

ロボット応用技術に関する研究 ～位置精度向上と適応制御応用～

プロジェクト推進室 石井 源一
情報システム室 城之内 一茂, 名和 礼成
ものづくり開発室 新保 栄一
千葉大学大学院工学研究科 野波 健蔵

Study on Robotarm Control ～ Improvement of Position Precision and Examination of Adaptive Control ～

Genichi ISHII, Kazushige JONOUCHI, Yukinari NAWA
Eiichi SHINBO and Kenzo NONAMI¹⁾

¹⁾Chiba University Graduate School Department of Mechanical Engineering

昨年度試作開発した双腕ロボットをベースに、位置制御の高精度化と適応制御の適用を目指した応用研究を実施した。ハンドに単眼カメラを追加するとともに、各指に力センサーを搭載することで、10mmのナットの認識とボルト締結における基本動作が確認できた。また、マスタ・スレーブシステムにおける力覚センサーからのフィードバックの検証を行い、把持した物体の認識の有効性を確認した。

1. はじめに

ロボット産業は、近年の少子高齢化の進行による長期的な労働力減少対策の必要性、異種技術の組み合わせによる新たなロボット応用分野の広がりなどを受けて、平成16年に経済産業省から出された「新産業創造戦略」においても今後成長が見込める分野として期待されている。

千葉県は、東葛地区から千葉地区にかけて製造企業の集積が見られること、自動化機械、搬送機械及び特殊作業機械などのロボット関連企業が存在すること、大学等の多くの教育機関においてロボット教育に対する取り組みが活発になされていることなど、非常に環境に恵まれているため、今後ロボット産業が大きく発展する可能性を有している。

そこで、千葉県では、県内のロボット産業振興に必要と考えられる基礎技術確立し、技術移転に資することを目的に事業を展開してきた。平成17年度は、「ロボット・知能機械実用化研究会」を発足させ、ロボット技術に関する情報交換、見学会、参加企業の事業紹介等を実施し、現在も活動している。また、平成18年度は、前報¹⁾にて報告した通り、千葉大学との共同で、画像認識及び

両腕での協調作業が可能な作業ロボットの開発を目指し、片腕あたり7関節のアーム及び1関節のハンドを有する双腕ロボットを試作した。ロボット頭部に搭載した3次元カメラで撮影した画像データを処理して形状認識・距離測定をすることにより、ロボットアームの制御を行った。研究の第一段階として、ビンとコップを把持して液体を注ぐ動作を目標動作に設定し、把持後所定の位置に配置できることを確かめた。

本年度は、平成18年度に試作した双腕ロボットを改良して、小さな物体に対する作業を可能とすることを目標として引き続き千葉大学との共同研究を実施した。

製造ラインの自動化に適用することを視野に入れて、10mmのナットの認識及びボルトの締結を目標動作に設定した。高精度な物体認識と、細かな制御が可能な手先による把持精度の向上を検討した²⁾。

また、適応制御の実装に向けた基礎データを得るために、マスタ・スレーブシステムを用いて、力覚センサーからのフィードバックの検証を実施した³⁾。

2. システム構成

双腕ロボットの基本的な構成は前報の通りであるため、ここでは省略する。

3. 方法

3.1 位置認識精度の向上について

平成18年度に開発した双腕ロボットは、頭部に搭載したステレオカメラによって物体を認識を行っている。しかし、カメラの解像度等の限界からその認識精度は1%程度に制限されてしまい、双腕マニピュレータの作業領域であるカメラから1mの距離において1cm程の認識精度しかない。

そこで本年度は、手先に単眼カメラ(写真1)をハンドに追加設置し、画像処理及び運動学から、より高精度な物体認識を試みた。



写真1 単眼カメラ

3.2 把持精度の向上について

平成18年度に作成した双腕ロボットでは、写真2に示す様なグリッパで大きな物体の把持及びそれに対する仕事を行ってきた。しかし、このようなグリッパでは指の形状に合う円形の物体を包むように把持するか、指先2点で物体を支える事しかできず、小さな物体を安定して把持し、それに対する仕事を行うことができない。

