

3次元視覚センサとTVカメラによるICリード外観検査

塚田敏彦 中野倫明 小関 修 山本 新

㈱ 豊田中央研究所

あらし 近年、プリント基板の高密度実装に伴い、自動車用電子機器にもQFP型ICの使用が増加している。QFP型ICのリードの曲がりや浮きは基板の実装不良の大きな原因となることから、実装前の外観検査が不可欠である。

筆者らは、3次元視覚センサとテレビカメラを用いたQFP型ICのリード外観検査方式を開発した。この方式では、3次元視覚センサでICのリードの高さとリード間ピッチを、テレビカメラでICの対向するリードの先端間の長さを検査する。この報告では、開発した検査方式を用いた試作装置の有効性を示す。

Inspection for QFP IC with a 3-D Vision Sensor and a Television Camera

Toshihiko TSUKADA Tomoaki NAKANO Osamu OZEKI Shin YAMAMOTO

TOYOTA CENTRAL Res. & Develop. Labs., Inc.

Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Abstract Recently, with the high density loading for PCBs, the use of QFP IC is on the increase for automotive electronics. The bend and height error of QFP IC's leads cause assembly defects of components loaded on PCBs. It is, therefore, necessary to inspect and detect for QFP IC. Inspection method for QFP IC, with a 3-D vision sensor and a television camera, has been developed. In this method, height of leads and space between leads are measured by the special designed 3-D vision sensor. This paper describes the validity of prototype inspection system with proposed inspection method.

1. まえがき

半導体技術の進歩によって自動車のエレクトロニクス化は急激に進み、自動車用電子機器に用いられる半導体素子もこの25年間にトランジスタからICさらにはLSIと集積度が飛躍的に高くなっている。

これらの素子は当初市販品が用いられていたが、最近では自動車メーカでの内製化が大幅に進んでいる。そのため、自動車メーカでも電子機器の検査が必要になってきた。

これら電子機器の検査には、1)LSIを含むICのリード外観検査 2)プリント板のパターン検査 3)実装部品の的外観検査 4)はんだ付け外観検査などがある。プリント板のパターン検査は、パターンの太り・細り・断線などの欠陥を検査するものである¹⁾。実装部品の的外観検査は、リード部品やチップ部品などの誤組付け・極性反転・部品の浮きなどを検査するものである²⁾。はんだ付け外観検査ははんだの有無・過不足・短絡などを検査するもので、最近急激に注目されている³⁾⁻⁵⁾。

ICリードの的外観検査は、ICの製造直後や自動挿入機での装着前に検査される。ICのリード不良ははんだブリッジやはんだ接合不良の原因となるので、リード外観検査は電子機器の信頼性確保の上で不可欠な検査である。しかも、最近ではフラットパッケージのICが増加して多ピン化と小ピッチ化の傾向にある。

これまでICリードの的外観をテレビカメラで検査する方式が提案されているが⁶⁾、筆者らは3次元視覚センサとテレビカメラを用いた検査方式を開発したので報告する。

本報告では、2章で開発した検査方式を、3章でこの方式を用いた試作検査装置の構成と検査アルゴリズムについて述べる。4章では、この方式による実験とその有効性について示す。

2. 検査方式

2.1 検査対象

薄型の四辺形をしたQFP型IC (Quad Flat Package, 以下QFP型ICと呼ぶ)は、面実装化ができ実装密度を高くできるために最近広く使われ始めている。

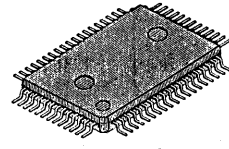


図1 QFP型ICの外観

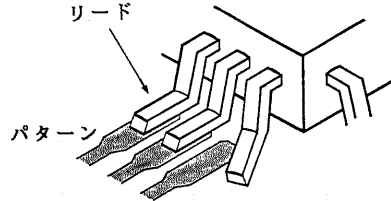


図2 ICリード欠陥によるはんだ付け不良

図1は、QFP型ICの外観を示したものである。このタイプのICには、四辺の長さが同じものや対向する二辺の長さが同じものがあり、ピン数も24ピンから多くなると300ピンにも及ぶものもある。ICの本体部はプラスチックまたはセラミックが用いられ、リード部は鉄とニッケルの合金が用いられている。

