

ロボット技術に関する研究  
～ 双腕マニピュレータのステレオビジョンによる把持制御 ～

プロジェクト推進室	石井 源一, 名和 礼成
情報システム室	城之内 一茂
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

A Study on the Robotarm Control  
～ An Examination of Pick and Place Motion with Dual Arm Manipulator Controlled by  
Image Recognition from Stero Vision Camera ～

Genichi ISHII, Yukinari NAWA, Kazushige JONOUCHI  
Eiichi SHINBO and Kenzo NONAMI<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Chiba University Graduate School Department of Mechanical Engineering

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関節及び1関節のハンドを有する双腕ロボットを試作した。3次元カメラ画像データからの形状認識・測距によりロボットアームの制御を行い、把持後所定の位置に配置する動作の検証を行った。

## 1. はじめに

近年の少子高齢化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うけて、平成16年経済産業省から出された「新産業創造戦略」の中ではロボット産業は今後成長が見込める分野として期待が高まっている。

一方千葉県内においては、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、県内大学や工業高等教育機関においては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等からロボット産業は今後千葉県内で大きく発展する可能性を有する産業分野と考えられる。

本研究所では平成17年度から県内ロボット関連企業及び千葉大学野波教授と連携して「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通じてロボット産業の振興を図っている。本研究は、上記研究会における主要活動の一つと

して、県内のロボット産業振興に必要と考えられる基礎技術を確立し、技術移転に資することを目的としている。ロボット産業は、新産業創造戦略にもあるように、従来の産業ロボットのみならず生活分野にも広がっていくことが予想されており、これらをも見据えた技術開発が望まれる。そこで、本研究では「人間と協調作業が可能なロボットの実現」を目指し、現在人間が行っている簡易な作業の代替となるロボットの開発を目標とする。具体的には、画像認識を活用し作業対象物の状況把握を可能とする技術、人間とロボットで作業環境が極力同一となるよう双腕での協調作業を可能とする技術を開発する。

研究の第一段階としてビンとコップを把持し液体を注ぐといった日常動作を目標動作とした。平成18年度は、人間の上半身と同程度のロボットを製作しこれを研究基盤とし、机上に任意に配置されたビンの形状及び位置を画像処理で測定し片腕で把持後、所定の場所に移動させ配置する動作を検証し基本的な技術の確認を行った。

## 2. システム構成

双腕ロボットの概観図を図1に示す。人間の上半身と同程度の大きさとし、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ripperとし簡易な物体の把持動作が可能である。材質はアルミ合金を用いた。

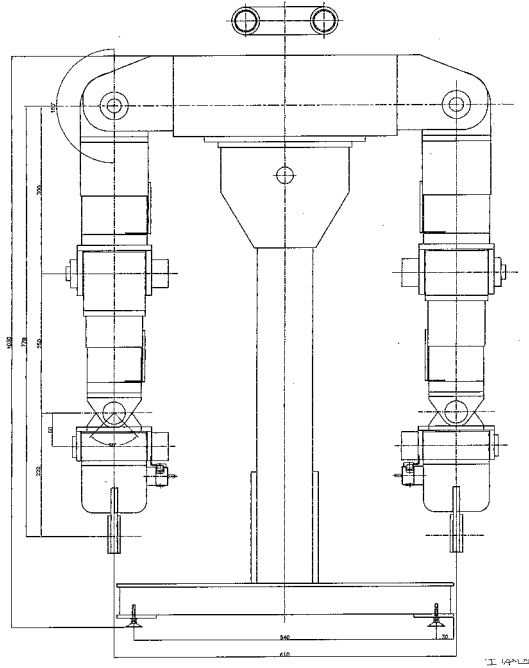


図1 双腕ロボット概観

マニピレータは人間の腕が持つ自由度と同じ7自由度とした。マニピレータ先端のグripperの位置と姿勢は6変数で表されることから基本的には6自由度あれば十分であるが、1自由度の冗長性を加えることで経路や姿勢の自由を実現した。

表1 双腕ロボット仕様

項目	仕様
腕長 [mm]	782
腕間距離 [mm]	610
把持力(最大) [kg]	5
可搬力(最大) [kg]	1.5
腕部重量 [kg]	23
高さ [m]	1.0
角度センサ	ポテンショメータ [箇所]
	エンコーダ [箇所]
	14
	2

双腕ロボットの仕様を表1に示す。腕の長さは

約78cm、把持力は最大5kg、最大可搬重量は1.5kgである。今回の想定動作では高精度な関節角測定が必ずしも必要でないこと、配線や入出力機器構成が簡略となることからポテンショメータを基本的に採用し、肩部の角度センサはスペース的に余裕があることからエンコーダを採用した。