そこで、本年度は各々の指先に6軸の力覚センサ(写真3)を有する3指ハンドの試作を行った。



写真2 グリッパ



写真3 6軸力覚センサ

4. 結果及び考察

4.1 位置認識精度の向上について

単眼カメラを手先に取り付けることにより、対象物を自由な角度・距離から計測することが可能となった。これにより、レンズの焦点距離・映像素子のサイズ・解像度により決定されてしまう認識精度を調整することが可能となり、安定した把持を可能とする姿勢の決定に重要な情報を得ることが可能となった。

あわせてエンドエフェクタ(指先)の位置情報が重要になるため、1指についての運動学解析を行った。図1にロボットハンドの指の座標系を示す。

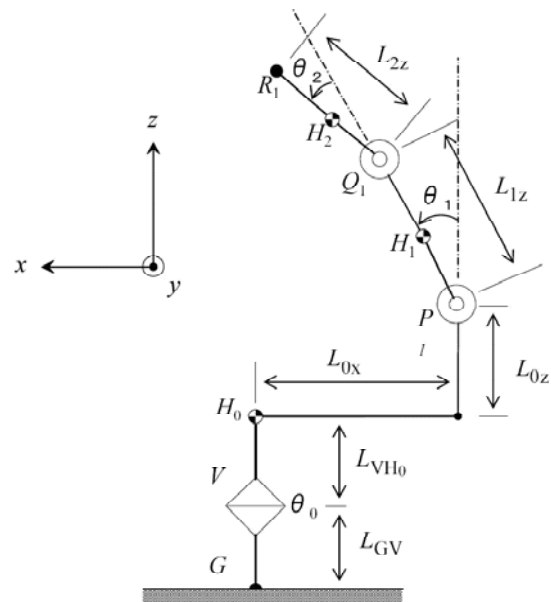


図1 ロボットハンドの指の座標系

ここでは、順運動学による検討結果を示す。順運動学とは、ロボット関節に変位を与えたとき、ロボットがどのような体勢になり、手先に把持した物体の位置姿勢がどうなるかを求めることであ

る。つまり、ロボットの各関節回転角度からエンドエフェクタの位置を導出する関係式のことである。エンドエフェクタ（指先）の位置を r_{GR1} としたとき、次の式が得られた。

$$r_{GR1} = \begin{bmatrix} x_{R1} \\ y_{R1} \\ z_{R1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_0 \{-L_{0z} + L_{1z} \sin \theta_1 + L_{2z} \sin(\theta_1 + \theta_2)\} \\ \sin \theta_0 \{-L_{0z} + L_{1z} \sin \theta_1 + L_{2z} \sin(\theta_1 + \theta_2)\} \\ L_{GV} + L_{VH_0} + L_{0z} + L_{1z} \cos \theta_1 + L_{2z} \cos(\theta_1 + \theta_2) \end{bmatrix}$$

4.2 把持精度の向上について

ハンドの設計にあたり、3指のうち1指を親指に見立て、残り2指をそれと対向する位置、もしくはグリップと同様の対向する2指として位置できるようにし、把持対象物によって様々なレイアウトによる把持が可能になるようにした(図2)。ただし、今回の動作目標では、10mmのナットの認識・把持を対象としているため、3指の位置関係は正三角形とした。

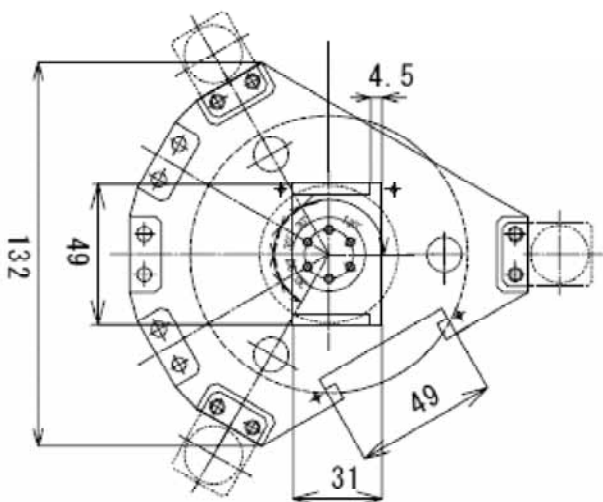


図2 3指ハンドの取り付け位置

単眼カメラは、手の平中央に当たる部分と2指間の間に挟むような位置に設置できるようにした。手のひら中央に設置した場合、把持動作を行い物体をつかむと、その他の対象物を認識させることができないという問題はあるが、把持物体自体の状態の確認が容易になるという利点がある。また、2指間の間に挟むような位置に設置した場合、把持動作を行った後も他対象物の高精度認識が可能となるため、これらの特性を勘案し、目的とする動作によって自由に設置場所を選択できるようにしたものである。

