

LSIマウンタの開発

*1 内藤 史門(ないとう しもん)

*2 森 俊二(もり しゅんじ)

*3 吉田 誠(よしだ まこと)

① まえがき

産業用ロボットシステムが全盛期を迎えている現在、視覚付ロボットの必要性はますます高まってきた。自動化が大きく進んでいる分野の一つであるプリント部品実装ラインにおいても、表面実装部品が普及したことにより、一段と正確に位置決め搭載できる自動実装機が望まれている。

このようなニーズを背景として、富士電機ではビジョンシステム技術、ロボット技術、そして精密加工技術の三つを統合し、ピングリッドアレイ形 LSI をプリント基板に自動的に表面実装する LSI マウンタを開発した(図1)。本稿ではビジョンシステム技術を中心に、その概要を紹介する。

② 適用分野

プリント板の表面実装部品には、チップ部品、フラットパッケージ、ピングリッドアレイなどが多く使われている(図2)。このうち、抵抗、コンデンサ、トランジスタなど、チップ部品については、視覚装置を用いない機械的な位置決めによる実装機でも、ある程度対処できる。これに対し、IC、LSI として使われるフラットパッケージやピングリッドアレイは、端子の数が多く、その間隔も小さいので、より精度の高い位置決めが要求される。ところが、パッケージの外形を基準として機械的に位置決めしようとすると、次のような問題が生じる。すなわち、パッケージの材質がセラミックであるために、加工時の寸法公差が大きい。また、パッケージに対する端子の相対位置が必ずしも一定とならないので、更に誤差が増える。

以上のような理由から、パッケージの外形を位置決め基準とすると、実装時の端子位置が、プリント基板の所定のパッドから外れてしまうことがある。したがって、パッケージの外形ではなく、端子そのものを位置決め基準としなければならない。このことは、端子間隔が1.27mm 以下になるとはっきり現れてくる。

他方、プリント基板にも類似の誤差問題がある。すなわち、基板パターンのエッチング工程と基板外形切出しの工程とが別々のものであるために、基板外形が必ずしもパターンの位置を反映しておらず、実装位置がずれてしまう原因となる。したがって、パターンそのものを位置決め基準としなければならない。

こうした問題を解決し、かつ対象物を破損しない非接触の方法として、視覚装置は最適である。つまり視覚装置の目的は、部品をプリント基板に精度よく位置合わせして表

図1 LSI マウンタの外観

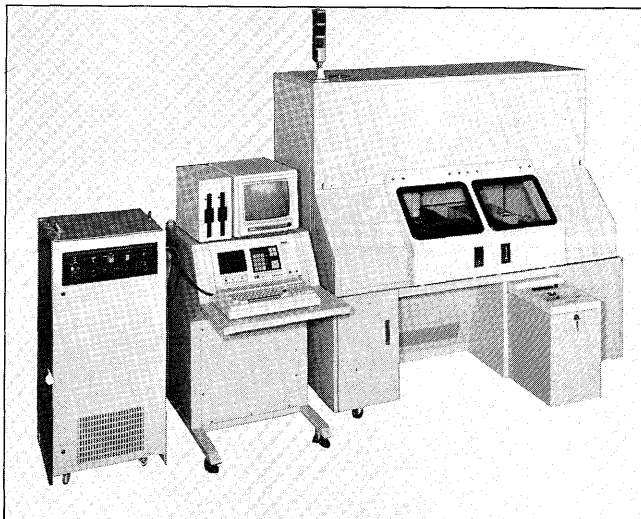
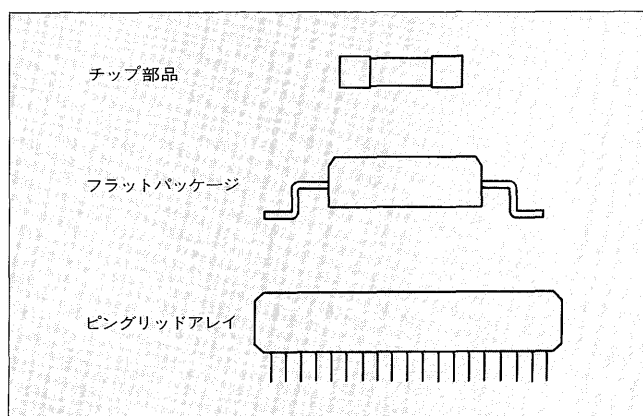


