

# 映像情報 INDUSTRIAL

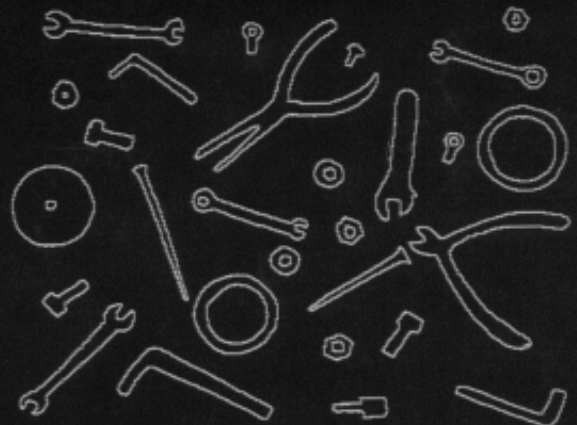
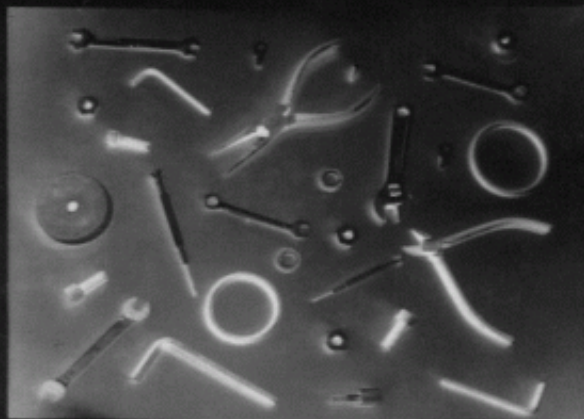
Image Technology & Information Display

特集 パターン認識によるオンライン検査システム

- ロボット用視覚モジュールの最近の動向
- 視覚機能を備えた知能ロボット
- ロボット言語RAILを持つ視覚システムオートビジョンII
- フレキシブル視覚ロボット・マルチウィンドウ形  
富士ビデオセンサ
- ビジョン・システムCAV-1000

5

1983  
VOL.15



# ロボット言語 RAIL を持つ 視覚システム オートビジョンⅡ

丸 地 三 郎

## 1. システム概要と特長

オートビジョン は 1980 年に設立された米国のベンチャー企業オートマティックス社が開発した視覚システムで自動車メーカー、精密機械メーカー、電機メーカー等で数多く採用されている。(写真1参照)ロボットの目として使用される場合と目視検査の自動化の目的で使用される場合がある。

構成としては固体撮像素子のビデオカメラとコンピュータの二つの部分からなり、カメラ部分から受像された情報がコンピュータ部分に送られ、画像としてとらえられる。その画像情報をスタンフォード・アルゴリズムと呼ばれる手法をベースとしたパターン認識の方法を使い、形状として認識する。形状認識により物体の種類の判別、位置、向き、そして欠陥などが調べられる。その結果をロボットやその他の機器へ情報として出力する。

このような一連の視覚の機能を持つ。

パターン認識に際しては、図1(次頁)に示すように形状のもつ物理的数値、例えば、面積、長さ、幅、周辺長そして面積と周辺長の比などをその形状の特徴として扱い、その特徴値で比較判定を行う。

一般に視覚システムと呼ばれるものには、野菜・果物の等級選別、魚の仕別け、錠剤・ピンの欠陥検査などの一品料理的な単一種類のものを対象とするシステムが殆んどであったが当システムは、多種、多様な形状と用途に対応できる汎用性に従来と大きな相違がある。

生産現場では、多品種少量生産が喧伝され、モデルチェンジ・設計変更が頻繁に行われることが前提となっている柔軟な生産システムの構築が要請されている。勿論ロボットはこのような要請に答えるためのものであるし、目視検査の自動化についてもこのような要請から逃れることはできない。

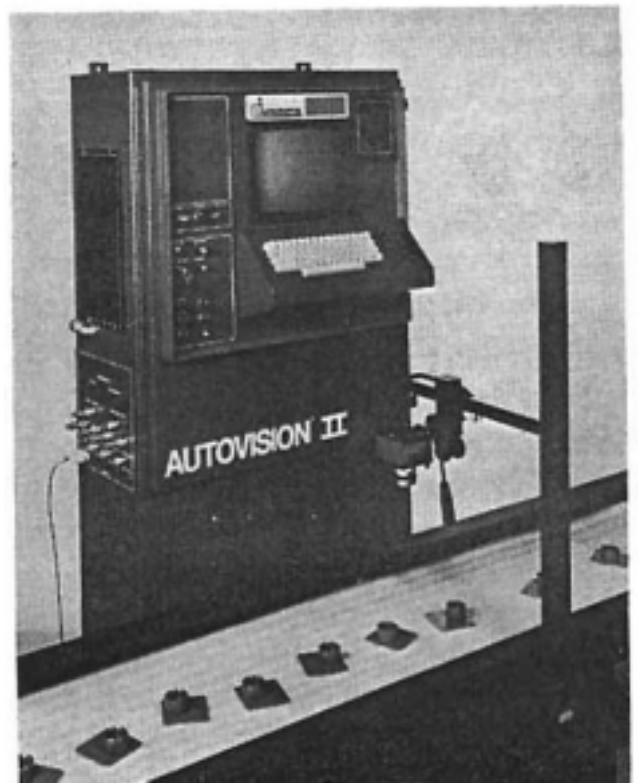


写真1 オートビジョン の外觀

従って、ロボットと目視検査の自動化に使われる視覚システムも、当然のことながら、柔軟性を持つことが強く要求される。当システムはその柔軟性を保持するために、本格的なロボット言語である RAIL を持っている。

## 2. ロボット・ビジョン・システムへの要求

生産システムの中で使用される視覚システムの要求を羅列してふる。

(1) 認識・判別の能力: まず始めにこのような項目があげられるのはおかしいと思われる方もあると思われるが、現在のところ、人工の視覚は生身の人間の目に比べるとはるかに

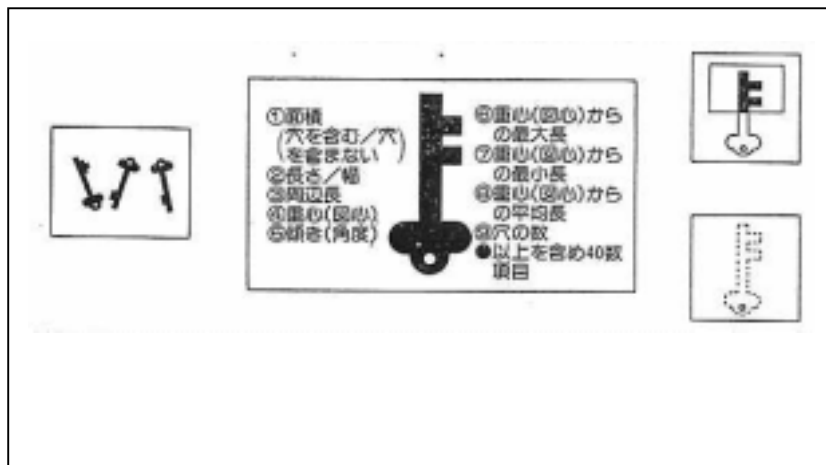


図 1 認識する内容および特徴の例

及ばない能力しか持っていない。とかく、人工の視覚は過大な要求を受けがちである。そこで、期待に答えるには、少しでも基本的な認識能力が高いことが要求される。

又、基本的な認識の機能だけで足りなければ(足りないことが多いが)人間の工夫を加えることによって 認識能力を高めることができることが望ましい。例えば一つの画面全体では識別が付かなければその画面の特定の部分に注目し判定するとか、又は、一つの画面でダメなら、複数の画面を関連付けて判定するなどの工夫と機能が要求される。これらが結果的に高い認識・判定能力に結びつく。

