

マシビジョンの基礎知識

第4回

画像処理の基礎ツール

FAビジョン(株)
丸地三郎

はじめに

撮像された画像を処理して、目的のものを見つけて出す、位置を調べる、巾長さを計測する、欠陥が無いか検査する。こういった処理の方法と基本的なツールについて紹介する。

パターン認識という言葉も同じような意味で使われる。目的とする形状(パターン)を画像の中から見つけ出し・認識することが、ポイントとなる。画像や形状を画面に表示・出力する処理は、十分進歩した技術で、CAD/CAMやグラフィックスで使われるコンピュータの得意技。しかし、人には不得手な技。ところが、人がいとも簡単に行っている形(パターン)の認識は、逆にコンピュータには不得手で、まだまだ難しいレベルにある。

高速に、連続して認識・計測・欠陥検査するシステムが実用化されているが、これらは、プログラミングという方法で、認識の仕方を個々に(教え)記述し、計測等の方法も詳細に(教え)記述して初めて処理ができていたもの。人の助けを借りないと、まだ認識できないのが現状の技術レベルといえる。

現状の画像処理では、認識のための基礎的な道具・ツールが用意されており、そのツールをどのように使用して、目的のものを見つけるか、計測するか、人が手助けして「教える」ことになる。その基礎ツールとその使い方のさわりを紹介する。

画像処理のステップ

今回の紹介では、対象となるアプリケーションは工業製品に関するものにする。自然界を観察することや農水産物には当てはまらない記述はご容赦いただきたい。また、ロボット・ハンドにカメラ搭載する例は別途、紹介することで今回は省略する。



第1図 画像処理の4ステップ

各ステップについて

画像の作成

「正しい画像が正しい結果を導く」未熟な画像処理技術を用いるため、せめて元の画像はできる限り正しい画像を作る：撮ることが基本である。判りきったことだが、決して忘れてはいけない最重要事項である。

対象物の検出

画像処理は目が見えない状態で、手探りで、ものを探すようなものである。人のようにひと目で何が何処にあるかを認識して、その細部を調べることができない。画像全体の中に探しているものがあるか。検査する場所：エリア(領域)は何処か？を調べる。これが最初に行うことである。

計測・検査・判別

対象物とその位置・サイズ傾きが判ると、さまざまに検査、計測ができる。

出力・記録

調べた結果、不具合が発生すればNG信号を出力し、位置補正の仕事では、XYの補正情報を出力する。画面上に表示、あるいは結果を数値データとして、画像データとして保存するなどが行われる。

本連載の第2回で紹介したドリル検査の事例でこのステップをたどると次のようになる。



第2図 処理のステップ・事例

焦点ぼけの無い画像が撮れた。
 刃先2つの中心とそこからの角度が測れた。概略の位置が判明。
 位置・角度を利用して、形状を判別し、直線・円弧で近似形状を出し、10数箇所の計測を行い、更に欠陥検出処理を行い、OK / NGの判定を実施。結果を表示、データを記録。

画像処理の基本ツール

このステップで判るように、まず対象形状を探し出すツールが必要となる。探索ツールと言われる代表的なツールには次のものがある。

- プロブ
- サーチ
- 回転サーチ

次に、判った位置を規準に詳細な形状検討や検査領域（エリア）決めが発生する。

相対座標系：画像（カメラ）の座標系に加え、何層もの座標系の積み重ねが要求される。

形状操作：2点から線分、中心と半径、3点から円・円弧、2点から矩形、などCADと同様に形状定義できるツールが多用される。

さらに計測関係のツールとしては次のものがある。

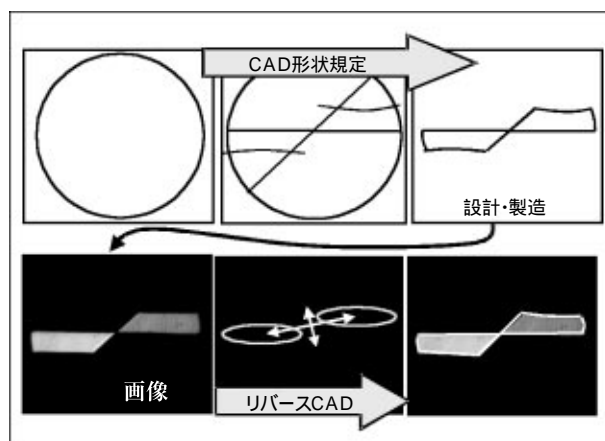
- プロップ：面積など他項目の形状データが計測される
- キャリパー：端点の位置、距離の計測に多用される。