図2 いろいろな表面実装部品



面実装するために、部品端子とプリント基板パターンとの両方の位置を計測し、相対的な補正を行うことである。そして、ここでの対象部品はピングリッドアレイ形の LSI である。

ピングリッドアレイ形 LSI は、正方形のセラミックパッケージの1面に、多数のピン端子を配列した形の LSI である。ちょうど生け花の剣山のようなものである。これをプリント基板に実装するのだが、もちろん1本1本のピンを基板のスルーホールに差し込むというわけではなく、基板上であらかじめ接合するべきパッドにはんだペーストを塗布しておき、その粘着力を利用して LSI を固定するのである。

表面実装部品に視覚装置を適用する例としては、むしろフラットパッケージ用のものが多くみられる。フラットパッケージでは、リード端子がパッケージの側部からむか

*1 (株)富士電機総合研究所 ビジョンシステム開発部 *2 (株)富士電機総合研究所 ロボット開発部 *3 (株)富士電機総合研究所 製造技術研究所

の足のように突き出した形となっている。したがって、リードをシルエットとしてとらえられるので、視覚装置により画像処理を行うことは比較的容易である。これに対し、ピングリッドアレイでは、ピンがパッケージという背景の中に埋もれてしまうので、後述のような画像検出の工夫が必要となる。したがってフラットパッケージなどに比べると、開発要素の多い適用分野といえよう。

③ 構成と動作

LSIマウンタは図3に示すように、三つの部分、すなわちマウンタ本体、コンソール、そして制御盤からなる。通常の搭載作業はマウンタ本体で行われる。作業者はまず、目的のプリント基板とLSIを用意する。LSIはあらかじめ所定のパレットに、搭載する順序と種類に従って整列されている。そのパレットをLSIパレット部にはめ込み、プリント基板をXYテーブルに装着する。そして本体操作パネルの開始ボタンを押すと、マウンタ本体は以下のような順序で動作する。

はじめにLSI搭載ヘッドがパレットからLSIを一つ吸い上げ、LSI搬送ブリッジに沿ってLSI用画像検出部の上空まで移動する。同時にXYテーブルは、プリント基板をのせて、これから搭載されるパターンが基板用画像検出部の真下に来るまで移動する。次にLSI用画像検出部は、LSI

のピン面を下方から見上げる形で、LSIの位置を計測する。そして基板用画像検出部は、上から見下ろす形で、プリント基板パターンの位置を計測する。両方の計測が終わったら、LSI搭載ヘッドとXYテーブルとは、それぞれLSIとプリント基板とを、搭載地点(図4参照)まで運ぶ。最後にLSIは、計測結果に応じた位置補正をかけられつつプリ