ロボット機構図を図2に示す。各関節の角度を $\theta_1 \sim \theta_7$ とし把持用グripperの開き角度を $\theta_6$ とした。また各関節及びリンクの長さを表2に示す。

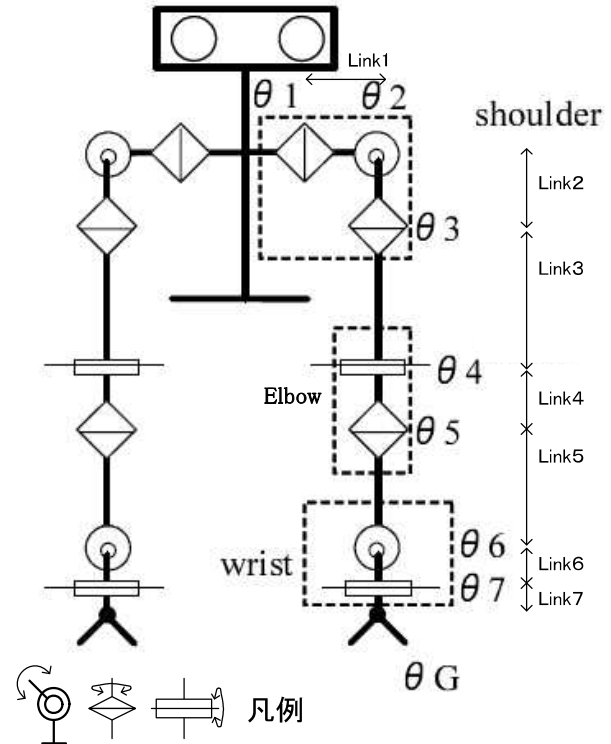


図2 双腕ロボット機構図

表2 各部リンク仕様

リンク部位	可動範囲[度]	長さ[m]
1	$0 \leq \theta_1 \leq 180$	0.065
2	$0 \leq \theta_2 \leq 180$	0.150
3	$-90 \leq \theta_3 \leq 0$	0.150
4	$0 \leq \theta_4 \leq 120$	0.125
5	$-180 \leq \theta_5 \leq 0$	0.125
6	$-60 \leq \theta_6 \leq 30$	0.060
7	$-45 \leq \theta_7 \leq 45$	0.160

画像認識用3次元ステレオカメラはカナダのポイントグレー社のバンブルビーを採用した。三角測量の原理を用い対象物の位置や形状が測定可能である。本ステレオカメラには画像処理用のライ

ブラリ等が添付されており，ある程度の画像処理は添付のソフトウェアを用い容易に実現可能である。公称距離測定誤差は約1%であり，ビンやコップの把持に十分な性能を有すると考えられる。採用したカメラの外観を写真1に示す。



写真1 3次元ステレオカメラ (Bumblebee)

図3にステレオカメラの測定原理を示す。本研究では2つのカメラを水平かつ平行に配置するため，奥行き（図中ではZ）を求める際のデータ処理が比較的簡単に行うことができる。またこのときの対象物Pの位置座標は式(1)から(3)によって計算できる。<sup>3)</sup>

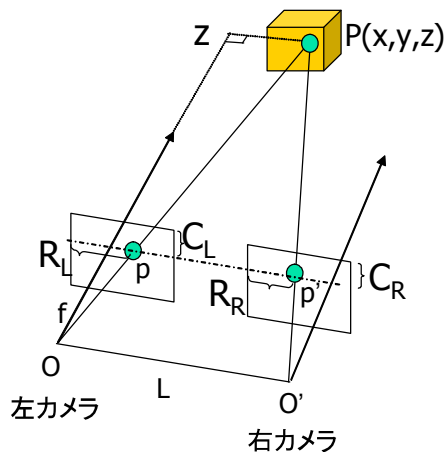


図3 ステレオカメラの測定原理

$$x = \frac{R_R + R_L}{2} \frac{L}{R_L - R_R} \quad (1)$$

$$y = C_L \frac{L}{R_L - R_R} \quad (2)$$

$$z = f \frac{L}{R_L - R_R} \quad (3)$$

全体構成を図4に示す。ステレオカメラで撮影された画像データはIEEE1394インターフェースにて画像処理パソコン (VisionPC)に入力される。VisionPCはWindowsXPベースのデスクトップパソコンであり，バンブルビーに添付の画像処理ライブラリ及び本研究にて開発した画像処理ソフトウェアにてビンの位置を計算し，RS-232Cケーブル接続にてTargetPCへ出力する。TargetPCは，MATLABのxPCtargetにより制御アルゴリズムを簡単にエミュレーション可能である。TargetPCは，関節角度センサであるポテンショメータ電位をADボードにて，エンコーダ信号をADのI/Oポートから取り込む。VisionPCからのビン位置データと各関節角度から目標の各関節角度を計算し，比例制御(P制御)アルゴリズムを用い，各関節角度が所定角度となるようDAボード経由で各関節DCモータのドライバへ制御信号を出力する。

