

マシンビジョンの基礎知識

第7回

ロボット・ビジョンについて

FAビジョン(株)
丸地三郎

ロボットとビジョンは、昔から良いコンビネーションで、歩調を合わせて、開発されてきた。

優れた画像処理の研究を行ってきたカーネギーメロン大学や、MITのDraper Lab.スタンフォード大学のAI研究所でも、ビジョンはロボット研究の一部門として、ロボットと密接な関係を持ち研究・開発されてきた。

優れたロボット用ビジョンの開発者でもあるCognex社VP：John McGarry氏は、2002年の論文に「現在使われているマシン・ビジョンのベースとなっている理論発展は20年前に行われた」「A.RosenfieldとA.Kakの著作：デジタル・画像・処理 1982年発行を見れば、明らか。」と記している。

この著者の研究を含め、ロボット研究・開発の中で、画像処理の基本的な理論は築き上げられた。

1980年代には、日本でもロボットはビジョンと陸ましい関係を持ち、大量のビジョン付きロボットが採用された。

残念ながら、そのビジョン付きロボットは、使い物にならないとの厳しい評価を受け、捨て去られた。ブームも去り、今も否定的な余韻が濃く残っている。

ビジョンは、ロボットとは別の用途に活路を見つけ、エレクトロニクス関連、特に半導体製造装置、PCBの実装機器の需要を開拓し、そこに集中し、進化・発展を遂げ、市場を拡大した。

今回は、ビジョン発展の原点に戻って、ロボットとビジョンの組み合わせが、現代に役立つかを再検討してみたい。

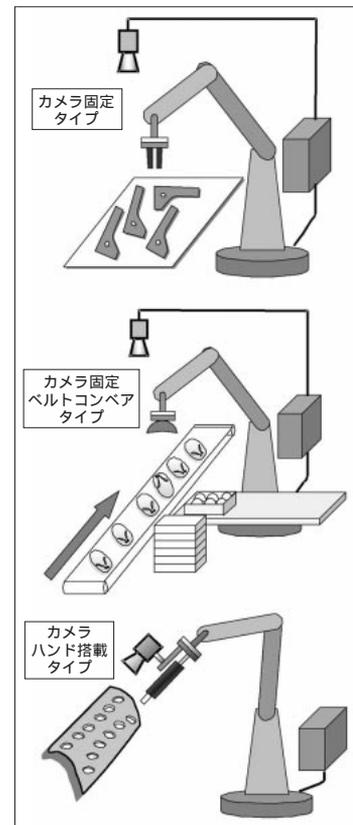
産業用での成功例と失敗例

これから記載する例は、外部の人間の独断と偏見の参考意見と軽く読み飛ばしてください。

1. 自動車部品メーカーの例

ある時、久しぶりにこの会社の利用状況を聞いてみると、全工場で1000台を超えるビジョン・システムが、現役で活躍しているとのこと。年々ビジョン付きロボットが増大しているとの事で、数年後には2000台を超えているとのことで驚いた。ここでは、ロボット・ビジョンが捨て去られず、活躍し続け、人口を増やしている。その成功の理由は、こんな処にあるようだ。

ビジョン・アプリケーションは社内で開発し、その技術者が、何処の工場に移っても、サポートま



第1図 カメラ付きロボットのタイプ

たは助言ができる体制になっている。
 自社開発のロボット言語を使用し、ロボットのモーションもビジョンも一元的にハンドリングできる。
 この2つの大きな理由から、生産対象の部品の変化にも、ビジョンが柔軟に追従でき、トップレベルのビジョンの使い手でありつづけている。

