

モデルに基づいた手の認識方式

2K-5

李 鎮泰 國井 利泰
東京大学

1 はじめに

本論文では、関節の制約を考慮するモデルに基づいた人間の手の動きの認識方式を論ずる。人間の手の認識は、コンピュータ・アニメーションとコンピュータ・ビジョンに共通的に必要な機能である。コンピュータ・ビジョンでは長い時間、多面体、円柱、円錐のような単純な物体の認識を中心に行なってきたが、最近は人体のように関節運動をするものや無定型の物体の認識にも関心の幅が広がっている。コンピュータ・アニメーションでは、自由度が多い人体や人間の手のパラメータを決定するのに多くの手間がかかる。普通、人体は100以上、人間の手は約27の自由度を持つ。人間の手の場合は、このパラメータを自動に決定するためにVPLのDataGloveを使う場合、自然な動きが取れないし、指の間の角度は計れないという欠点がある。そこで、視覚的な情報から自動的に人間の手を認識する方法を提案する。

2 動的モデルの利用

モデルに基づいた認識方式はコンピュータ・ビジョンでよく用いられている。しかし、手の認識は次のような問題点のため単純なモデルを利用することはできない：

- 手は、約27の自由度を持つ関節運動をするため、画像は見る方向だけではなく指の動きによっても変化する。
- 手の皮膚にはしわが多く指の間の遮蔽(occlusion)が頻繁で、エッジ検出によるセグメンテーションが困難である。
- 指の関節は比較的短く、動きにより皮膚の変形があるため、画像から関節の位置を求めるのは誤差が大きい。

我々は、関節の位置より指先の位置に注目し、内的制約や画像からの外的制約を満足させるために自ら動く動的モデルを利用する。

3 モデルの制約

3.1 内的制約

内的制約は、人間の手の正常な動きに対する仮定である。普通の人間の手は、四つの指が4づつ、親指が5、手の位置と向きが6、全部で27の自由度を持つ。しかし、内的制約を利用すると、この自由度を少なくすることができる。

- 仮定1。手のひらの変形は無視できる。
ものをつかまない手の動作では、手のひらの変形が少ないので、この仮定が可能である。
- 仮定2。遠位指節間関節(DIP)と近位指節間関節(PIP)の関節角には線形の依存関係がある。 $(\theta_{DIP} = \frac{2}{3}\theta_{PIP})$ [3]
- 仮定3。手の自然な動きでは、中指の左右の動きがない [2]。

上記の三つの仮定の下で、手の自由度は21になり、手の位置は五つの指先、手首、手ひらの一点により決定できる。

3.2 外的制約

手のすべての関節の位置を求めるのは、前に説明した問題があるため、この研究では指先、手首、ひらの一点の七つの特徴点に依存する。画像から情報を抽出する方法は、エッジ、明るさなどに依存するのが一般的であるが、我々は色を利用する。HSVモデルのhue情報を利用すれば、6色程度の分別が可能である。二つ以上の方向から取った画像からcalibrationによって3Dの位置を計算できる。その画像の特徴点の位置とモデルの対応点との間には、スプリングが連結されていて、引き合っているものとする。各々のスプリングには、重要度により異なる弾性係数が与えられる。

4 モデルのフィッティング

モデルの特徴点を画像から計算した空間上の特徴点の位置に合わせるアルゴリズムは、一種の“多条件満足問題”(constraints satisfaction problem)である。Badlerは [1]、関節構造体の“多条件満足アルゴリズム”を提示したが、そのアルゴリズムでは関節角度の限界や関節運動の制約を考慮していないため、手のフィッティング

には適用できない。ここでは、制約を持つモデルに適用できるアルゴリズムを紹介する。このアルゴリズムでは、節点が、目標地点とモデルの対応点との間のスプリングの力によって、直線運動および回転運動をする。このアルゴリズムは、効率のため二つの段階で構成されている：(a) モデル接近段階 (b) フィッティング実行段階。モデル接近段階ではモデルの手首と画像の手首を一致させ、モデルの大体の向きを決定する。フィッティング実行段階では、細かいフィッティングを実行する。以下では、フィッティング実行段階を説明する。

4.1 到達木 (Reach Tree)

