

3次元視覚センサによる実装部品外観検査

塚田敏彦 小関 修 中野倫明 山本 新

㈱ 豊田中央研究所

あらまし プリント基板に装着されたリードを有する電子部品（以下、電子リード部品と呼ぶ）の浮き不良を検査する新しい方式を開発した。この方式は、電子リード部品本体の材質や色の影響を受けないように、電子リード部品のリードの端点の高さから浮き不良を検査する。まず、3次元視覚センサで得た電子リード部品の3次元画像から部品の幅の情報を得る。次に、部品の幅と幅の変化率を用いてリードの端点を抽出する。そして、抽出した端点の高さを正常部品の端点の高さと比較して浮き不良を判定する。

試作システムを用いた実験において、浮き度合の計測精度として目標値を満たす $\pm 0.14\text{mm}$ が得られ、開発した方式の有効性が確認された。

Inspection of Electronic Component with Lead Using 3-D Vision Sensor

Toshihiko TSUKADA Osamu OZEKI Tomoaki NAKANO Shin YAMAMOTO

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

Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Abstract A new method for inspecting the lifting of electronic components with leads, which are loaded on printed circuit boards, has been developed. This method inspects the lifting of components from the height of the edges of the leads without influence of the material of the component body. The edges of the leads are detected from the width of the components obtained with a 3-D vision sensor.

In the experiments using a prototype system, the accuracy of detection was $\pm 0.14\text{mm}$. This result confirms the effectiveness of the developed method.

1. まえがき

近年、自動車のエレクトロニクス化は非常な勢いで進展し、自動車に搭載される電子機器もエンジン制御やシャシー制御など個別の制御から、これらの制御を統合する総合制御の方向に進んでいる。

これらの電子機器に用いられる電子部品も、全般的には高集積化の観点からチップ部品を採用する傾向にあるが、必ずしも高い集積度が要求されない電子機器については、現在でもリードを有する電子部品（以下、電子リード部品と呼ぶ）が数多く用いられている。

これらの電子リード部品で構成された電子機器の実装後の検査は、これまで目視検査によって行われていたが、生産ラインの自動化に伴い検査の自動化が必要となってきた。

実装後のチップ部品の検査に関しては、幾つかの報告^{(1)~(4)}がなされている。その多くはスリット光を検査すべきチップ部品に投射し、テレビカメラの撮像画像の高さ情報を用いてその実装状態を検査する方式である。光源として1本のスリット光を用いる方法の他に、複数本のスリット光や交差させたスリット光を用いる方法などが提案されている。

筆者らは、1本のスリット光を用いた3次元視覚センサを用い、実装後の電子リード部品の外観検査方式を開発したので報告する。実装後の外観検査には欠品・誤組付け・極性違い・浮き不良等があるが、ここでは浮き不良を中心に述べる。本報告では、2章で考案した検査方式を、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、評価実験によってこの検査方式の有効性を示す。

2. 検査方式

2.1 検査対象

電子リード部品の実装不良には、図1に示すように欠品、誤組付け、極性違いおよび浮き不良がある。欠品とはあるべき部品が実装されていないことで、誤組付けとは間違った部品が組付けられていることである。このうち、浮き不良を除けば2次元画像処理で検査することができるが、浮き不良はその適用が難しい。