HostPC(WindowsXP，ノートパソコン)は制御アルゴリズム開発及びTargetPCへのプログラムロードとして用いる。

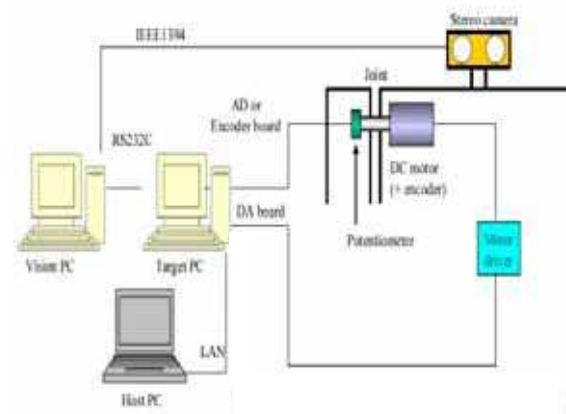


図4 全体構成図

### 3. 結果及び考察

3次元ステレオカメラで認識したビール瓶の正面画像を図5に示す。ビンはロボット前方60cmに配置した。ステレオビジョンカメラは俯角45度でビンを見下ろす位置関係で画像撮影を行った。図5を見るとビンの茶色部分を認識させているためラベルの部分は白く抜けている。これから形を正常に認識することが可能であることがわかった。また，撮影データからビール瓶を上から見た位置に変換した画像認識結果を図6に示す。ビンの中心位置は誤差1%で測定可能であった。このこと

からビン把持に十分な精度を有することがわかった。

続いて、試作した双腕ロボットで机上の任意位置に置かれたビンを認識し、マニピレータで把持後所定の場所に配置・開放するピック&プレイス動作実験を行った。実験の様子を写真2に示す。1往復動作に要する時間は約20秒であり所定の動作が可能であることが示された。今後制御利得の調整やアルゴリズムをを改良することでより高速な動作が期待できる。



写真2 双腕ロボット動作様子

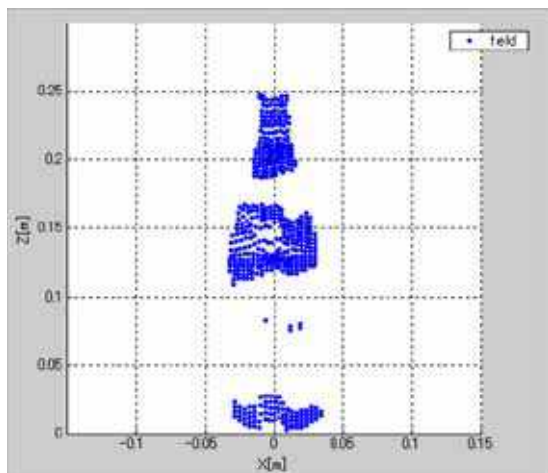


図5 ビール瓶の認識(正面)

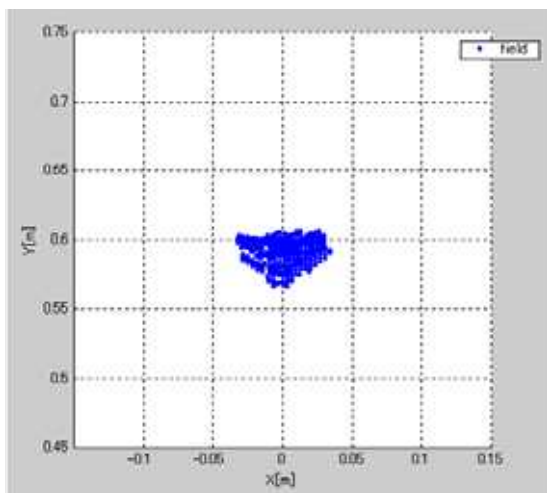


図6 ビール瓶の認識(上面)

#### 4. まとめ

試作した双腕ロボットで机上の任意の位置に置かれたビンを画像認識技術で位置測定し、これを把持後所定の位置に配置する動作の検証を行った。今後は位置制御の高精度化、適応制御の実装を行う予定である。

本研究を行うにあたり千葉大学大学院工学研究科天野氏、近藤氏には大変お世話になりました。ここに感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 経済産業省：新産業創造戦略，(2004)
- 2) 近藤：千葉大学工学部卒業論文, 双腕マニピレータのステレオビジョンによる把持制御，(2007)
- 3) 日本ロボット学会：ロボット工学ハンドブック