(2) 処理時間：前項と同じ理由で要求は人工の視覚にとって過大となりがちである。従って、基本能力として、スピードが早いことが要求されるが、(1)の認識・判定能力とのバランスの、問題ともなる。そこで前項と同じように、基本的に高い処理スピードが必要とされるが、処理内容・方法の工夫により処理スピードを高めることが可能であるような機能が要求される。

(3) 光学的条件の設定し易さ：認識のもととなる画像がうまく撮れることが全ての前提となるが、工場内の生産システムの場合、撮像のための最良の条件が得られないのが普通である。そこで視覚側が最良の条件でなくとも良いと言うことが望まれるが、限度がある。

そこで二つのことが考えられる。一つは現場の条件の変化に視覚システムがある程度、柔軟に追従してくれること。これにより条件設定の幅がかなり広がる。今一つは、逆に必要な条件を示してくれれば、光学的環境設備ができるという実務的な要求である。撮像のための光学的条件には様々な手法がある。照明方法、カメラ位置、レンズ等の条件があり、その組み合わせは膨大である。そのような多くの条件の中から可能性の高い条件を選び、最適なものを導き、しかも条件

の幅を設定してゆくことが求められる。そこで視覚システムには目的の生産システムに合わせて、実験や評価を行うためのツールとしての機能が具備されていることが求められる。

(4) 高信頼性：生産設備として使用されるためには十分な信頼性が求められる。工場の中では電源や環境条件の悪いことも多い。従って悪条件にも耐えられることが要求され、しかもメンテナンス性の良さも欠かせない。

(5) 適応性と柔軟性：同一の工場内でも視覚の要求される分野は幅広い。その各々の業務毎に異った視覚システムを使用するのではシステム開発も、メンテナンスも大変なことになる。なるべく少ない機種種の視覚システムで同一開発方法で工場全体に使えることが望ましい。そこで視覚システムはなるべく多目的に使える能力を持っていることが要求される。又、対象となる製品や部品の種類の増加や変更に対しても対応できることはいうまでもない。

(6) システム開発の容易性：視覚は正にコンピューターシステムである。ところが、生産部門や生産技術部門にコンピューターに熟達した技術者は大きく不足しているのが現実である。視覚を必要としている技術者が、不足しているコンピューター技術に熟達した別の技術者に頼らずにシステム開発ができ、かつ運用維持できることが理想である。コンピューターの内部のことは判らなくても視覚としての仕組みが理解できて自由に使いこなせることが望ましい。

(7) 将来の生産システム全体との統合性：FMS, FA, CIM等々、コンピューターが生産現場に革命的影響を与えるとして新しい言葉が余りにも沢山でてきている。現実にはもっと地道な手法がとられていると思われるが、視覚システムという最も新しい、しかもコンピューターを含む機械を導入する場合には、やはり、コンピューター機器が多用されるのであろう将来の生産システム全体との統合性を考え、それに対応できる機能を持っていることが望ましい。

### 3. オートビジョン

当システムは生産現場が使用できる視覚システムとしては世界中で最もレベルの高いシステムとの評価を受けている。そのまま工場現場で稼動することのできる信頼性をもった実行システムであり、その稼動以前には優れた視覚適応業務開発システムとして使える機能も備えている。

ハードウェア・ソフトウェア共にオートマティックス社が

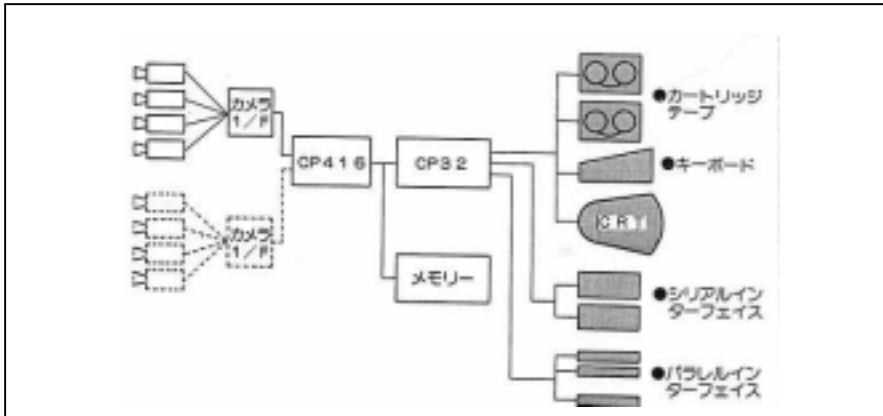


図2 オートビジョン のハードウェア構成

オリジナルに開発したものでその概要を示す。

### 3-1 ハードウェア構成

オートビジョン はビデオカメラの部分とコンピュータ一等一式を内蔵する本体で構成される。(図2 参照)

#### (i) 本体の仕様

- ・外形寸法 高さ：1,540mm, 幅：760mm, 奥行：360mm
- ・重量： 150kg
- ・電源：100V 4A 50/60Hz
- ・環境条件 周囲温度：10 ~ 40 , 湿度：0 ~ 90%  
(結露なきこと)

#### (ii) システム構成

- ・カメラ 最大 8 台迄, 固体撮像素子カメラ又は標準ビジョン・カメラ
- ・ビデオ・プロセッサ  
CP416 画像処理用高速プロセッサ
- ・CPU  
CP32 M-68000 を採用した独自設計のワンボード・コンピュータ
- ・メモリー  
ROM16K Byte, RAM256K Byte
- ・カートリッジ・テープ  
3Mタイプ(DC100) カートリッジ・テープ・ユニット 2 台
- ・コントロール・パネル  
CRT 生画像, デジタル画像, 文字情報を表示  
カメラ NO 切換スイッチなど
- ・シリアル・インターフェイス  
RS232 用ポート 2 個
- ・パラレル・インターフェイス  
オプトアイソレータ /O ライン 標準 16 本
- ・筐体及び電源

筐体は NEMA12 の規格にもとづく悪環境に強い構造電源にはノイズ・フィルタ付

### 3-2 ハードウェアの特長

(i) 固体撮像素子カメラの採用・標準として固体撮像素子カメラを採用しているため, 認識や検査の精度を高めるのに必要な歪の少ない画像が撮れ, 軽量, 耐振動性を必要とする工場現場の設置条件

に合わせやすい。又, 必要に応じて, カメラ台数を増すことが可能で一つの認識で複数カメラを使用することや, 複数の異ったアプリケーションを一つのシステムで処理することも可能となる。

(ii) 高速性, 画像処理部分にビットスライス的手法を採用した高速の専用プロセッサと最近の 16/32 ビットのマイクロ・プロセッサ M-68000 を採用した CPU の二つの CPU を使用し, 分散処理を行うことで更に高速の処理を可能としている。

(iii) 信頼性・工場内の悪い環境条件の中でも十分な信頼性をもって稼働できるよう設計されており, CPU ボードなどの中枢部分は塵埃などを含む外気と遮断されている。又, 信頼性を高めると同時に不具合の発見と不具合部分の指摘のための診断ソフトウェア, ダイアグノスティックも充実しており, 更に修理し易い構造になっている。生産システムの一貫として稼働させることが可能なハードウェアとして設計されている。

(vi) 他システムとの接続性 シリアル・インターフェイスが標準で 2 ポート用意されている。一つはロボット・コントローラなどとの接続を目的とする。他の一つは全体の生産システムをコントロールするコンピュータなどとの接続を目的としている。オートビジョン はこのようにコンピュータ・コントロールの生産システムの一貫として機能することを最初から目ざして設計されている。

### 3-3 ソフトウェアの構成と特長

RAIL は AImon と AIKernel で構成されるオペレーティング・システムのもとで動作し, オートビジョン の全ての機能はこの RAIL によって制御できるように設計されている。