図2は、ICリード欠陥の一例を示したものである。正常なQFP型ICでは、リード間のピッチ、リードの長さおよびリードの高さは許容範囲内に収められている。このようなICで、リード間のピッチやリードの長さ不良があると実装時にはんだブリッジの発生の原因となり、またリード高さの欠陥ははんだ接合不良の原因となる。したがって、実装前にはリード間ピッチと長さ及び高さの検査が必要となる。このうち、リード間のピッチやリード長さは画像処理の従来の技術によって比較的容易に検査できるが、リード高さの検査は容易ではない。

図3は、リード高さすなわち浮きを等価的に高さに置き換えて検査しようとする方法である。この方法は浮きが大きければ検出できるが、浮きが少ないと精度良く検出することは難しい。

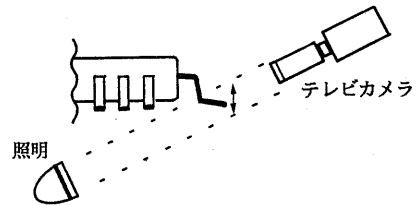


図3 テレビカメラによる高さ測定

2.2 基本アルゴリズム

図4は、開発した検査方式である。この方式は、リードの長さをTVカメラを使った画像処理で、リード高さとしリード間ピッチを3次元視覚センサで検査する方式である。リード間ピッチはTVカメラでも検査できるが、リード長さとしピッチの計測に必要な分解能が異なるため1台のTVカメラでは計測できなく検査装置としても大がかりになる。この方式では、3次元視覚センサによって検査することにして、この3次元視覚センサは投光法による三角測量法を用いているため、検査すべき対象物の表面状態の影響を受けることがある。

図5は、検査対象のQFP型ICのリード表面を示したものである。はんだ付けを容易にするためリード表面はある種の処理が施されている。そのため、その表面は拡散反射面でもなく、またはんだのように正反射面でもない。拡散反射面に正反射面が局在する表面となっている。そのため、投光法を用いるときには何らかの工夫が必要となる。

図6は、筆者らの提案するリード表面の状態になるべく影響を受け難くして反射光を得る方法である。この方法は3次元視覚センサの投射する光強度の制御と投射する位置の制御を併用し、検出された反射光の線幅を計測し、その計測値が設計値の許容範囲であることを確認して計測する方法である。

投射光強度制御では、反射光の強度が低くてリード線幅が測定できないときには投射光強度を高くし、反射光強度が高すぎるとリード線幅が測定できないときには強度を低くする。投射光位置制御では、投射した光がリード表面の鏡面状態のような部分に当たったときは線幅が許容値外となり、この場合は投射位置を変化させる。

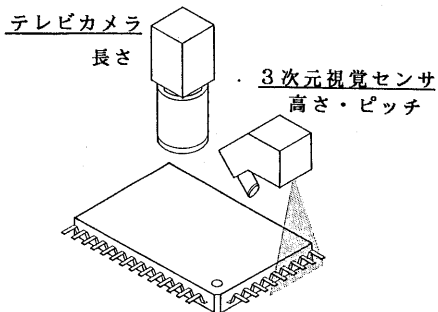


図4 外観検査の方式

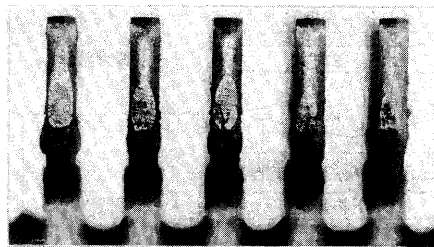
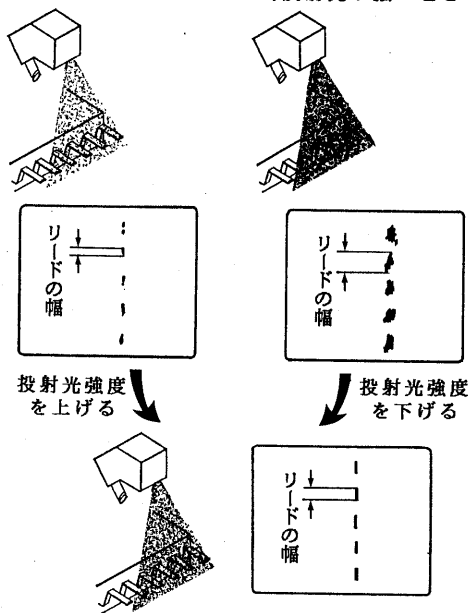


