

高瀬 康徳
Y. Takase磯崎 茂則
S. Isozaki星野 弘
H. Hoshino

FA (Factory Automation) 用の画像処理装置を開発し実用化した。この装置は、機能別にハードウェアが構成されているので、必要な機能を集めることにより、最小構成で十分な画像処理装置が実現できた。この画像処理装置をチップマウントに適用し、画像モーメント計測ボードを使用することにより、チップ部品の位置、姿勢を約 0.1 秒で計測することができた。

このほか、検査、調整、位置合わせなどに用いる汎(はん)用性の高い多機能画像処理ボードや多値パターンマッチングボード、ロボット用の視覚装置である小型の画像処理装置を開発した。

We have developed a new factory automation (FA) vision system consisting of several types of vision processing hardware. This enables users to obtain the system with the minimum necessary functions by selecting those required for their application. The new system has been applied to an IC chip mounter, and can measure the position and orientation of each IC chip within 0.1 seconds using a moment measurement processor.

In addition to the system described above, we have developed a multifunctional image processing board for inspection, adjustment and positioning work; a gray-scale matching board; and a compact robot vision processor.

1 まえがき

画像処理技術は、工場の自動化に欠くことのできない技術の一つである。位置合せや計測、検査、調整など応用範囲は非常に広い。最近では、ICの小型化、高速化とメモリの大容量化などにより、画像処理装置も小型で低価格なものがさまざまなメーカーから発売されている。しかし、機能的には満足できるが高価格で余分な機能があったり、低価格であるが処理スピードが遅い、機能が足りないなどシステムに適合した画像処理装置は少ない。

そこで、低価格で機能にむだのない画像処理装置を実現するために、機能別に画像処理ハードウェアを開発し、画像データの転送を画像バス方式にする方法を考えた。各画像処理ハードウェアは、画像バスを介してデータを受け取り、処理結果を必要に応じて再び画像バスに出力する。この方式では、機能の追加が容易で、システムに必要な機能だけを集めることにより、必要最小限の構成の画像処理装置を実現できる。

この画像処理装置をチップマウントに適用し、チップ部品の位置、姿勢を約 0.1 秒で計測し、位置ずれを補正して実装することができた。

また、ロボット用の視覚装置としてより小型で低価格な画像処理装置を開発した。

2 構成

FA 画像処理装置の外観を図 1 に示す。この装置では VME (Versa Module Eurocard) バスを採用し、ボードの大きさはダブルハイト VME ボードとなっている。