RAIL はパターン認識向のインタープリタ言語で, 視覚システムとして必要な機能である画像処理用の命令をもち, 特徴抽出のための関数が組み込み関数化されており, 処理形態の制御にはソフトウェア・スイッチが用意されている。

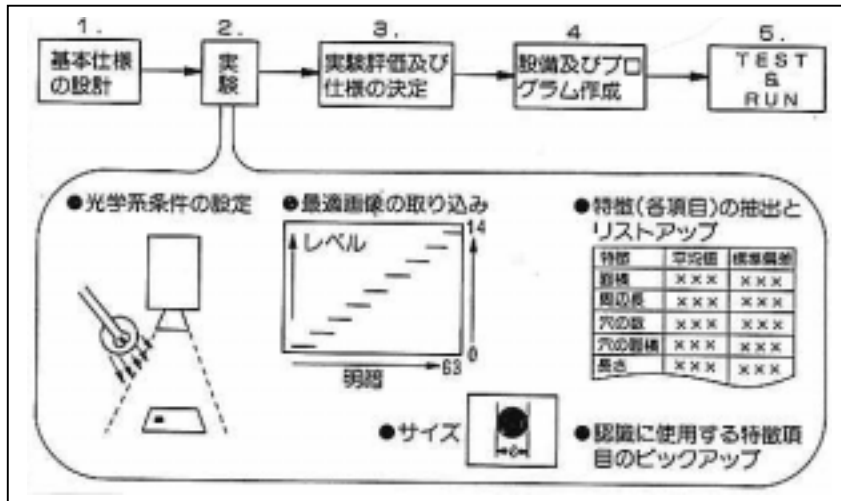


図3 オートビジョン の使用までの手順

プログラム作成や修正のための EDITER やシングルステップでも実行可能な DEBUG 機能, ファイル機能, RS232 シリアル・インターフェイスによる通信機能等を備えている。

従って, オートビジョン を利用する人は RAIL 言語を理解することによって, 又, ソフトウェアとしては RAIL 言語だけを使ってシステム開発ができる。RAIL は視覚という特定の目的に向けて作られた専用高級言語と言える。

RAIL 言語自体は近頃, 最もポピュラーになっている高級言語パスカルによって開発されている。RAIL 自体の開発に RAIL が使用されることもある。これは極力, 開発効率の高い言語を使い, スピーディに開発し, メンテナンス効率も高めている。しかし, 視覚という処理スピードの限界に挑戦するこのシステムでは特に処理スピードが要請される部分も多い。その場合は, まず RAIL で開発し, 機能することを確認し, パスカル・レベルでスピードを上げるよう記述し直す。パスカルレベルより早くする場合には同様に, 機能確認し, アセンブラーに落す。更にマイクロ・コーディング・レベルまで使用し, 処理スピードを上げている。アセンブラー以下は全コーディング中の 5% 以下とのことである。

#### 4. オートビジョン の利用手順

生産システムの一貫として視覚を利用する際には, その対象業務が目視検査の自動化でもロボットの目としても, その詳細内容は企業機密とされることが殆んどである。そこで望まれることは, 採用される視覚システムの機能, 能力, 取り扱い方法について企業内で完全に理解し, 自由に使いこなせることが要求される。

オートビジョン の場合には, 導入時に 2~3 日間で RAIL

言語の講習を含め, ほぼ理解し, 自由に取り扱うことが可能となる。

対象業務に対するアプリケーション・プログラム開発もユーザーが開発でき, 従って, 当然のことになるが, 対象業務の内容, 品種の変化についてもユーザー内部で追加・変更が可能である。極めて当り前のことであるが重要であり, 忘れてはならないことである。

導入に際しては, 同一工場内, 又は社内でも多数の視覚が使える可能性があると思われる場合には, そのような可能性を確認し, 視覚の有

効利用をはかるためにも, オートビジョン を一台開発システムとして, 使用し, そこで開発されたソフトウェアや光学的装置をそのまま現場にもって行くやり方が良いと言われる。

ユーザー・サイドでのアプリケーション開発の一般的な手順を示す。この手順は一般的な開発手順と特に変わったところはないが, 人工視覚を使用する上で実験という過程が重要なポイントとなっている。

##### 4-1 基本仕様の設定

まず, 目的を明確にすることから始まる。対象物件が何か? その種類は? そして何を判定/識別するのかそして, 判定後にどんなメカニズムにどんな動作をさせるのか? 等々, 対象物, 認識処理内容及び認識後の処置内容等を明確にする。

この時に同時に明確にしておきたいことは対象物が置かれている状態とカメラや照明機具を設置する条件又は制約についてである。

既存の設備に視覚を付加する場合は制約条件も大きいし, 新規の設備でも色々条件があるので, これらの条件をまず明確にしておく必要がある。

##### 4-2 実験

視覚システムの利用に十分慣れていない企業は少なく, 殆んど企業では新しい経験となり, テレビカメラで白と黒の像を撮ることが如何にむずかしいものか発見することになる。又, 実験の経験を積むとほぼ考えた通りに明瞭な像が一回で撮れ, 最初の頃の苦労が不思議に思えることもある。

(i) 光学系条件の設定: オートビジョン においても最終的な処置は白又は黒の二値化画像が使われる。白又は黒の画像から形状を判断することと人間が通常行っている色と濃淡を十二分に駆使している判断とは根本的に大きな差があることは想像することができると思う。

明瞭な二値化画像が撮れなければその後のコンピュータ処理がいかに優れていても, それは効果を発揮しないのは

当然のこと。従って、この光学的条件の設定がまず認識できるか否かの第一関門となる。

光学系の条件の要件は a) 照明方法, b) ワークとカメラの距離, c) レンズ系の選択があり, 更に d) ワークの位置, 移動スピードがある。

a) 照明の方法の中には光源自体の選択があり, 通常白熱球を使う場合から, レーザー光を使う場合, ストロボ光を使う場合と様々な光源が考えられる。又, 光の方向性についても, 拡散光, 平行光の選択がある。光源とワークとカメラの相対位置にも関係する透過光を受けるか, 反射光を受けるか, ハーフミラーを使用した落射方式を使うかなどなどの方法があり・実験し・調べた上で選択することになる。

b) ワークとカメラの距離及び位置についても, 検討と実験が必要となる。

c) レンズ系の選択の中にはフィルター, レンズ種類, 絞り, 焦点深度など撮映技術と同様の技術と実験が必要となる。ピント合わせ一つとっても, 全ての場合でピントが完全に合っていることが良いことでもなく, 場合によってはピントを甘くした方が良い場合もある。

d) ワークの位置, 移動スピードも重要なファクターで画面上にワーク形状が正しく入るか, 画面上でのサイズは適切かなどの検討項があり, 移動スピードが早い場合にはストロボ光が必要となるし, ある程度のスピードならば光学系の条件の選択でカバーできる場合もある。

以上のように光学系の条件を設定し, 実験を行う訳であるが, 実験に当っては, オートビジョンでは便利になっている。画像を実験者が見る所は CRT 上となるがその CRT 上にはビデオカメラで撮った生画像そのもの, 16 レベルの濃淡を持ったデジタル画像, そして二値化した画像の三種類を切り換えスイッチで見ることが出来, 即座に判断, 評価できる。又, 濃淡レベル及び二値化すべきレベル即ちスレッシュولد・レベルもソフト

ウェア上のスイッチ切り換えで変えることが可能なため, 条件を変化させ CRT 上に映った画面で評価を進めることができる。

(ii) 最適画像の取り込み: 光学的条件が設定され, 明瞭な二値化画像が撮れると, その時に使われたスレッシュولد・レベルと共に, 実験レベルとは変わる工場設置現場での光量その他の条件の変化に合うように濃淡レベル設定を行う。又, ワークの実寸と画面上の大きさとの対応をとるなどの処理も行う。

