

ヒューマンインターフェースのための手指屈伸認識

井上 哲理¹・大嶺信孝²・関靖夫¹

1 情報工学科

2 (有)ファースト(本学工学研究科情報工学平成8年3月修了)

Recognition of Bending of Fingers for Human Interface

Tetsuri INOUE¹⁾, Nobutaka Omine²⁾, Yasuo SEKI¹⁾

Abstract

This paper describes a method of recognizing fingers' state as the user-friendly human interface. In the proposed method, the computer analyzes images of the hand on which no additional markers are attached to ease the recognition process. The method uses Hough transformation to extract linear and circular components of fingers' contour in the hand image. The procedure of the method is as follows: (1) a frame with minimal hand motion is selected by examining the difference images. (2) a hand region is extracted from the frame by estimating H(Hue) value of the pixels. (3) the contour of the hand is detected by using the contour tracing. (4) the linear and circular components are extracted by using the Hough transformation. The experimental results show that the proposed method extracts linear and circular components of fingers at relatively high rate. The method is expected to be useful for user friendly human interface systems.

Key Words: Human interface, Finger, Hough transformation

1. はじめに

今日のコンピュータおよびネットワークの発展・普及により、コンピュータを中心としたさまざまな情報システムが日常生活に浸透しつつある。そしてコンピュータシステムを扱うユーザがこれまでのような専門家だけではなく、通常はコンピュータを扱わないあるいはこれまでにコンピュータを扱う経験がない人たちへと広がっている。このような状況で、簡単に利用できるコンピュータシステムへの要求が強くなっている。

ユーザにとって使いやすいシステムを考える際に重要となるのがシステムとユーザの間のインターフェースである。コンピュータシステムに馴染みのないユーザを対象としたインターフェースとしては、できるだけ特別な機器を用いないことや特別な操作方法を必要としないことなどが要求される。このようなユーザを中心に考えたインタフェースをユーザフレンドリーなインタフェースと呼び、最近さまざまな研究が行われている。

本研究はコンピュータシステムへの入力部分のユーザフレンドリーなインタフェースに関する研究であり、ユーザが手振りによりコンピュータシステムに直接指示を与える方法を検討する。手振りによる指示法としては、データグローブ等の接触型センサを人間の手に装着し指

示を伝えるものや、マーカを付けた手の画像から検出したマーカ位置と手指モデルとのマッチング処理により指示するものなどがこれまでに報告されている。しかし、これらの方法では人にかかる負担が大きかったり、システムが複雑になるなどの問題がある。一方、手袋やマーカ等を装着しない素手の画像から画像処理により手の形状を認識することで入力を行う方法もいくつか提案されている。この方法はユーザに負担がかからない点で優れているが、形状認識処理が難しくなる問題がある。

本研究では、非接触インターフェースとして手の画像からユーザの指示を直接入力する方法を検討する。手のさまざまな動きすべてを認識するのは、処理が複雑になり、また認識率が低くなると考えられる。そこで認識処理が比較的容易であり一般的汎用性に富んだ、各指の屈伸だけに着目した指示法を用いることとする。処理としては、手指の形状が直線成分や円成分により認識が可能であると考え、ハフ変換により手指画像より直線成分および円成分を抽出し、これらより手指の形状を決定する方法を考えた。

今回はその第一段階として、手指画像からハフ変換により手指の直線成分および円成分の抽出を行い、本方法の有効性を実験により検証した。

2 認識処理方法

2.1 処理全体の流れ

本処理における手指形状の認識では、指の屈伸状態の認識を行うが、屈伸状態は手指画像中の直線成分と円成分により認識可能と考えた(図1)。処理全体の流れを図2に示す。処理は次の3つ部分に分けられる。

- (1)有効フレームの抽出
- (2)手指部分の抽出
- (3)直線・円成分の抽出

以下にそれぞれの処理について述べる。

2.2 有効フレームの抽出

手指の屈伸状態の検出には、連続して入力される手の画像より、手の動きが静止した画像を抽出する必要がある。

まず、カラーCCDカメラから画像をコンピュータのフレームメモリに入力する。フレームメモリは384×384画素で、RGB各8ビットのフルカラーで記録する。次にフレームメモリに入力された画像列から、手の動きが静止したフレームを抽出する。画像の各画素について1つ前のフレームにおける同一位置の画素のRGB値を比較し、値に差がある画素数を数える。差のある画素数の画像全体の個数を差分画素数とし、差分画素数が閾値 thv 以下になるフレームを有効フレームとする。本実験においては、 thv はフレームの全画素数の10%に設定した。有効フレーム抽出のイメージを図3に示す。

2.3 手指部分の抽出

次に画像より手の部分を背景より分離、抽出する。手の部分の肌色が特徴的な色であることを利用して抽出を行う。

まず、有効フレームの各画素の値をRGB空間からHSV空間へと変換する²⁾。次に、この変換で得られた値よりHSV空間で色相を示すHの値が肌色近傍の値を持つ画素を抽出し、画像の2値化を行う。肌色を抽出するH値は25~70とした。手指部分抽出に用いたHSVの各値の範囲を表1に示す。

