

輪郭像による人間上肢の3次元認識\*

2V-3

栄藤 稔 伴野 明 小林 幸雄†  
ATR 通信システム研究所‡

1 まえがき

将来のマンマシンインタフェースでは人間の身ぶり手振りによりマシンに意志を伝えることが期待される。我々は端緒として人間の手のもつ空間指示能力について評価を進めている[1]。手の動きを利用者に負担を与えず自然に捉えようとするためには画像から3次的に認識する方法が有利である。本報告ではこのための基本的なアプローチとして以下の手法を提案する。

- 直交するカメラ系で捉えた2枚の像から輪郭を抽出し、これを直線近似し、直線リストを作る。ここで直線リストの共線性、平行性に着目して群化を行い、平行線分対から決定される軸成分により上腕、前腕および手の位置、向きを決定する。
- 人間上肢の階層性に対応して輪郭線は階層的な直線リストで表現する。

2 上肢のモデル化と輪郭線による認識手法

2.1 基本方針

多面体などの人工物体ではその3次元位置や方向の検出に面や稜線による幾何拘束を利用することができる。しかし、人間上肢には、このような位置や方向によって一意に変化する幾何学的特徴が存在しないため、なんらかの近似モデルが必要である。ここでは、一般化円錐体によるモデル化を利用し[2]、以下のアプローチをとった。

1. 上肢を上腕、前腕、掌、指の接続によって構成される準剛体であるとし、各部を図1に示すような楕円底面を持つ円錐体にモデル化する。
2. モデル化された円錐体の観測座標系での配置は6項組  $(x,y,z, azimuth, roll, elevation)$  で表現することができる。ここで  $azimuth$  と  $elevation$  は円錐体中心軸が直交する2平面となす角であり、 $roll$  は中心軸を中心とした回転角である。
3. 直交する2つのカメラ系により、2つの輪郭像を得る。この輪郭像に対して、次節で述べる共線性と平行性の群化[3]を行なうことにより投影された円錐体の中心軸を各々の投影面A,Bについて得る。この2つの中心軸により3次元空間中の直線が決定され、接合する他の円錐体の投影像から得られた軸線との交点により接続点が決定され、上で述べた6項組のうち  $roll$  をのぞいた5項が決定できる。残る  $roll$  は長径/短径比の大きな円錐体(掌)については平行

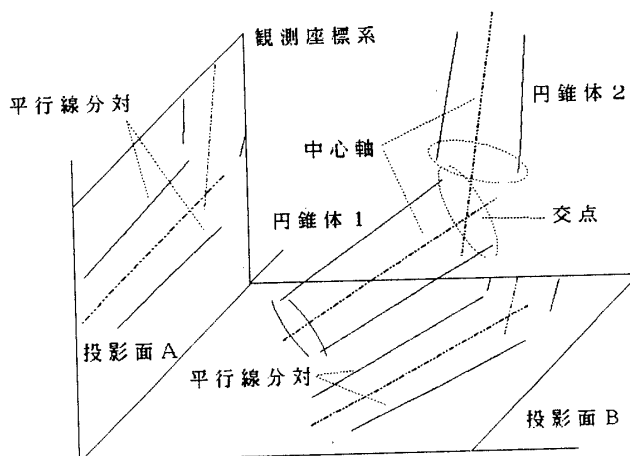
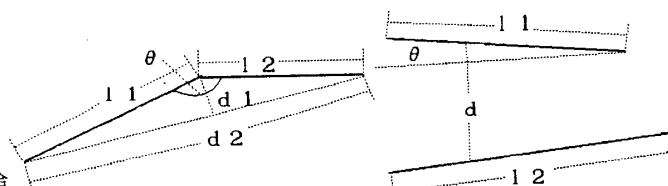


図1: 観測座標系と円錐体モデル



(a) 共線性 (b) 平行性  
図2: 輪郭線の群化処理のパラメータ

線分対の間隔により、また他の円錐体についても円錐体間の接続関係による拘束から決定可能である。

2.2 群化処理

群化処理は以下の共線性と平行性を用いた。

- 共線化: 図2(a)に示すように2つの連続する2直線が存在する場合、評価関数  $(linear? l_1 l_2 d_1 d_2 \theta)$  によってその共線性の度合を示す。この関数出力と所定の閾値により、2直線を同一直線と仮定することができる。
- 平行化: 図2(b)に示すようにお互いに向き合う線分対に対して評価関数  $(parallel? l_1 l_2 d \theta)$  によってその平行性の度合を示す。この関数出力と所定の閾値により円錐体の投影像の対辺を仮定することができる。

ここで認識とは各円錐体と群化処理で生じた平行線分対の矛盾のない照合作業を行なうことであると定義できる。

\*Human Arms Recognition in Silhouette  
†Minoru ETOH Akira TOMONO Yukio KOBAYASHI  
‡ATR Communication Systems Research Laboratories