ボードの構成を図 2 に示す。基本構成は、入力・表示ボー



図 1. FA 画像処理装置本体 VME バスを採用し、ボードの大きさは、ダブルハイト VME ボードとなっている。

Overview of FA vision processor

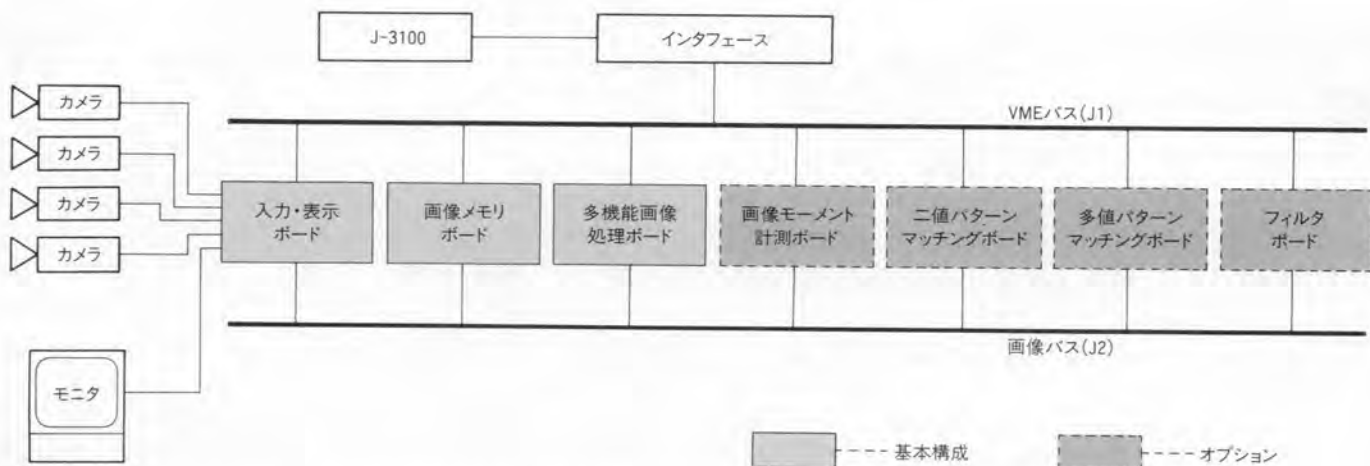


図2. FA 画像処理装置の構成 機能別に数種類のボードから構成されている。

Block diagram of FA vision processor

ド、画像メモリボード、多機能画像処理ボードである。また、CPU ボードは市販品を使用できるが、ここではソフトウェアの作成が容易なパソコン J-3100 をホストコンピュータとして用い、そのためのインタフェースボードも製作した。これだけの構成でほとんどの画像処理を、ハードウェアで最高 40 ns/画素の速さで処理できる。さらにオプションとして、フィルタボード、二値パターンマッチングボード、多値パターンマッチングボード、画像モーメント計測ボードなどがあり、機能の選択が行える。

画像バスは 8 ビットの画像バスが 4 本あり、VME バスの J2 コネクタにあるユーザ I/O 用ピンを使用している。各ボードはこの画像バスを介してデータの受け渡しを行う。VME バスのコネクタを画像バスとして使用することにより、この画像処理装置の拡張性が高くなっている。

3 機能

3.1 画像入力・表示ボード

白黒カメラからの映像信号を 8 ビット A/D 変換し、画像バスに出力する。カメラは 4 台まで接続可能で、そのうちの 1 台が選択できる。

また、画像メモリの内容など、画像バスから送られてきた画像データをモニターディスプレイ用のアナログ信号にして出力する。RGB (赤, 緑, 青) 3 画像データによるカラー表示が可能であり、キャラクタ、グラフィック、カーソルも表示できる。

3.2 画像メモリボード

画像メモリの容量は、512 画素(H)×512 画素(V)×8 ビット(階調)が 2 画面の標準タイプのもと、1,024 画素(H)×1,024 画素(V)×8 ビット(階調)が 2 画面の大容量タイプの二種類がある。

3.3 多機能画像処理ボード

画像処理専用の多機能 LSI を用いることにより、小型で多くの機能をもつボードが実現できた。基本的な画像処理である濃度ヒストグラム、プロジェクション、一次モーメント、テーブルメモリ変換、空間フィルタリング、画像間演算、細線化、領域ラベリングなどがハードウェアで高速に処理できる。このボード 1 枚でほとんどの処理が可能である。

3.4 フィルタボード

画像のノイズ除去やエッジを抽出するために 5 画素×5 画素のカーネルをもつ空間フィルタリングができる。また、二値化画像の収縮や膨張を行う 3 画素×3 画素の論理フィルタリングとテーブルメモリ変換処理もできる。

3.5 二値パターンマッチングボード

パターンマッチングは、位置合わせを行うための基本的な機能である。白黒のコントラストがはっきりしている場合は、多値パターンマッチングボードより低価格な二値パターンマッチングボードを用いる。辞書パターンは、64 画素×64 画素で、64 面登録できる。同様にマスクパターンも登録でき、これを使用することにより複雑な形にも対応できる。

3.6 多値パターンマッチングボード

二値パターンマッチングと同様に、位置合わせを行うために用いられるほか、各種検査などにも使われている。256 階調の濃淡画像でパターンマッチングを行うため、背景が複雑な画像や明るさの変化に強い。最近では、比較的安く製作できるようになり、広く使われるようになってきている。辞書パターンは、標準で 64 画素×64 画素が 100 面登録でき、最大 128 画素×128 画素の大きな辞書パターンまで使用できる。また、二値パターンマッチングボードと同様に、マスクパターンも使用できる。

3.7 画像モーメント計測ボード

図形の面積、重心、傾きを求めるために、画像の 0 次モーメント、一次モーメント、二次モーメントを算出する。このボードは、チップマウントで部品の位置、姿勢を高速に求め