表1 肌色成分抽出に用いたHSVに値

	最小値	最大値
H (色相)	25	75
S (彩度)	0	255
V (輝度)	25	100

2.4 直線・円成分の抽出

先の処理で得られた2値画像に対して輪郭線追跡³⁾を行い、手の輪郭を抽出する。この輪郭線画像に対して直線ハフ変換⁴⁾により直線成分を、円形ハフ変換⁴⁾により円成分

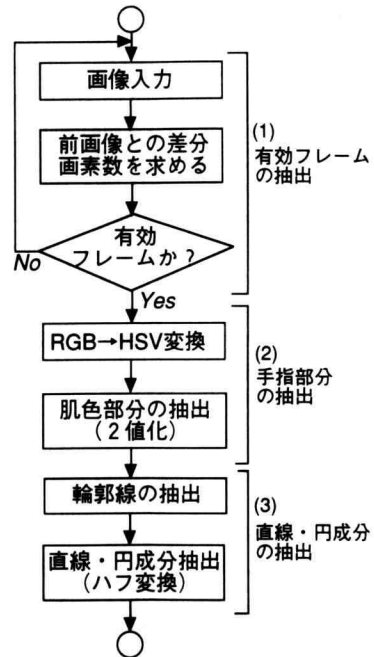


図2 処理全体の流れ

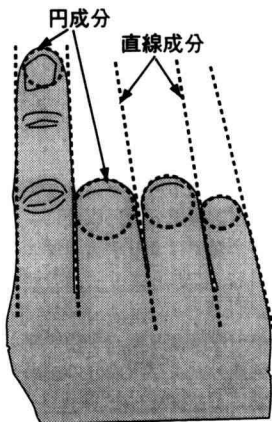


図1 手指の直線・円成分

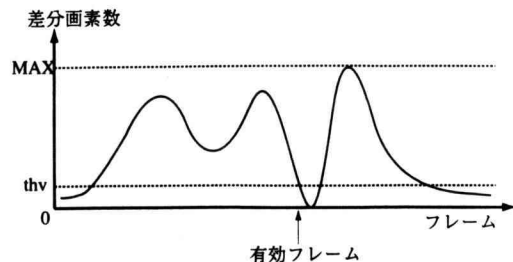


図3 差分画素数による有効フレームの抽出

を抽出する。

直線ハフ変換では直線

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad (1)$$

のパラメータ θ (方向) と ρ (画像中心からの距離) を求めるが、この際に画像上の手指の方向および各指の間隔がある程度限定できることを利用した。また円形ハフ変換では円

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \quad (2)$$

のパラメータ a, b (中心の座標) と r (半径) を求めるが、この際に手指の関節部分の大きさと各関節の間隔がある程度限定できることを利用した。これらにより処理の高速化および精度の向上を行った。

3 実験

3.1 実験方法

それぞれの処理をプログラム化し、本方法により手指画像から指の位置に対応した直線成分および指の関節部分に対応した円成分が抽出できるかを実験により検証した。

手の甲をカメラに向けて、いくつかの指を伸ばした状態を入力し、処理を施した。なお手指の背景には一様な黒色の紙を置いた。入力画像は 384×384 画素で、RGB 各 8 ビットのフルカラーである。

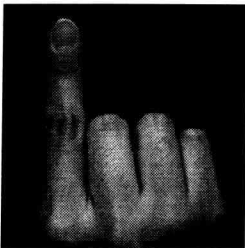


図4 有効フレームの抽出結果 (フルカラー画像)



図5 手指部分の抽出結果 (2値画像)

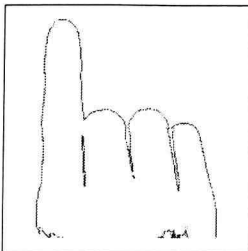


図6 輪郭画像 (輪郭線追跡)

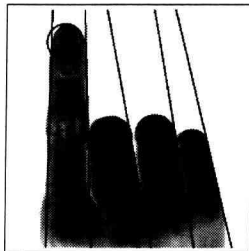


図7 直線・円成分の抽出結果

3.2 抽出結果の例

実験結果の一例を図4~7に示す。図4が抽出した有効フレーム、図5が肌色部分の抽出により得られた2値化画像、図6が2値化画像に対して輪郭線追跡を施して得られた輪郭画像、図7が抽出された直線および円成分を原画像に重ねて表示したものである。

本方法で提案した有効フレームの抽出方法で動画列から手の動きが静止した画像を抽出することができた。また、肌色部分の抽出により手指部分の抽出が可能なが確認された。

3.3 抽出率

さまざまな手指形状に対する直線・円成分の抽出を行った。結果の一部を図8に示す。図8では、手指の輪郭画像に抽出された直線および円を重ねて表示している。

指の両側の直線部分及び指先・折り曲げ位置の関節の抽出が比較的うまく行われている (図8(a)~(c))。しかし、直線成分や円成分の抽出が不十分であったり、手指形状とは関係のない部分に抽出されたりなどの誤った検出がなされる場合もあった (図8(d)~(f))。正しい検出がなされない場合は、背景からの手画像の分離がうまく行かないなどの原因が挙げられるが、詳細な検討はさらに多くの例で実験を行う必要がある。