図2は、電子リード部品の浮き不良を示した

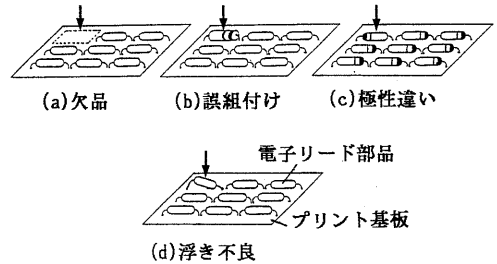


図1 電子リード部品の実装不良の例

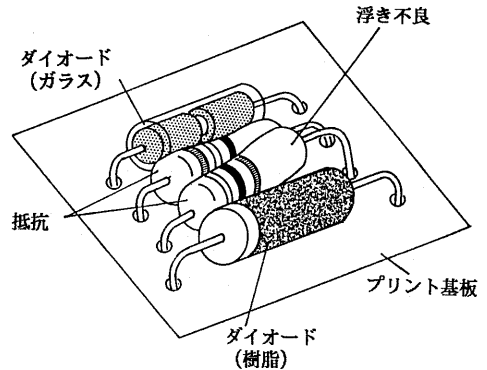


図2 電子リード部品の浮き不良

ものである。今回検査すべき対象とした部品は、金属皮膜製の抵抗、樹脂製およびガラス製のダイオード等である。これらの部品はかなりの密度で実装されているため、テレビカメラによってその浮き度合を精度良く検出することができない。そのため、2次元画像処理での検査は難しく、3次元画像処理が必要となる。

3次元画像を得る最も安定した方法は、現時点ではスリット光を用いた投光法であると考えられる。検査対象の電子部品の本体は、ダイオードでは樹脂製とガラス製で抵抗のカラーコードには黒を含め10色使用されているため、投光法では安定した3次元画像を得ることが難しい。

2.2 基本アルゴリズム

図3は、考案した浮き不良検査の基本方式を示したものである。検査すべき電子リード部品にスリット光を投射し、対象物を移動させてその反射光をテレビカメラで撮像して距離情報を含む3次元画像を得る。この3次元画像を高さを含む2次元画像で表すと、図示のようになる。

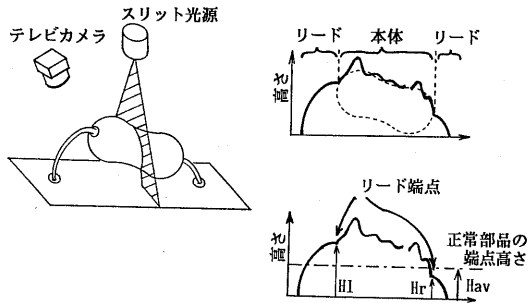


図3 浮き不良検査の基本方式

電子リード部品の材質や色によってその表面反射率が異なるため、その本体からの画像だけでは安定に本体部を切り出すことができない。

本方式はリードの端点に着目し、このリード端点を安定に検出して、リード端点の高さの差から以下の式に基づいて浮きの度合を検出する。

$$\text{浮き度合} = |H_{av} - H_l| + |H_{av} - H_r|$$

ここで、 H_{av} :正常部品の端点の高さ

H_l, H_r :検査対象部品の端点の高さ

図4は、浮き不良検査の基本アルゴリズムである。撮像した3次元画像に部品の幅と幅の変化率の情報を使ってリード部を切り出し、これからリード両端の端点を検出する。検出された端点の高さの値を前述の式に入れ浮き度合を計算する。正常部品の端点の高さの値は設計値が用いられる。

3. 試作検査装置

3.1 3次元視覚センサ

図5に試作検査装置に用いた3次元視覚センサの構成を示す。この3次元視覚センサは、電子リード部品の3次元情報を検出するために開発したもので、撮像ヘッドと実時間の座標測定を行なうための座標演算ボードで構成されている。

撮像ヘッドはスリット光源とテレビカメラからなる。スリット光は半導体レーザーのスポット光を円筒レンズで変換して得ている。半導体レーザーの波長は一般の照明の影響を受けないように近赤外の830nmに選んでいる。反射光を撮像するためのテレビカメラは384(水平)×484(垂直)画素の小型CCDカメラを用いている。テレビカメラのレンズには半導体レーザーの波長以