図4 LSIの搭載動作

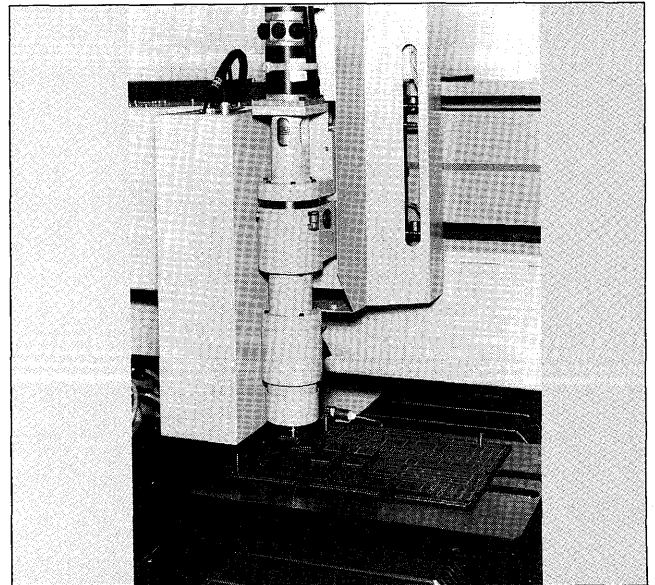
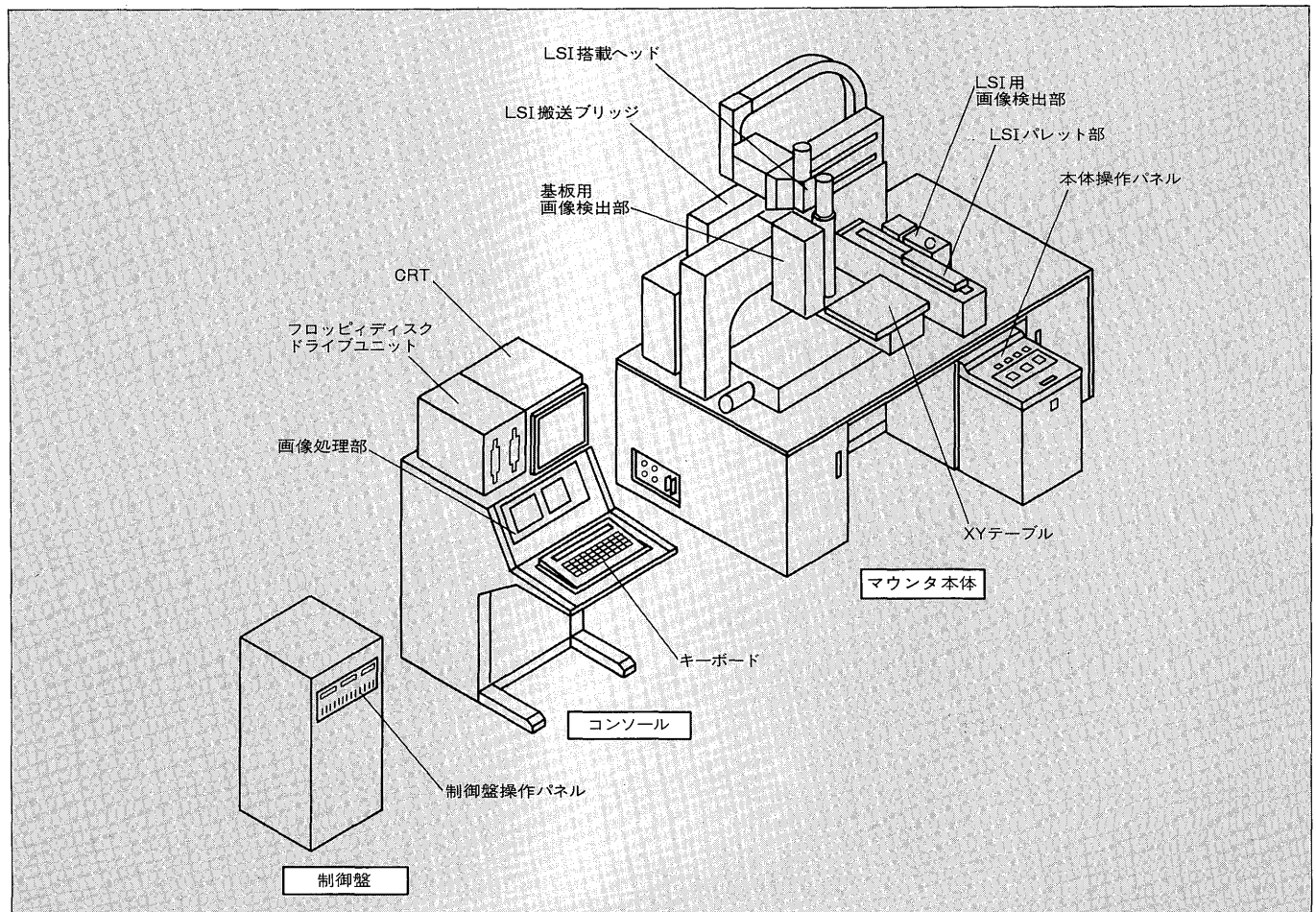


図3 LSIマウンタの構成



ント基板上に搭載される。

以上をすべての LSI が搭載されるまで繰り返す。その終了後、作業者は LSI を満載したプリント板と空のパレットを取り外す。そしてプリント板は、はんだ付けの工程に送られることになる。

