

# 6N-07 移動物体把持のためのステレオカメラによる計測\*

松下 信哉 園原 猛史†  
静岡大学大学院理工学研究科 §

山下 淳 金子 透 三浦 憲二郎‡  
静岡大学工学部機械工学科 ¶

## 1 はじめに

ロボットビジョンは工場のオートメーション化や極限環境下などでの自律的なロボットの活動に必要な技術である。本研究では、ロボットに必要な作業の一つである把持について述べる。文献[1]では物体座標系における把持可能領域の決定を行っているが、世界座標系における位置計測の誤差のため把持を失敗する場合がある。

本研究では移動物体の把持を目的としており、ステレオカメラを用いて3次元座標を復元する事によりベルトコンベア上の物体の把持を行う(図1)。カメラは輻輳するように設置し、物体を追従させるためにY軸回りの回転を行う(図2)。カメラ姿勢が動的になるため実用的な時間でカメラ姿勢を求め3次元計測できる必要がある。

カメラ姿勢が既知の場合は、従来の透視投影行列を用いた3次元計測方法などがあるが、事前に他のパラメータを求めておく必要がある。また、カメラ姿勢の変動に伴い変化するカメラパラメータもある。

カメラ姿勢が未知の場合、従来の基礎行列を用いた3次元計測方法などがあるが、行列を求めるのに左右の画像で多数の対応点が必要であり、誤差に弱い。そこで本研究は実時間で少ない対応点で3次元計測を行い把持を可能にするため以下の2つの方法を提案する。

- I) 投影変換パラメータを用いる
- II) 物体とハンドの互いの相対的位置・姿勢によりハンドの位置決めを行う

I) は実時間で少ない対応点で3次元計測を行うために用いる。II) はハンドの位置決めを行うために用いる。

## 2 原理

### 2.1 投影変換パラメータ

本研究では、雲台上に設置されてそれぞれが横方向に回転自由度を有し輻輳運動の可能な2台のカメラ

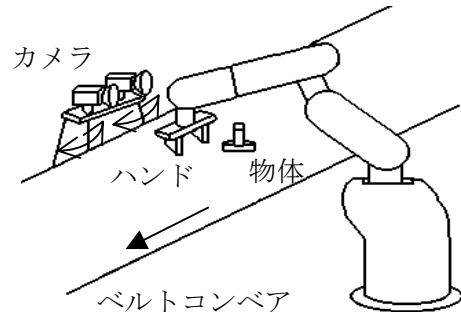


図1 ベルトコンベア上の物体把持の概要

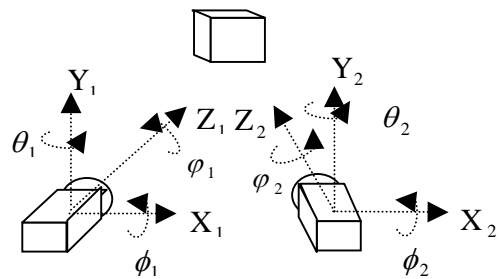


図2 カメラシステムの概要

ラを用いる。2つのカメラのレンズの光軸及び画像面の走査線はいずれも水平になるように設置するが、厳密にはそれぞれ平行から微小角だけずれていることが予想される。また各カメラの回転軸は必ずしもレンズ中心を通過していない。

提案手法では、上記のようなステレオカメラで得られたステレオ画像を平行ステレオ画像に投影変換してから3次元計測を行う。そこで任意のパン角度で得られた画像を平行ステレオカメラ画像に変換する際のいくつかのパラメータの関係を事前に求めておく。これにより、左右のカメラのパン角度をそれぞれ $\omega_1$ ,  $\omega_2$ とすると、平行ステレオ画像にするために必要なカメラ画像の回転角はそれぞれ

$$\theta_k = \omega_k \quad (1)$$

$$\phi_k = a_k \omega_k^3 + b_k \omega_k^2 + c_k \omega_k + d_k \quad (2)$$

$$\varphi_k = e_k \omega_k^3 + f_k \omega_k^2 + g_k \omega_k + h_k \quad (3) \quad (k=1, 2)$$

と近似できるとして、上式のパラメータ $a_k$ ,  $b_k$ , ...,  $h_k$  ( $k=1, 2$ )を事前に求めるべき投影変換パラメータとする。なおカメラの回転により基線長が変化するが、この変化による誤差は、本研究で想定

