輪郭線の粗密解析による部分図形認識

1D−4

原田　清彦　　東海林　健二

宇都宮大学

1．はじめに

環境を知覚し、要求された仕事を実行する機械にとって、視覚データは最も有効な感覚的な入力データであると思われる。優れた視覚システムを実現するためには、人間が物を見て直感的に認識する程度のものは、計算機も認識できるようにする必要がある。

本研究では、平面状の物体が重なっているシーンの中から、ある形状の物体（モデル）を探す部分認識問題について考える。

2次元図形の部分認識問題を解く手法は、大きく分けて、輪郭線を構成する一点毎にシーンとモデルの対応を調べる方法と、あらかじめ輪郭線から適当な個数の特徴点を抽出して、その特徴点毎にシーンとモデルの対応を調べるという2つの方法がある。本研究では、前者の方法に基づいた新しい手法を提案する。前者の方法による研究として、文献（1）で報告されているアルゴリズムは、シーンとモデルの輪郭線（カーブ）をある始点からサンプリングし、曲率を計算することによりカーブを数値の列（ストリング）に変換して、シーンとモデルでその数値を照合することにより各々のストリングの中に共通して存在する部分列（サブストリング）を見つけるというものであった。しかしそのアルゴリズムには、

①カーブを等間隔でサンプリングしなければならない。

②程よく長いサブカーブがあるときだけ有用である。

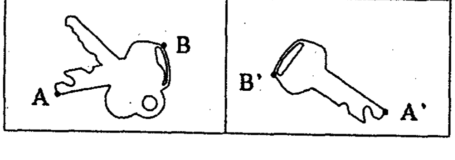
③ストリングが1本でなければならない。（図形が分離していたり穴があいていてはならない。）

などの欠点があった。そこで本稿では、それらを解決するカーブマッチングアルゴリズムを提案する。

2．マッチングのアルゴリズム

まず前処理として、シーンとモデルの輪郭線を検出したあと、輪郭線の含むノイズを小さくするために、連続する5点の移動平均でスムージングした。

カーブとその曲率の間には1対1の対応があるので、全く同じ形状の2つの図形の輪郭線上の対応する点における曲率の値は等しくなる。例えば、下図の点Aと点A'、また、点Bと点B'における曲率は等しい値になる。



この性質を利用して、以下のアルゴリズムでマッチングを行う。

① まずシーンとモデルの輪郭線上の各点において、曲率と接線の傾きを計算する。すると、シーンの輪郭線Qsとモデルの輪郭線Qmは、以下のように表現できる。

$Qs = \{(Ip,\ Jp,\ Cp,\ \theta p) : p = 0 \sim M-1\}$

$Qm = \{(Iq,\ Jq,\ Cq,\ \theta q) : q = 0 \sim N-1\}$

ここで（I，J）は輪郭点の座標、Cは曲率、θは接線の傾きを表し、単位は度とする。

② 次に、シーンとモデルで曲率が等しいと思われる輪郭点のパラメータを比較する。スムージングを施してもノイズが完全には除去されないことを考えて、せいぜいεの違いしかなければ等しい曲率と考えて、

$|Cp - Cq| < \varepsilon$

となる全てのp、qについて、

$\theta : \theta p - \theta q$

$I : Ip - Iq(\theta)$

$J : Jp - Jq(\theta)$

を求め、（θ，I，J）の組合わせの出現回数を3次元アキュムレータでカウントする。但し、（Iq，Jq）を原点中心にθだけ回転した点を（Iq（θ），Jq（θ））とする。しかし、θ、I、Jが全て整数の値をとるとしても、最低限必要な幅（θ軸は0°〜360°、I軸、J軸はモデル図形が縦方向、横方向に最大平行移動できる距離の画素数）をもった3次元アキュムレータを構成すると非常に大きな記憶領域を必要とするので、粗密解析を行って効率化をはかる。以後、θ、I、Jを全て整数値として取り扱う。

②−1　疎解析

まずθ軸、I軸、J軸のそれぞれが上述の必要幅の10分の1の3次元アキュムレータを用意する。以後これを疎アキュムレータと呼ぶことにする。そして、

$\theta' = \theta / 10$

$I' = I / 10$　　　（小数点以下切捨て）

$J' = J / 10$　　　（　負数は切上げ）

を計算し、（θ'，I'，J'）の組合せの出現回数をその疎アキュムレータでカウントする。そして、最も多くカウントされた（θ'，I'，J'）の組を探し、そのときの（θ'，I'，J'）を（A，B，C）とする。（図1参照）

Partial Shape Recognition by Coarse to Fine Analysis Using Contour Information.

