

## ヒューマンインタフェースのための多視点画像を用いた手の3次元形状入力

1G-3

坂田 健一郎

岩佐 英彦

竹村 治雄

横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学

## 1 はじめに

仮想現実の分野などで三次元的な操作を行う場合、手の三次元情報を用いた入力装置が有効である。従来、このような装置としては各種のセンサー類を手装着し、手の三次元情報を取得するものが主流であった。しかし、これは手の運動範囲が制限されるといった問題がある。そこで、画像を用いた三次元情報の取得方法が提案されてきた。しかし、ステレオ視を用いる手法などは、カメラキャリブレーションといった手間のかかる処理を必要とする[1]。

本稿では、アフィン不変量による三次元位置の取得方法[2]を用いて、手の各部分にマーカを貼り、マーカの三次元位置から手の三次元位置、方向、指の状態を取得する。この時、マーカ間の対応付けの問題を解決するため各マーカに違う色を割り当て、マーカの色情報を用いて多視点間での対応付けを行い、その対応関係より手の各部分の三次元位置を求める方法について述べる。

## 2 提案手法

次のような手順で手の各部の三次元位置を求める。

- (1) 色相値を用いた複数画像間でのマーカの対応付けを行う。
- (2) アフィン不変量を用いてマーカの三次元位置を算出する。

以下に、各々の処理について詳しく述べる。

## 2.1 色情報を用いたマーカの対応付け

同じ色の物体を複数の視点で見ても、その色合いは変わらないはずである。そこで、円筒座標で表されるHSI表色系の円周成分の色相値、半径方向の彩度、垂直方向の明度を用いて、複数視点で同じ色のマーカを写している領域を以下の手順で求める

- (1) 入力画像と背景画像の差分による背景領域の除去を行う。これによって、背景部分にマーカと間違えやすい色の領域が存在しても、時間によって

移動しない限り誤抽出されることはない。

- (2) (色相値による判定)

抽出しようとする色相値との距離が、ある値 $th_H$ より大きい領域は違う色の領域として除去する。

- (3) (彩度と明度による判定)

彩度と明度がある閾値 $th_S, th_I$ より小さい値を持つ領域はノイズの影響で色相値がさまざまな値をとり、誤抽出の原因となるので抽出領域から除去する。

- (4) 以上の処理で得られた領域に対し、微小領域を除去し、分割された領域を統合するため収縮膨張処理を行なう。

- (5) 以上の処理を色相値を変えて、マーカの色種類の回数だけ繰り返す。

複数の画像から同じ色相値で抽出された領域が画像間で対応すると判定する。

## 2.2 アフィン不変量を用いた三次元位置取得

次に、複数の画像で対応付けられたマーカから三次元位置を求める方法[2]について述べる。

一般に、互いに一次独立な3つのベクトルを用いて、三次元空間内の任意の位置を表すことができる。空間内に5つの点 $X_i, i \in \{0, \dots, 4\}$ が存在し、ベクトル $E_j = X_j - X_0, j \in \{1, 2, 3\}$ が互いに一次独立である時、点 $X_4$ は次のように表される。

$$X_4 - X_0 = \alpha E_1 + \beta E_2 + \gamma E_3$$

この空間の点 $X_i$ 及びベクトル $E_j$ が画像平面上の $x_i, i \in \{0, \dots, 4\}, e_j, j \in \{1, 2, 3\}$ に平行投影されたとすると一般的に次の関係が成り立つ。

$$x_4 - x_0 = \alpha e_1 + \beta e_2 + \gamma e_3 \quad (1)$$

したがって、 $(\alpha, \beta, \gamma)$ の値を求めることができれば、点 $X_4$ の点 $X_i, i \in \{0, \dots, 3\}$ に対する相対的な三次元位置が求められる。これらの係数 $(\alpha, \beta, \gamma)$ をアフィン不変量と呼ぶ。

未知数の数3つに対し、1枚の投影像で式(1)に対し2方向の成分を持っているので、2枚以上の異なる投影像に対して $x_i, i \in \{0, \dots, 4\}$ が求めれば、 $(\alpha, \beta, \gamma)$ を求めることができる。また、3本の基準となるベクトルの関係が既知ならば、 $(\alpha, \beta, \gamma)$ より空間での三次

## Acquiring 3D Shape of Hand from Multiple Images for Human Interfaces

Ken'ichiro Sakata, Hidehiko Iwasa, Haruo Takemura, and Naokazu Yokoya

Nara Institute of Science and Technology (NAIST)  
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-01, Japan

元位置を求めることができる。なお、基準となる3本のベクトルは直交している方が、三次元位置が分かりやすい。このため本稿では立方体の4つの頂点にマークを貼り付け、それによってできる直交する3軸を基準ベクトルとして用いる。