(iii) 特徴: (各項目) の抽出とリストアップ画像を処理

し認識する訳であるが, その認識に際して使用する特徴自体が有効なものか評価する必要がある。特徴項目の中にはある場合には無意味なこともある。例えば, 判別すべき全てのワークに穴が一つずつある場合には穴の数は特徴としては無意味となる。逆に全く同じような形状をしていて, 同じサイズの穴が二つあり, 穴の位置が少し異なる場合で, 他の特徴項目を比べても差異が殆んど出ないと仮定すると, 穴の位置関係を比べるという新たな評価基準を作ってやる必要も発生する。従って, 認識がうまく行くか, 評価し更にうまく認識させるための工夫を行うために各項目をリストアップし, 使用するべき特徴項目を調べ, 必要ならば追加すべき認識方法を作り出すこと迄が実験の中で行われる。

#### 4-3 実験評価及び仕様の決定

実験により得られた光学系の条件, 最適画像の取り込み方法, そして, 使用する特徴項目及び追加すべき認識方法, 即ちロジックを整理し, 仕様を決定する。これで生産システムの中で機能と仕様が決まり, 視覚に付帯する設備や機械 - これは一般的に言えば視覚を付ける本体ということになる - の設計・成作に入れることになる。

#### 4-4 設備及びプログラム作成

仕様に基づき設備が作られ, プログラムが RAIL 言語で作られることになる。オートビジョンの場合にはこのプログラミングに必要な期間と工数は極めて小さく, システム開発のネックとなるようなことはない。

#### 4-5 TEST&RUN

設備・ハードウェアの設置が済むと, テストとなるが, 視覚の部分に関しては, 実験室と設置された現場では光の条件が多少異なる点に留意が必要である。又, 日中と朝夕など一日の間でも光の状況は変化するし, 季節でも変化する。このような条件の変化に対応すべき, 濃淡レベル・スレッシュولد・レベルもオートビジョンでは簡単に対応できるようになっているために, 実験室との相違にもすぐに対応できるのが通常である。

### 5. RAIL 言語及びオートビジョンの機能概要



図4 処理の基本図

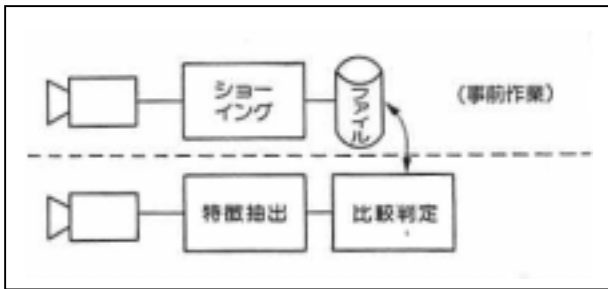


図5 ショーイングを使う形状認識

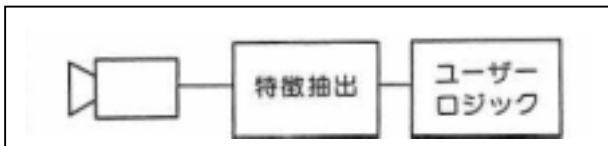


図6 ユーザーロジックによる形状認識

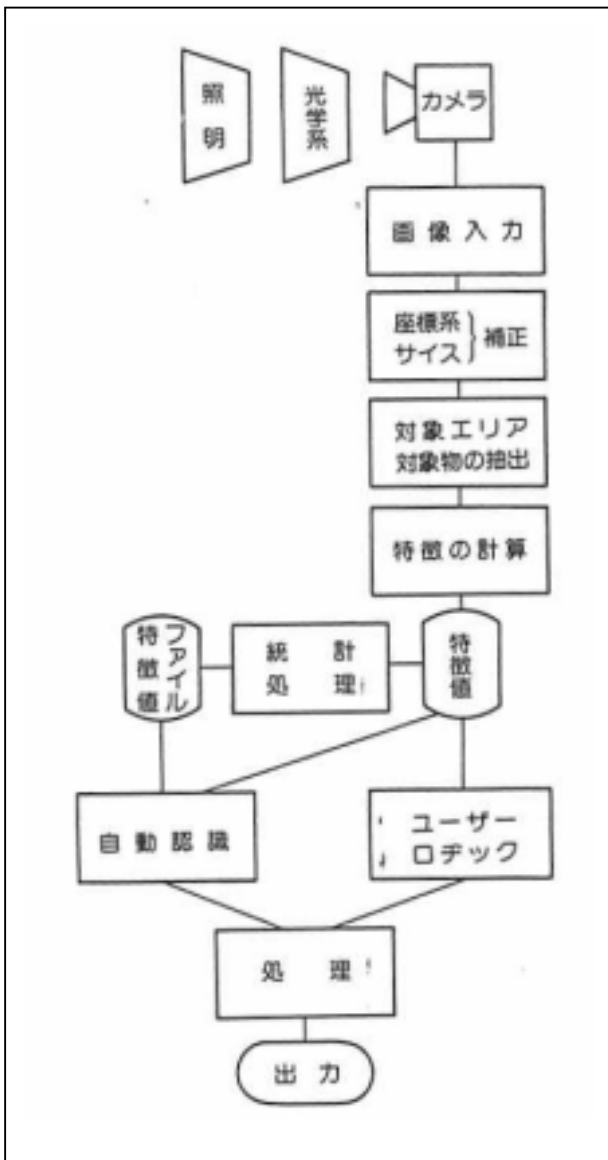


図7 RAILの機能

RAIL 言語で取り扱う処理の内容と方法をシステムの機能に合わせて紹介してゆく。

RAIL で取り扱う処理は図 4 に示すように形状認識の部分と前後の処理の部分がある。前処理としては、コンベアが動いているという信号を受けており、ある信号がオンになってから 0.5 秒後に画像を入力等の処理があり後処理としては、検査した部品数に 1 を加え合計を出せるようにし、ロボット・コントローラへ保持すべきポイントの座標、Y 座標及び向きを送るなどの処理がある。

前後の処理は通常よく見られる一般的な処理で RAIL 言語ではパスカル言語とほぼ同様の機能が用意されており、更に記述し易くなっている。

RAIL 言語が他の言語と異なる、特色のある部分は形状認識の処理にある。この部分について紹介してゆく。

形状認識の基本的な方法には三つの方法がある。

(i) ショーイングを使う形状認識：これは認識すべき形状をまず先に何回かカメラで撮し、その特徴を抽出し、面積、幅などの各項目毎の数値をその形状の名前と共に教えておく。これをショーイングと言い、判定すべき全ての種類について事前に行う。

