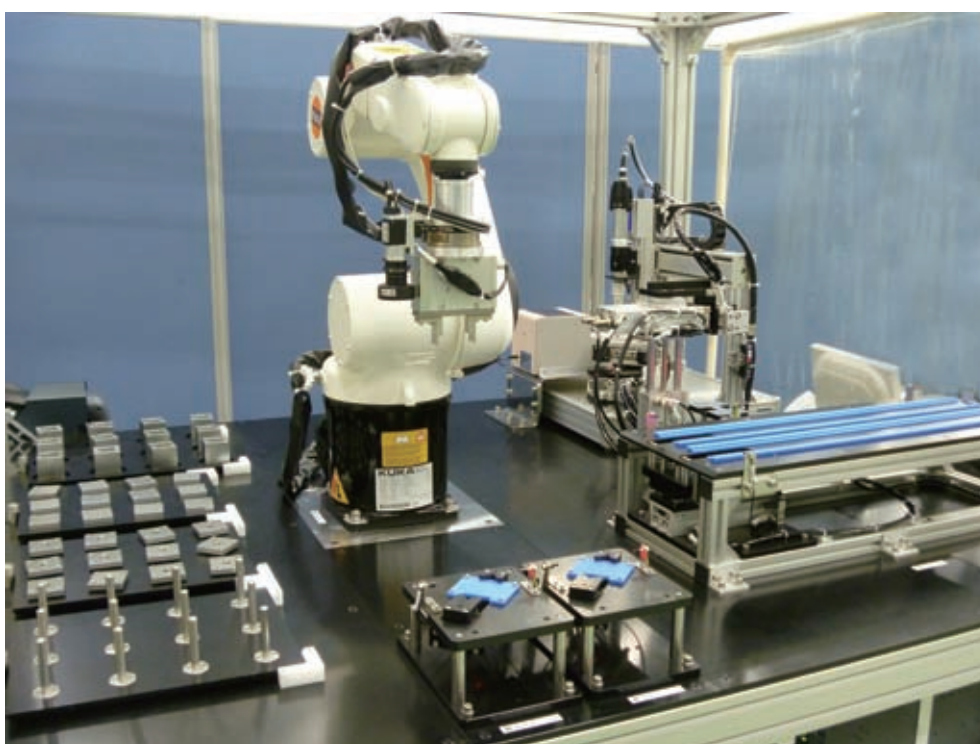


# 人の手感をロボットで実現！！

## 目で距離を掴み、手感覚で作業する、 次世代産業ロボットの開発

人と同じように部品を見て、その部品の位置や向きを確認して取出し、人と同じように力を感じながら部品をはめ込む。そんな産業用ロボットが現在稼働している。IHI が開発した精密組立ロボットシステムを紹介する。



精密組立ロボットシステムの構成例

### セル生産方式の産業用ロボットとは？

産業界では大量生産を目的に工場生産ラインの自動化が進められ、ベルトコンベヤ 1 台につき 1 品種の作業を大勢で行う「ライン生産方式」が数多く導入されてきた。

しかし近年、製品のライフサイクルの短期化などでユーザのニーズが多様化し、一人および少人数で多品種変量生産を行う「セル生産方式」が増えてきている。

この方式は、柔軟に対応できる人間の手に頼っている

のが現状である。しかしながら、日本国内では、少子高齢化による労働人口減少や熟練作業者の減少などの課題を抱えている。この解決策として、セル生産方式に対応可能な産業用ロボットの開発に注目が集まっている。

これまで産業用ロボットの場合は、部品を傷つけず微妙な感覚やカンと経験などで人が難なく熟す作業をどう機械化し、システム化するかが最大の問題点であった。

特に取扱い部品点数や品種の切り替え回数が多い精密組立作業は、熟練した作業員に頼る部分が大きく、自動化が困難であると言われてきた。

だが IHI では、独自の力制御を用いて力を加減しながら精密部品の組立を可能にする、精密組立ロボットシステムを開発し稼働させている。

## IHI の精密組立ロボットシステム

IHI の精密組立ロボットシステムは、「ロボット本体」「部品供給ステージ」「組立ステージ」「ねじ締め装置」「搬出ステージ」といった主要機器で構成されている。

ロボット本体のアーム先端には、視覚センサ（カメラ）と力センサ、および複数の部品を取扱うロボットハンドが装着されている。

視覚センサで撮った画像データや力センサの反力（物体に力が加えられた場合に働く押し返す力）データはロボット本体にある制御装置へと送られる。そのデータを基に、位置や姿勢、速度をロボット制御装置で統合・制御しロボットアームに伝え、部品を取出したり、組み付けたりすることができる。