Kiyohiko HARADA , Kenji SHOJI

UTSUNOMIYA University

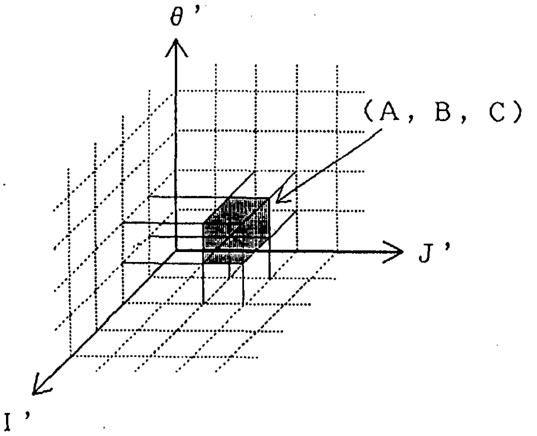


図１．疎アキュムレータ

②−２　密解析

大きさが１０×１０×１０の３次元アキュムレータを用意する。以後これを密アキュムレータと呼ぶことにする。そして、②−１で疎アキュムレータの（A，B，C）にカウントされた（θ，I，J）の組合せだけについて、

θ”＝θ−A×１０
I”＝I−B×１０
J”＝J−C×１０

を計算し、（θ”，I”，J”）の組合せの出現回数を密アキュムレータでカウントする。モデルをシーンにマッチングさせるθ，I，Jの値はそれぞれ唯１つずつしかないので、図２に示したように、密アキュムレータ中の１点で表現される。上記②−２の後、その１点が最も大きな値を持つ、つまり最も多くカウントされる確率が高いと思われる。そこで、②−１と同様に、最も多くカウントされた（θ”，I”，J”）の組を探し、そのときの（θ”，I”，J”）を（a，b，c）とする。

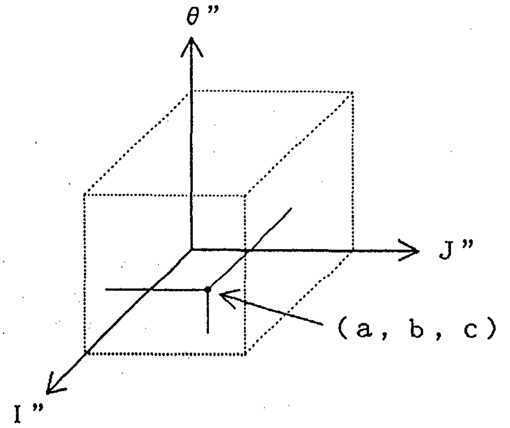


図２．密アキュムレータ

③

②−２で求められた（a，b，c）をもとに、モデル図形を（A×１０＋a）°だけ回転移動、縦方向に（B×１０＋b）画素分、横方向に（C×１０＋c）画素分平行移動する。

３．実験

上記のアルゴリズムをもとに図３、図４に示すシーンとモデルの図形を使って実験を行った。

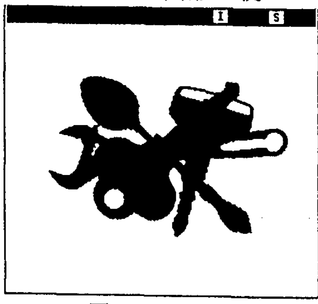


図３．シーン

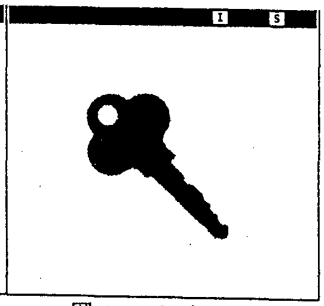


図４．モデル

シーンの輪郭線の画素数は１６５８で、モデルの輪郭線の画素数は５３８である。アルゴリズム②のεを０．０００１と設定した場合、疎アキュムレータにカウントされた（θ，I，J）の組は全部で３５０２あった。そのうち最も多くカウントされた組は（θ＝９，I＝０，J＝−２）の組であり、カウント数は５２であった。そして密アキュムレータにカウントされた５２のうち最も多い２１が（θ＝０，I＝１，J＝７）の組であった。よって

θ＝　９×１０＋０＝　９０
I＝　０×１０＋１＝　　１
J＝−２×１０＋７＝−１３

となる。

図５にモデルをそのθ、I、Jだけ回転移動、平行移動したものを示し、それをシーンに重ねたものを図６に示す。

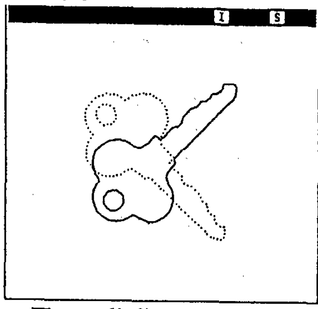


図５．移動したモデル

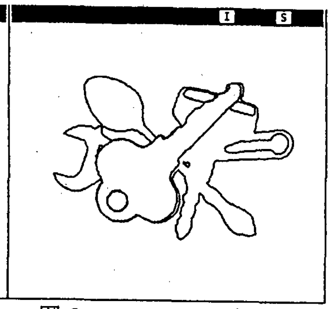


図６．マッチング

４．考察

本手法は、シーンの輪郭線中に、ある程度モデルの輪郭線が現われていれば有効であり、図形が分離していてもかまわないし、輪郭点のサンプリングを等間隔で行う必要もない。しかし、曲率を用いて図形の形状を表しているので、曲率の変化に乏しい単調な図形、あるいは上下左右対称な図形は等しい値の曲率が輪郭線のあちらこちらに現れてしまうのでマッチングさせるのが困難である。また、必ずしもアキュムレータで最も多くカウントされたθ、I、Jの組がモデルをシーンにベストマッチさせる要素となるとは限らないので、まだまだアルゴリズムに改善の余地があるといえる。

【参考文献】

(1) HAIM J. WOLFSON, “ON CURVE MATCHING”
IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL.12, NO.5, MAY 1990.