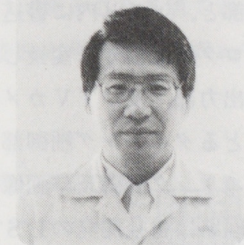


# 画 像 処 理



技術本部要素研究部 鈴木 俊 夫

## 1. は じ め に

もし、自分の目が見えなくなったら、どうなるのであろうか？ 仕事はおろか食事さえもできなくなる程、社会生活を営むうえでの重大な障害となるであろう。これは我々は自分が動くのに必要な情報の大半は目から得ていることを意味している。逆に機械（例えばロボット）が目を持てば、周囲の状況の変化を検知することが出来、状況変化に対して柔軟に対応することが可能となり、今まで見えない為に不可能であった仕事も可能になる。又、仕事の効率も向上することも期待出来る。

以上の観点から、視覚に対するニーズは非常に多くあると考えられ、我々はロボット等、機械の目となりうる視覚装置を開発してきた。この装置を写真1に示す。本装置はIM事業部で商品化したサーフェスマウントY M3000 Vに組込まれ、プリント板と、プリント板に実装するICの位置

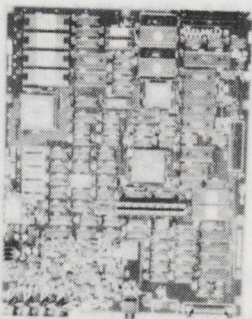


写真1 視覚装置外観

決めに使われている。以下に今回開発した視覚装置と、主要技術である画像処理技術の概要を以下に述べる。

## 2. 視覚装置概要

### (1) システム構成

本装置のシステム構成を図1に示す。システムは大別して3ブロックから成り、ホストCPU部はシステム全体の制御及び画像認識、ロボット及び端末装置を通して人間との通信を行う。

イメージプロセッサ部はホストCPU部の制御の下で、画像データの加工及び特徴抽出を行っており、画像処理プロセッサには非ノイマン型並列処理プロセッサを使用し、毎秒2000万回の演算速度を持っている。

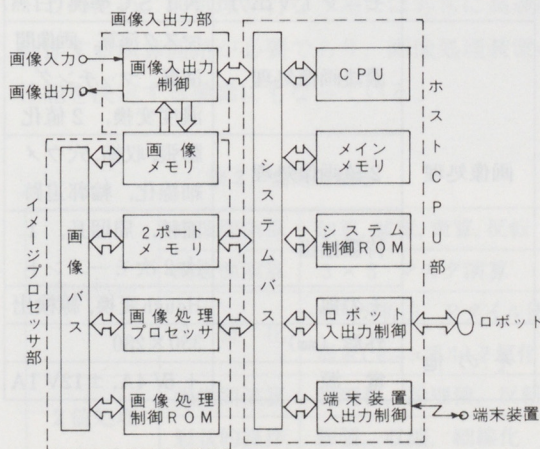


図1 システム構成図



画像入出力部は、TVカメラからの画像信号を256段階のデジタル値に変換し、メモリに記憶する入力部と、メモリ内に書込まれた画像データをアナログ画像信号に変換し、モニターTVに出力する出力部、及びTVカメラ、モニターTVの同期をとるタイミング制御部で構成している。

タイミング制御及び画像の入出力のタイミング制御回路は自社開発のLSIを使用し、小型、高性能化を計っている。

又、画像信号のデジタル値への変換及び逆変換は毎秒600万回で行なっており、1画面の入出力は16.7mSで実行している。

(2) 仕様

本装置の仕様を表1に示す。

表1 仕様

分類	項目	仕様
システム	メインCPU	68000
	画像処理プロセッサ	非ノイマン型データフロープロセッサ
	処理対象画素数	256(H)×240(V)
	画像メモリ	多値4面+2値4面
	システムソフト	VICS
	開発用端末装置	PC9801
ビデオインターフェイス	TVカメラ	外部同期式ITV
	濃淡値分解能	256レベル
	接続カメラ数	4台(切替式)
	モニターTV出力	NTSC準拠(白黒)
画像処理	濃淡画像処理	マスク演算、画像間演算、マッチング、濃度変換、2値化
	2値画像処理	膨張、収縮、穴ウメ細線化、輪郭追跡
	特徴抽出	面積、周囲長、1次2次モーメント
	その他	Hough変換、線検出
その他	外形(mm)	350×280
	電源	+5V 4A, ±12V 1A