2. 自動車メーカーの例

これは悲しい例であった。

「画像処理システムはお使いですか？」

答：「全て、廃棄しました。」

「未だ、使っている処は無いですか？」

答：「無い。」「うーん、思い出した。あそこで少し。」

「何台くらい？」

答：「30台位。」「そう言えば、もう少し別のところにもある。100台位は残っているかな。」
 かなり大量に導入され、廃棄されたようだった。

3. ロボット・メーカーの例

営業マンの集まりに出席して、聞いたが、営業の誰もが、「ビジョンの要求は無い。」「使い方を知らない。」「興味ない。」「時間の無駄。」

そこで、プレゼンテーションを実施。何故、失敗したのか？ 新しい世代のビジョンでは、問題点を解消できたこと。新しいアプリケーションが出ていること。これらを説明した所、営業マンから「これはできるか？」「あれはできるか？」とアプリケーションを山のように沢山ぶつけてきた。

失敗に懲りて、諦めていたところだが、本当は、営業マンの誰もが、興味を捨てきれなかった、というのが本音のようであった。

主な用途は何か？

産業用では、アプリケーションと用途が限定されていて、基本的な用途は位置決め。さらに、派生していくつかのアプリケーションが追加される。

ワークの位置補正、治具の代用、補助用途

第1図のカメラ固定タイプ参照

- 例：エンジンプロックを搬送用のケースからピックアップし加工・組立用の精密治具に再登載。
- 例：仮止めした部品を汎用の治具にラフに搭載し、カメラで精密な位置を確認して溶接。一般的に、ワークの位置決めをカメラで行う。

3次元の形状をもつワークの位置決めで、特に金属

部品は、画像処理の適用が困難だったが最近では可能になった。

ベルトコンベア上のワーク認識・位置決め

第1図のカメラ固定ベルトコンベア・タイプ参照

- 例：コンベア上に、ランダムな向きで置かれた品物のピックアップ&プレイス。金属・プラスチックの部品などの例が多い。食品・お菓子などの箱積みでのアプリケーションなども増えている。特に回転位置決めに加え、品種識別、欠陥検査の機能を加え、付加価値を高めていることもある。

ロボット・ハンドに取り付けたカメラによるハンドとワークの相対位置決め。

第1図のカメラ・ハンド搭載・タイプ参照

- 例：曲面上の穴ヘリベットの打ち込むアプリケーション。曲面上の法線方向・ピンの垂直を確認して加工する。曲面上の3次元の向きを規定するために、穴の位置をカメラで確認し、ワークの位置と傾きを算出する。ロボットのするハンドの位置と向き（XYZ、IJKは、設計・CADデータからロボット言語に変換。ロボットとワークの位置関係の補正に、CADデータとビジョンが使われた最初の例。現在も、画像処理部分が更新され、使われている様子。実際のアプリケーションは、巨大なガント・クレーン・タイプのロボットで、ワーク自体も数10mの大きさ。航空機産業用。

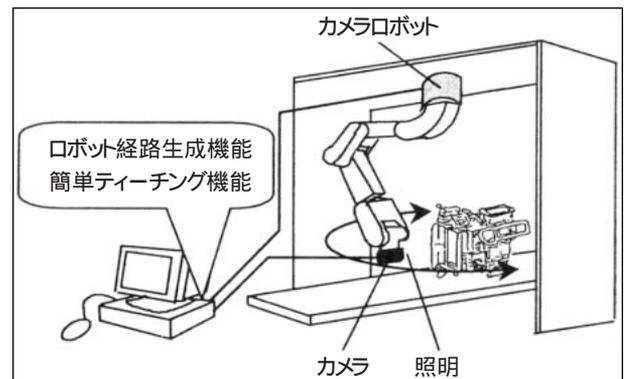
位置決め+ の機能：品種識別・欠陥検査・ID認識

- 例：ピックアップ&プレイスのアプリケーションで、品種・IDコード認識・2Dコード認識し、欠陥検出など、付加価値のある業務にするケースが生まれている。

検査ロボット：主眼は検査にある。

組立後の多ポイントの検査に使用。

- 例：組立作業完了後の点検：数10箇所を検査を、



第2図 検査ロボット（天井吊下げタイプ）

プログラム開発・メンテナンス能力不足
 ロボット言語の不備
 過度な期待

：第4回、画像処理の基礎ツールの「位置決めツール」の中で示したように、当初の頃に使われていた唯一のツールは、プロブ（白または黒の「塊」を検出）。このツールには、明るさの変化に弱い弱点があった。