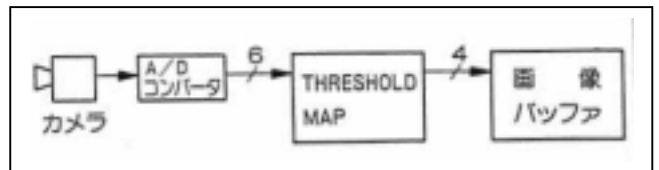


図8 画像の取り込み

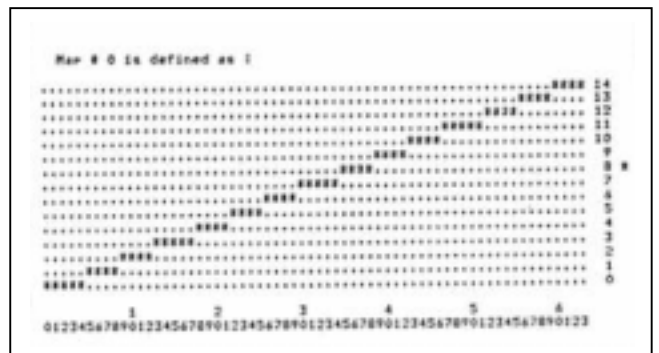


図9 スレッシュホルドマップ例 その1

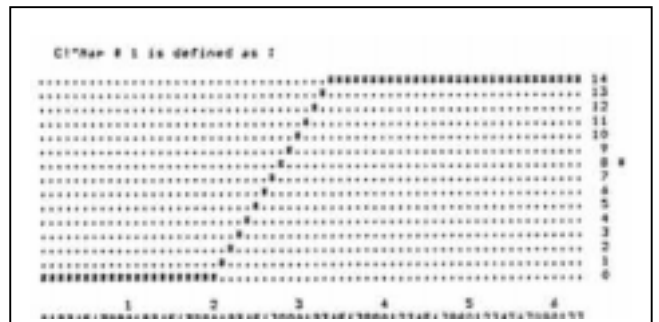


図10 スレッシュホルドマップ例 その2

形状判定する時には抽出した各項目の特徴の値を事前にショーイングで覚えた形の数値と差をとり、その差が最も小さいものの形状の名前と比較判定する。

この認識方法はニアレスト・ナイポアと呼ばれ、RAIL 言語では自動的に判定できるようになっているため、RAIL 言語を説明する上では自動認識と呼ぶ。

(ii) ユーザー・ロチックによる形状認識これはショーイングを使わずに抽出された特徴値を使って、物の名前を比較判定していく方法である。例えば面積が 100 以上、以下と分け 100 以下で、周辺長が 50 以上、以下というように特定の形状に絞り込んでゆく方法があり、これはデイジション・ツリー法と言われる。その他にもユーザー独自の工夫をこらしたロチックを考え、認識させることができる。

これはユーザーがロチックに従ってプログラムすることになる。

(iii) ショーイングとユーザー・ロチック併用 ショーイングの簡便さとユーザー・ロチックの自由度の高さ、確実性の双方の良さを取り入れた方法が実際上は多く使用される。

以上の三つの方式があることを理解していただいた上で、RAIL の特色のある機能を図 7 の RAIL の機能図に沿って紹介する。

### 5 - 1 画像入力

オートビジョン ではカメラからのアナログビデオ信号を A/D コンバータを使用して 6 ビット (64 階調) のデジタル信号化し、特徴抽出の対象となる 4 ビット (15 階調) の画像データを作り記憶する。

この 6 ビットから 4 ビットの変換に際してはスレッシュولد・マップと呼ぶ変換式に従って行われる。

二値化は後述のパラメーターの中にスレッシュولد・レベルを指定するものがあり、この 15 階調を使って行う。

このスレッシュولد・マップとパラメータにより、濃淡のレベルをユーザーが自由に駆使できる。又、マップは 4 つ持つことができ、プログラムで切り換えが可能であると同時にプログラムでマップの内容も操作することができる。

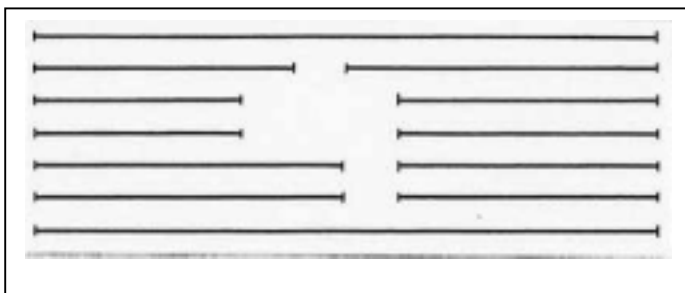


図 11 ランレングス法による対象の抽出

実験室と据え付けた現場の光の条件の差異も通常このマップを補正することで吸収される。更に一日の中での光量の変化、季節による変化も吸収可能となる。

しかし、この変化を吸収するためには、その変化を認識できる機能が要求される。そのために光量・輝度を評価する機能がある。

輝度評価の機能としては、全画面又は指定した部分 (ウィンドウ) 内で得られる。

- (a) 輝度の平均値
- (b) 輝度のヒストグラム
- (c) 軸方向の輝度変化のヒストグラム
- (d) Y " "

を関数として、プログラム上で取り扱える。

この関数は評価用としてでなく、認識に使用する特徴項目としても取り扱える。

### 5 - 2 座標系・サイズの補正

画面上での対象物の位置と大きさは、対象物とカメラの距離やレンズの種類によっても当然異なってくる。

しかし、ショーイングで覚えさせた数値やプログラム上で取り扱う数値が、その時々で変わってしまったのでは処置の仕様がなくなる。

そこで、RAIL では対象物の実寸と画像の対応をとるために一つの画素が実寸上、いくつに対応するか、パラメーターとして記憶させ、補正することができるようにしている。

又、座標系、原点も同様にパラメーターで指示できるようにしてある。

### 5 - 3 対象エリアの設定と対象物の抽出

二値化された画像だけではまだコンピューターにとっては単に白又は黒の点があるにしかすぎない。白が継ながっているかたまりがある物体を示すということが判って初めて、こ

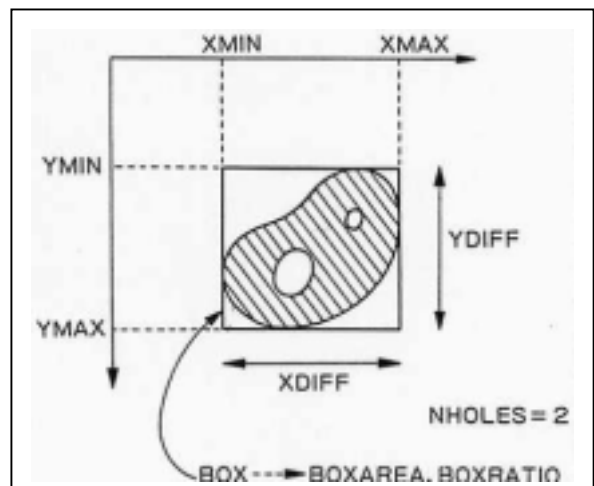


図 12 特徴の例



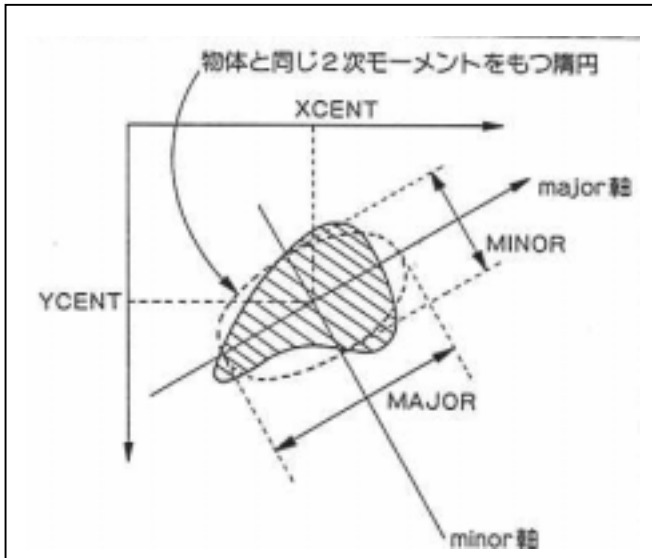


図 13 特徴の例

の部分の面積を求めたり、その他の特徴値を抽出できる。  
 このかたまりが物体であると判別するのにラン・レングス法と呼ばれる手法が使われる。

この方法は一方向で白と黒の変化を調べ、変化部分を記憶し、変化部分が次の行で繋がっているか調べることにより、外形を探し出す手法。

RAIL ではこの方法を使用しているが、命令の一つの部分として組み込まれているため特に、ユーザーが考える必要はない。但し、ゴミやノイズによって、白の中に黒い点(画素)が一つ、二つと混った場合を排除するために、物体として、認識する最小の画素数をパラメーターとして指示できるようになっている。