(3) 特徴

以下に本装置の特徴を記す。

- (一)高速処理 : 0.1秒程度で基本処理を実行。
- (二)濃淡画像処理: 周囲の明るさの変動に強い。
- (三)独自の画像処理: 高速なHough変換、パターンマッチング手法の内蔵、マッチング手法の実現と、用途に合せた新しい画像処理手法の追加が可能

3. 画像処理のプロセスと本装置の機能

図2に画像処理のプロセスを示す。

以下に各プロセスに対応する本装置の機能について説明する。

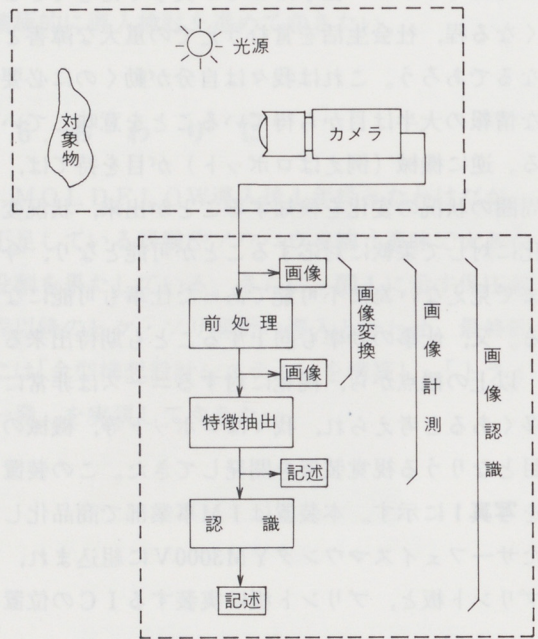


図2 画像処理プロセス

(1)画像入力環境と画像の座標

画像の入力環境は図3に示す様に、対象物に光を照射し、その反射光を撮像する方法(a)と、発光源とTVカメラの間に物体を置き、物体で光を遮ぎり、影絵をTVカメラで撮像する方法(b)がある。画像の入力環境は用途に応じて使い分ける必要が



あり、画像の入力環境をどの様に設定するかで、画像処理が安定に行なえるかどうかが決まる程、重要な部分である。

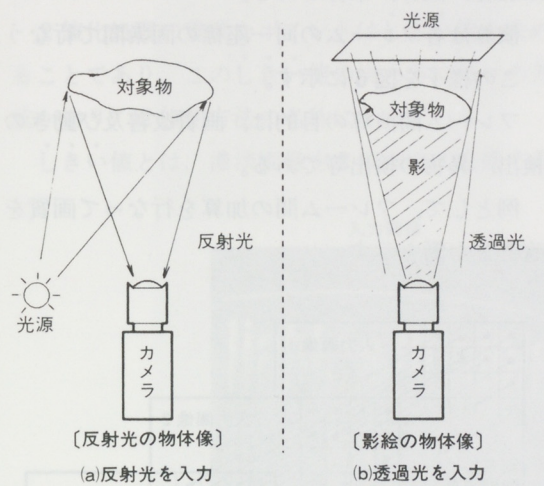


図3 画像入力環境

物体像はレンズでTVカメラの撮像素子の受光面に結像され、その受光面の明暗が電気信号に変換され、撮像素子から出力される。

撮像素子の受光面は一般のTVカメラでは2次元の平面であり、そこに結像された像も2次元である。

ここで画像の座標として、受光面に2次元の直交座標系（x，y座標系）を設定すると、物体の大きさ、位置等を数値で表すことができる。

受光面の座標は連続であるが、デジタル画像処理を行なう場合、座標をデジタル値(離散的な値)で表わす必要があり、横方向（x軸）をm分割、縦方向（y軸）をn分割して、各々に0から始まる整数値を与え、これを画像の座標値としている。

この様子を図4に示す。分割した最小単位を画素（PIXEL）と呼び、画素が持っている情報は明るさである。

本装置では、横256、縦240画素を処理対象としている。

又、画素はその座標の明るさを表わしているが、本装置では、明るさの最小(黒)～最大(白)までを

256段階に分割（アナログ→デジタル変換）しており、濃淡画像処理を可能にしている。

なお、濃淡画像とは、明るさを多値で表わし、これに対し、明るさを白と黒の2値で表わしたものを2値画像と呼ぶ。

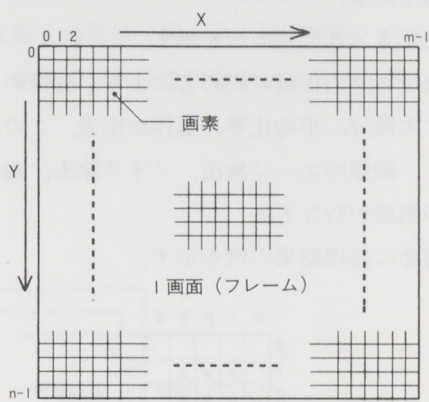


図4 画像の座標

(2) 前処理

入力された画像に対し、演算処理を行ない、処理結果も画像である処理を一般に前処理と呼んでおり、画質改善や画像強調、2値化等の処理を行なう。本装置の前処理機能を表2に示す。