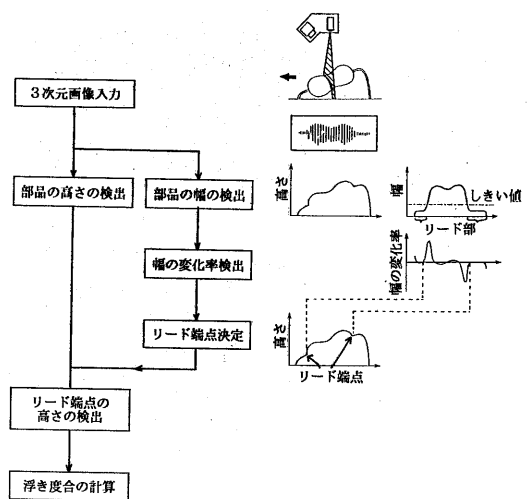


図4 浮き不良検査の基本アルゴリズム

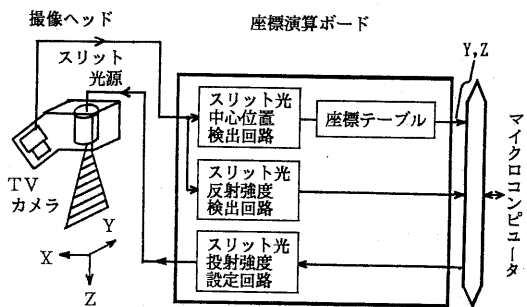


図5 3次元視覚センサの構成

外の光を遮断するためのフィルターが装着されている。

座標演算ボードは、撮像素子上のスリット光像の位置を検出するスリット光中心位置検出回路とこの位置を3次元座標値に変換するための座標テーブルなどで構成されている。これらの回路は実時間で座標測定するためにすべて専用のハードウェアで構成されて、2枚のマルチバスボードに収められている。図6にこのセンサの外観写真を示す。

表1はこのセンサの性能である。測定範囲は撮像ヘッド内のスリット光源から70mmの位置で30mm(Y)×±10mm(Z)、測定精度はY方向が±0.1mm、Z方向が±0.05mmである。測定点数はスリット光に沿って484点、測定時間は実時間

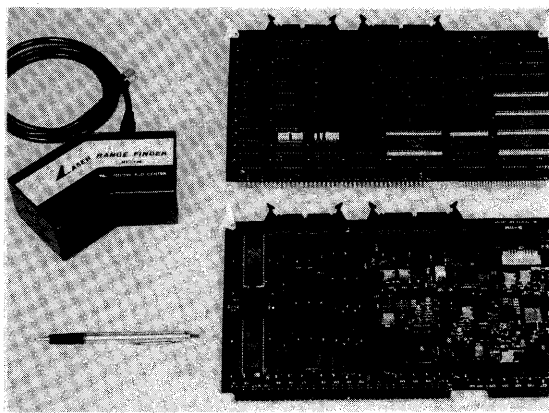


図6 3次元視覚センサの外観写真

座標測定により484点につき33.3m秒である。

3.2 構成

図7は考案した方式を用いた試作検査装置の構成である。この装置は、プリント基板を移動させ基板全体についての電子リード部品の3次元情報を得るためのX-Yステージと3次元視覚センサ、および3次元視覚センサにより得た3次元情報から3次元画像を生成し、これを処理して電子リード部品の浮き度合いを検出するための処理部からなる。

プリント基板の大きさは90mm×90mmで、Y方向に30mmずつ3回に分けて3次元視覚センサにより走査し基板全体の3次元画像を検出する。このときの3次元情報の検出の密度は、X方向に40スリット/10mmである。

3.3 検査アルゴリズム

図8は、試作装置の検査の処理の流れである。まず、電子リード部品が実装されたプリント基板全体の3次元画像を入力する。この3次元画像から、基板の部品実装位置の設計値をもとに個々の電子リード部品を切り出す。基板面の回路パターンからの反射や電子リード部品相互による多重反射によって発生するスパイク状ノイズ（周辺のデータに比べ高さの大きく異なるデータ）をメジアンフィルタにより除去した後、電子リード部品の高さを検出する。このとき、基板のその影響を除くため、電子リード部品近傍の基板高さを求めて電子リード部品の高さの補正を行う。この高さ検出と同時に電子リード部品の幅を検出してリード部を大まかに切り

表1 3次元視覚センサの性能

動作距離	70mm(Z)
測定範囲	30mm(Y)×±10mm(Z)
測定点数	484点
測定精度	±0.1mm(Y) ±0.05mm(Z)
測定時間	33.3m秒/484点