図5 ICリードの表面

i) 投射光強度制御

a) 反射光が弱いとき b) 反射光が強いとき



ii) 投射位置制御

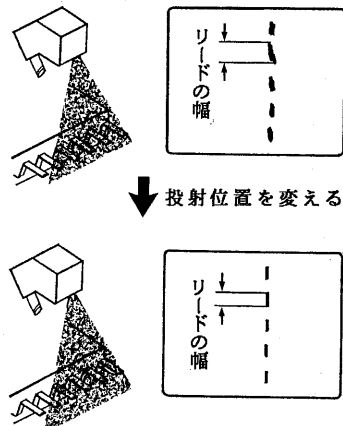


図6 リード高さとしリードピッチの測定法

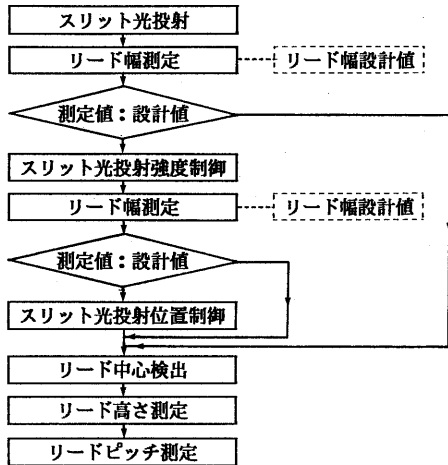


図7 リード高さとリードピッチ測定の基本アルゴリズム

図7は、この方式を用いたICのリード高さやリードピッチを計測するための基本アルゴリズムである。事前に設定した強度のスリット光を投射し、リード幅計測値が設計値内にあれば、そのリードの先端部の中心位置を検出しそれからリード間ピッチを計測する。

計測値が設計値を外れていれば、まずスリット光強度制御を行い、それでも許容範囲の計測値が得られないときには、許容範囲に入るようにスリット光位置制御を行う。

3. 試作検査装置

3.1 3次元視覚センサ

リードの高さとピッチを測定するために、新しく3次元視覚センサを開発した。この視覚センサの3次元座標は、光切断法を用いた三角測量法で検出される。FA分野で広く用いられるよう、高速・高精度かつ小型化の設計が行われている。

図8は、このような目的のために開発した3次元視覚センサの構成である。このセンサは、センサヘッドと座標演算部で構成されている。高速に3次元座標を検出するために、座標演算はすべてハードウェアによりパイプライン処理され、また高精度化のために光切断線の重心位置が求められている。また、対象物の表面性状の影響を受け難くするために、スリット光の対

象物体からの反射強度に応じて投射する光強度が制御される。

図9は、3次元視覚センサの外観である。センサヘッドで検出された3次元座標は、2枚の専用ボードで実時間演算される。センサヘッドの重さは780gである。表1にこの3次元視覚センサの性能を示す。測定範囲は、動作距離22mmの位置で6.0mm(Y)×±2.5mm(Z)である。測定精度は±0.02mm、検査時間は1スリット分の484点の演算に33.3msである。

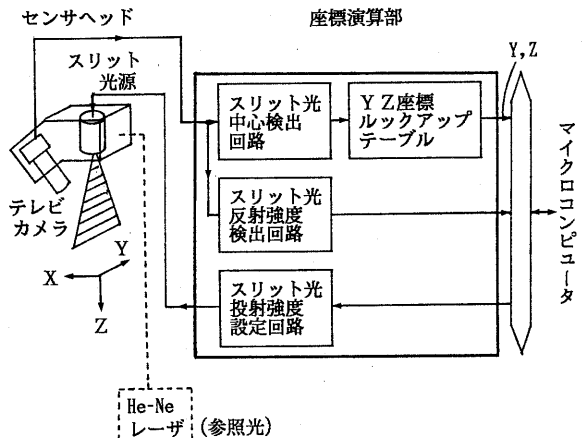


図8 3次元視覚センサの構成

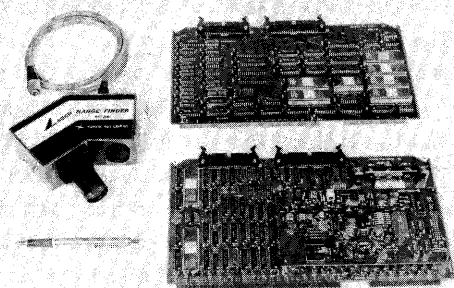


図9 3次元視覚センサの外観

表1 3次元視覚センサの性能

動作距離	22mm(Z)
測定範囲	6mm(Y)×±2.5mm(Z)
測定点数	484点(Y)
測定精度	±0.02mm(Y,Z)
測定時間	33.3ms/484点

