

# 双腕ロボット技術に関する研究 ～微細作業の自律化～

プロジェクト推進室 足達 幹雄  
生産技術室 細谷 昌裕, 新保 栄一, 城之内 一茂, 名和 礼成, 田中 弥  
千葉大学 大学院 工学研究科 野波 健蔵

## A Study on the Robotarm Control ～Development of Autonomous System for Minute Work～

Mikio ADACHI, Masahiro HOSOYA, Eiichi SHIMBO, Kazushige JOUNOUCHI,  
Yukinari NAWA, Wataru TANAKA and Kenzo NONAMI

双腕ロボットによるボルトとナットの微細作業自律化を目標に、制御アルゴリズムや把持アプローチ等の改良を行い、様々なサイズのナットの自律把持について動作検証を実施した。その結果、ビジョンシステムの改良、力覚情報を用いたインピーダンス制御の実装、ならい動作の適用などにより、自律把持の再現性・安定性を向上させることができた。

### 1. はじめに

千葉県では、県内ロボット関連産業の活性化のため、共同研究体の構築支援、技術支援に必要と考えられる基礎技術の習得、応用技術の研究開発及び成果の移転を目的とした事業を実施している。

平成 17 年度に産学官の情報交流の場として「ロボット・知能機械実用化研究会」を立ち上げ、平成 18 年度から千葉大学野波研究室との共同研究体制を継続し、本研究で培った制御技術、駆動技術等を県内中小企業にフィードバックし、企業の技術力向上と新製品開発への支援に取り組んでいる。共同研究においては、画像認識機能を有する双腕での協調作業が可能なロボットの開発を行い、研究会を通じての企業ニーズをふまえて「ボルトとナットの自律把持・締結」をテーマに改良を重ね動作検証を実施している。

### 2. 双腕ロボットの試作

試作当初の双腕ロボットの概観図を写真 1、仕様を表 1 に示す。

人間の上半身と同規模の大きさとし、頭部に相当する部分に 3次元ステレオカメラを有する。手に相当するエンドエフェクタは 1 自由度のグリッパーとした。材質はアルミ合金を用いた。

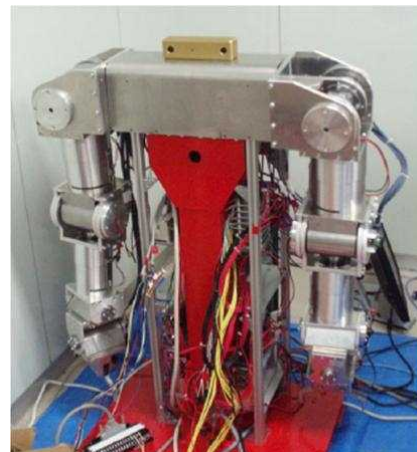


写真 1 双腕ロボットの概観

表 1 双腕ロボットの仕様

腕長	782 mm
腕間距離	610 mm
把持力(最大)	5 kg
可搬力(最大)	1.5 kg
腕部重量	23 kg
高さ	1.0 m

### 3. 双腕ロボットの改良

#### 3.1 単眼カメラの追加

物体の認識精度を向上させるため、手先に小型単眼カメラを付加した。手先に単眼カメラをつけることにより、安定した把持を行える姿勢の決定に重要な情報を得ることが可能となった。

#### 3.2 3指ハンドの作製

小さな物体の安定把持を実現させるため、各々の指先に6軸の力覚センサを有する3指ハンド（左手）を作製した。3指ハンドの開発により、物体に対する各指の加える力を感じ、それを基に力を制御できることとなり、物体の安定した把持が可能となった。

#### 3.3 ハンド指先の改良

さらなる微小対象物への柔軟な把持の実現を目標に、3指ハンドの指先を改良した。ハンド指先を半球状から爪のような形状に変更したことにより、微細ナット（M2 サイズ）の把持等の作業が可能となった。改良した3指ハンドを写真2に示す。