今回実験した18種類の手指形状に対して、抽出された指の検出率を図9に示す。ここで指抽出率は抽出された指の数を実際の指の数で除算したものであり、指先抽出率は抽出された指先を実際の指先の数で除算したものである。18回の実験の平均は、指抽出率では73.3%となり、指先抽出率では91.7%となり、比較的高い確率で手指の屈伸状態が検出可能なが分かった。今後、誤検出の原因を突き止め、処理を改良することでさらに高い検出率が期待できる。なお実験1と18では、指を立てない状態であるため指先抽出率は求めている。

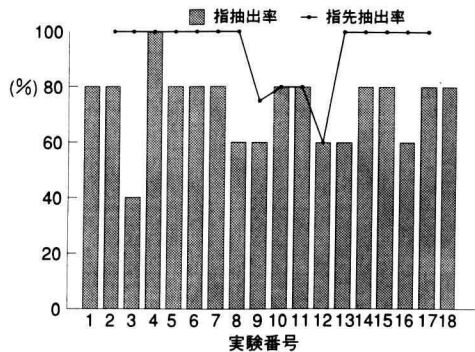


図9 手指の直線・円成分の抽出率

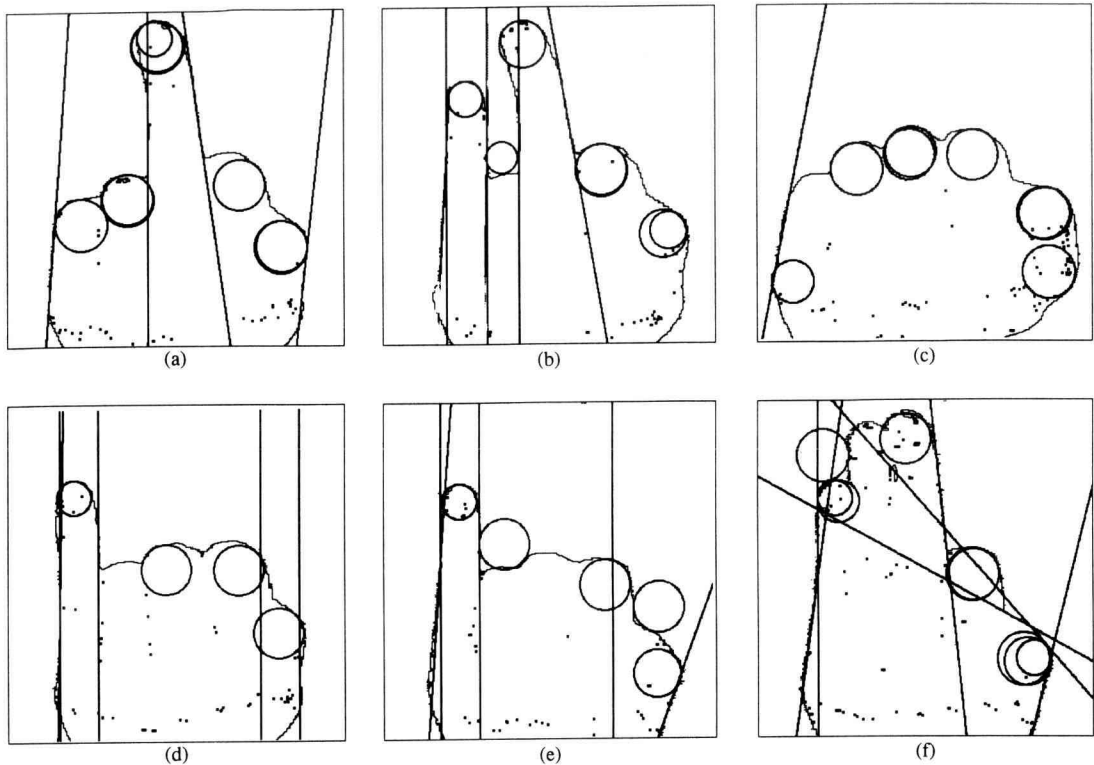


図8 直線・円成分の抽出結果

4 まとめ

本研究では手指画像から手指形状を認識する方法の第一段階として、画像よりハフ変換により手指の直線成分および円成分の抽出を行った。実験より指先や関節部分の円成分および指の直線成分の抽出が比較的良好な抽出率で可能であり、手指形状の認識に応用できることがわかった。今後の課題としては、さまざまな手指形状や背景画像に対する抽出精度の向上が挙げられ、さらに抽出された直線・円成分をもとにした手指屈伸状態の認識およびそのヒューマンインターフェースへの応用がある。

参考文献

- 1)原島博,黒川隆雄:"ノンバーバルインターフェース",オーム社,(1994)
- 2)吉野他:"色情報による手形状認識に関する考察",信学技報,PRU94-52,(1994)
- 3)土屋 他:"画像処理",コロナ社,(1990)
- 4)安居院猛,長尾智晴:"画像の処理と認識",昭晃堂,(1992)