IHI の力センサはひずみゲージ式 6 軸センサを採用しており、水平方向と垂直方向、湾曲方向の各軸の回転方向（6 方向）の反力を測ることができる。それを利用して、アームに掛かる接触力を制御しながらねじや部品を挿入する仕組みとなっている。

視覚センサは一般的な工業用カメラを使用しており、これをアーム先端に装着し、トレイ上に置かれた部品の位置やランダムになっている向き、ねじ穴の位置などを検出する。人が目で見て判断し位置や方向を合わせるような高度な組立を行うことが可能であり、事前

に部品を整列するなどの段取り作業が不要となる。

この精密組立ロボットシステムは、部品の組立作業ができるだけでなく、1 台のロボットで、さまざまな生産ラインの工程を熟<sup>こな</sup>すことができる多機能システムである。2 台以上を組み合わせることで、生産ラインの変化に応じて機能を使い分けることもできる。もちろん、1 台に特定の工程を負わせることもできる。生産ラインの都合に合わせて臨機応変である。熟<sup>こな</sup>せる代表的な工程を紹介すると、

### ① 部品の組付け

トレイ上に平置きされた部品をカメラで見て取出し、力を加減することで、部品を傷つけることなく正確に組み付けることができる。

### ② 工程間搬送

所定の部品を組み付けた後、隣のアームや塗布装置などの周辺機器へ部品一体を運ぶ。アーム先端に装着したロボットハンドを巧みに使い分けて、さまざまな形状の部品を運ぶことができる。

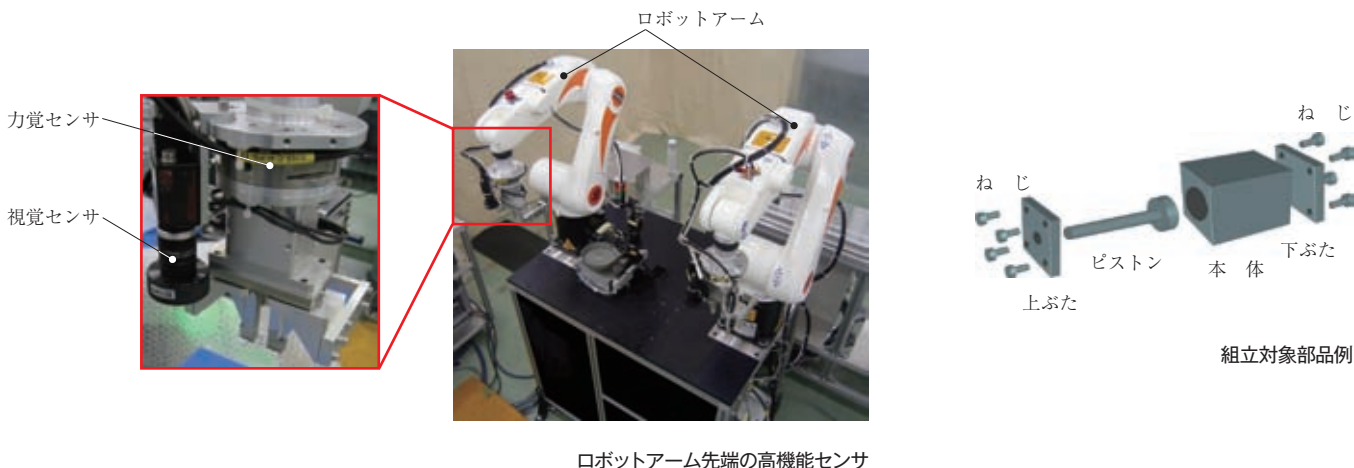
### ③ ねじ締め

組付け合わせた部品同士をしっかりと固定するために、アーム先端に装着したねじ締め工具で、ねじやナットを吸着し、力を加減しながら確実に締め付けることができる。

### ④ 工程内の検査

部品が正しく組みあがっているかを、力センサで検査する。たとえば、異品を組み付けたり、無理な姿勢で組み付けたり、想定以上の負荷が掛かった場合など、異常を検知することができる。