るために開発したもので、上述のパラメータをリアルタイムで求めることができる。このほか、外接長方形を求める機能もある。

以上のように説明してきたFA 画像処理装置の機能を表1に示す。

表1. FA 画像処理装置の機能

Function table of FA vision processor

ホストコンピュータ	J-3100
カメラ接続台数	4台まで
表示	RGB カラー, キャラクタ, グラフィック, カーソル
画像メモリ	512画素(H)×512画素(V)×8ビット(階調)2画面または1,024画素(H)×1,024画素(V)×8ビット(階調)2画面
多機能ボード	ヒストグラム, プロジェクション, 一次モーメント, テーブルメモリ変換, 空間フィルタリング, 画像間演算, 細線化, ラベリングなど
フィルタボード	5×5空間フィルタリング, 3×3論理フィルタリング, テーブルメモリ変換
二値パターンマッチングボード	データパターン 512画素(H)×512画素(V)×1ビット 1面 辞書パターン 64画素(H)×64画素(V)×1ビット 64面 マスクパターン 64画素(H)×64画素(V)×1ビット 64面
多値パターンマッチングボード	データパターン 512画素(H)×512画素(V)×8ビット 1面 辞書パターン 64画素(H)×64画素(V)×8ビット 100面 マスクパターン 64画素(H)×64画素(V)×1ビット 100面
画像モーメント計測ボード	0次モーメント, 一次モーメント, 二次モーメント(面積, 重心, 傾き), 外接長方形

4 チップマウンタへの応用

チップマウンタは、抵抗やコンデンサ、ミニトランジスタ、SOP (Small Outline Package) などのチップ部品をプリント基板に実装する装置である。テープフィーダから供給される部品をノズルで吸着し、プリント基板の指定された位置に実装する。テープフィーダから供給される部品をノズルで吸着すると、ノズルの中心位置と部品の中心位置とにずれが生ずるため、基板の正確な位置に実装することができない。精度良く実装するためには、図3に示すようにカメラを用いて部品の位置と姿勢を計測し、部品の吸着ずれと傾きを補正して

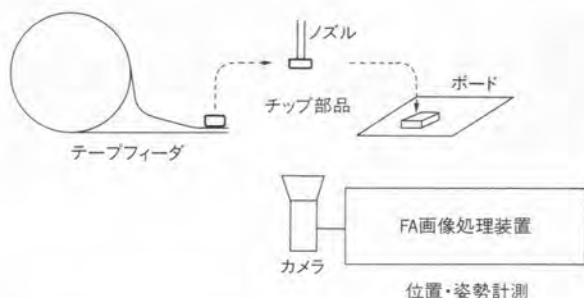


図3. チップ部品の実装システム テープフィーダから吸着した部品の位置・姿勢をカメラで計測し実装する。

Outline of IC chip mounting system

実装しなければならない。

このチップマウンタでは、最高0.15秒/個の速さで部品を実装していく。したがって、これよりも速く部品の位置と姿勢を計測し、補正量を算出しなければならない。チップ部品には、たくさんの種類があるが、角型の抵抗やコンデンサが非常に多い。そして、そのほとんどは長方形の形をしており、画像のモーメントから位置と姿勢を容易に求めることができる。そこで、画像のモーメントを求める機能を高速化するために、FA 画像処理装置の一つの機能として、画像モーメント計測ボードを開発した。このボードでは、3章で説明したように0次モーメント、一次モーメント、二次モーメントをリアルタイムで算出できるので、カメラ入力時間を含めても約0.1秒で位置ずれと傾きの補正値を求められる。チップ部品を計測した例を図4に示す。黒いチップ部品内に計測結果を十字で示している。

また、モーメント計測には適さないミニトランジスタやアルミ電解コンデンサなどの部品計測は、二値パターンマッチングボードを用いて行っている。この場合の計測時間は、0.20秒~0.25秒である。