画像処理のベースとしては前処理がある。フィルター・モフォロジーなど必ず出てきて、魔法のような素晴らしい結果を生むことがあるが、一般的な濃淡処理では計測等の精度が落ちるため、使用頻度が少なくなっている。キズ・異物などの外観検査では、検査対象部分に前処理を掛けることは有効である。かつて二値化処理しかできなかった時代には、前処理は必須のツールであった。

リバースCAD

ツールを紹介する前に、リバースCADの概念を紹介しておく。

ご存知のように、CADは形の無いところから点、線分、円、円弧などの形状要素を入力していき、製品の形状を作る。できあがった形状は技術計算、図面作成、NC加工、などに使われる。その結果「もの」が作られるのである。



第3図 リバースCADの概念

画像処理は、そうやって作られた「もの」の形状を認識し、その場所を知り、検査・計測するわけである。

重複するが、画像処理で最初に行う重要な仕事は、何も判らない手探りの状態から、目的の形状を見つけること。概略の形状と位置が判明したところで、「もの」の形状を調べ、点、線分、円・円弧などを再生し、ものの形状を知る。そこから検査計測が始まることになる。この「もの」の形状を知ることが、逆にたどってCADデータを作る意味でリバースCADと呼ばれる。

基本ツールの説明

まず探索ツールから紹介する。

- プロブ：（計測ツールとしても使われる）
- サーチ：正規化相関グレースーチ
- 回転サーチ

何があるか判らない画面の中から、目的物を探し、その位置や向きを検出するのが探索ツールである。サーチができて、初めてその外のツールを当てることができることになるので、これが基本中の基本になる。

第1表 検索ツールの種類と特長

	精度	ノイズ信頼性	形状の接触	形状の重なり	明度反転	サイズの変化	回転	処理時間
プロブ	OK	OK	×	×	×			
サーチ				OK	×	×	×	
回転サーチ								OK

1. プロブ

これは有効な方法で、CPUの処理能力が限られた時代には唯一の方法であった。二値化して「かたま



第4図 プロブ

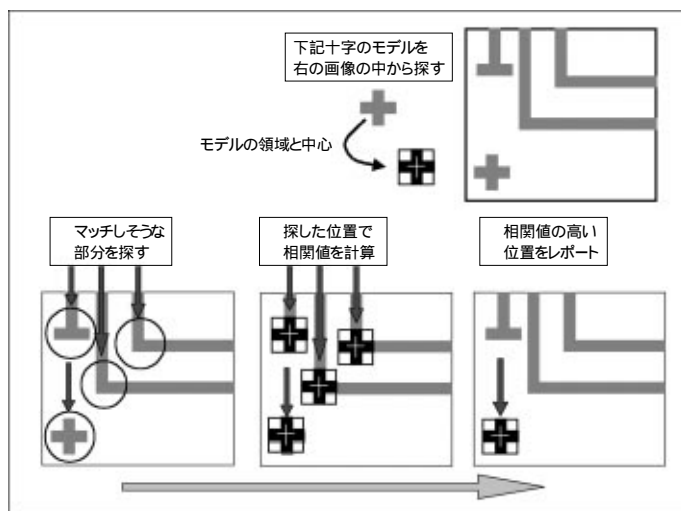
り」にすることができれば高速処理でき、有効な方法である。形状が重なったり、接触したりして、1つの「かたまり」(BLOB = プロブ)とならない時は大問題であった。

