



研究ノート

視野制御方式による画像処理装置

森 田 龍 彌*

科学技術のめざましい進歩に伴って、社会の到る所でシステム化が進み、人間の目や手に頼っていた作業が機械に置き換えられている。しかし、この省力化は作業手順を簡略化、規格化して機械に合せることによって実現されており、まだ省力化できない部分が残されている。これは作業者の目や手あるいは判断の融通性に比べて、機械はまだ遥かに劣っているため、これらの部分を代行させるには、汎用性に富んだ機械を開発しなければならない。

人間の優れた適応性は脳で代表される神経系の制御情報処理機能に由来する。計算機はしばしば人間の脳と比較されるが、脳の情報処理方式は計算機と全く異なっていると考えられ、一部の機能モデルは試作されているが、脳の全貌が解明されるのはまだ遠い将来になると思われる。したがって当面は現在の計算機技術を用いて、人間の機能に近いものを作ることも必要である。筆者らは未来指向型研究に強い関心を持っているが、本稿では現実指向型の研究として視野制御方式による画像処理について述べる。

人間の視覚系の重要な機能として眼球運動を挙げることができる。人間の網膜で解像度の高いのは中心部の極く限られた領域で、大部分の視野の解像度は極端に低い。これは鮮明な像が得られるのはレンズの光軸付近で、光軸を離れるに従い収差が大きくなり、感覚細胞の密度を上げてあまり意味がないためと思われる。したがって眼球運動は高い解像度と広い処理範囲という相反する要求を両立させる上で重要な役割を果たしている。

同様のことは画像処理装置にも言え、広視野を均一に高解像度で処理することは画像記憶装

置の容量、処理時間からみて得策でない。また処理の目的によってはそれ程高い解像度を必要としない場合もあるだろう。このような観点から筆者らは視線（方位角、仰角）および視野（解像度）を積極的に制御することのできるコンパクトな撮像部をもった画像処理システムを試作した。撮像部は回転架台に取付けたカメラでその結像面には100×100素子の2次元電荷結合素子（CCD）が組込まれている。視線制御はカメラの回転により、視野制御はズーム機構で行う。またこれらの位置はポテンショメータで検出する。この撮像部の制御と情報処理には64 kw のミニコンピュータを使用している。

制御情報処理には多数のソフトウェアが使用されているが、主な作業は次のようなものである。

(1) 画像の濃淡レベル（8ビット）の頻度分布に基づいて、図形と背景の分離を行う。

(2) 図形の形状を知るために図形輪郭をたどっての座標系列を作る。元の座標に戻れば一つの図形が切り出されたことが分る。また別に図形内の点から隣接点へ同じコードを付けて、図形の“色分け”をする領域法も併用している。

(3) (2)の結果、個々の図形の大きさと CCD 面上での位置が分るから、ズーム比と視線位置を用いて環境での位置を算出する。この座標変換において機械系の回転中心はほぼカメラの重心であり、光学系の原点はレンズ中心であることを考慮しなければならない。

(4) (2)で求めた輪郭系列にフーリエ記述子法を適用して特徴量を抽出する。フーリエ記述子法というのは、図形を一周する間の凹凸を高調波と見なしてフーリエ展開を行うもので、振幅項は図形の大きさや回転に無関係になるのでズームングによって像の大きさが常時変わるこの画像処理装置に適合した特徴量である。図形の

* 森田龍彌 (Tatsuya MORITA), 大阪大学, 工学部, 電気工学科, 藤井研究室, 助教授, 工学博士, 生物工学

向きが問題になる場合は位相項から求めることができる。

(5) 以上の方法で図形の形状と位置が分れば、処理の目的に応じて、適切な視線位置、ズーム比を決めてモータに目標を与える。

このようなプログラムを用いて次のような作業ができる。

(1) 作業領域に散在する対象物の中から指定したものを探し出す動作で、画像処理装置には作業領域と見本のおよその位置を教えるだけで自動的に探索が進行する。装置は見本の付近を広角撮像し、見本が見つかりと視線を合せてズームアップして特徴量を求める。次に作業領域を撮像するが、これは広角でも視野に入りきらないので、少し画面をダブラせて数回に分けて撮像する。視野枠に掛って不完全なもの、2度以上撮像されたものもあるので、これを判断して個数、各位置、各特徴を整理し、見本と明らかに異なるものは除外する。残ったものについて1個ずつズームアップして、より正確な特徴量を求め最終決定を下す。

(2) 対象物が大きくて広角撮像でも視野に入りきらない場合は分割撮像して計算機内でイメージとして合成する。すなわちある画像について輪郭系列が一巡しなければ図形は完全には撮れていないから、輪郭の延長線上に視線を移して撮像して前回のものと合成する。この動作を輪郭系列が一巡するまで自動的に続ける。

(3) 2つの対象物が極めて類似しているとき、局部についての精密観測が必要となる。この場合、全ての部分を対応づけて比較することは能率が悪い。全体観測の結果から異なっている可能性の高い部分を選択して、その部分についてズームアップして判断する。この方法は厳密に云えば正確さを欠くが、人間の比較動作に近く能率的である。

(4) 運動物体を監視する場合、認識のための処理を行っているうちに、対象が視野をはずれてしまえば都合が悪い。生体はこの問題にどう対応しているのだろうか。ネコの網膜にはX細胞とY細胞と呼ばれる細胞群がある。X細胞

は空間分解能の高い情報を伝達しているので形状認識に関与していると考えられる。一方Y細胞は空間分解能は低い、時間微分特性をもち動きを検出するのに都合がよい。また心理学実験によって、われわれの視覚神経系にも同様の細胞があると推定されている。視覚認識は大腦視覚領で行われるが、これとは別に上丘と呼ばれる部分が眼球運動制御の中核となっている。

このような機構を参考にすると監視作業は追跡動作と形状認識に分離し、それぞれ専用の計算機で処理する方式が適切であるように思われる。制御用計算機では多少不正確でも迅速な処理を行って対象が視野からはずれないように視線を制御する。主計算機ではこの間に認識を行い必要に応じて制御用計算機に割込をかけて追跡モードの修正あるいは変更指令を与える方式である。制御用計算機では比較的粗い特徴量として、例えば現在はフーリエ記述子より簡単な外接長方形の辺長、および外接長方形に対する図形の面積比、時間を置いて撮像した2枚の画像から求めた速度ベクトルを採用している。静止体、運動体の混在する視覚環境で、各図形を弁別して、運動体Aを追跡させ、モード変更によって他の運動体Bの追跡に切り替えるような基本動作をテストしている。この際Aについての追跡は中断しているが、計算機内ではその予測位置を計算していて、必要に応じてAの追跡に戻ることができる。なおたとえば運動体が他のものと重なるときに起こるような、不連続的な変化については現在では一旦広角撮像に戻って待機し、その後の状況に応じるようになっている。

運動体の認識にはまだ解決すべき問題が多いが、このような研究は工場での省力化ばかりでなく、交通システムでの監視や悪環境での作業などに応用でき、また光学系を変えれば顕微鏡の自動化にも適用できるだろう。

なおこの研究は藤井克彦教授の指導と溶接工学科前川 仁助手の協力を受けて進められたものである。ここに深甚なる謝意を表す。