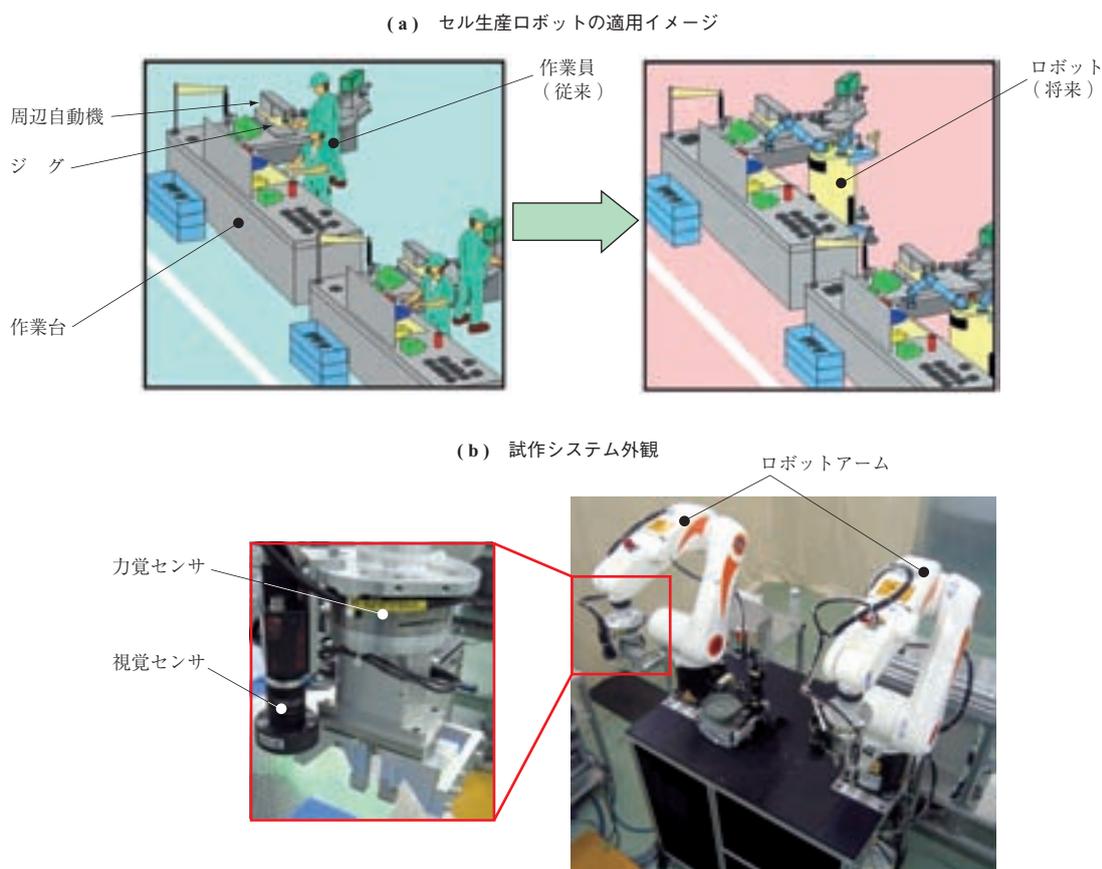
当社では、ロボットを智能化してこれまで自動化が困難だった多品種の組立作業に対応させるとともに、人と同じ作業環境でセル生産に対応させることで、作業員が使用していた作業台・ジグ・周辺自動機を流用でき導入が容易な組立ロボットの開発に取り組んでいる。

第4図に試作システムにおけるセル生産ロボットを示す。本試作では多品種変量生産のための智能化技術として、すきまが数 μm の精密組立が可能な力制御、部品の位置ずれやねじ穴位相なども合わせられる視覚センサを利用する。これらによって、部品の正確な位置決めをするための専用の整列機やジグが不要なシステムとなっている。タクトタイムも人と比べそん色のないレベルである。

6. 協調ハンドリング

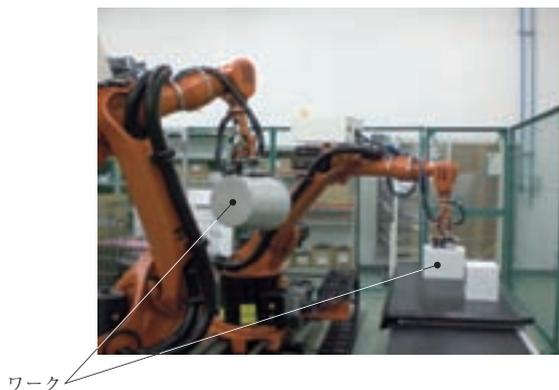
生産現場で人が担っている作業の大部分は多くの品種を取り扱う作業である。特に、大きさの異なるワークを複数扱うとき、ロボットはツールチェンジによって対応しようとするが、人は両方の腕を器用に使い柔軟に対応する。

一般に、ワークの大きさがさまざまなとき、最大のワークに合わせた大型ロボットを1台使う場合が多い。当社



第4図 セル生産ロボット
Fig. 4 Cell production robot system

(a) 小さなワークを同時に運ぶ



(b) 大きなワークを協調して運ぶ



第5図 協調ハンドリングシステム
Fig. 5 Cooperative handling robots

では小さなワークに合わせた小型ロボットを複数使うことで、より汎用性が増すと考え開発を進めている。

第5図に協調ハンドリングシステムを示す。大きなワークは複数のロボットが協調してハンドリングし、1台で運べるワークは各々のロボットでハンドリングすることで、大型ロボット1台の場合よりタクトタイムを短縮できる。

また、大きなワークを複数のロボットで扱うため、負荷を分散できハンドのサイズ・構造が簡素化でき、同一ハンドで扱えるワークの種類が増える。また、ロボットやハンドが小さいため、アプローチなどの干渉が減りバラ積みに有利になる。さらに、把持位置をロボットのプログラムのみで変更でき、ワーク品種の追加が容易になる。

7. 結 言

当社で培ってきた高度センシング技術、制御技術、機械要素技術を産業用ロボットとシステム化し、ピッキング作業、中重量物搬送作業、組立作業などへ産業用ロボットを

応用したシステム概念や研究開発を紹介した。

従来、自動化が困難で人に頼っている作業へ、産業用ロボットを適用できるようになりつつある。また、ロボットを使うことで長時間・重量物作業でも疲れることがなく、作業ミスもなくなり、品質の向上にもつながっていくものとする。

参 考 文 献

- (1) 林 俊寛, 曾根原光治, 井之上智洋, 島 輝行, 河野幸弘: 三次元物体認識技術を応用したバラ積みピッキングシステムの開発 IHI 技報 第48巻 第1号 2008年3月 pp.7-11
- (2) 藤井正和, 塩形大輔, 村上弘記, 曾根原光治: 人間・産業用ロボットの協働のための安全システムの提案 ROBOMECH 2008 Proceedings 2008年6月 2A1-A21