その後、グレー・サーチとも言われる正規化相関サーチ・ツールが実用化され、明るさの変化に強いシステムが誕生した。エレクトロニクス関連のアプリケーションには、最適で、極めて有用であったが、残念ながら、このサーチにも機能的な弱点があり、ロボット向きではなかった。その弱点は、回転とサイズの変化に対応ができなかったこと。

：もう1つの画像サイドの弱点は、アプリケーションの開発システムの問題。当時は、専門家がプログラムしなければ、ビジョン・ソフトが書けず、その後のメンテナンスもできなかったこと。

：ロボット言語の問題。ビジョンも一元的にハンドリングできるロボット言語が、日本でもソニー、セイコー、デンソーなどで開発され、外販もされてきた。しかし、全体を見ると十分に認知されていなかった。米国のロボット・メーカーの実績と力の入れ方には、差を感じた。

ロボット・ビジョンに必要な機能

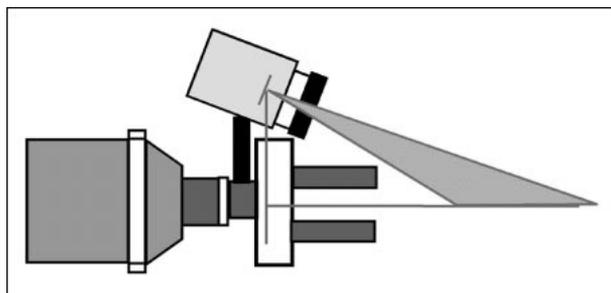
この2の機能をピックアップする。
 位置決めツール
 キャリブレーション

1. 位置決めツール：最も基本的で重要なツール

	精度	ノイズ信頼性	接触	重なり	明度変化	明度の反転	サイズの変化	回転	処理時間
二値化プロブ	OK	OK	×	×	×	×			
サーチ				OK		×	×	×	
回転サーチ									OK

第4図 位置決めツールの優劣・進歩

この位置決めツールの進歩は、何にも増して喜ばしい。過去に失敗した最大の要素の明るさの変化に耐え、優れた精度を持つ理想的なツールが、回転サーチ・ツール。表を参照すれば、一目瞭然。当初問題だった処理時間は、ツールの進化とLSIの進歩に