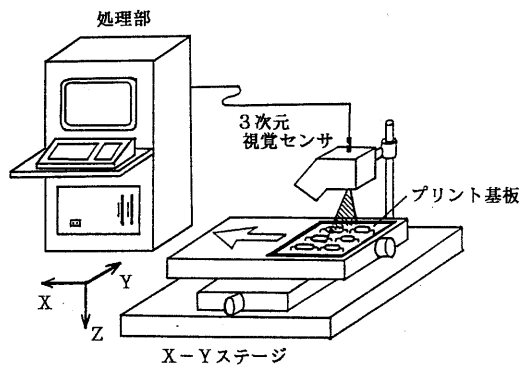


図7 試作検査装置の構成

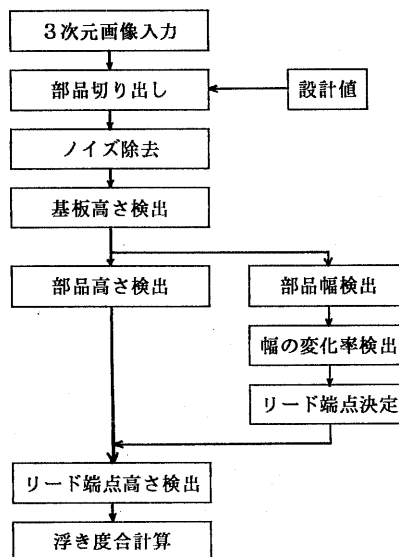


図8 検査の処理の流れ

出し、さらに、部品本体とリード部のつながる点（リード端点）において部品の幅が大きく変化することを利用してリード端点を決定する。決定されたリード端点の高さを求め、この値から前述の式により浮き度合を計算する。

4. 評価実験

4.1 実験方法

考案した浮き不良検査方式の有効性を検証するために試作検査装置を用いて評価実験を行った。表2は実験に用いた対象電子リード部品である。部品の種類は抵抗とダイオードである。抵抗は金属皮膜型で表面には黒を含む10色のカラーコードが塗布されている。その寸法は表の3種類（1/8ワット、1/4ワット、1/2ワット）である。ダイオードは樹脂製とガラス製があり、表面の色は、樹脂製は黒、ガラス製は透明である。

サンプル数は、抵抗3種類、樹脂ダイオード、ガラスダイオードの合計5種類の部品のそれぞれにつき、浮き度合を約0mm、0.4mm、0.8mm、1.2mmの4段階とした合計20個である。

実験は2通り行った。1つは、検査アルゴリズムの検証のためのもので、プリント基板をX-Yステージに位置決めするときの位置ずれがない状態で行った。他の1つは、実用上の観点から、上記の位置ずれを±0.5mm与えたときとした。さらに後者の実験においては、3次元視覚センサの死角の影響を調べるため、図9に示すように3次元視覚センサによる電子リード部品の観測方向を、部品の浮き方向とその反対方向の2方向とした。

4.2 実験結果

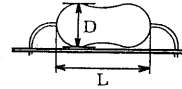
図10は、検査アルゴリズムの検証のための実験結果である。この図において横軸は、部品の浮き度合の基準値であり、ここでは、スポット光型の変位センサを用いリード端点高さを計測して求めている。測定回数は10回とし、その±2σを求めた（誤差棒の大きさは図中の○印などと同程度であるため省略している）。この結果より、考案したアルゴリズムにより±0.11mmの浮き度合測定精度が得られることが明らかになった。

図11は、試作検査装置の実用性を考慮して、プリント基板の位置ずれを考慮したときの実験

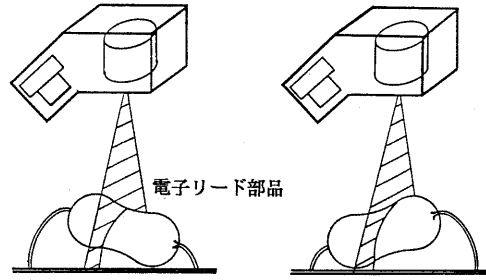
表2 対象電子リード部品

部品種類	材質	色	寸法（本体部分）	
			(D)	(L)
抵抗	金属皮膜	黒を含む10色	1.3φ×3.3	(1/8ワット)
			2.1φ×6.0	(1/4ワット)
			3.4φ×8.0	(1/2ワット)
ダイオード	樹脂	黒	2.7φ×5.0	
	ガラス	(透明)	1.5φ×3.8	

単位：[mm]