マウンタ本体の概要は上述のとおりである。一方、コンソールは CRT、キーボードなどのマンマシンインタフェースと画像処理部とを含んでおり、段取り替えや調整のために使用される。そして、LSI マウンタ全体の動きをつかさどる心臓部が制御盤である。これら 3 部分を系統的にまとめると、図 5 のようになる。

中央に位置する制御盤は、富士ロボットコントローラ GE500A⁽¹⁾そのものである。このうちシステム制御部は、富士汎用マイクロコンピュータ L-100 シリーズで構成されている。コンソールのマンマシンインタフェースもその一部である。また XY テーブル制御部及び LSI 搭載ヘッド制御部は、各々、マウンタ本体の XY テーブル及び LSI 搭載ヘッドを駆動するサーボアンプ、偏差カウンタからなる。システム制御部のロボット言語 FRL で、これらの動作を直接的に記述することができる。その他の機械系である LSI パレット部と LSI 搬送ブリッジは、富士プログラマブルコントローラを内蔵しており、システム制御部と I/O で結ばれている。こうして機構部をすべて合わせると、XY テーブルの水平直交 2 軸、LSI 搭載ヘッドの上下・回転の各 1 軸、そして LSI パレット部と LSI 搬送ブリッジの各 1 軸で、計 6 軸の制御が同時に行われている。表 1 にこれら機構部の

仕様を示す。

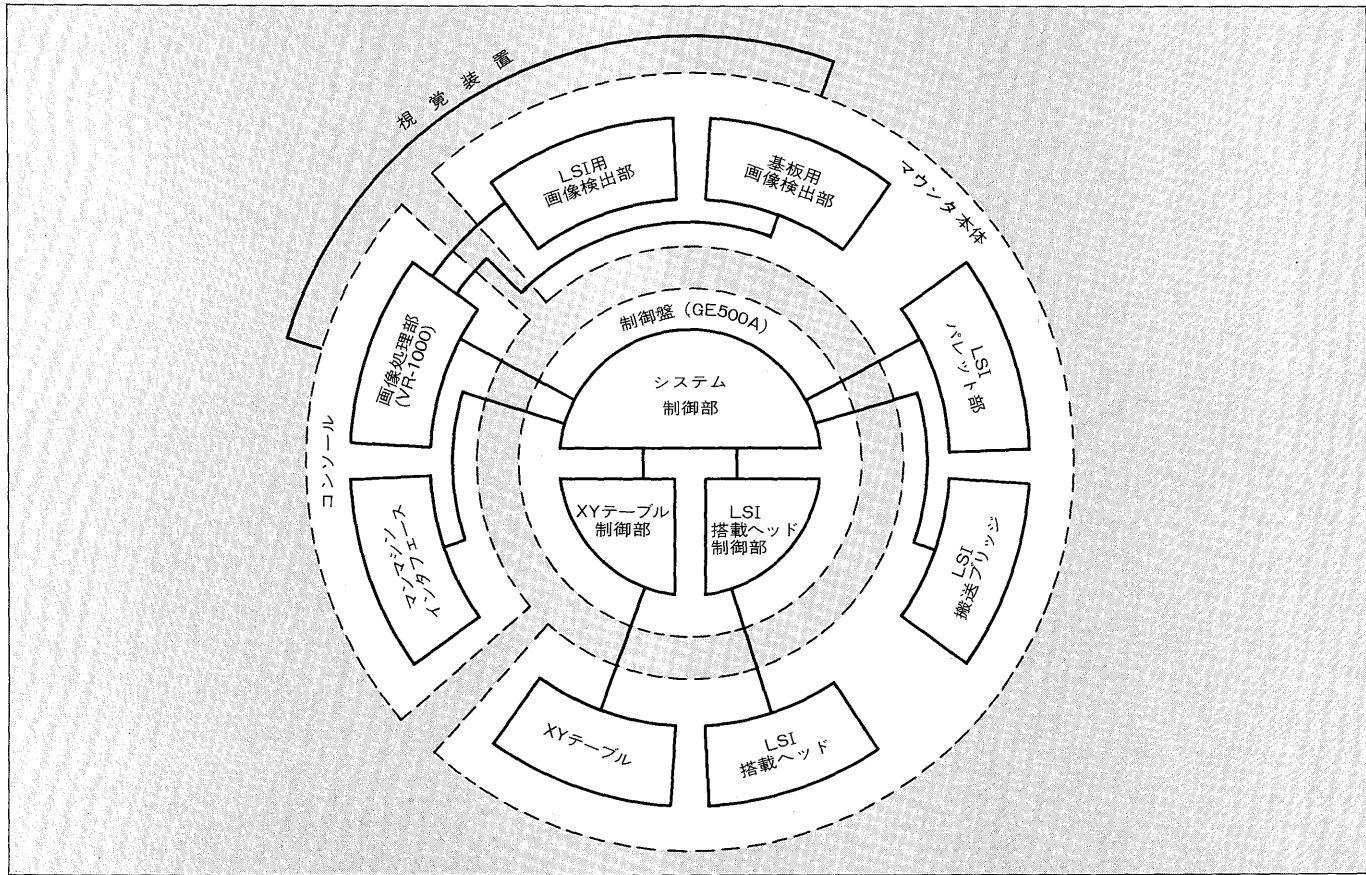
本稿のメインテーマである視覚装置は、LSI 用画像検出部、基板用画像検出部、及び画像処理部の 3 部分からなる。画像処理部としては富士視覚センサモジュール VR-1000⁽²⁾に、専用計測ソフトウェアを組み込んだものを使用している。RS-232-C 伝送ラインを介してシステム制御部から指令を受け、LSI 用画像検出部又は基板用画像検出部で入力した画像を処理し、その結果をシステム制御部に送る機能を担っている。二つの画像検出部はそれぞれ、テレビカメラと照明器とを備えており、一方では LSI のピンを、他方ではプリント基板のパターンを撮像する。

