

熟練技術者のように少量多品種に対応する人工知能搭載実装基板検査システムの研究開発 (172202101)

Research and development of an inspection system for mounting board with A.I.

研究代表者

熊谷 俊彦 東北電子産業株式会社
Toshihiko Kumagai Tohoku Electronic Industrial Co.,Ltd.

研究分担者

齋藤 武[†] 鈴木 章弘[†] 板橋 勉[†]
Takeshi Saitou[†] Akihiro Suzuki[†] Tsutomu Itabashi[†]
[†]東北電子産業株式会社
[†]Tohoku Electronic Industrial Co.,Ltd.

研究期間 平成29年度

概要

実装基板検査に必要な画像を熟練技術者の判断を取り入れた人工知能で自動取得するロボットアーム型実装基板検査システムを開発する。数台レベルの少量品でも自動検査を導入できるようになることにより、少量多品種の中小企業における低生産性の課題が、また、熟練技術者の判断を人工知能化することにより、中小企業や地方における、熟練技術者不足、人材不足、熟練技術継承問題が解決できることを目指す。

1. まえがき

社会実装を目指す研究開発であることから、現状の課題を市場や顧客から独自市場調査により収集した。結果、「技術的導入障壁」「多品種に対する低い柔軟性」「高価格」という、自動化に対する課題情報を得た。そこで、導入側によるシステム構築が不要な低い技術的導入障壁、自らと検査基板との相対位置把握を行う高い柔軟性を有したカメラによる位置補正を前提とした低コストのカメラ一体型人工知能搭載ロボットアームを開発した。具体的には、ロボットアームのシステム設計、機構設計、基板設計、ファームウェア設計、製作、モーター制御アルゴリズムシミュレーション、カメラによる自己位置推定の導入、カメラ画像と画像処理、機械学習等の開発環境構築を行った。

2. 研究開発内容および成果

(1) 生産性向上を目的とした自動化に対し、実際の市場における要望、課題の収集を実施し、以下のような大きく3つの課題が得られた。

- ①技術的導入障壁：ロボットの設置精度、ティーチング、安全規格など、導入障壁が高い。カメラやセンサー、画像処理やロボットをそれぞれ扱う企業はあるが、システム全体として扱う企業が見当たらない。
- ②低い柔軟性：導入コストを回収するには、導入設備の稼働率が重要であるが少量多品種生産では稼働率が上がりにくい。また処理内容が同じであるならデバイスサイズを変更しても構わないような柔軟性の高い自動化が求められる。ネットワークからの指示だけで、製品の切り替えを行いたい。
- ③価格が高い：自動化システムは数千万円～のイメージがある。カメラメーカーに自動化システムまで見積もり依頼をしたら非常に高額になり導入を延期している。

(2) ロボットアーム設計

ICT技術の「画像処理技術」「人工知能」を中心に、課題解決を目指す。

①「技術的導入障壁」及び「低柔軟性」に対する解決策：ロボットとカメラの仕様を知らなくても導入可能なロボット・カメラ一体型ロボットアームの開発。画

像処理技術を用いてロボットとサンプルの位置関係を厳密に調整することを不要にするロボット自身のサンプル位置自動認識。人工知能を用いて撮影するためのロボットティーチングを不要にする検査箇所自動判断。任意の撮影ポイントを任意の角度で撮影可能な6自由度ロボットアーム。

②「高価格」に対する解決策：画像処理技術を用いたカメラによる位置補正導入でギアやリンクの機構誤差の許容範囲を広げる。安価で軽量の部材による機構設計。機構部品軽量化に合わせて所要モーター出力を最適化。

③リンク設計：6自由度のロボットアームの制御をシンプルに行えるよう、ロボットアーム第5軸のxyz座標が1～3軸の制御で指定できるリンク機構を採用。

円錐に記載された軸は紙面水平方向の回転軸、円状に記載された軸は紙面垂直方向の回転軸。先端に、基板全体撮影用のカメラと、検査箇所詳細撮影用マイクロスコープカメラが搭載される。

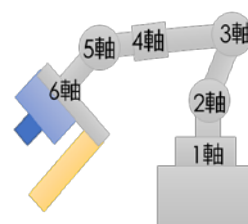


図1. ロボットアームリンク機構

④モータートルク計算：トルク計算にはリンクの重さ以外に、イナーシャ、姿勢、加速トルク等の考慮事項が多く、複雑な計算になるため、物理シミュレーションにて実施。

⑤ギア選定：モータートルクを満たすギアを選定する。実際にはロボットアーム用として一般的なゼロバックラッシュギアは入手性が悪く本研究開発に間に合わない事から入手性が良く低価格なギアを選定。バックラッシュは開発中の画像認識技術による位置補正技術で対応する。