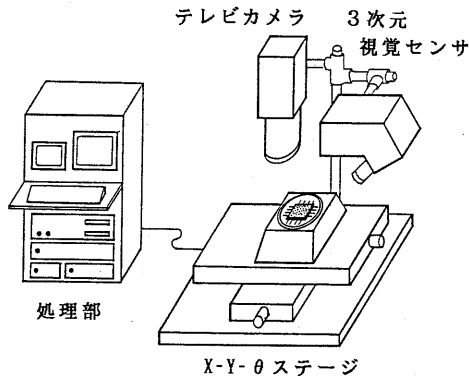


図10 試作検査装置の構成

3.2 構成

開発したアルゴリズムの有効性を確認するために検査装置を試作した。

図10に、試作検査装置の構成を示す。この試作装置は検査部と処理部で構成されている。検査部は、QFP型ICの位置決めとリード長さ測定を行うTVカメラ、リード高さおよびピッチ測定を行う3次元視覚センサ、およびICの搬送を行うX-Y-θステージにより構成される。TVカメラの画素のX-Y軸と3次元視覚センサのスリット光投射方向とX-Yステージの移動方向はあらかじめ一致するように設定されている。ICは真空ポンプにより検査台に固定される。また、ICに対して透過照明を用いてコントラストのよい画像を得ることで画像の2値化を容易にしている。処理部はパソコンにより検査部の制御・測定を行い、各種データの表示・検査判定を行っている。

3.3 検査アルゴリズム

3次元視覚センサを使って、リード高さやピッチを測定するためには、リードの先端に正確にスリット光を投射する必要がある。そのため、QFP型ICの正確な位置決めが必要である。試作検査装置では、先ずTVカメラで精密な位置決めを行った後にリード長さ測定を行い、次に3次元視覚センサによりリード高さおよびピッチの測定を行う。

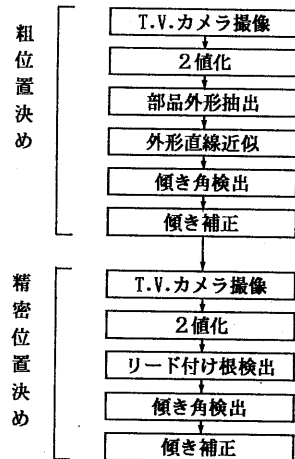


図11 位置決めアルゴリズム

図11に、QFP型ICの位置決めアルゴリズムを示す。位置決めは、部品本体の外形により粗い位置決めを行い、次にリードの付け根により精密に位置決めをする2段階で行う。粗い位置決めは、リードの付け根を高速かつ正確に検出するために行っている。

まず、透過照明されたICをTVカメラにより撮像し所定のレベルで2値化する。次に画像の収縮処理により、リード部を取り除き部品本体の外形を抽出する。抽出された外形の1辺からサンプル点として等間隔に10点を選び、外形直線近似を行う。この直線のTVカメラX軸（またはY軸）に対する傾きをICの傾き角として検出し、その角度分だけ部品を回転させ傾き補正を行う。この時、本体の外形抽出だけではばりのため精密な位置決めはできない。そのため、製造工程上安定なリード付け根部を基準として精密位置決めを行う。

精密位置決めでは、粗位置決めと同様、先ず2値画像を得る。この2値画像から向かい合う辺のリード付け根部を検出する。向かい合ったリードの付け根部を結ぶ線分とTVカメラのX軸（またはY軸）との傾き角検出を行い、その角度を基に傾き補正を行う。

