

## 森 研究室

森 克己

### はじめに

本研究室は情報処理工学科開設3年目の昭和63年4月に創設された。研究テーマは画像の認識・符号化を中核とする画像処理である。

担当する森克己は昭和62年4月に日本電信電話株式会社電気通信研究所画像通信研究部から本工学科電子・電気工学科に着任した後、昭和63年4月に情報処理工学科に移籍した。情報処理工学科では、カリキュラム改訂等による変更も含めて、パターン認識論、情報理論、情報伝送、データベースシステム、データ通信、計算機ネットワーク等の科目を担当してきた。

平成3年4月の大学院工学研究科情報処理工学専攻修士課程の開設とともに情報基礎特論を、また、平成7年4月に開設された電子情報工学専攻博士課程では図形認識工学特論を担当することとなり現在に至っている。

卒業研究を中心とする学生の指導にあたっては、知識の体系化を目標としている。すなわち、1つのトータルなシステムを完成させるために、講義や演習で得られた個別の知識を統合して考える力を身に付けることを主眼としている。そのため、プログラミング技術の向上と併せて、システムの実現に必要な処理機能の分析、プログラム規模の見積り、機能分割とインターフェース、試験方法など、総合的な見方にも注意を払わせるよう努めている。

本研究室の研究内容の位置づけは、画像情報の計算機内部への入力、蓄積、伝送の分野である。アプローチとしては、ボトムアップ型をとっている。すなわち、最下位の生の画像データから、順次、抽象化のレベルを上げて最終的な記号による記述を目指している。また、大学での研究を考えると、応用研究では企業の研究所とのハンデは否めないの、極力、基礎的、汎用的なテーマに的を絞った研究を行なうように努めている。

### 研究の概要

一貫して2次曲線の認識問題を扱っている。

曲線は、専ら人工的曲線として現われる1次・2次曲線と人体輪郭など自然曲線としての高次・自由曲線とに分けて考えることができる。近年、人体画像の研究が盛んであるが、低次曲線の認識技術が完成しているわけではない。特に2次曲線の認識技術は不十分であり、広範に利用できる手法は現時点では無いと言うことができる。しかるに、茶碗、ジュース缶、パイプ、ネジなど回転軸対称物は日用品、

産業製品として我々の周辺には多数存在しており、それらの輪郭線として2次曲線である円や楕円が多数現われる。このことから、2次曲線、特に、楕円は直線、円[1]と並んでロボットビジョン等で最も重要な曲線となる。以上に鑑み、簡易な2次曲線の認識手法の開発を本研究室のメインテーマとしている。

一般的な2次曲線は

$$ax^2+2hxy+by^2+2gx+2fy+1=0 \quad (1)$$

と表される。直線、円に比べ多数の係数を含むことが認識処理を難しくしている。

2次曲線認識の研究を進めるに際して、以下の基本的な方針を設定した。

①早期の2次曲線の選別：2次曲線の最終認識までには、いずれにしろ、大きな処理量を必要とする。したがって、処理の速い段階で2次曲線候補を選別することが実用上最も重要である。

②係数の逐次決定処理：多数の未定係数を含むため、係数値決定の順序付けが重要である。5個の係数値を同時に決定する場合には、1つの係数が取り得る値の数をNとすると $N^5$ 個の組合せの中から最適な係数値の組を決定する処理が必要となる。これに対し、5個の係数を(2+3)個の2組に分割し逐次決定すれば、場合の数は $(N^2+N^3)$ 個と大幅に減少させることができる。また、位置に関する係数の決定を形状の係数より優先すべきことが指摘されている。

③幾何学的特徴の積極的利用：計算機技術の発展に伴って処理量とメモリ量の制約が緩和されてきた。その結果、画像全体に大量の処理を施すという手法が可能となった。一方、ここ数年来、これに対する見直しも行なわれ、対象の特徴に着目した、いわゆる制約条件充足型画像処理が注目を集めてきた。

本研究では、2次曲線の幾何学的特徴を積極的に利用し、処理の効率化を図る。

#### <2次曲線の検出>

楕円、放物線、双曲線を含む全ての2次曲線を文字、記号、自由曲線が混在する中から簡単に検出する手法として“素片対照合法”を新たに開発した。

図1に示すように、x軸に平行な3本の走査線で図形を走査し、得られた6個の標本点 $P_i, Q_i (i=0, 1, 2)$ が式(2)の“照合条件”を満たすか否かを判定することで2次曲線を検出することができる[2]。

$$E=(x_{P2}-2 \cdot x_{P1}+x_{P0})+(x_{Q2}-2 \cdot x_{Q1}+x_{Q0})=0 \quad (2)$$

式(2)は図形が直径を持つための必要条件である。簡単な四則演算で全ての2次曲線を検出することができる大きな特長である。

#### <楕円弧の中心検出>

素片対照合法は、3本の走査線が曲線上に6個の標本点を作ることが前提であり、短い楕円弧には適用できない。そこで、対象を楕円(厳密には有心2

次曲線)弧に限定し、その中心を検出する”拡張素片対照合法”を開発した。

図2のように、6本の平行な走査線(L<sub>i</sub>)、(M<sub>i</sub>)、(i=0,1,2)を設定し、走査線の傾きθを連続的に変化させ、”拡張照合条件”を満たす角θ<sub>0</sub>(照合角)を探索する。θ<sub>0</sub>は、幾何学的には、図3に太矢印で示すE<sub>P</sub>とE<sub>R</sub>の大きさが等しくなる走査線の傾きを与える。拡張照合条件は楕円の中心対称性と直径の存在という2つの幾何学的特徴を定式化したものである。照合角θ<sub>0</sub>に対して、1本の直径が次式で定まる。

$$y = (\tan \theta_0) \cdot x$$

$-(1/2)\{(\tan \theta_0) \cdot (X_{P0} + X_{R0}) - (Y_{P0} + Y_{R0})\}$  (3)  
したがって、端点を曲線上で仮想的に移動して複数の直径を求めればそれらの交点として楕円弧の中心が決定される[3]。楕円の形状と独立に中心を決定できることは、前述のように、楕円の未定係数を2組に分割し、かつ、優先順位の高い位置の係数を先に決定することに成功したことを意味する。

