

キトウ シュウイチロウ

氏 名 鬼頭 秀一郎
学位の種類 博士 (工学)
学位記番号 博第1058号
学位授与の日付 平成28年6月22日
学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目 電子部品の形状認識に関する研究
(A Study of Shape Recognition of Surface Mount Devices)

論文審査委員 主査 教授 梅崎 太造
教授 本谷 秀堅
教授 伊藤 孝行

論文内容の要旨

現在、我々を取り巻く環境には多くの電子機器が溢れている。パソコンや録画機器などはこれまでも広く使われているが、スマートフォンや携帯電話、デジタルカメラ等に代表される携帯型の電子機器の発展は特に著しく、多くの人がスマートフォンなどの端末を持ち歩いている。これらの電子機器は電子部品実装機（マウンタ）を用い、プリント基板上に表面実装部品を装着することで製作される。マウンタには高精度な実装機能が要求されると同時に、生産性の観点から実装速度や生産準備に必要な工数の少なさがマウンタの重要な評価項目となる。近年、多量少品種の生産形態から、ユーザーのカスタマイズ等に応じた少量多品種の生産も行われるようになった。少量多品種の生産を行う場合、生産の切り替え毎に必要な供給部品の変更や生産に必要な各種データの準備工数は、多量少品種生産に比べ、総生産時間に対する生産準備時間が相対的に大きくなる。そのため、生産準備にかかる時間を極力少なくすることが重要な課題である。

マウンタはプリント基板上へ電子部品を装着するにあたり、ノズルを用いて部品を供給装置から吸着し、プリント基板上へ搬送するまでの間にカメラにより部品の吸着姿勢を画像処理により検出、検査を行う。基板生産のための準備にかかる時間は大きくわけて、実装機のレイアウト、実装データの準備、供給部品の準備の3つがあげられる。このうち、実装データの準備では、部品の吸着姿勢の画像処理に使用するための「形状データ」および「画像処理アルゴリズム」を部品毎に用意する必要があり、工数増大の要因となる。従

来研究で、電子部品の自動分類器や形状データの自動生成に関する報告があるが、特にコネクタ部品では自動分類性能が低く、またリードと呼ばれる電極形状の多様性から、形状データの自動生成も困難だった。そこで本稿では、画像認識技術を応用し従来手法の電子部品の自動分類性能の向上と、リードの形状データの自動生成を目的としている。

第1章ではプリント基板生産の概要を示し、本論文の目的を述べる。

第2章では表面実装作業に必要な作業と本論文の対象となる部品種類、撮像装置について述べ、形状データ生成の自動化が必要となる理由を述べる。

第3章では、電子部品の分類性能向上のため、特に分類性能の低いコネクタ部品の特徴抽出法について述べる。はじめに従来手法の評価を行い、コネクタ部品の持つ特徴に着目した分類手法を提案する。コネクタ部品はプリント基板上の電極と電極を接続するための部品であり、通常リードと呼ばれる短冊状の電極が等間隔で並べて取り付けられていることが多い。また短冊状の電極は部品のボディ部から外側へ向いて取り付けられていることが一般的である。そこでリード群の存在領域とその並びの周期性からリードの持つ共通の特徴量の取得方法を提案する。具体的には、部品画像中からリードの存在する可能性が高い領域に対してFFTを適用してパワースペクトル画像を作成し、パワースペクトル画像からHLACにより特徴量を抽出し、得られた特徴量をサポートベクターマシンで判別することでコネクタ部品か否かを判別する方法を提案する。この判別器を従来の分類器に組み込むことにより、コネクタ部品に対する分類性能は40.0[%]から91.3[%]へ、部品種類全体では89.2[%]から96.0[%]に向上することが確認できている。

第4章では、コネクタ部品が有するリード電極の形状データ生成法について述べる。コネクタ部品に取り付けられているリードは様々な形状があるため、AdaBoostを用いたリード検出法を提案する。しかし、電子部品には局所的に見ればリードに見える部分が多く、単純にAdaBoostを応用した認識法だけでは誤認識が発生する。そこでリードの周期性を得るために音声関係でピッチ検出に用いられる正規化二乗差関数(NSDF)を用いたリード群抽出法を提案する。NSDFによるリード群抽出法とAdaBoostによるリード検出法を組み合わせることにより、Positiveリードの検出性能をほぼ低下させずに、リードの誤検出を24.5[%]から2.4[%]へと削減することが確認できている。この手法を用いることでこれまでに部品形状データの自動作成が不可能なコネクタ部品でも形状データを自動生成することが可能となり、形状データ作成における工数削減が期待できる。