前処理の特徴は、演算を画素毎に行なう為、演算回数が非常に多く、処理に時間がかかる。

例えば、本装置の処理対象画素数は、1画面で256×240＝61440画素となり、少なくとも61440回の数値演算が必要となる。

このため、前処理を行なう為には非常に高速に動作する演算回路が必要であり、画像処理装置の性能を決定する要素にもなっている。

表2 前処理機能

濃淡処理	画像間演算	加算, 減算, 乗算, 反転
	画素間演算	3×3 マスク演算
	2 値 化	判別分析法, Pタイル法 固定(マニュアル)2値化
2 値処理	画像間演算	論理和, 論理積, 反転
	形状的操作	膨張, 収縮, 細線化



前処理の代表的な機能を以下に示す。

### (一) マスク演算

この演算は、ある座標を中心とした、近傍の画素に係数を乗算し、その総和をとる操作である。

近傍の大きさとしては $3 \times 3$ 又は $5 \times 5$ 程度が一般的である。

図5に $3 \times 3$ 近傍の例を示す。

係数マスクの係数の決め方により、画像の1次、及び2次微分、平均化等の操作が出来、この操作により、画像のエッジ検出、ノイズ除去、画像強調等の処理が行なえる。

写真2に処理結果の例を示す。

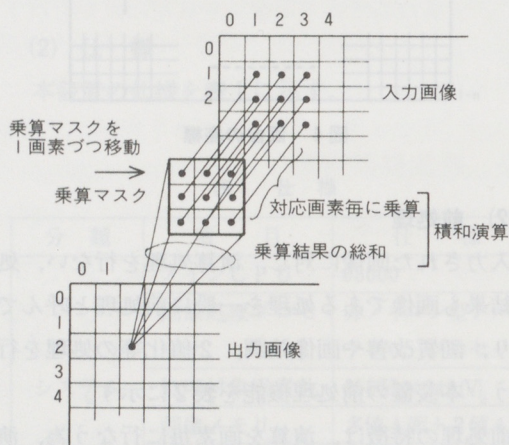


図5 マスク演算

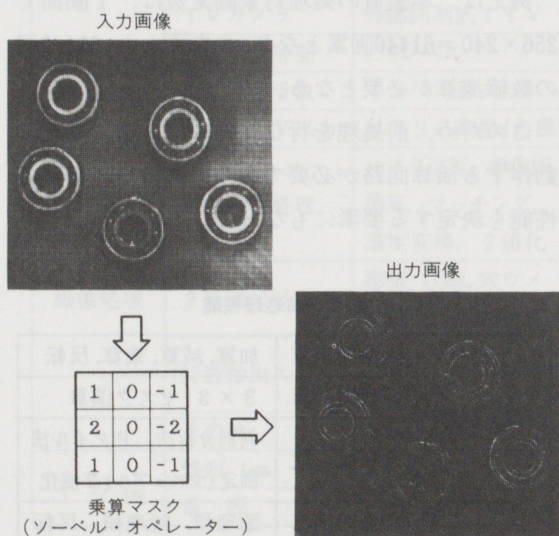


写真2 マスク演算結果

### (二) 画像間演算 (フレーム演算)

1枚の画像をフレームと呼び、複数のフレームを使つての演算を行なう操作であり、演算としては加算、減算、乗算がある。