まず、手木 (Hand Tree) から到達木を構成する。到達木は、目標地点を持つ節点や目標地点を持つ節点を含む部分木の間の枝で構成される木である。到達木の構成によって、インバース・キネマティクス (inverse kinematics) により調節できる単純な鎖が確認される。到達木の節点には、次のような変数があり、マッチングのアルゴリズムで用いられる。

lwd : 目標地点とモデルの対応点との距離

stwd : 部分木の lwd の総計

stwt : 部分木のトルク (torque) の総計

4.2 モデル・フィッティング・アルゴリズム

モデル・フィッティングは、到達木の全体の stwd や stwt を少なくする (平衡化と呼ぶ) ための反復的な過程 v により達成される。

1. 現在の節点の部分木を再帰的に平衡化する。
2. 現在の節点の stwd, stwt を計算する。
3. 全体の本木の stwt がある値より少なくなるとか、反復の回数がある回以上になると停止する。
4. 計算された stwd, stwt により、動きを決定する：指を、インバース・キネマティクスにより目標地点に向かって伸ばす。また、ひらを、指のトルクを少なくするように回転させる。
5. 1 から 4 を反復する。

5 結論

本稿では、制約を考慮するモデルに基づいた人間の手の認識方式について説明した。今後の課題は、色による特徴点の認識率を高めることやモデル・フィッティングを自動化することである。

参考文献

- [1] N.I. Badler, K.H. Manooch, and G. Walters. Articulated figure positioning by multiple constraints. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 7(6), 1987.

- [2] I.A. Kapandji. *The Physiology of the Joints*, volume 1. Churchill Livingstone, 1982.

- [3] H. Rijpkema and M. Girard. Computer animation of knowledge-based human grasping. *Computer Graphics*, 25(4), 1991.

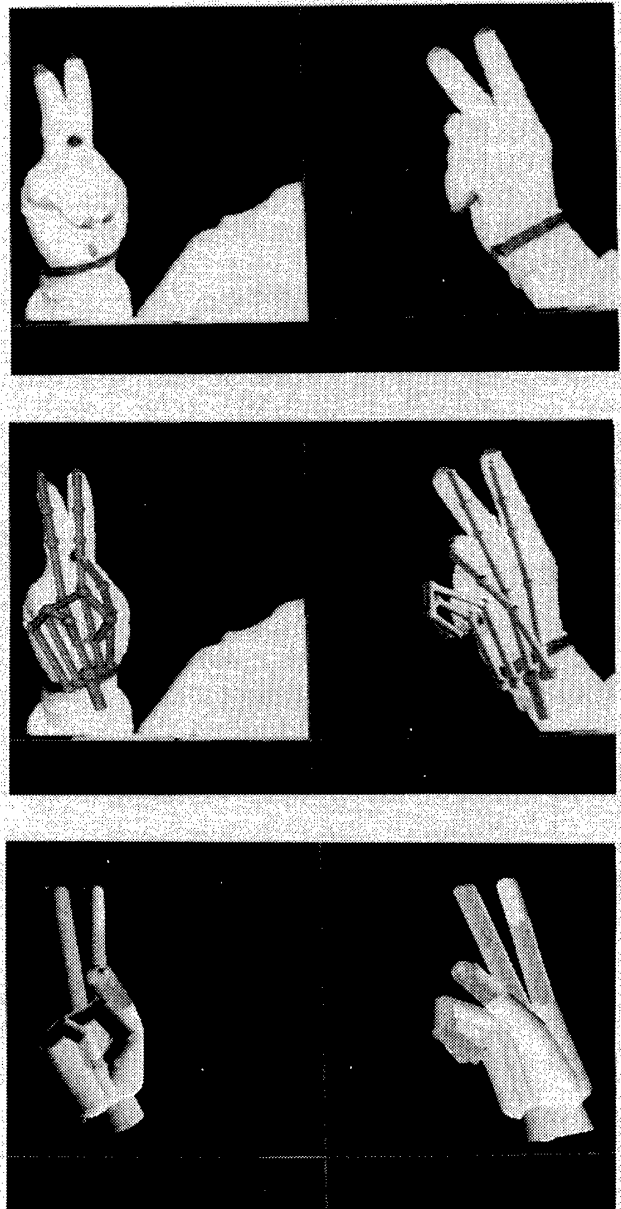


図 1: 実験の結果。上から (a) ビデオ画像 (b) モデル・フィッティング (c) 認識結果