このラン・レングス法による物体の抽出により、一画面中に物体がいくつ含まれるか、又、穴の個数も判定することができる。

そして、その各々の物体や穴について、その後、特徴値を抽出することになる。

この物体の認識と特徴値の抽出を行うに際しては画面全体についても行うことも勿論可能であるが、任意指定の部分(ウィンドウ)内についても可能である。

このウィンドウの設定も 方向の開始/終了とY方向の開始/終了のパラメーターでセットすることができる。

従って、画面全体を使って形状認識した後に、その物体の位置や傾きなどから、更に詳細に調べるべきウィンドウの位置を指定するといったこともプログラム上可能となる。

#### 5 - 4 特徴値の計算

特徴としては図 12。図 13 に示されるような項目が全部で 45 項目あり、計算し、抽出できる。又、一つの物体を認識、

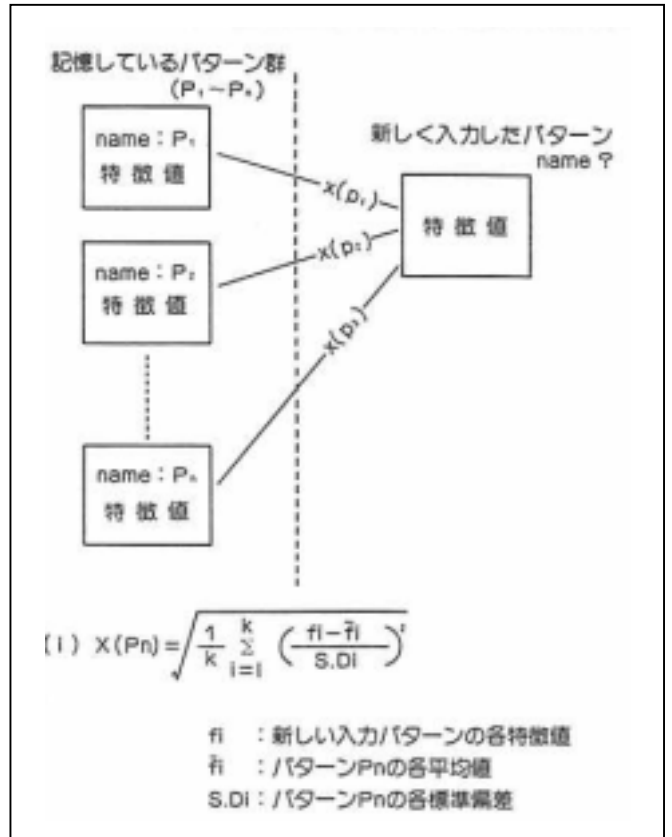


図 14 自動認識の手法

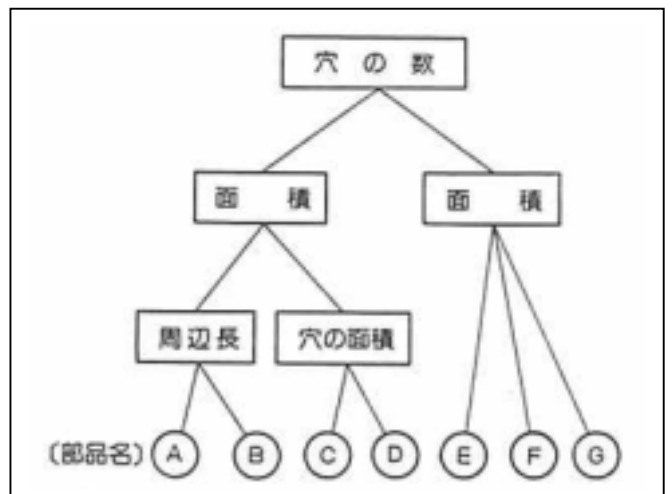


図 15 ディジジョンツリー法

判定するに際し、全体の特徴と複数の部分・ウィンドウについて、特徴抽出することも可能である。

そこで、実際の利用例では、全部の項目を使用せずにケース・パイ・ケースで選択して使用することが多い。

従って、無駄な計算をして、スピードを損ねないように、計算すべき項目を指定することが可能となっている。これは、ソフトウェア上のスイッチ切り換えによって可能としている。

ここで計算・抽出された各項目の値は OBJ - MIN, OBJ - MAX, -CENT, Y - CENT などの名称の関数としてプログラム上取り扱いが可能となる。

又、これらをリストアップする機能もあり実験段階ではよく利用される。

### 5-5 ショーイング

ショーイングと呼ばれる学習機能はオペレーターとの会話形式で実行される。

実行に当っては、ショーイングを行うための、やはりソフトウェアのスイッチをオンとし、これまでに記述してきた、スイッチとパラメーターをセットして、一つの命令を入れその形状の名前を共に各項目毎に平均値と標準偏差を記憶する。この操作をワークの位置を変えながら、複数回、実行し、確実度の高いデータの蓄積を行う。