演算は各フレームの同一座標の画素間で行なう。この様子を図6に示す。

フレーム間演算の目的は、画質改善及び動きの検出、異物の検出等である。

例として、フレーム間の加算を行なって画質を改善した例を示す。

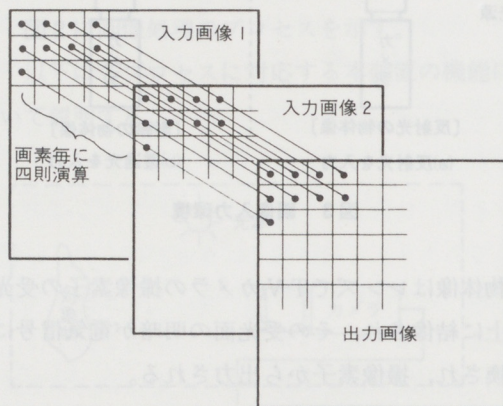


図6 フレーム演算

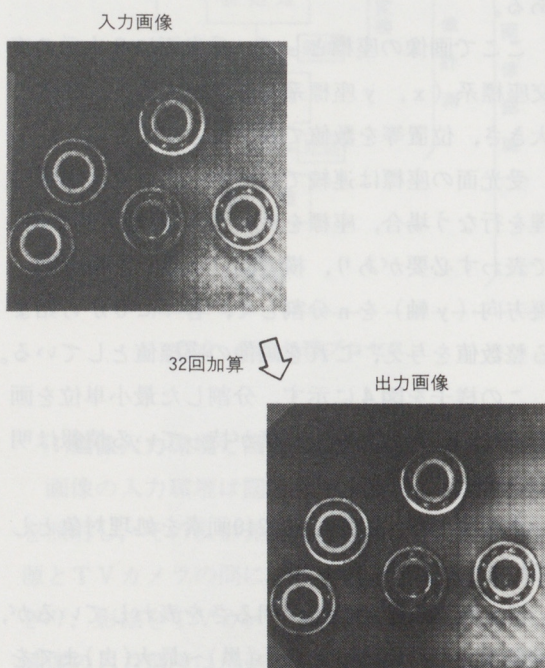


写真3 フレーム加算結果



### (三) 2 値化

2 値化は濃淡画像を 2 値画像に変換する操作であり、注目している物体を抽出するための重要な処理である。

2 値化処理の重要なポイントはしきい値を決めることであり、このしきい値の決め方に種々の方法があり、2 値化方法の名称になっている。

しきい値とは、濃淡画像を 2 値画像に変換する

とき、濃淡画像において、ある明るさ以上を白、それ以下を黒と分類する境界の明るさを表わす値である。この様子を図 7 に示す。

2 値化処理において、しきい値を濃度ヒストグラムを用いて決定する方法がよく用いられている。

濃度ヒストグラムは、濃淡画像 1 フレーム内の画素数を濃度値（明るさ）毎に集計したものであり、画像の明るさの分布を示している。

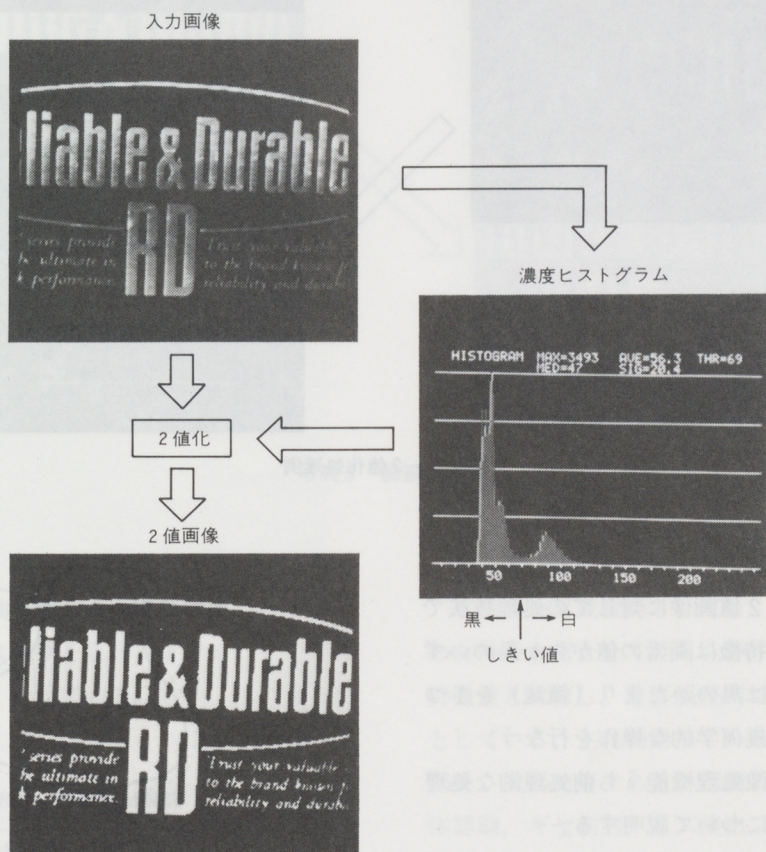


図 7 2 値化処理概念図

本装置では、単純な 2 値化以外に、P タイル法、判別分析法という 2 値化テクニックを用いた自動 2 値化機能を持っており、2 値化が難しい画像でも安定に 2 値化することが可能であり、照明変動にも自動的に追従することが出来る。