図4. チップ部品の計測例 部品中央の十字線が、中心位置と姿勢を表している。

Example of IC chip measurement

5 ロボット用視覚装置への展開

多機能画像処理ボードで使用している画像処理専用のLSIは、小型であるばかりでなく機能も豊富で非常に有効である。そこで、このLSIを使い、スタンドアロンで動作する小型の画像処理装置を試作した。これは、ロボットの視覚装置として開発したもので、組立ての自動化をする場合の部品認識などに用いる。この視覚装置の外観を図5に示す。画像処理ユニットの基板のサイズは、90mm×180mmで、3.5インチフロッピーディスクの約2枚分である。入力・表示モジュール、画像メモリモジュール、画像処理モジュールの3枚で構成されている。これに、CPUボードを取り付け、スタンドアロンで動作するようになっている。全体の構成を図6に示す。



図5. ロボット用視覚装置本体 3.5インチフロッピーディスク2枚分の大きさで、3枚構成になっている。
Robot vision processor

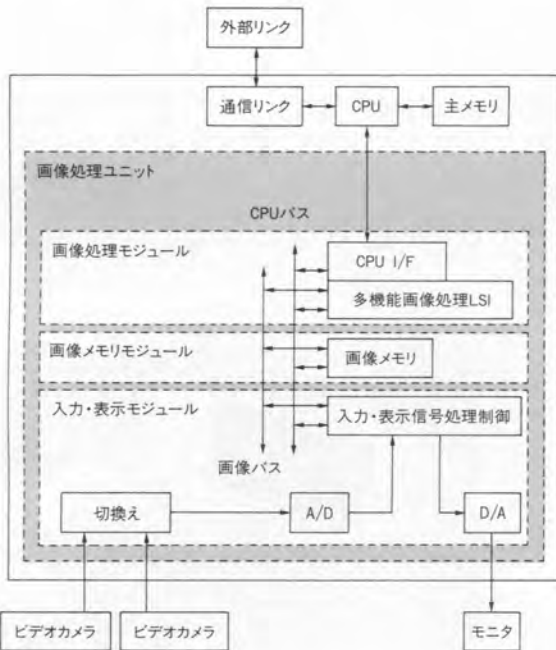


図6. ロボット用視覚装置の構成 機能別に3種類のモジュール(画像処理、画像メモリ、入力・表示)から構成されている。
Hardware configuration of robot vision processor

入力・表示モジュールは、白黒カメラからの画像取り込みと画像メモリの内容表示を行う。カメラは2台接続可能で、そのうちの1台が選択できる。表示は、画像のほかグラフィックが表示できる。

画像メモリモジュールは、512画素(H)×512画素(V)×8ビット(階調)の画像メモリを4画面もつ。画像バスを介して入

力・表示モジュールや画像処理モジュールと画像データの転送を行う。転送速度は60 ns/画素である。

画像処理モジュールは、多機能画像処理ボードと同じ画像処理専用の多機能LSIを用いている。基本的な画像処理である濃度ヒストグラム、プロジェクション、一次モーメント、テーブルメモリ変換、空間フィルタリング、画像間演算、細線化、領域ラベリングなどの処理ができる。

CPUボードには、通信機能をもった32ビットのCPUを使っている。画像処理ユニットを制御し、処理結果を高速に転送できる。

6 あとがき

FA用の画像処理装置を開発し実用化した。機能別に画像処理ハードウェアを選択することにより、用途に応じて最適な構成を組むことができる。チップマウントでは、高速にチップ部品の位置と姿勢を計測しなければならないことから、画像モーメント計測ボードを開発し、約0.1秒で位置ずれと傾きの補正量を算出できた。

このほかにも、専用LSIを用いて多機能画像処理ボードや多値パターンマッチングボードなどを開発した。特に、この二種類のボードは汎用性が高く、検査装置や実装機に多く使われる予定である。

また、ロボットの視覚装置として試作した画像処理装置は、今後も改良を進め、小型である特長を生かし、幅広い分野で活用できるようにする。



高瀬 康徳 Yasunori Takase

1984年入社。FA用の画像処理装置の開発設計に従事。現在、生産技術研究所生産システム技術研究部研究主務。
Manufacturing Engineering Research Center



磯崎 茂則 Shigenori Isozaki

1988年入社。FA用の画像処理装置の開発設計に従事。現在、生産技術研究所生産システム技術研究部。
Manufacturing Engineering Research Center



星野 弘 Hiroshi Hoshino

1971年入社。FA用の画像処理装置の開発設計に従事。現在、生産技術研究所生産システム技術研究部主任研究員。
Manufacturing Engineering Research Center