などがある。



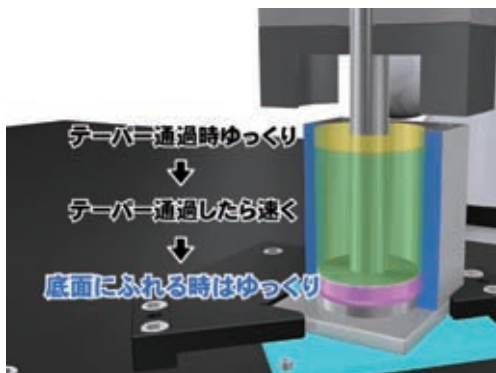
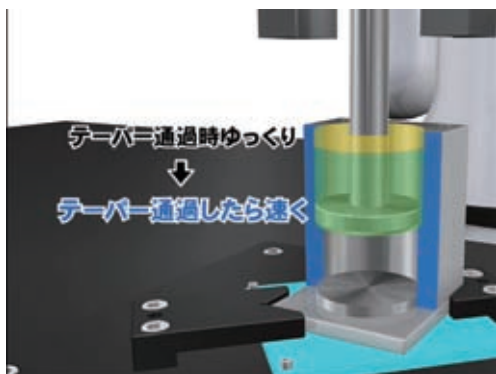
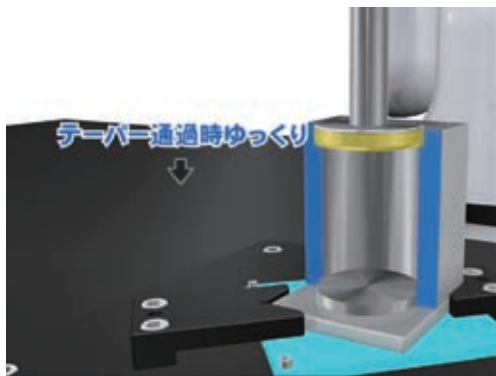
## 難しい、速度の切り替え

一連の組立工程で最も難しいのがはめあい工程である。特に、

- ① 組み立てる部品同士が最初に接触し合う瞬間
- ② 完全に組み上がる瞬間、すなわち部品が底付きするとき

の2点である。

これらの瞬間は部品同士がぶつかる可能性があり、従来のロボットシステムでははめあい工程全体の動作速度を抑えて対応するしかなく、所要時間が掛かっていた。



力制御の切り替え（挿入工程）

IHI ではこの問題を、はめあい動作中に速度を自動で切り替えることで解消している。

二つの部品を接触させるまでは、ロボットが感知している力はゼロである。部品が組み合わされた瞬間、加わる力の大きさが急激に変化するので、あらかじめ速度を落としておいて、ゆっくりと挿入する。二つの部品がいったん組み合わされて、奥へ差し込む間には力の量が大きく変化する要因はないため、速くして、所要時間を短縮する。完全に組み上がる瞬間は、部品が底面に触れることになるので、ここではゆっくりと挿入する。

このように一連の動作の途中で動作速度を変えるには、ロボット制御のパラメータの切り替えが必要である。通常の制御方法でパラメータを切り替えると、ロボットの動きは不連続でぎこちないものになる。この動作を人のように滑らかに行うには、制御方法に工夫が必要である。IHI では、この制御技術の開発に成功し、人のように滑らかに動作する精密組立ロボットの実用化を実現した。

## システムの多彩なメリット。チョコ停にも威力

従来、ロボットを導入する場合は専用の作業台や治具、周辺装置が必要だが、このロボットシステムの場合は、既存の道具などを流用することができるのも特徴的かつ画期的なメリットである。人が使っていたねじ締め装置や塗布装置など、既存設備を有効に活用することで、投資額を最小限にすることができる。