第5図 ロボット・ハンドに付けられたカメラと視野

支えられたハードウェアの処理スピードの進歩により、問題ではなくなっている。

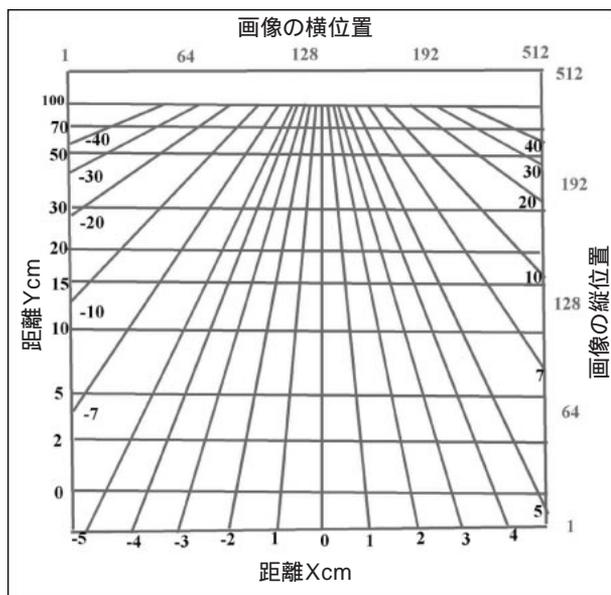
2. キャリブレーション：ロボット・ビジョンの場合

不可欠なツール。これは、画像の座標系と、現実の3次元の座標系への変換・コンバージョン・ツール。

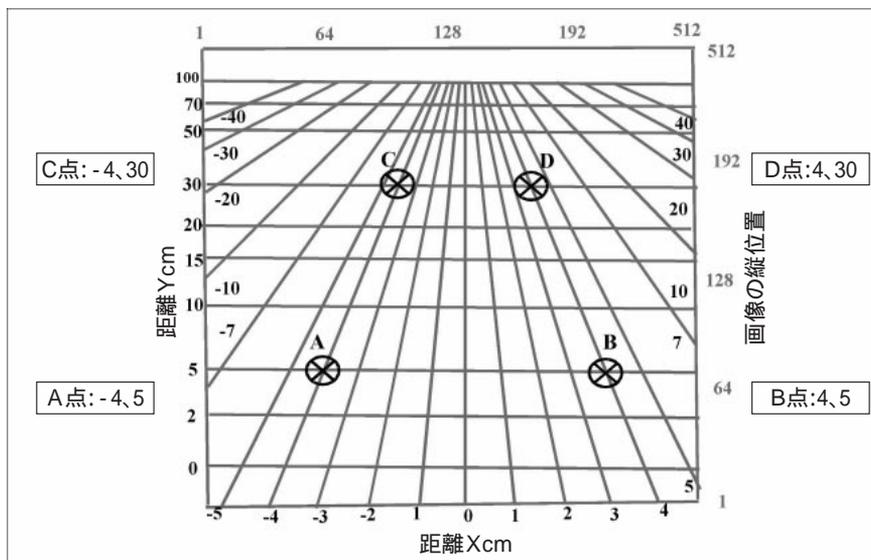
ロボット・ハンドに取り付けたカメラの視野と現実の座標系の間には、変換が必要なことは、この第5図～7図で明瞭と思う。これらの図はDr.J.S.Albus著のロボティックスの図を参考に、説明用に書き直しているもの。

3次元現実を2次元のカメラ画像に撮るため、補正が必要になる。第7図のキャリブレーションでは、既知の点A、BC、Dの位置と座標データを数値入力することで、補正する。

ロボット・ハンドの位置補正は、同様に、ハンド



第6図 カメラから見た座標系



第7図 キャリブレーション既知の点で現実に補正

を動かし、ハンドの基準点A、B、C、Dの各点にもって行き、教示することで行う。

この画像のキャリブレーションとロボットのキャリブレーションを行うことにより、画像の座標系上のABCDとロボットの座標系ABCDが一致することになる。

このキャリブレーションの機能は、かなり一般的な機能になっている。

成功する・役立つ条件は整っているか？

マシン・ビジョンの側から見ると、成功の条件は2つ。 は明るさの変化に耐える信頼性の高い画像処理ツール は開発の容易な = メンテナンスの容易な開発環境が揃っているかの2点になる。 に関しては、今回、説明し紹介した通り、整っている。開発の容易な開発環境は、第6回に、一部記したように、整っている。次回のマシン・ビジョンの種類とトレンドの中でより詳細に示す。

ロボットの側から見ると、最大の課題は、ロボット言語の問題。ビジョン付きロボットの歴史的失敗が、ロボット言語の進歩の中に、ビジョンの取り扱いを取り込んでいないことが懸念される。(これは日本国内だけの事情かも知れない。)

従って、ロボット・ハンドにカメラを搭載し、高速または連続して位置補正・ガイドするアプリケーションは、中々、難しいものがあるかも知れない。それ以外のアプリケーションでは、ビジョン側、ロ

ボット側も十分に成功する条件は整っているといえる。

唯一残る問題は、「ビジョンに対する過度な期待または過小な期待 = 失敗への恐れ」と考える。

次回は、「マシン・ビジョンの種類とトレンド」に付いて記す。

PS :

実装機のSMDマウンターが、ある種の統計ではロボットに分類されているが、この稿では、別物と考え、記している。

ホンダのASIMO君も、ソニーのAIBOや軽快に踊れて走れるエンタテイメントロボットも、望むらくは、手塚治の鉄腕アトムと同じようなビジョンが付いていたなら素晴らしいのにと残念に思う。

【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