視覚装置においては二つのポイント、すなわちかに画像を検出するか、そしていかに画像を処理するか、という課題がある。次章にてこれらを詳述する。

表 1 機構部の仕様

項 目	作動範囲	最小設定単位	最高速度
XYテーブル	X 250mm Y 400mm	0.00267mm	133mm/s
LSI搭載ヘッド回転軸	±360°	0.009°	450°/s
LSI搭載ヘッド上下軸	30mm	0.004mm	200mm/s
LSI搬送ブリッジ	590mm	0.01mm	500mm/s
LSIパレット部	270mm	0.2mm	300mm/s

図 5 システム系統図



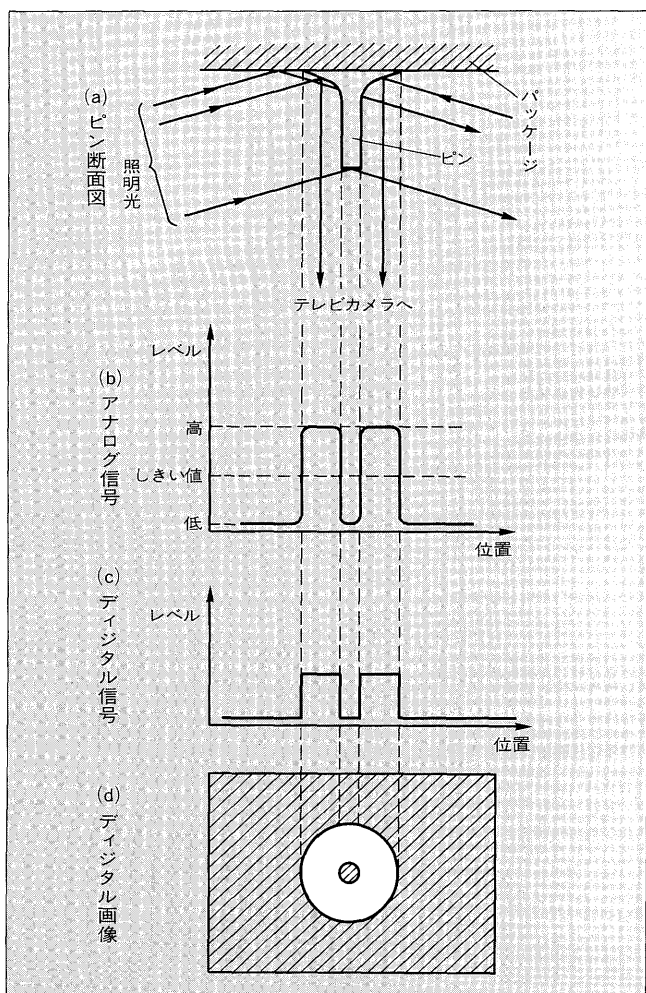
4 視覚装置

4.1 画像検出手法

画像処理部 VR-1000では、画像を明暗の2値デジタル画像として扱う。したがって、対象物に応じて最も適切な照明を与え、鮮明な画像を検出することが重要である。

図6に LSI における画像検出の過程を示す。図(a)は一つのピンの断面拡大図である。このように、ピングリッドアレイのピンは、パッケージにろう付けされる根元の部分がなだらかな斜面となっている。この特徴に着目し、斜め方向から照明光を入射する。すると、根元の部分における反射光だけがテレビカメラに到達し、ピン先端部やパッケージの部分における反射光はテレビカメラから外れるようにすることができる。よってこの断面でテレビカメラから得られるアナログ信号は、図(b)のように根元の部分が高レベル、その他の部分が低レベルとなる。そこで両レベルの中間に適当なしきい値レベルを設定して2値化すれば、図(c)のようなデジタル信号が得られる。これを二次元的に表すと図(d)のようなデジタル画像となる。白ぬきのドーナツ形の部分がピンの根元に相当し、斜線部のうちドーナツ形の穴のところがピン先端部、その他がパッケージに相当する。したがって、ピン先端部の中心位置を求めるには、

図6 LSI の画像検出過程