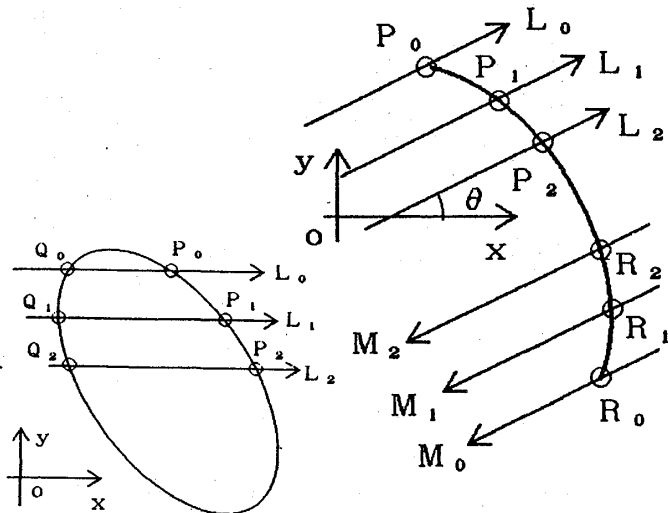


図1. 素片対照合法 図2. 拡張素片対照合法

<素片対二重照合法>

拡張素片対照合法は楕円弧の中心を決定することができる。しかし、曲線が楕円弧であることの判定は多数の直径の交点が1点に集積することの確認を待たなければならないという問題点がある。

楕円の極めて特徴的な性質として共役直径の存在がある。上述の拡張素片対照合法で求めた式(3)の直径と楕円弧の両端点P<sub>0</sub>、R<sub>0</sub>を結ぶ弦は共役直径の傾きの関係にある。このことは、図3で、

$$E_P + E_R = 0, \quad F_{Pj} + F_{Rj} = 0, \quad (j=1, 2) \quad (4)$$

の3式が同一の照合角θ<sub>0</sub>に対して同時に成立することを示す。

共役直径を持つ曲線は楕円(双曲線)に強く限定されるので、式(4)の成否を調べることで、楕円弧

の識別が可能となった[4]。

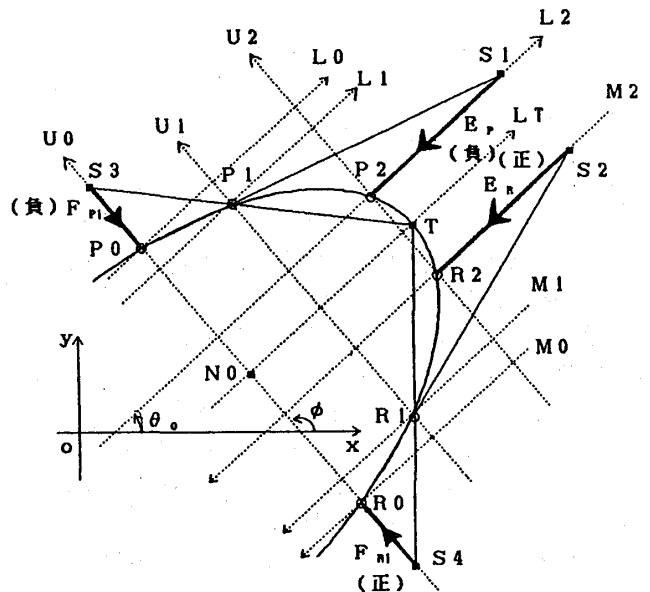


図3. 素片対二重照合法

<回転軸対称物体の認識法の研究>

楕円弧の認識手法の応用として回転軸対称物体認識の研究を進めている。”お茶汲みロボット”の視覚機能の実現を目標に茶碗、コップ、皿など身近な生活用品を認識対象としている。

3次元物体認識では認識処理に距離データが利用されることが多い。そのため、高精度の距離データの取得という難問が避けられない。本研究では、先ず楕円弧の認識により回転軸対称物の存在方向を検出した後、別途、その物体までの距離を計測する手順をとる。ロボットは移動可能であるので、移動方向さえ決めれば良く、遠方からの高精度の距離計測は必要ではないとの立場をとっている。

おわりに

研究室の沿革と教育・研究を行なう上での基本的な方針を中心に紹介した。あらゆる面で大きな変革期を迎えた今日、単なる知識ではなく知恵が要求される時代だと思われる。教育・研究の両面でさらに知恵を絞っていきたいと考えている。

文献

[1]森, 河田, 池上:「標本化処理による円の決定に関する検討」, 情処論, Vol. 30, No. 2, pp. 190-196, (1989)  
[2]森, 川久保, 池上:「標本化処理による2次曲線の検出」, 信学論, Vol. J74-DII, No. 1, pp. 36-44, (1991).  
[3]森, 池上:「幾何学的性質に基づくだ円弧の中心検出」, 信学論, Vol. J77-DII, No. 7, pp. 1236-1244, (1994)  
[4]森, 占部, 池上:「共役直径を利用した楕円弧の識別」平成8年度電気情報関連学会中国支部大会(1996)