### 5-6 自動認識

ショーイングを使う形状認識では、新たに画像入力（特徴抽出）した各項目と上記の方法で記憶した各項目とを自動的に対応づけ、その新たなものの名前を導き出す。

ショーイング時に記憶された標準偏差は、この対応づけの中で、各項目のウェイト付けに大きな意味をなしている。

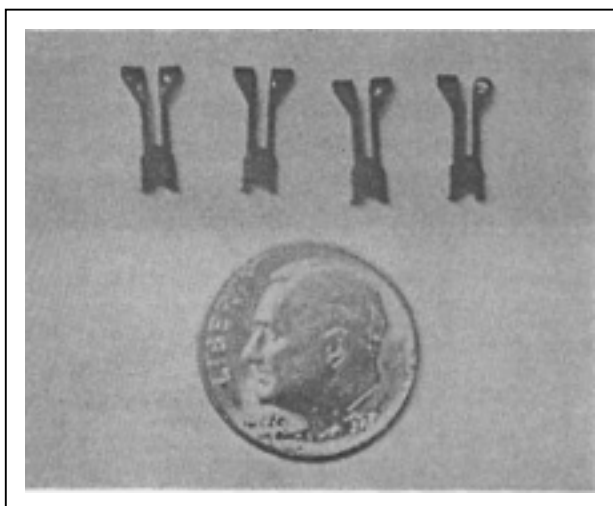


写真2 プラスチック部品の写真

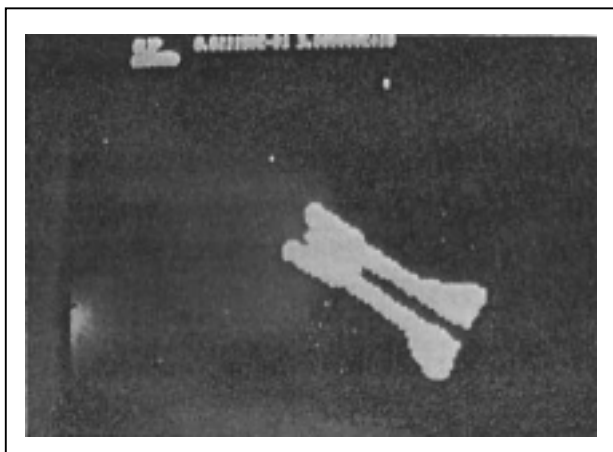


写真3 プラスチック部品の画像

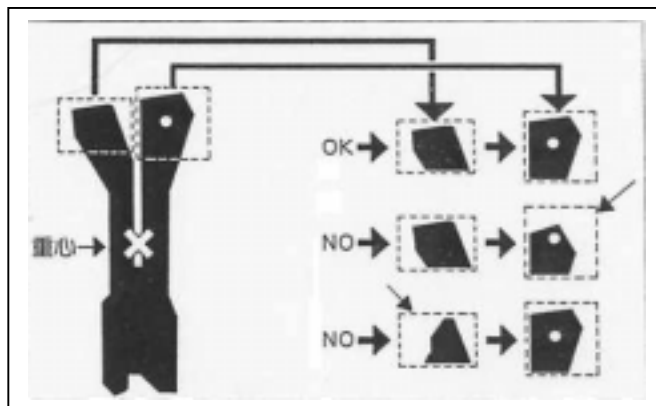


図16 プラスチック部品のチェックポイント

又、項目自体の選択を指定することもソフトウェア・スイッチにより可能となっている。

### 5-7 ユーザー・ロジックによる認識

自動認識とは別に、各特徴項目を使用してユーザーが独自のロジックにより認識を行うことが可能である。

図15のようなディジション・ツリーによる方法も一般的によく使われ、有効な方法である。

### 5-8 処理方法の組み合わせ

画像入力から認識に至るまでの処理方法について、一つの流れとして説明して来たが、RAIL プログラム作成上は、自由に前後に戻れるため、ある方法で認識しよう

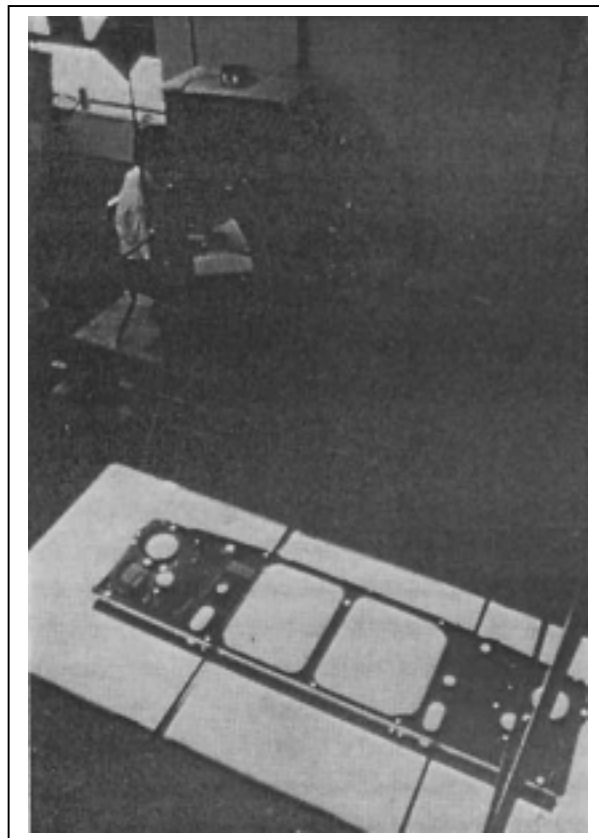


写真4 プレス具品の写真

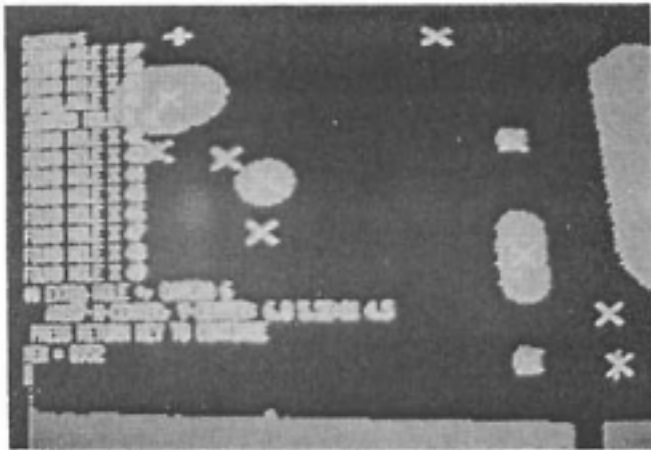


写真5 プレス部品の画像

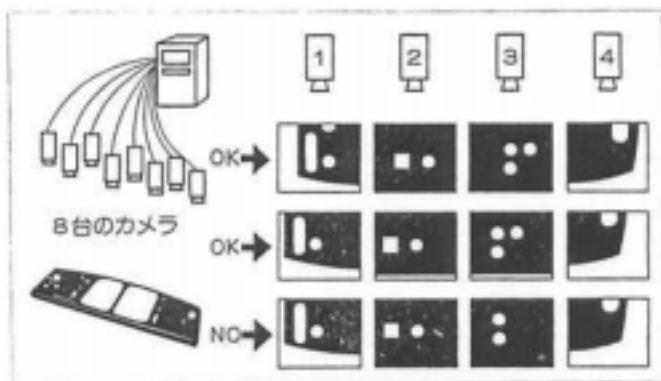


図17 プレス部品のチェックポイント

としたが不十分なため、二値化レベルを変更して、特徴抽出を直し、認識し直す又は必要な情報を取り出すなどの処理方法の組み合わせが可能でユーザー・サイドの自由度が更に大きくなる。

又、視覚システムの外部からの入力情報によって、処理内容を変えられるため、ロボットとの協調作業もやり易くなっている。

## 5. アプリケーション実例 とサンプル・プログラム

RAIL 言語の機能を理解してもらうために三つの事例を紹介する。

### 6-1 プラスチック部品の検査

米国のカメラ・メーカーの事例で、写真2,3に示される長さ7~8mmの小さな部品は射出成形されたクリップである。この部品は自動組立機により、挿入組立される。もし、部品が不良であった場合、組み上げられた本体全体が廃棄処分となるため、全品検査が要求される。

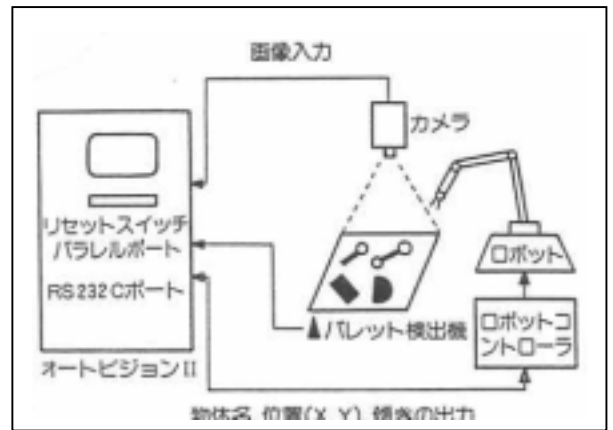


図18 プログラム例題

検査内容は外観全体と共に、特に注意が必要な部分(図16を参照)につきウィンドウを設定し、より詳細なチェックを行っている。

このウィンドウは画面上の決まった位置ではなく、形状全体の重心と傾きなどから計算で位置が求められる。

このような手法を採用することにより、きめ細かいチェックが可能となるとともに、種類の異なる部品に対しても、治具に負担をかけず、RAILで記述されたソフトウェアを用意するだけで対処可能となっている。

```

INPUT PORT RESET 0 ..... リセットスイッチをパラレルポートの0番に接続
INPUT PORT PALETTE 1 ..... カメラの下にパレットがきたかを知るためのセンサを1番に接続
FUNCTION SELECT 1 ..... プログラム名
BEGIN
  SELECT SWITCH ..... 学習のときに使用した各属性のスイッチをONしておく
  WHILE RESET= =OFF DO ..... リセットスイッチがOFFになっている間BEGINからENDで囲まれた内容を繰り返し実行
BEGIN
  WAIT UNTIL PALETTE= =ON ..... パレットがカメラの下にくるまで実行を待つ
  PICTURE ..... 画像をとる
  FIRSTPART ..... 最初の物体を見る
  SELECT-SUB ..... 所定および出力のためのサブルーチン
  FOR I=1 TO VIS-NPARTS-1 DO ..... 置かれている物体の数のマイナス1個だけ実行
  BEGIN
    NEXTPART ..... つぎの物体を見る
  SELECT-SUB
  END
END
END
FUNCTION SELECT-SUB ..... サブルーチン名
BEGIN
  IF OBJ-NAME = 'UNKNOWN' ..... 学習した物体かどうかの判定
  WRITE (OBJ-NAME, OBJ-XCENT, OBJ-YCENT, OBJ-ANGLE) ..... 学習した物体の名前、重心(X, Y)、傾きの出力
ELSE
  WRITE ('BAD PART') ..... 学習した物体以外の場合の出力
END