写真4は、今回試作した各々の指先に6軸の力覚センサーを有する3指ハンドである。

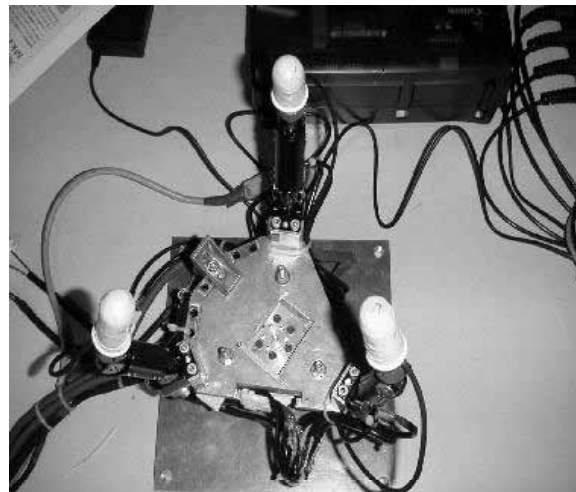


写真4 試作した3指ハンド

3本の独立して動作する指を持つことにより、小さな物体の把持が可能となった。また、指先に力覚センサーを持つことにより物体を把持する際に各指にかかる力を感じ、それをもとに把持力を制御できるようになったため、物体の安定した把持が可能となった。同時に、3指がバランス良く物体を把持できているかの確認が随時可能となった。

4.3 マスタ・スレーブシステムにおける把持物体の認識

指先に力覚センサを備えたことにより、物体を把持した際の物体からの反力を検出することが可能となった。この情報から、指先の位置(変位)と力の関係から把持した物体の堅さ(柔らかさ)を認識できるようになった。

今回、マスタ・スレーブシステムにおいてデータグローブに反力を返す処理を行い、硬式テニスボール・軟式テニスボールを各々把持し、データグローブに現れる反力によって、把持した物体の判別を行った。その結果、50回の試行のうち41回の認識に成功し、力覚センサーによる物体識別の可能性を確認した。この精度を高めていけば、適応制御の向上が図れる。

5. まとめ

今回、単眼カメラを併用することにより10mmのナットの認識を行い、3指ハンドによる把持動作、及びボルトとの締結における基本動作の確認を行った。これらのことから、実証機としての動作の幅の向上が図られた。また、マスタ・スレーブシ

システムにおける力のフィードバックの検証を行い、把持した物体の認識の有効性を確認した。今後は、さらに位置検出・把持精度の向上を図り、生産ラインでの実用化に向けた研究を実施したい。

なお、冒頭で述べたとおり、千葉県では「ロボット・知能機械実用化研究会」を立ち上げ、産学官の連携によるロボット技術関連企業の活性化を支援している。この研究会ではロボットを作る・使う立場の企業のみではなく、これらに応用可能な要素技術を持つ企業、また直接応用が可能ではないがユニークな要素技術を持つ企業など、様々な企業の集合により産学・産産の連携を図ることが目的である。このような分野に興味がある企業の方には是非参加していただきたい。

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 天野氏、孟氏、中川氏、井田氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 石井源一 他：ロボット技術に関する研究, 千葉県産業支援技術研究所研究報告, No. 5, 3 (2007)
- 2) 井田尚良: 3指ロボットハンドの位置と力のハイブリッド制御, 千葉大学工学部電子機械工学科卒業論文 (2008)
- 3) 中川大介: 多指ロボットハンドのモデリングとマスタ・スレーブ制御, 千葉大学工学部電子機械工学科卒業論文 (2008)