⑥モーター選定：DCブラシレスモーター採用。高効率かつ最大のモーターワット数が80W以下であれば産業用ロボットの規格から外れ、より扱いが容易になる事から本設計では30W以下のモーターで設計を実施。ACモーターと比べて1/2～1/5程度の価格。ドライバ基板もコンパクトに低価格になる。高メンテナンス性。DCブラシモーターと異なりブラシ劣化の課題が無い。

(3) システム設計

- ①24V単一電源：サイズ120mm×150mmの制御&ドライバ基板で6軸全てを制御。
- ②6chエンコーダデコーダ搭載マイコン+各BLDCドライバICとのSPI通信による少ない部品点数。
- ③軸ごとの所要出力の違いに関わらず6軸全てのモーター駆動電圧、制御方法を統一。

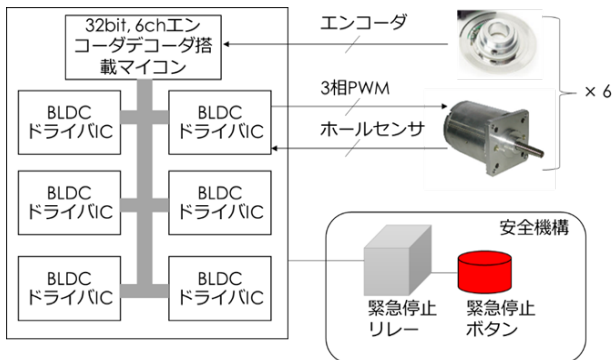


図2. システム概要図

(4) モーター制御アルゴリズムシミュレーション
ロボットアーム先端を直線移動させるためのモーター制御方法のアルゴリズム検証を下記要領で実施した。

- ①エンコーダ情報により現在のロボットアームの姿勢を取得。
- ②ヤコビアン行列を取得し各モーターを微小量動かしした際の変化量を計算。
- ③目的の先端位置へ移動させる為の各軸の微小変化量を算出し命令を実行。シミュレーションでは平面の動作である2リンク機構をリンク長さ1.0で実施。先端速度には加減速の制限と最大速度の制限を設けた結果、ロボットアーム先端の直線移動誤差は0.1%でモーター自体は非線形制御を実現した。

(5) カメラによる自己位置推定

カメラ一体型ロボットアームである利点を生かしたロボットアーム自身によるサンプル位置の自動推定には、チェッカーボード等を用いることにより、サンプル位置とロボットアームの位置を自動で認識させることが出来る。



図3. ロボットとサンプルとの位置関係の調整方法の違い

(6) 人工知能による検査箇所自動判断
任意の基板に対し、検査箇所を自動で判断する人工知

能の開発では任意の基板で異なる情報、例えば部品実装座標に頼らないよう、基板情報を元にせず「ハンダ部」を認識することにより、任意の基板で適用可能な検査箇所自動判断人工知能にする。その結果、6軸ロボットアーム部を制御し基板撮影と得られる画像情報から検査箇所（半田位置等）の自動検出を行うべき人工知能のベース開発は実現できたが、正常・異常判断を行う詳細情報を得るためのロボットアーム制御と判断基準の構築を行う為のデータ収集がより必要となり、次なる研究課題とした。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究のアウトカム目標は、中小企業における労働生産性と人材不足の恒久的課題を解決することである。検査技術が機械に置き換わることにより、人に依存せず品質を維持できるようになる。熟練技術者による検査工程は実装基板検査のみならず、部品の傷検査や寸法検査など多岐にわたる。それらも本研究開発をベースにすれば対応が可能になる。また、外観検査を人手に頼っている食品業界など、製造業のみならず多くの業界へ活用範囲が広がると思われる。人工知能による判断基準自体がJIS規格のような信頼度を得られることが出来れば、外注先が品質基準を指定し受注側がその品質基準に合わせた人工知能で検査するだけで仕様を担保できるようになり、仕様のすり合わせやトラブルを抑えつつ、BtoBの活性化が図れると期待できる。中小企業への社会実装が進むよう導入のしやすさに特化。ICT技術に詳しくない生産ラインの技術者でも容易に導入できるようシステム化状態での提供、少量多品種の生産ラインでも稼働率が高まる検査未経験実装基板への自動対応、想定外の異常も検知する異常検知機能の搭載を行う。その上で、早期の社会実装を実現するために、製品に応じて指定した視点の画像を取得するカメラ一体型ロボットアーム製品の段階的な研究を継続する。

4. むすび

本課題は人工知能を搭載したロボットアームの実用化を目指しているが、市場からはすぐに受け入れられる状況ではないと考えられる。一方、人材不足とコスト削減圧力に対抗するため、自動化市場は中小企業含め需要が見えており、また「技術的導入障壁」「多品種に対する低い柔軟性」「高価格」に課題があることも見えていることから、課題を解決する新しい技術が比較的早急に受け入れられる体制が出来ている。新市場としての発展が可能である。