

# 超精密ビジュアルフィードバック制御に関する研究

電子制御工学科 南裕樹

## 1. はじめに

近年、工場や医療分野などにおいて、ビジュアルフィードバック制御が注目されている。ビジュアルフィードバック制御は、カメラなどの視覚センサを用いて機械システム（ロボット）を制御する手法であり、ここ20年の間に、有用な制御理論が整備されてきた<sup>1),2)</sup>。しかしながら、これまでの研究では、カメラから精細な情報（高解像度の画像）が取得できることを前提としていた。そのため、分解能の低いカメラ（低解像度の画像）を用いてロボットを制御する問題は、ほとんど扱われていない。

そこで本研究では、産業用ロボットのビジュアルフィードバック制御に焦点をあて、低分解能のカメラ（低解像度の画像）を用いて、高精細な制御を実現することを目指す。一般に、低解像度の情報を用いると精密な制御が困難になる。本研究では、この問題に対するアプローチとして、複数の低解像度情報から精細な情報を推定して制御に利用することを考える。この制御手法が確立できれば、ビジュアルフィードバックシステムの低コスト化やナノスケール化につながり、さまざまな応用が期待できる。

本稿では、研究の第一段階の成果として、つぎの2点を報告する。一つ目は、構築したビジュアルフィードバック実験システムについて、二つ目は、複数の低解像度画像から1枚の高解像度画像をソフトウェア的に復元する超解像処理<sup>3)</sup>についてである。

## 2. 実験システム

本研究では、図1に示す Eye-in-Hand 構造<sup>1),2)</sup> のビジュアルフィードバックシステムを構築した。システムの信号の流れは、まず、産業用ロボットの手先に取り付けられているカメラによって、対象物体を撮影し、画像情報（この段階では、高解像度の画像）を得る。そして、その画像とステレオ法を用いることで、対象物体の3次元位置を推定する。最後に、その情報を利用してロボットを制御する。

図2に実験結果の一例を示す。これは、ロボットの手先位置の3次元軌道を表したものである。初期状態（姿勢）において、対象物体を撮影し、画像処理によって3次元位置（重心位置）を計測した。そして、その位置情報を利用してロボットを制御することで、対象物体の把持に成功した。

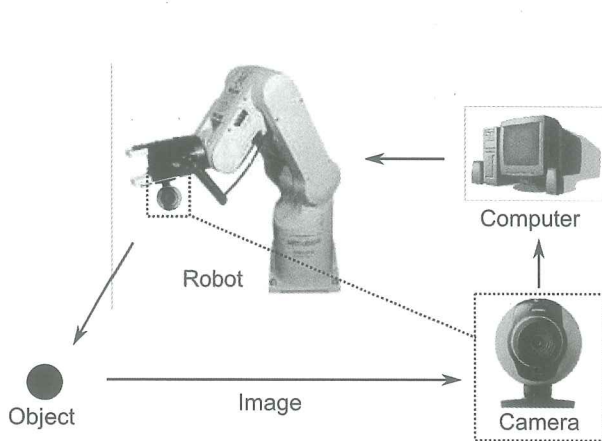


図1 実験システム

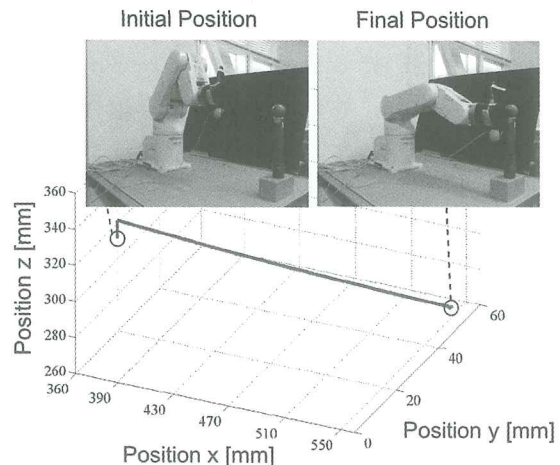


図2 制御実験結果

### 3. 超解像処理

構築した実験システムのカメラでは、 $320 \times 240$ の画像を取得できるが、ここでは、取得される画像が、図3(a)のような $20 \times 15$ の低解像度画像である状況を考える。実験ではまず、ロボットの手先を動かすことによって、同一の被写体を撮影した低解像度画像を49枚取得し、そのあと、超解像処理<sup>3)</sup>(位置合わせ処理と再構成処理)によって、高解像度画像を復元した。復元した画像が図3(b)である。 $320 \times 240$ の高解像度の原画像(図3(c))と比較すると、高周波数成分が復元されており、良好な結果であるといえる。さらに、図3の画像に2値化処理を施し、対象物体(赤色の球)の重心位置を算出した。図4の中の○印が、物体の重心位置を示している。図3(c)での物体の重心位置は $(x, y) = (280, 204)$ であり、(b)は $(277, 199)$ 、(a)は $(306, 225)$ であった。この結果より、複数枚の観測画像から高解像度画像を復元することによって、より正確に重心位置が取得できることが確認できる。



図3 実験結果

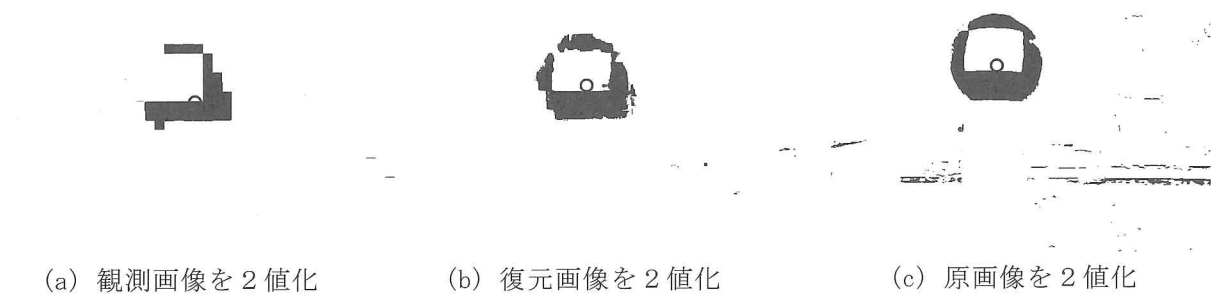


図4 2値化処理の結果

### 4. おわりに

本研究では、まず、産業用ロボットを用いたビジュアルフィードバックシステムを構築した。そして、ステレオ法を用いたビジュアルフィードバック制御実験を行った。また、複数の低解像度画像から高解像度画像を復元し、物体の重心位置を取得する実験を行った。今後の課題は、超解像処理の精度向上や、超解像処理を併用したビジュアルフィードバック制御の理論構築および実機実験などである。

#### 参考文献

- 1) Francois Chaumette and Seth Hutchinson: Visual Servo Control Part I: Basic Approaches, IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 13, No. 4, pp. 82-89, 2006.
- 2) Francois Chaumette and Seth Hutchinson: Visual Servo Control Part II: Advanced Approaches, IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 14, No. 1, pp. 109-118, 2007.
- 3) Sung Cheol Park, Min Kyu Park, and Moon Gi Kang: Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 20, No. 3, pp. 21-36, 2003.