```

図18 プログラム例と説明

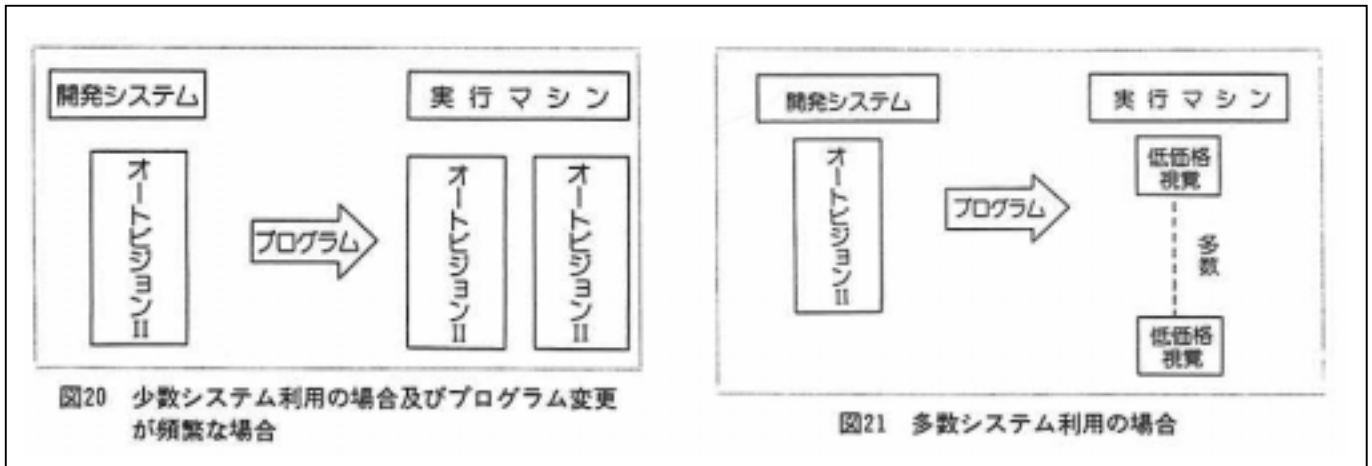


図20 少数システム利用の場合及びプログラム変更が頻繁な場合

図21 多数システム利用の場合

組み立て自動化の場合にはこのような視覚の利用法が求められることが多い。

**6-2 プレス部品の検査**

同じく米国の自動車メーカーの事例で、対象部品はトランスファー・プレスで加工されるもので、長さは1.5m以上もある。(写真4, 5を参照)

プレス工程が全自動化されると、従来はプレス工が発見していたトラブルが問題となってくる。特に、ピアスと呼ばれる穴あけ工程では金型に組み付けられポンチが稼動中に欠損あるいは脱落のトラブルが発生することがあり、穴が完全に開かなかったり、不具合が起こる。このトラブルは大量の不良品を生み、大量の手直し、あげくはライン・ストップの原因ともなる。

従って、この事例では、一回の不良発生を発見した場合にはブザーで警告し、人間が手直しと不良原因を調べる。3回以上連続して発見した場合には、即座場トランスフ了・プレス・ラインを停止させるようになっている。

この検査にあたっては、検査精度に比べ対象物が大きいため、一つの画像では不十分であり、8台のカメラを使用している。8台のカメラで8つの画像をとり、合計78個の穴の位置と面積などを調べており、所要時間は2.3秒とのことである。

このように複数のカメラを使用する場合は実は新しい問題を生む。それは複数画像の相互関係の問題である。

この事例では、検査部品の置かれた位置のずれを一つの画像から判定し、その量を計算して、他の画像に与えるずれを補正している。

一般にプレス加工の場合、毎日、同じ部品を加工しているわけではないので、全型を変える度に検査のソフトウェアの変更が必要となるが、この事例では RAIL プログラムの変更は行わず、ショーイングという学習機能をフルに活用して、

穴の位置と数と面積を教えることにより対応している。

**6-3 ハンドリング・ロボットへの接続プログラム**

ロボットの眼として使用する場合の簡単なサンプル・プログラムを示し、RAILの概要理解の一助としたい。

(図18, 19参照)

**7. 将来の展望**

機能的には、精度の向上即ち画素数の拡大や、現在処理できる白黒の二値化レベルと限定されたグレイレベルから、更に本格的なグレイレベル認識へ、そして認識スピードのアップなどが将来望まれるものといえる。

これらの機能的な向上の外に望まれる最も大きなものは価格ダウンと言える。

オートビジョンに対する日本のユーザーの奇望を集めると次のような実現方法が期待されている。

現在のオートビジョンは二つの側面を持っている。その一つは実験やプログラムの作成という開発システムとしての側面であり、もう一つは現場で実際にそのまま使用されるという実行マシンとしての側面である。この二つの面を切り離すことにより、多数使用される実行マシンを簡略化し、低価格化することが可能と考えられる。

実行マシンの機能についてはレベルダウンは考えられない。

**8. おわりに**

ロボット言語 RAIL のもつ有効性を、視覚に対する要求から紹介して来たが、視覚システムの実際の利用と活用の際して、キポイントとなる光学系の問題超について最後に触れたい。

将来、視覚システムが多数使用されるであることは間違いないと言う人が多いが、現実に視覚システムを使い込むための技術的な準備をしている企業は多くない。どんな視覚システムを使用するにしても良い画像が撮れることが前提であることに間違いがない。良い画像を撮るためには光学系の技術

とノウハウが欠かせない。この技術とノウハウは一朝一夕には修習できない。それは十分な経験が必要である。そこで、イザ、視覚システムを使用する段になって、困らないように企業内に光学系の技術の蓄積をしておくことが望まれる。

パターン認識の技術が実用から遠かった時には、まだ、光学系技術の準備は早かったかも知れないが、実用化された今日は、もうスタートしなければいけない時期と言える。

(東京エレクトロン(株)特機部)

#### 20年後の筆者コメント：

この記事は、1980年当時、最も優れた「目を持つロボット」を開発したNBC(米国基準局)のゴードンバンダーバーグ博士、ロボット開発史上で著名なMITアームとスタンフォード・アームの両方を開発したビクター・シャインマン氏など、米国のロボット技術の粋を集め開発した、ビジョン付きロボット・コントローラの一部を紹介したものです。日本では、コントローラの部分は紹介せず、画像処理部分のみをPRしていました。

このビジョン・システムと、安川電機殿が取り扱ったマシン・インテリジェンス社のビジョンが、世界的な画像処理ブームを引き起こし、日本メーカのビジョン付きロボットの開発・発売の引き金にもなりました。

実務的なロボット・ビジョンのアプリケーションと、現在でも多用されているプロブのベースのアルゴリズムが利用者向けに紹介されている画像処理の初期の資料としてみてください。

使っているCPUも、8MHzの時代から昨今の2.4GHz(2,400MHz)超の時代になり、300倍を優に超える処理能力の時代に移っていて、隔世の感があります。処理アルゴリズムでは、2値化の時代からグレー処理の時代に移り、格段の進歩いるように思いますが、この紹介文には、何処か、新しいものを感じませんか？

画像処理は、今も、新しい発見の連続です。まだまだ、「人の目」の総合能力の高さには追いつきません。その意味では、今も、20年前も、新しいことに挑戦していることになります。

改めて、「人の目」の能力のすごさを感じつつ、私達は、外観検査の自動化に取り組んでいます。

2003年9月

FAビジョン(株)丸地 三郎