現在では二値化しない「濃淡プロブ」もある。

2. サーチ：正規化相関サーチ

対象の形状をモデルとして登録し、その形状と同一（似ている）ものを、サーチ領域の中から探す。似ているか（相関度）を評価する時に、モデルの中の濃淡・明暗を、正規化（バランスを取りなおして）比較・判定することにより、全体の明るさの変化に対応できる。これがプロブと大きく違った点である。パターン・マッチングとも言われる方法で、古くから理想の探索方法と言われたが、原理的には画像のすべての位置で類似度を算出し、比較することになるため、処理時間が無限大に長くかかった。

その時間を、短縮する方法（必要そうなところだけを選んで算出する方法）が編み出され、実用化された。その結果、プロブ・ツールの制約を乗り越えたアプリケーション展開が広がり、画像処理の実用



第5図 正規化相関サーチの手順 Cognex社の資料より

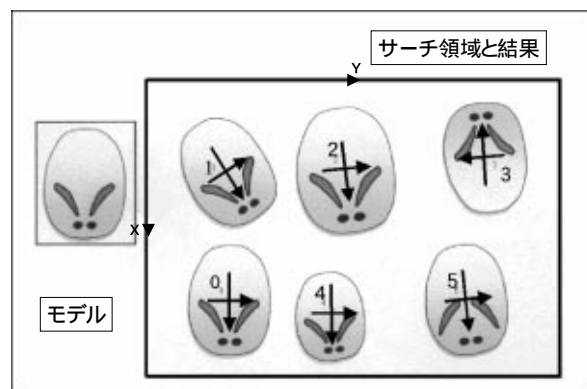
化レベルを大幅に広げた。サイズの変化や、回転（向きの変化）の少ない電子部品関連の位置決め・検査の機械に大量に使われることになった。

但し、このサーチに関しては、同じ原理を使用した各社のツールでも、性能に大きな差が生じている。理由は、時間を短縮するために処理を省いているが、その省略のやり方などでかなりの差がついている。特に半導体業界では、ウエーハが製造プロセスの進化に伴い、表面やボンディング・パッドが、当初の状態と違って見えるようになる。その変化を加味した改善の積み重ねにより、サーチできたりできなかったりする状況が発生している。

3. 回転サーチ

最初に実用化を発表したコグネックス社のツールはPatMaxと呼ばれ、サイズの変化や回転、濃淡の反転や変化に対応できるということで画期的であった。その後、日本のメーカーや米国のロボット・メーカーが相次いで実用化したものを発表しているが、特許があり、各社の方式は異なっている。

様々な条件で実利用の件数が増え、改善（ツールのチューニング）が進んで、初めて、安心して利用できるツールになる。半導体・電子向きか？ロボットの位置決め専用化？汎用性が高いか？この辺りの見極めが画像処理の難しいところである。

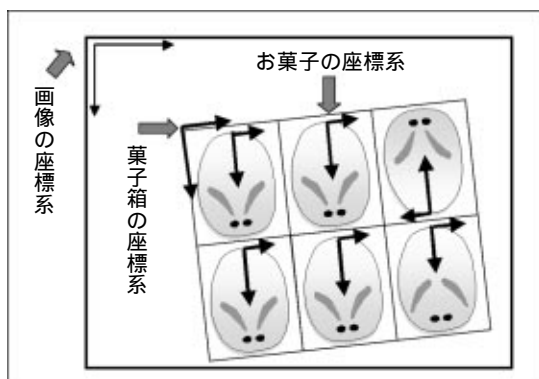


- 0：角度0° サイズ1倍
- 2：角度6.5° サイズ1.18倍
- 4：角度0.5° サイズ0.88倍
- 5：角度6.3° サイズ1.0倍 類似度50（大巾に悪い）