第5章「むすび」では、本論文で得られた知見を総括して結論を述べている。

論文審査結果の要旨

現在、我々を取り巻く環境には多くの電子機器が溢れている。パソコンや録画機器などはこれまでも広く使われているが、スマートフォンや携帯電話、デジタルカメラ等に代表される携帯型の電子機器の発展は特に著しく、多くの人々がスマートフォンなどの端末を持ち歩いている。これらの電子機器は電子部品実装機（マウンタ）を用い、プリント基板上に電子部品を装着することで製作される。マウンタには高精度な実装が要求されると同時に、生産性の観点から実装速度や生産準備に必要な工数の少なさがマウンタの重要な評価項目となる。近年、多量少品種の生産形態から、ユーザーのカスタマイズ等に応じた少量多品種の生産も行われるようになった。少量多品種の生産を行う場合、生産の切り替え毎に必要な供給部品の変更や生産に必要な各種データの準備工数は、多量少品種生産に比べ、総生産時間に対する生産準備時間が相対的に大きくなる。そのため、生産準備にかかる時間を極力少なくすることが重要な課題である。

マウンタはプリント基板上へ電子部品を装着するにあたり、ノズルを用いて部品を供給装置から吸着し、プリント基板上へ搬送するまでの間にカメラにより部品の吸着姿勢を画像処理により検出、検査を行う。基板生産のための準備にかかる時間は大きくわけて、実装機のレイアウト、実装データの準備、供給部品の準備の3つがあげられる。このうち、実装データの準備では、部品の吸着姿勢の画像処理に使用するための「形状データ」および「画像処理アルゴリズム」を部品種毎に用意する必要があり、工数増大の要因となる。従来研究で、電子部品の自動分類器や形状データの自動生成に関する報告があるが、特にコネクタ部品では自動分類性能が低く、またリードと呼ばれる電極形状の多様性から、形状データの自動生成が困難だった。そこで本論文では、画像認識技術を応用し従来手法の電子部品の自動分類性能の向上と、リードの形状データの自動生成を目的としている。

第1章ではプリント基板生産の概要を示し、本論文の目的と従来研究について述べている。

第2章では表面実装作業に必要な作業と本論文の対象となる部品種類、撮像装置について述べ、形状データ生成の自動化が必要となる理由を示している。

第3章では、電子部品の分類性能向上のため、特に分類性能の低いコネクタ部品の特徴抽出法について述べている。従来手法の評価を行い、コネクタ部品の持つ特徴に着目した分類手法を提案している。コネクタ部品は電極と電極を接続するための部品であり、通常リードと呼ばれる短冊状の電極が等間隔で並べて取り付けられていることが多く、短冊状の電極は部品のボディ部から外側へ向いて取り付けられていることが一般的である。この特徴を捉えるため、リード群の存在領域とその並びの周期性からリードの持つ共通の特徴量の取得方法を提案している。具体的には、部品画像中からリードの存在する可能性が高い領域に対してFFTを適用してパワースペクトル画像を作成し、パワースペクトル画像からHLACにより特徴量を抽出し、得られた特徴量をサポートベクターマシンで判別することでコネクタ部品か否かを判別する方法を提案している。この判別器を従来の分類器に組み込むことにより、コネクタ部品に対する分類性能が40.0 [%] から91.3 [%] へ、部品種類全体では89.2 [%] から96.0 [%] へ向上することが確認されている。

第4章では、コネクタ部品の多くが有するリード電極の形状データ生成法について述べている。コネクタ部品に取り付けられているリードは様々な形状があるため、AdaBoostを用いたリード検出法を提案している。電子部品には局所的に見ればリードに見える部分が多く、単純にAdaBoostを応用した認識法だけでは誤認識が発生するため、リード群抽出法との組み合わせにより、誤検出を削減する手法について述べている。具体的には、リードの周期的な並びに注目し、その周期性を得るために音声関係でピッチ検出に用いられる正規化二乗差関数(NSDF)を用いたリード群抽出法を提案している。NSDFによるリード群抽出法とAdaBoostによるリード検出法を組み合わせることにより、Positiveリードの検出性能をほぼ低下させずに、リードの誤検出を24.5 [%] から2.4 [%] へと削減できることを確認している。この手法を用いることでこれまでに部品形状データの自動作成が不可能なコネクタ部品でも形状データを自動生成することが可能となり、形状データ作成における工数削減が期待できる。

第5章「むすび」では、本論文で得られた知見を総括して結論を述べている。

以上、本論文は、これまで形状データの自動生成が困難だったコネクタ部品の分類手法およびリードデータの自動生成手法に対して、周期性に注目した新たな手法を提案しており、その結果、自動生成性能が向上し、実用的なシステムの構築に成功した。よって本論文は工学上および社会的に価値のあるものと考えられ、博士（工学）の学位にふさわしいものと認める。