上記の自動 2 値化機能はいつでも濃度ヒストグラムから自動的にしきい値を決定しており、P タイル法は抽出する図形、物体等の面積が既知であ

れば、濃度ヒストグラムのある濃度値以上の画素数の総和が面積と等しくなる様にしきい値を決定する。又、判別分析法は統計的な処理によってしきい値を決定する手法であり、クラス間分散とクラス内分散の比が最大となる様にしきい値を決めている。クラスとは白又は黒の集合を言う。

写真 4 に処理結果の例を示す。



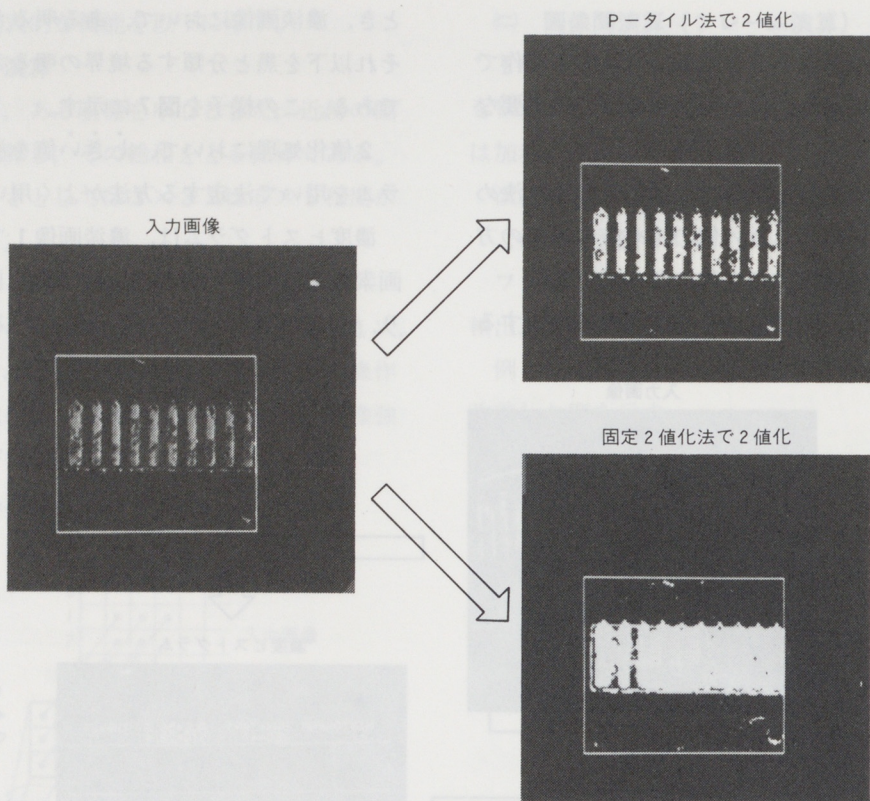


写真4 2値化処理例

#### (四) 2値画像処理

2値画像処理は2値画像に対しての処理技法である。2値画像の特徴は画素の値が白か黒のいずれかであり、白又は黒のかたまり（領域）を1つの図形とみなして幾何学的な操作を行なう。

本装置の2値画像処理機能うち前処理的な処理である膨張と収縮について説明する。

膨張は図形の周辺の画素を1画素分太める操作であり、図形中の不要な穴、カケ等をうめることができる。収縮は図形の周辺の画素を1画素分痩せさせる操作であり、図形から出ている不要なヒゲ、孤立した小さな点を除去することができる。