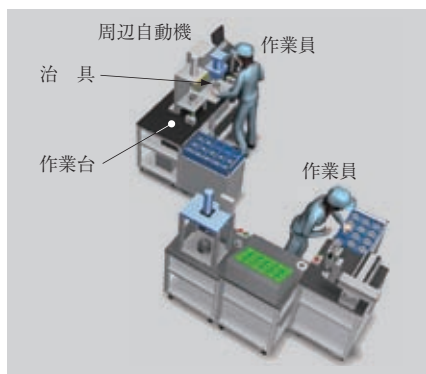
また、自動化設備は軽微な問題で設備が停止するいわゆる“チョコ停”が問題となるが、IHI のロボットシステムは力制御による精密はめあい中に失敗が起きても即停止するのではなく、挿入速度を遅くしたり、角度を変えたり、掴み直したりするなど、作業がスムーズに行えない場合は工夫してやり直すことができる。

工夫してもスムーズにいかない場合は、諦めて次の部品の組立に取り掛かることもできる。

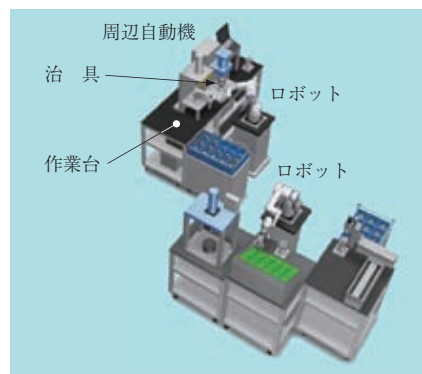
時間当たりの生産台数は人手による従来方式（実働7～8時間）には及ばないが、システムを24時間稼働させると考えると総生産能力は従来方式より高くなる。

人手の場合は作業による品質ムラも出やすく技能作業の教育が必要となるが、このロボットシステムの場合であれば品質の安定化も図れ、省人化に寄与できる。

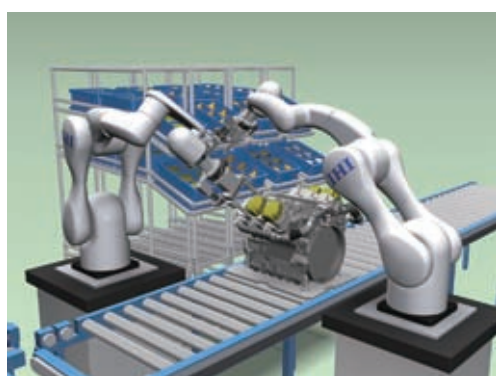
(a) 従来のセル生産



(b) ロボットによるセル生産



ロボットシステム導入イメージ



エンジン組立工程への適用例



ターボチャージャ組立工程への適用実績

## ターボチャージャを器用に組み立てるロボット

ターボチャージャの回転部品は、1分間に20万回転する精密部品であり、部品同士の隙間がわずか数 $\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$ )しかなく、従来は人の手でないと組み立てられないと考えられていた。

しかし、株式会社IHIターボの木曾工場では、2009年からIHI精密組立ロボットシステムがすでに稼働し、2011年からは3台のロボットを使い、ターボチャージャ回転部品の組立ラインの全工程の自動化に成功している。

3台のロボットの基本構成はみな同じであるが、アーム先端のロボットハンドの爪形状を、部品形状に応じて変更することで、それぞれのロボットが違った4～5工程を熟こなすことが可能となっている。

## ロボットシステムの展望

力制御技術の高度化のために、現在、さらに制御性能を高める研究開発を行っている。

作業スピードのさらなる向上など要素技術の完成度を上げるとともに、技術の横展開を推進して、IHIグループ内のみならずグローバルな適用拡大を図っていく。

まずは、自動車部品や精密機器を扱う生産ラインでの活躍が最も早いであろう。そして、重量物や電気部品、ケーブルの取扱いができるようにし、ロボットの適用先をいっそう広げてゆく。

さらには、視覚センサで対象物を捉えて距離や位置を確認し力制御のゆっくりとした動作で対象物に触れることのできるこのシステムは、人が立ち入れないような場所、たとえば、宇宙や災害現場での有効活用も期待できる。

IHIではこのロボットシステムの特性を活かすことで、社会のあらゆるシーンでさまざまなニーズに応えていきたい。

問い合わせ先

株式会社IHI

技術開発本部 管理部

電話(045)759-2213

URL: [www.ihico.jp/](http://www.ihico.jp/)