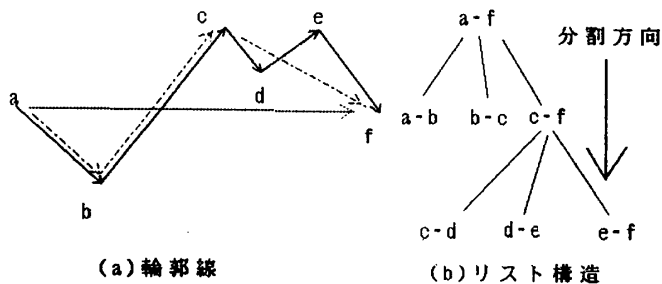


図 3: 輪郭線の階層化

### 3 輪郭線の階層化

#### 3.1 階層化手順

認識の効率化と信頼性向上のために認識対象を手、前腕、上腕の上位階層と、指と掌による下位階層に分け、上位から下位に向けて階層的な認識を行なう。そこで図3に例示するように輪郭線(a)を階層的な木構造(b)として表現する。このための共線性に関する初期処理として、Pavlidis[4]らが利用した逐次再帰的に直線を分割していく手法であるRamerの直線近似アルゴリズムを使用した。これにより輪郭線は階層的に解像度軸に沿ったデータ構造として保持することができる。

#### 3.2 実際の処理例

最初に手画像と背景画像との差分画像を作りこれを2値化した後、輪郭に沿って直線近似リストを初期リストとして作成する。次に前記のアルゴリズムにより輪郭線の階層化を行なう。図4は解像度軸に沿って作成した代表的な3つの例である。画像サイズは縦横512画素であり、共線性の評価関数として第2図中の $d_1$ を用いている。

### 4 認識過程

人間上肢の認識過程は以下の2つの段階からなり、仮説検定の戦略に沿って行う。

第1段階：平行性を持つ2線分を円錐体投影像を構成する線分対であると仮定する。

第2段階：上記の平行線分対に対応する円錐体が何であるかを推定する。

図5に第1段階の平行線分対抽出例を示す。これは図4(a)から図4(b)まで凹点に注目して平行線分対を階層的に探索した結果である。群化処理にはルールベースによる推論エンジンとTMS[5]を用いた。また平行性評価には文献[3]と同様の  $(\text{parallel? } l_1 l_2 d \theta) = \frac{\theta d}{l_1 l_2}$  を用いた。

以上輪郭像による人間上肢認識のアプローチを述べてきた。人間上肢は着衣の有無、個人差により、画像情報が不安定であるが、以上の処理例から、円錐体による近似と輪郭線に対する平行性と共線性の群化処理がその認識過程に有効であることが判った。今後は、円錐体と平行線分対との照合処理を中心に第2段階の検討を加えていく予定である。

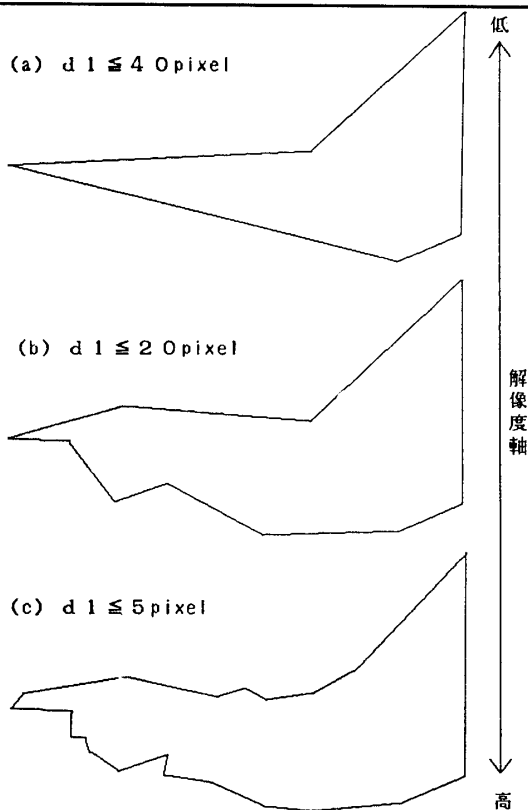


図 4: 輪郭線階層の例

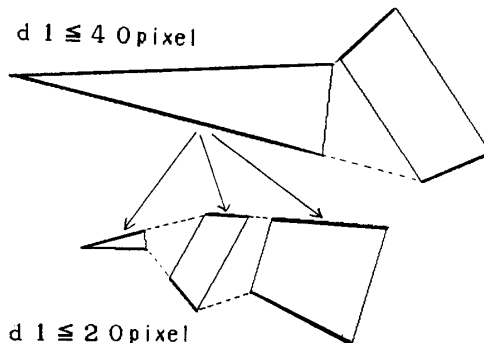


図 5: 平行線分対の抽出例

### 参考文献

- [1] 栄藤, 伴野, 小林; "指先による画面の指示精度評価" 昭和63年度信学全大, D-405, 1988.
- [2] K.Akita: "Image Sequence Analysis of Real World Human Motion", Pattern Recogn. Vol.17, No.1, pp.73-83, 1984.
- [3] D.Lowe: "Three-Dimensional Object Recognition from Single Two-Dimensional Images", Artificial Intelligence, Vol.31, pp.355-395, 1987.
- [4] T.Pavlidis, S.L.Horowitz: "Segmentation of Plane Curves", IEEE Trans. on Computers, Vol.C-23, No.8, pp.860-870, Aug., 1974.
- [5] J.Doyle: "A Truth Maintenance System", Artificial Intelligence, Vol.12, pp.231-272, 1979.