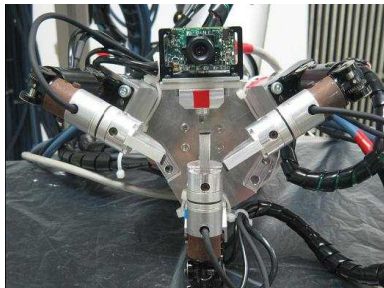


写真2 改良した3指ハンド（左手）

### 4. ナットの自律把持実験

#### 4.1 インピーダンス制御の導入

インピーダンス制御は、ロボットが環境に対して柔軟な接触作業を行うための力制御法のひとつである。ロボットの手先に外力を加えた際に生じる機械的なインピーダンス（慣性、減衰係数、剛性）を、作業目的にあった値に調整することで手先の柔軟性を図る。インピーダンス制御の実装に必要な外力の推定には、比較的安価な電流センサを用いた。これにより、省配線や大幅なコストダウンが可能となる。

#### 4.2 ならい動作の適用

ナットの把持に至る動作として、「ならい動作」を取り入れた。ならい動作とは、外部環境との接触状態を維持しながら行う動作である。ナットの把持であれば、机の上を滑らせながらすくい上げるように把持することになる。ならい動作の利点は、

図1に示すようにカメラによるナットの中心位置の認識誤差を接触状態を維持しながら把持することで補正できる点である。また、指先とナットとの接触点がナットの下端になるため非常に安定した把持が可能となる。

ナット把持アプローチの流れとしては、カメラの画像認識により、双腕ロボットがナットの位置へ移動し、腕を作業台へ下げ、指先に閾値以上の外力が加わった時点で双腕ロボットは静止し、ならい動作による把持が行われる。

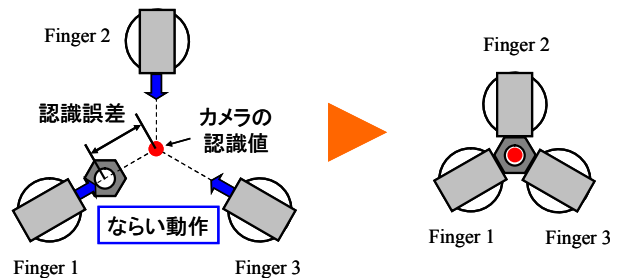


図1 ならい動作による認識誤差の補正

#### 4.3 ナットの自律把持実験

改良した双腕ロボットに電流センサによるインピーダンス制御を実装させ、ならい動作を用いて様々なサイズのナットについて把持成功率を求めた。M8, M4, M2のナットを同じ位置に置いた場合とランダムな位置においた場合をそれぞれ10回ずつ実施した。実験結果を表2に示す。

同じ位置に置いた場合については、どのサイズのナットでも90%以上の高い成功率で把持できている。ランダム位置の場合では、M4以上のナットでは80%以上であるが、M2のナットでは50%となった。この原因としては、照明などの影響により比較的大きな画像認識の誤差が生じてしまうことや双腕ロボットの追従性能が考えられる。

表2 ナットの自律把持実験結果

サイズ	同じ位置 [%]	ランダム位置 [%]
M8	100	90
M4	90	80
M2	100	50

## 5. まとめ

改良した双腕ロボットに電流センサによるインピーダンス制御を実装させ、ならい動作を用いてナットの自律把持について動作検証を行い、その有用性が確認できた。ナット自律把持の再現性・精度向上は、ボルトとの締結作業の安定性につながるものと考えられる。これらの成果技術を実用化させることを視野に入れ、安全性向上や低コスト化に向けた研究を継続する予定である。また、随時県内企業への情報提供を行い、研究会活動とおして技術移転も図る予定である。

最後に、この研究にあたりお世話になった千葉大学 野波研究室 中川さん、齋木さん、Ruhizan Lisa さん、鳥谷さんに謝意を表します。

## 参考文献

齋木広太郎：力覚センサレスインピーダンス制御による柔軟な把持ーボルト・ナットの把持締結ー，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会，ROBOMECH2010，旭川市，2010年6月13日～16日