膨張と収縮は組合せて使用されることもあり、画像中の不要な部分を除去し、図形を整形する効果がある。膨張と収縮の例を図8と写真5に示す。

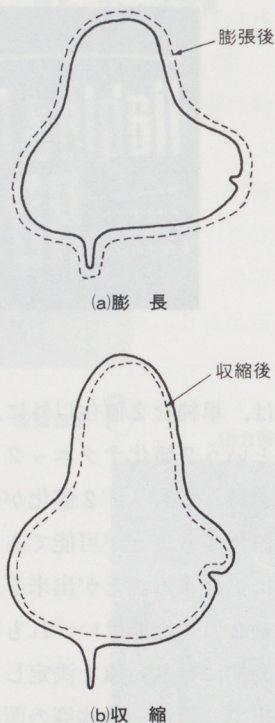


図8 膨張と収縮



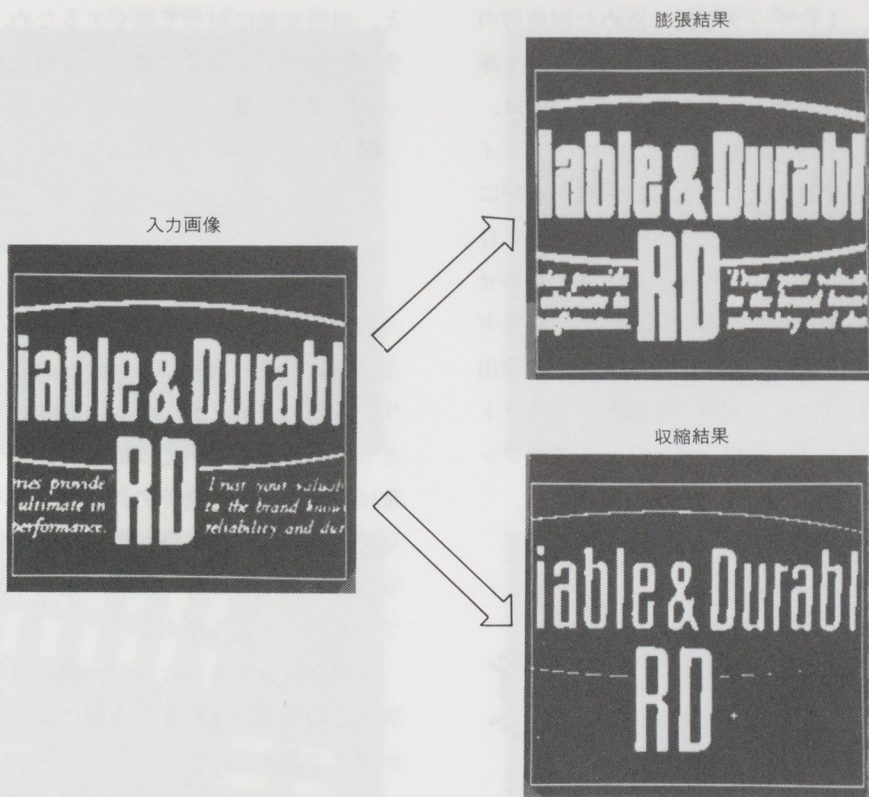


写真 5 膨張と収縮

### (3) 特徴抽出

本装置の特徴抽出機能を表 3 に示す。

長さ及び面積は画素を正方形と考え、1 辺の長さを 1、面積も 1 としている。

表 3 特徴抽出機能

モーメント 特 徴	0 次モーメント (面積)
	1 次モーメント ( $x, y$ )
	2 次モーメント ( $x^2, y^2$ )
	重 心 (1 次モーメント ÷ 面積)
	主軸方向 (0 次 ~ 2 次モーメントから計算)
他の特徴	周囲長
	周囲長と面積の比
	円らしさ (面積) / (周囲長) <sup>2</sup>
	射 影 ( $x$ 軸, $y$ 軸へ, 主軸方向)

### (4) 認 識

本装置の認識機能としては、(3)の特徴抽出で求めた特徴を組合せて、あらかじめ設定した物体の特徴量と比較し、許容誤差内であれば、その物体としている。主に利用している特徴は、面積、周囲長、横縦比等である。認識の応用としては、物体認識、ギヤ判別、キズ検出、溶接線の計測等が考えられる。

## 4. 応用例

本装置の応用例として、QFP (フラットパッケージ IC) の位置決め、及びベアリングの認識について述べる。

### (1) QFP の位置決め

QFP とは Quad Flat Package の略で、図 9



に示すように、ICチップを封じ込めた四角形のプラスチックケースの各辺から接続用のリード線の足が多数出ているものである。足のピッチは、0.8mm、0.65mm、0.5mmのものがあり、サーフェスマウンタでQFPをプリント板に装着する時にプリント板のQFPの足を受けるパターンと、QFPの足の相対位置を50 $\mu$ m程度の正確さで合わせる必要がある。相対的な位置ズレとして、縦横方向の平行移動分と回転があり、本装置は足の検出と、直交する特定の足の交点の座標と、プリント板の基準位置マークの座標をサーフェスマウンタに出力している。

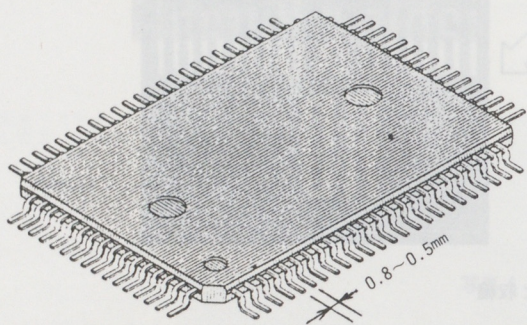


図9 QFP外形図

本装置では、足の検出にHough変換という直線検出手法を用い、画像中の全ての足の情報を利用して足の傾きと、位置の検出精度を上げている。

図10に動作のフローチャートと各ステップでの処理の写真を示す。

## (2) ベアリングの認識

ベアリングの認識方法として、本装置では、パターンマッチング手法を用いている。パターンマッチングの欠点として、対象物が正規の状態から回転していると、マッチングしなくなるということがある。しかし、ベアリングは円であるため、回転があっても影響しないという特徴があり、パターンマッチングを適用できる。