図12は、開発したQFP型ICのリード外観検査アルゴリズムである。

テレビカメラによって位置決めを行った後、このテレビカメラでリード長さを測定する。長さ測定は位置決めされたQFP型ICのリード先端を2値画像から検出し、向かい合うリードの先端間の距離をTVカメラで測定する。リード長さの測定が終わると、ICはTVカメラの下から3次元視覚センサの下へと搬送され、この3次元視覚センサでリード高さやピッチ測定が行われる。

この時、ICはリード長さ測定時に検出したリード先端の位置情報によってリード先端にスリット光が正確に投射されるように搬送される。

リード高さやピッチの測定は、スリット光を四辺のリードの先端に順番に投射して測定する。リード本数が多いために1回のスリット光の投射では測定できないときには、複数回に分けて一部のリードをオーバーラップさせて測定する。

以下に、1回のスリット光投射でのリード高さやピッチの測定方法を示す。

まず、事前に設定した強度のスリット光を精密に位置決めされたICのリード先端部に投射し、検出された反射光からリードの幅を測定する。リードの幅は製造工程上安定であることから、リードの幅の測定値を反射光の良否の目安とすることを考える。良い反射光が得られていれば、設計値の許容値内の測定値が得られるはずである。測定値と設計値の差を求め、測定値が設計値許容範囲を越えた場合には、投射するスリット光の強度を変える投射強度制御を行う。

投射強度制御だけでは良い反射光が得られないときには、スリット光を投射する位置を変える投射位置制御を併用する。これらにより良い反射光を得られる様にしてから、リード高さやピッチの測定を行う。実際には、測定値が大きすぎるために許容値をはずれた場合には、よい反射光が得られるまで投射強度を徐々に下げていく。逆に、測定値が小さすぎるために許容値をはずれた場合には、徐々に投射強度を上げていく。投射強度が最大になっても、表面性状による鏡面反射などの影響で良い反射光が得られない場合には、上述のように投射強度と投射位置を制御して良好な反射光を得られるようにして、リード高さやリードピッチを測定する。

これらの投射強度制御や投射位置制御は各リ

ードについて行われ、それぞれのリードが許容値となったときの反射光データを蓄えていく。全てのリードが許容値に入ったら、反射光データからリード高さ・ピッチを測定するためのリード中心点を求める。中心点を求めるとき、微小なリード表面の凹凸により生じるデータの欠落や多重反射によるノイズなどは周辺の値を代入して補完する。中心点が求められると、それを基にリード高さやピッチが測定される。

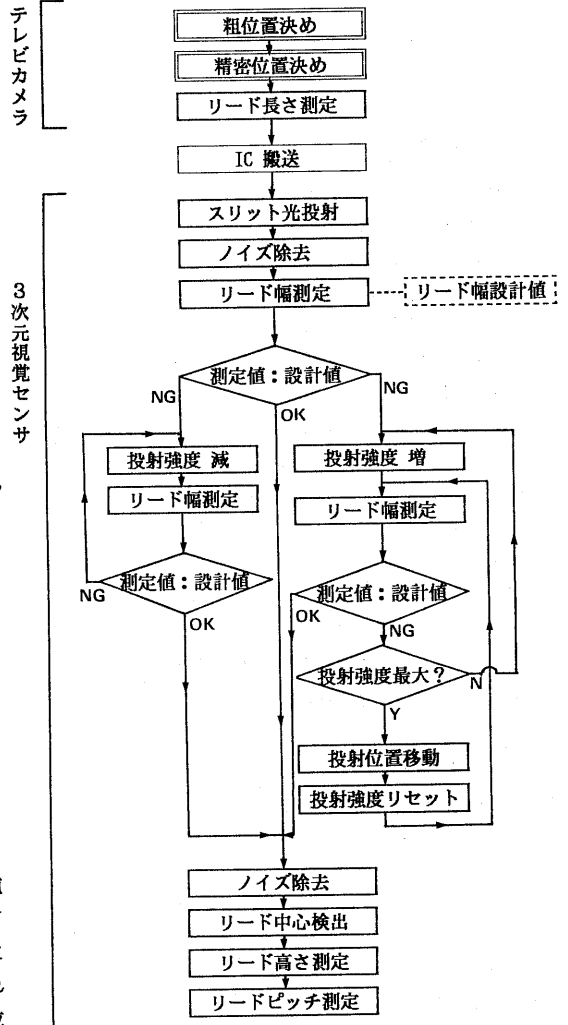


図12 リード外観検査アルゴリズム

4. 実験と結果

4.1 検査精度

試作した検査装置を用いて、開発したアルゴリズムの有効性を確認するための実験を行った。

図13は、検査の対象としたQFP型ICの外観である。本体は10mm×10mmの正方形をしていて、1辺が11ピンで全部で44ピンのリードがある。リードの幅の設計値は0.3mmで、その他の設計寸法は図に示すとおりである。これらの値をもとに検査目標精度を設定した。