第6図 回転サーチ

4. 相対座標系

一般に画像処理では左上が原点で右にX、下方向にYが進む（機械系では左下が原点で、右にX、上方向にYが進むので注意が必要）。この絶対座標系



第7図 相対座標系

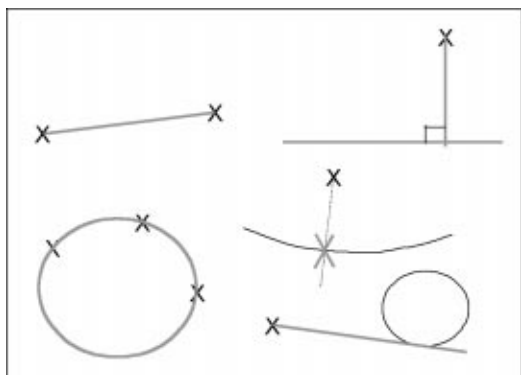
で対象物が見つかったとする。その対象物を詳細に計測していくためには、対象物の原点・傾きに従って、計測位置などを定め、端点の位置検出などの計測ツールをあてる。

ここで使われるのが、相対座標系である。菓子箱にお菓子が正しく入っているかを調べるアプリケーションでは、絶対座標系の中で菓子箱をサーチし、その“菓子箱”の相対座標系で、お菓子の位置が正しいか調べ、今度は“お菓子”の相対座標系で、お菓子の形状検査を行い、欠陥の有無を検出する。右側の2つは、向きの違いと形の違いの欠陥品となる。

5. 形状操作

2点から線分、中心と半径、3点から円・円弧、垂線、接線などCADと同様に形状定義できるツールが多用される。工業製品の場合、製品はCADで定義された形状・形状要素に従い製造される。従って、その組立や検査内容は、CADで規定される形状に基づいて決定される。

そこで工業製品向けの画像処理では、画像から形状を抽出し、その形状データを使用して、CADの規



第8図 形状操作ツール

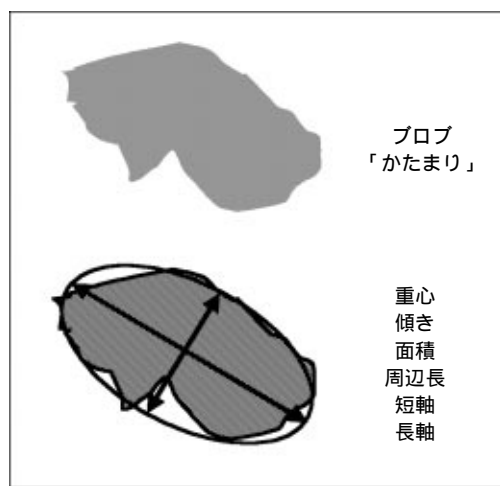
定と類似した形状を作る。このプロセスをリバースCADという。この形状データをもとに、詳細な検査・計測の位置・領域が決定される。

座標系と形状規定のツールが揃っているかが、画像処理ツールとしての使い易さ = 画像処理の性能と言えるほどの意味を持つ。

6. プロブ解析

1. のプロブと同じものを解析ツールとして再び紹介する。

プロブで検出することができるものは、面積・重心位置、・周辺長・短軸・長軸・傾きなど様々な形状に関わる数値を検出できる。周辺長/面積など、この数値と設定する測定用領域を様々にハンドリングすることで、形状を認識することができる。画像処理が始まった時期には、文字認識までプロブだけで行うことがあった。また、欠陥検査のアプリケーションでは、白いキズ、黒いキズの検出などの判定にもっぱら使われている。その場合、前述のように、画像の前処理：フィルター・モフォロジー処理が、異物、キズなどを浮き出させるために有効な方法である。



第9図 プロブ(検出・解析)

7. キャリパー

計測用ツールの1種で、上記のような外径・内径を測る。ノギスもキャリパーと訳されることがある。

キャリパーを使ってドリルの刃のエッジを抽出した例が第12図になる。注目して欲しい点は、

A: 端点近辺の画素(特に斜めになると、はっきりしていない・何処が端か?判断に苦しむ)

B: キャリパー・ツールの領域は、エッジラインに

直交して掛けている。(形状操作ツールで判明した位置傾きを利用して決めている)