また、パターンマッチングを高速で行なうこと

と、照明変動に対して強くするため、入力画像とテンプレート画像はアダマール変換をした後にマッチングを行なっている。

図11にベアリングの認識のフローを示す。

## 5. おわりに

現時点における画像処理の応用状況をながめると、特定用途の限られた部分への応用が大半であり、人間の目の代りというよりも、人間が不得意としている分野（例えば面積、長さ等の計測、非常に細かな図形、物等の計測等）、あるいは人間が見てよく解る様な画像への変換（人工衛星からの写真の処理、CT等の医療用機器等）が応用されている主なところである。

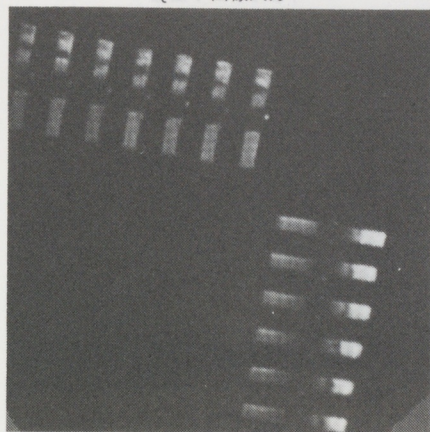
人間と競合する様な分野、例えば物の認識、判別等での能力はまだ人間には遠く及ばないのが現状である。

また、画像の入力手段として、現状ではテレビカメラ等の2次元空間を取扱うものの他に、距離を加えた3次元空間を取扱える3次元センサーも要望されており、3次元空間での処理が可能になれば更に応用分野の拡大が期待出来る。

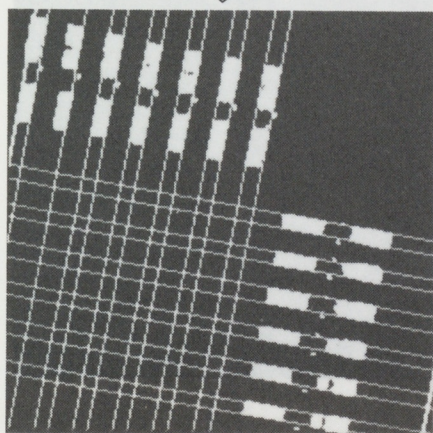
我々も新しい画像処理及び認識手法の研究・開発を推進し、より高性能な視覚装置を開発し、機械の応用分野の拡大及び高効率化、新商品の高付加価値化に貢献できる様に努力していきたい。



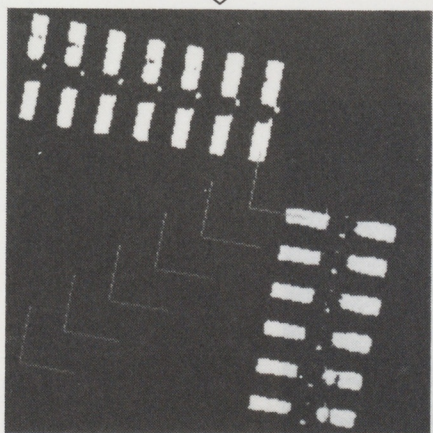
Q F P 画像入力



Hough 変換直線検出



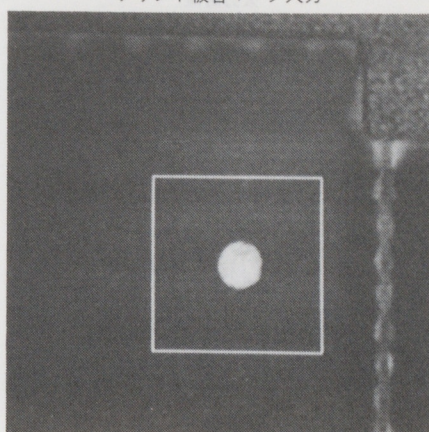
交点検出



交点座標出力



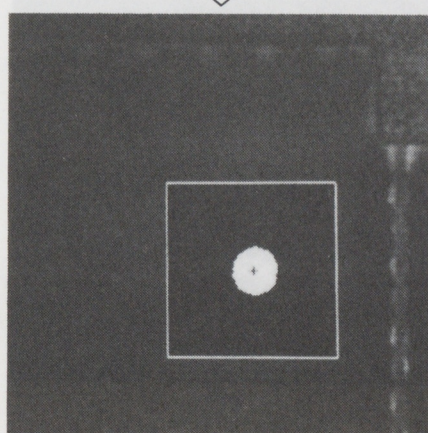
プリント板合マーク入力



2 値化  
(P-タイル法)