表2は、試作検査装置の性能である。サンプル数は10個で、これらについて各検査項目の真値をリード長さとはピッチは万能投影機により、リード高さはスポット光型変位センサであらかじめ測定した。

10サンプル（リード本数440本）について、リード高さを含む各検査項目が定量測定でき、それらが目標精度を満たすことを確認した。検査時間は1部品あたり9秒で、処理に3秒、ステージによるICの搬送に6秒している。この値はラインタクト10秒/部品を満たす値である。

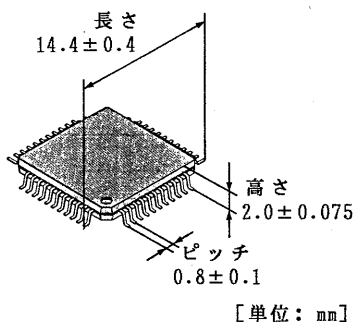


図13 検査対象としたQFP型IC

表2 試作検査装置の性能

項目	性能値
検査精度	
リード長さ	±0.078mm (目標: ±0.10mm)
リード高さ	±0.014mm (" : ±0.019mm)
リードピッチ	±0.022mm (" : ±0.025mm)
検査時間	9秒 [処理:3秒, ステージ搬送:6秒]

4.2 試作検査装置による評価結果

試作した検査装置の性能を調べるため実験室において評価実験を行った。現場の検査員により良否の判別がなされた120サンプルについて試作装置により各検査項目の測定を行った。その結果、120サンプル全てについて各検査項目の定量測定ができ、さらにその結果は検査員の目視検査による良否の判別結果とも一致した。

5. むすび

本報告では、3次元視覚センサとテレビカメラを用いたQFP型ICリードの外観検査方式とその有効性について報告した。3次元視覚センサを用いて、リード表面性状の影響を考慮した検査方式により、これまで精度よく測定することが難しかったリード高さも精度良く測定することができた。さらに、検査に必要な位置決めを長さ測定と同一のテレビカメラで行い、リードピッチ測定を3次元視覚センサでリード高さと同時間測定を行うことで、コンパクトな装置構成を実現できた。有効性確認の実験では、限度見本サンプル（120部品）すべてについて定量測定ができ、さらにこれまでの目視検査の良否判定とも一致した。今後は、このシステムの実用化を進める予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、機会あるごとに励ましをいただいた当研究所 五十嵐伊勢美副所長と細野晃取締役、ご指導をいただいた高橋信明研究8部部長、ならびに研究開発の段階で熱心にご討議いただいた日本電装(株)IC製造部と工機部の関係各位に深謝します。

参考文献

- (1) 例えば, 原靖彦, 柄崎晃一, 宇部幸雄: “プリント基板パターン検査の自動化”, 信学論C, 67-C, 5, pp.435-442(1984-05)
- (2) 例えば, 高木裕治, 勝田大輔, 秦清治, 大井輝男, 村田啓一, 小林拓治: “光切断法を用いた面付け基板の外観検査装置”, 精密工学会画像応用技術専門委員会報告, 3, 1, pp.1-1 1 (1988-06)
- (3) 小林茂樹: “はんだ付け自動検査技術について”, 精密工学会画像応用技術専門委員会報告, 4, 1, pp.11-18 (1989-07)
- (4) 津田幸文, 池谷和俊, 荒木信博, 三宅邦夫, 鳥羽広門, 脊戸卓美: “光切断法による高速3次元計測とその応用”, テレビ学会技報, 14, 49, pp.13-18 (1990-09)
- (5) 水野修児, 木村敏文: “フラットパッケージICのリード検査技術の開発”, 第1回日本自動制御協会インテリジェントFAシンポジウム, pp.73-74 (1987-07)
- (6) 森永, 東野: “IC外観検査装置”, 昭62電気関係学会九州支部連大 (1987-10)