キャリパー・ツールの仕組みは、この領域のX方向に画素の明度を個数分足し算し、平均の数値を作る。Y方向に並べ、その変化率を調べる。その変化率がどのように変化したかで(普通は最も変化率の高いところに)境界を検出する。

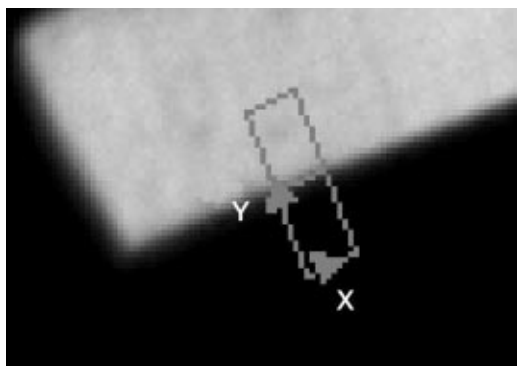
キャリパー・ツールは、極めて多用されるもので、様々な局面用に条件設定が用意されていることが多い。そこが各メーカの使い易さを競うところである。

AA : 変化率の最も高いところ

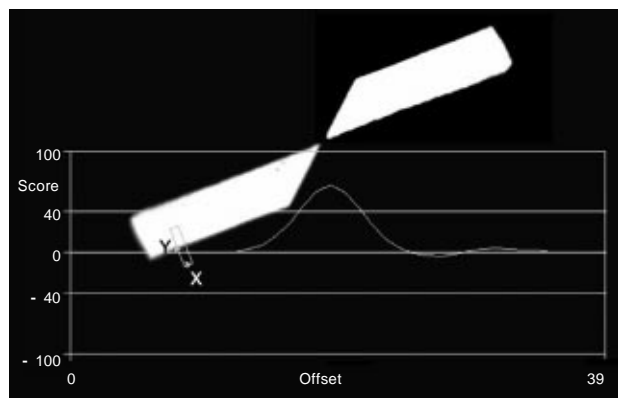
BB : 変化の始まる場所、最後の变化



第10図 キャリパー (caliper)



第11図 キャリパーの検出部分



第12図 キャリパーの画面

CC : 白から黒へ、黒から白へ

DD : エッジ・ペア (多数並ぶICのリードなどの検出に便利)

EE : ある想定した巾を持つエッジ・ペア、

FF : 感度を上げる・ノイズに強いなどの条件設定など多数

その他のツール

.....

各種カメラからの画像の取り込みや、ホスト(別のコンピュータシステムとの通信、画像や検出した線・点・ベクトルの表示などツールと呼ばれることもある。紹介したものの外に、よく聞くツールとしては、ヒストグラム、パターン比較ツール(ゴールデン・テンプレート、PatMax)、ソベル、ハフ変換、ガウシアン・サンプリング、画像変換、アフィン変換などなどがある。チャンスがあったら説明を聞いていただきたい。

その外に、実用的なツールとしては、キャリブレーション(ロボットの項で説明予定)、OCR(文字読取り)、OCV(文字照合)、バーコード読取り、2Dコード読取りなど多数ある。

一番基本となる画素ハンドリングのツールから、汎用アプリケーションと言えるものまでツールとよばれ、用意されていることがある。

なお、ツールの種類の数を競って、ツールの良し悪しのようにPRされることがあるが、これは意味が無いことである。あるライブラリーでは、1つのツールのパラメータとして内包していることが、別々のツールとして10に分かれている場合、1つの充実したツールの方が、よっぽど使い易いが、10倍の数のツールがあるとPRされる。実際に使っている方の意見を聞くことが肝要である。

なおサーチなどの図表では、コグネックス社の資料を参考に記載しております。

【筆者紹介】

丸地三郎

FAビジョン(株)

〒337-0043 埼玉県さいたま市見沼区中川68-1

TEL : 048-682-4192 FAX : 048-682-4191

E-mail : smaruchi@fa-vision.com

URL : http://www.fa-vision.com