そのドーナツ穴の、例えば重心位置を計算すればよい。

以上が LSI における画像の検出方法である。これを実現するために、画像検出部の照明器としては、リング状の光ファイバ照明を用いている。

プリント基板パターンにおいても、全く同じ画像検出部が天地逆の形で使われている。ここでも斜方照明光は有効である。すなわち、基板表面に塗布されているフラックスにより生じる表面反射光がテレビカメラに入るのを防ぎ、基材に対してパターンを鮮明に画像化する役割を果たしている。また、各 LSI に対応する基板パターンを、毎回直接的に検出しているため、あらかじめ基板に画像処理専用のマーキングを施すといった余分な設計の手間が省けるし、万一異種基板や搭載済みの基板が混入した場合に、画像処理の段階でそれを察知し、誤搭載や二重搭載（衝突）を避けることができる。

4.2 画像処理手法

この LSI マウンタでは、LSI と基板パターンのそれぞれの、中心位置と回転角度を計測し、相対的な平行ずれ量と回転ずれ量を求め、平行ずれについては XY テーブルで補正し、回転ずれについては LSI 搭載ヘッドの回転により補正する、という形で精密な位置合わせを行っている。ここでは、LSI 及び基板パターンの画像処理による計測方法を述べる。

図7は LSI を処理する VR-1000のモニタ画像の例である。前節で示したように、各ピンはドーナツ形のデジタル画像となっている。そして視野範囲は LSI の一つのコーナ分、つまり1/4余りである。これは画像の解像度を高め、計測精度を向上させるために、できるだけ拡大して撮像する必要があるからである。そこで LSI 搭載ヘッドを90度ずつ回転させながら、計4画面分撮像することにより、すべてのピンをカバーし、それらの計測結果を合算して、LSI 全体としての中心位置と回転角度を求めるようにしている。各画面では、まず最外周のピン列を求める。次にその縦列、横列それぞれについて、最小二乗法により最もよくフィットする直線を求める(図中に表示)。ただし、その両直線が