3次元視覚センサ



(a) 浮き方向

(b) 反対方向

図9 電子リード部品の観測方向

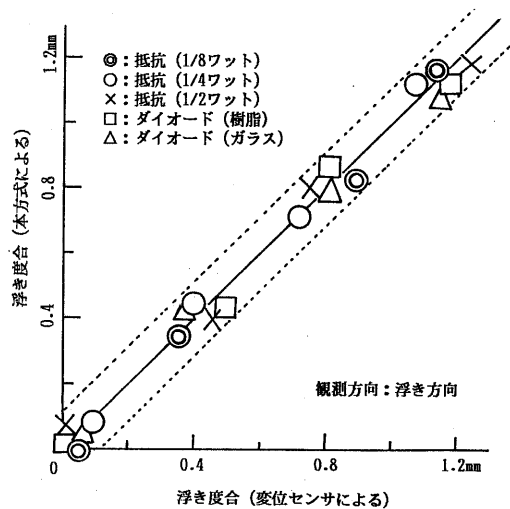


図10 実験結果1

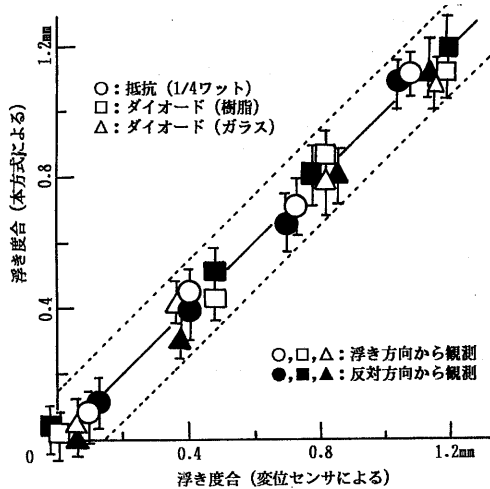


図11 実験結果2

結果である（抵抗については寸法による有意差がないので1/4ワットの場合を代表値として示している）。測定回数は10回で誤差棒は $\pm 2\sigma$ である。図に示すように、このときの浮き度合の測定精度は、3次元視覚センサの観測方向の影響を含めて $\pm 0.14\text{mm}$ であり、この検査の目標値である $\pm 0.15\text{mm}$ を満たすことを確認した。

表3に試作検査装置の性能をまとめて示す。検査時間は、160部品/基板の場合で0.45秒/部品であり、目標値の0.5秒を満たしている。

5. むすび

プリント基板に実装された電子リード部品の外観検査のうち、3次元画像処理が必要な浮き不良について検査方式を考案した。この方式は、部品本体の材質や色の影響を受けずに安定に浮き度合を検査するためにリード端点の高さを検出する。リード端点の高さの検出は、3次元視覚センサで得た電子リード部品の3次元画像について部品の幅と幅の変化率を調べて行う。

この方式を用いた試作検査装置による評価実験により、目標値を満たす $\pm 0.14\text{mm}$ の浮き度合計測精度が得られ、考案した方式の有効性が確認できた。

今後は、試作検査装置による実際の工程での評価試験を行い、実用化を進める予定である。

最後に、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

表3 試作検査装置の性能

対象基板	自動車電子機器用プリント基板 (部品実装数:160部品/基板)
電子リード部品種類	抵抗(1/8,1/4,1/2ワット) ダイオード(ガラス,樹脂)
検査項目	浮き
検査精度	$\pm 0.14\text{mm}$
検査時間	平均0.45秒/1部品

美副所長と細野取締役、種々の指導をいただいた高橋信明研究8部部長に深謝いたします。

<参考文献>

- (1) 稲垣, 柿木, 安藤: “3次元姿勢計測による実装部品検査技術”, 電学論C, Vol.61-C6, pp.1-8 (1986)
- (2) 小松, 宇野, 小野, 井上, 井出, 鈴木, 関口: “基板実装部品検査装置”, SICE'86, pp.505-506 (1986)
- (3) 柿森, 森本, 岸本, 高橋: “高密度実装の高速高精度検査方式”, 精密工学会昭和62関西地方定期学術講演会論文集, pp.123-124 (1987)
- (4) 高木, 勝田, 秦, 大井, 村田, 小林: “光切断法を用いた面付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研究会報告, Vol.3, No.1, pp.1-11 (1988)