重心検出



合マーク  
座標出力



図10 QFP位置決めフロー



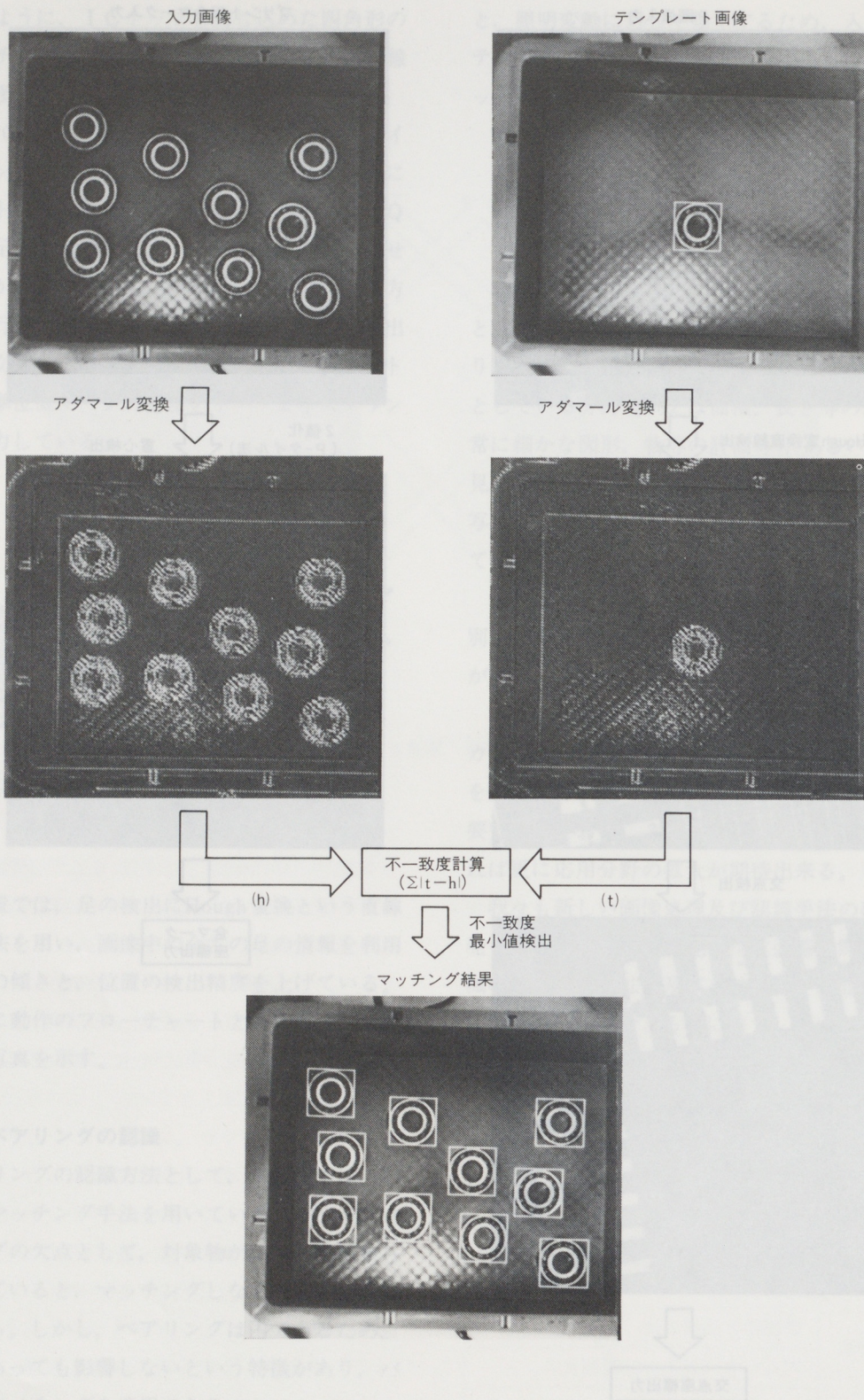


図11 ベアリング認識フロー