図7 LSI のモニタ画像

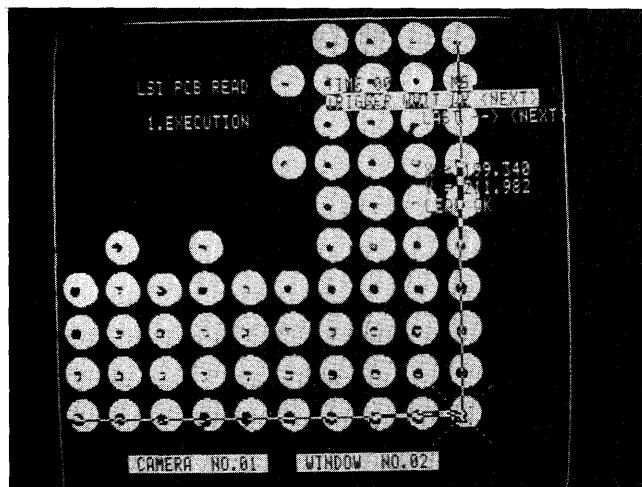
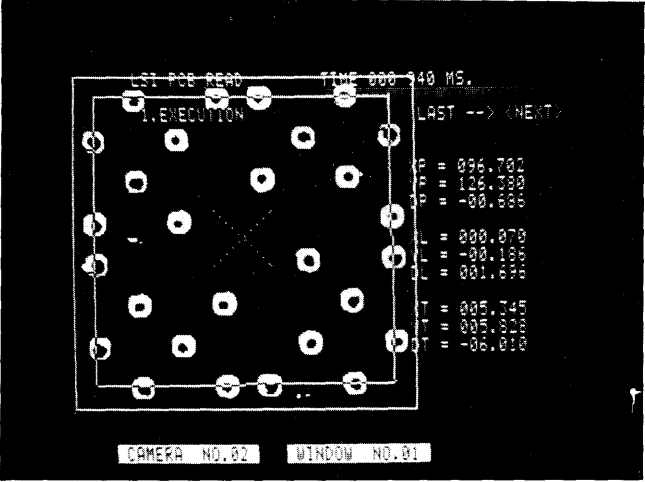


図8 基板パターンのモニタ画像



直交するという付加条件が与えられている。最後に両直線の交点位置を求める。そこがその画面におけるコーナを代表する位置となる。

以上を繰り返して四つのコーナ位置が決まれば、それから全体の中心と角度を求めることは容易である。

図8は基板パターンにおける処理例である。ここで扱われるデジタル画像は、実際にピンが接合するパッドではなく、基板の中間層に通電するためのスルーホールパッドのパターンである。接合パッドには、はんだペーストが塗布されているので、デジタル画像の形状が一定せず、画像処理が不安定となるからである。スルーホールパッドは接合パッドで囲まれた内側にあり、接合パッドとの位置関係は一定なので、計測の基準とすることができる。しかも、LSIを撮像するのと同じ拡大率で、全体を一つの画面に納められるので、撮像回数は1回で済む。この場合も、LSIと同様、まず最外周のパターン列を求める。次に、上下左右それぞれで最もよくフィットする直線を求め、それら4直線で長方形を構成する(図中に表示)。その中心位置と回転

角度が、パターン全体としての位置を代表している。⁽³⁾

4.3 ピンチェック

視覚装置は位置補正という本来の機能に加えて、LSIの各ピンが正しく配列されているかどうかを検査するピンチェック機能を備えている。LSIを回転させつつ四分分割で撮像し、すべてのピンがもれなく視野に入るようにした理由の一つは、その機能を実現するためである。

ピンチェックにおいては、LSI画像処理のときに求めたコーナ位置と縦横2直線を利用する。すなわち、これらを一つの座標系とみなし、その上に、定められたピン間隔を単位とする基準格子を生成させる。そして各ピンと、対応する格子点との距離が、所定の上限値以内であれば良、さもなければ不良と判別する。

5 あとがき

この開発により、ピン径0.2mmのピングリッドアレイ形LSIを、パッド角0.6mmのプリント基板パターン上に、50μmの精度で搭載することが可能となった。今後はこうした技術成果をふまえ、更に別種の表面実装部品のマウンタや、プリント板自動視覚検査装置へと、適用を拡大してゆきたい。

最後に、多くの御協力を頂いたユーザー各位に対し、深く御礼申し上げる。

参考文献

(1) 福田和彦・仁藤正夫：ロボット用視覚センサモジュール VR-1000, 富士時報, 57, 8, pp.459~467 (1984)
(2) 中島朋貴ほか：ロボットコントローラ GE500A, 富士時報, 58, 7, pp.459~462 (1985)
(3) 内藤史門・小室明夫：電子部品の位置計測アルゴリズム, 昭和60年電気学会全国大会, 1428 (1985)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。