この三次元位置を求める方法を実際のカメラで撮影された画像に適用するためには、実空間から画像への変換が平行投影である必要があるが、カメラと被写体の距離に対し、被写体の奥行きが十分に小さければ、投影のモデルは被写体の周りで部分的に平行投影であると見なすことができるとする。

3 実験

カメラ2台で手の模型にマークを貼ったものと、直交する三軸を構成する4つのマークを撮影し、手の模型を既知の移動量で動かしながら、模型の各部分の三次元位置の変化を測定することにより、本手法における計測誤差を測定した。

今回、2台のカメラ間での同期を取るため、手の模型を用いた実験を行なった。この模型の甲の3点と人差し指、中指、薬指の三指の計6箇所の色が違うマークを貼った。図1に対応付けのためのマーク色の抽出の過程を示す。この手の模型をステッピングモータによって移動量が制御されている台にのせ、ある1方向と、それに垂直な方向に1ステップ5cmずつ移動させ、算出される各マークの三次元位置の変化を調べた。図2はこのようにして得られた各マークの三次元位置を連続的にプロットしたものである。各軸は基準となった3本のベクトルで作られる直交座標系における相対座標を表している。本実験の場合、一部のマークの抽出に失敗したため、計測誤差が生じている部分があるが、全体としては安定に手の位置の計測ができていることがわかる。

4 まとめと今後の課題

本稿では、色情報を用いた2視点間の複数のマークの対応付けを行い、その対応関係を用いて手の各部分の三次元位置を算出する手法について、実験、検討を行った。本実験から、色の情報を用いることにより、マークどうしの対応付けを簡単に行なえることがわかった。また、アフィン不変量を用いた三次元位置の取得も高精度ではないが、安定して三次元位置を求めることができることがわかった。

今後は、この三次元位置の情報をヒューマンインタフェースシステムに利用することを検討したい。

参考文献

[1] 中嶋正之, 河野哲也, "バーチャルリアリティ世界

構築のための指の動き検出法", 情報研資, CG93-2, pp.7-12(1993)

[2] Y. Kuno, M. Sakamoto, K. Sakata, and Y. Shirai, "Vision-based human interface with user-centered frame", Proc. IEEE/RSJ Int. Conf on Intelligent Robots and Systems, pp.2023-2029, 1994.

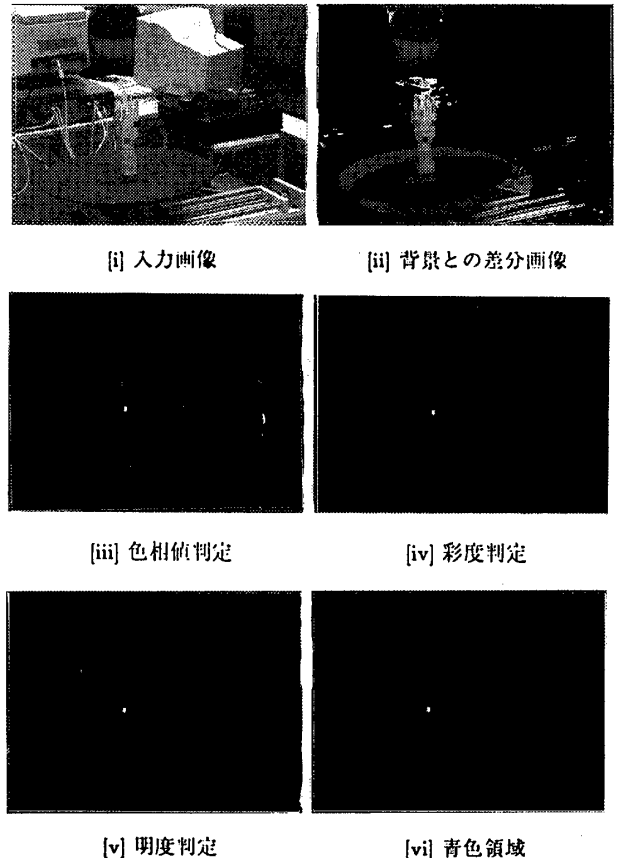


図1: 青色領域の抽出例

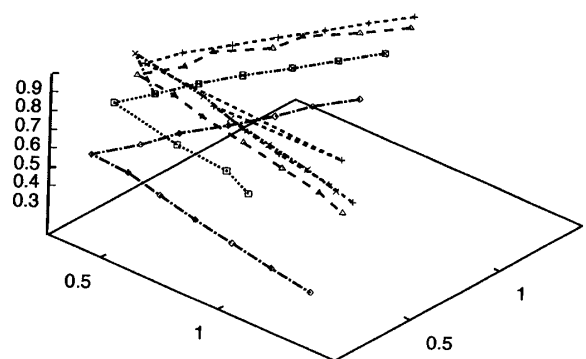


図2: 三次元位置の計算結果