\*Measurement using stereo camera for picking moving objects

† Shinya Matsushita, Takeshi Sonohara

‡ Atsushi Yamashita, Toru Kaneko, Kenjiro T. Miura

§ Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

¶ Faculty of Engineering, Shizuoka University

している把持のための精度には大きく影響しないと考える。

## 2.2 3次元座標の計測と把持

把持作業時は実時間で平行ステレオカメラ画像に投影変換し3次元座標の計測を行う必要がある。投影変換に必要な $\omega_1$ 、 $\omega_2$ は探索的に求めるが、短時間でも平行ステレオカメラ画像に投影変換し3次元座標の計測を行うことが可能である。平行ステレオカメラでは、左右の画像で対応点のy座標は等しいので、左右の画像の対応する点のy座標値 $y_{1i}$ 、 $y_{2i}$  ( $i=1, \dots, n$ :  $n$ は対応点の数)を用いた(4)式を評価式として、この値が最小になる $\omega_1$ 、 $\omega_2$ を用いて投影変換し3次元座標の計測を行う。

$$c = \sum_{i=0}^n (y_{1i} - y_{2i})^2 \quad (4)$$

なお本方式では物体の位置を近似的に求めているので、物体の絶対位置はハンドを物体付近に誘導するために用いる。そして誘導したハンドが画像に現れると物体とハンドの両方を計測することにより互い位置・姿勢を求める。この時ハンドの実際の長さ $L$ を用いた(5)式を条件に加えることにより計測精度を向上させる。ただし、 $T$ は閾値、 $l$ はハンドの長さの計測結果である。そして求めた相対的位置・姿勢の差が小さくなるようにハンドの位置決めを行い把持する。

$$|(L - l) / L| < T \quad (5)$$

## 3 実験と結果

### 3.1 投影変換パラメータ

(2)、(3)式の各係数である投影変換パラメータを求める。初めに、基準のカメラ画像となる平行ステレオカメラ画像を得る。次に片方のカメラ画像を基準にし、一方のカメラをY軸回りに $5^\circ$ ずつ回転させた画像を得る。これらの画像を平行ステレオカメラ画像に投影変換する。この時の $\omega_1$ 、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、 $\omega_2$ 、 $\phi_2$ 、 $\phi_2$ の関係を図3に示す。基準となるカメラ画像を逆にして同様のことを行い、投影変換パラメータを求める。

### 3.2 3次元座標の計測と把持

ベルトコンベア上の物体の把持を行った。既知の物体を用い、把持すべき位置は決めておく。ハンドを物体の上部に誘導してから降下させて把持を行う。求めた $\omega_1$ 、 $\omega_2$ から平行ステレオカメラ画像に投影変換し物体の3次元計測を行い、ハンドを物体付近まで誘導した。ハンドを物体付近に誘導した後は、

画像にハンドが現れるので、物体とハンドの両方を計測することによりお互いの位置・姿勢の關係を用いてハンドの位置決めを行った。相対的位置でX、Z座標が $\pm 5\text{mm}$ 以下、相対的姿勢(縦軸回り)で $\pm 3.0^\circ$ 以下、Y軸方向で $50\text{mm}$ 上まで誘導し、その後ハンドをY軸方向に降下させ把持を行った(図4)。

## 4 おわりに

本研究で提案した方法で把持が可能であることが確認できた。提案した方法で、実用的な時間で少ない対応点で3次元計測を行いハンドを物体付近まで誘導することが可能であった。また、ハンドを物体付近に誘導するとハンドの長さ情報も用いて3次元計測し、ハンドの位置決めに必要な計測精度を得ることができた。そして、ハンドと物体の互いの相対的位置・姿勢によりハンドの位置決めを行うことにより、把持ができた。

### <参考文献>

- [1] Alexa Hauck, et al.: "Visual Determination of 3D Grasping Points On Unknown Objects with a Binocular Camera System", Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp.272-278, (1999).

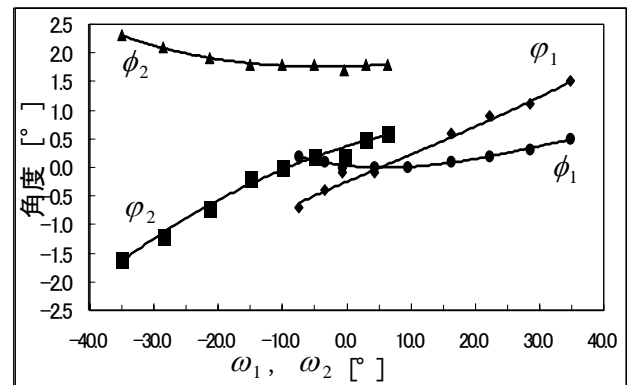


図3 投影変換曲線

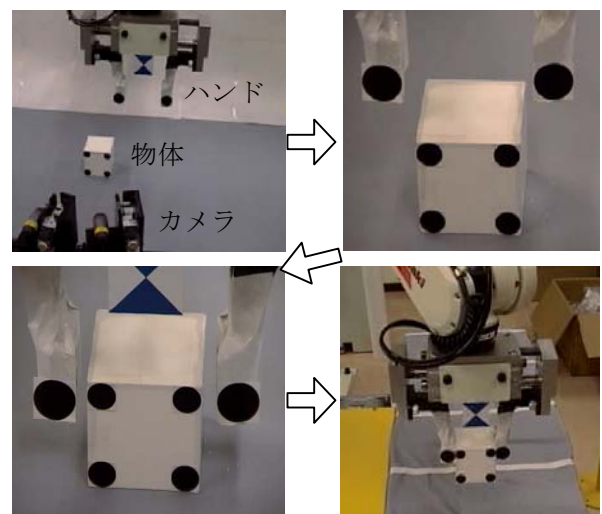


図4 ベルトコンベア上の物体の把持