

搭載精度15 μm を実現するための実装研究と技術開発

Application research and technological development to achieve mounting accuracy of 15 μm

鈴木 康弘

Abstract

In recent years, as smartphones and communication devices have become more sophisticated, electronic component packages such as communication modules that are inserted into these products have continued to become more compact. To achieve miniaturization, small electronic components must be densely arranged within the limited space on an electronic board. As a result, advanced mounting technologies, such as the mounting of extremely small components of 0.25 mm \times 0.125 mm size called 0201 chips and narrow adjacent mounting with extremely narrow adjacent pitch between components (Figure 1) are required of surface mounters (hereinafter referred to as “mounters”) manufactured and marketed by Yamaha Motor Co., Ltd. (hereinafter referred to as “the Company”). In particular, the demand for mounting accuracy (the maximum amount of deviation from the target mounting position) has been increasing year by year. To meet this demand, the Company has promoted the development of mounter’s mounting accuracy and has continued to meet these expectations (Figure 2). This paper introduces some of the mounting research processes and mounting accuracy improvement technologies that we have been working on in recent years.

1 はじめに

近年、スマートフォン・通信デバイスの高性能化に伴い、それらの製品に組み込まれる通信モジュールなどの電子部品パッケージは小型化の一途をたどっている。小型化を実現するためには、電子基板の限られたスペースに小型電子部品を高密度に配置する必要がある。

そのため、「ヤマハ発動機株式会社(以下当社)」が製造・販売している表面実装機(以下マウンター)には0201チップと呼ばれる0.25mm \times 0.125mm サイズの極小部品搭載、部品間の隣接ピッチが極めて狭い狭隣接搭載など、高度な実装技術が求められている(図1)。

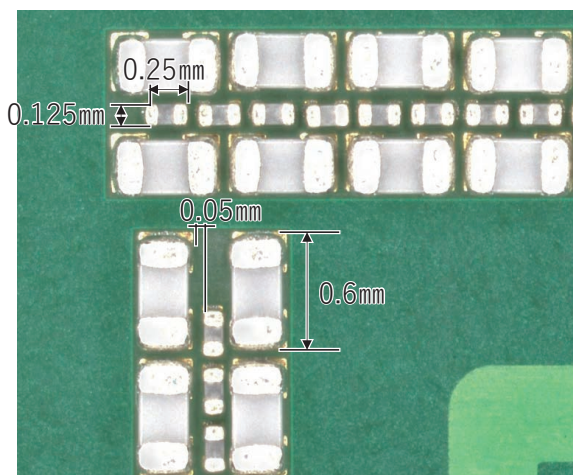


図1 0603・0201狭隣接搭載

特に搭載精度(目標搭載位置に対する最大ずれ量)に対する要求は年々高まっており、その要求に応えるため、当社ではマウンターの搭載精度開発を推進し、期待に応え続けてきた(図2)。

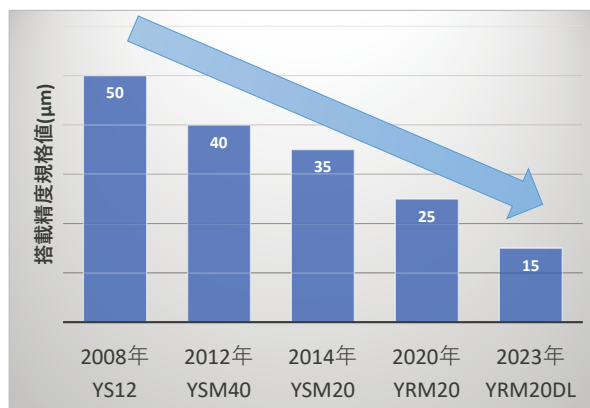


図2 当社マウンターのモデルリリース年と搭載精度規格

本稿では、近年取り組んだ高精度搭載を実現する実装研究プロセスと搭載精度向上技術の一部を紹介する。

2 マウンターの仕組み

当社で開発されているマウンターの代表的な構成を図3に示す。マウンターはフィーダーと呼ばれる部品供給装置から電子部品を吸着し、部品認識カメラで電子部品の位置を認識する。そして電子基板上に設けられたマークを基板認識カメラで

認識することによって基板の位置を特定して、電子部品を基板上の所定の位置に搭載する。

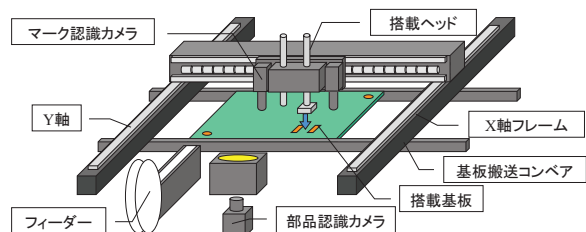


図3 マウンター構成図

「YRMシリーズ」と呼ばれる最新シリーズでは2020年リリースモデルで25μmの搭載精度を達成した。しかしながらさらなる高精度化の要求があり、フラッグシップモデル「YRM20DL」では25μmに対して40%アップの搭載精度15μmに挑戦した。これを実現するためには、体系的な実装研究が必要であった。

3 搭載精度向上研究プロセス

基板上の決められた位置に部品を正確に搭載することを阻む要因は多岐にわたり、その影響度も様々である。さらなる搭載精度向上のために、まず、あらゆる精度劣化要因を抽出し、その寄与度を明らかにすることから始めた。

搭載動作に関わる要素を抽出すると70項目以上になり、それぞれの要素が搭載精度に与える影響を評価する必要があった。しかし、限られた期間ですべての要素に対して精度への影響を調査することは難しい。そこで重回帰分析という手法を用いて精度劣化要因を抽出することにした。これは、目的変数を搭載精度 $dX \cdot dY$ 、説明変数を各要素とすることで、少ない試行回数で効率的に精度劣化要因を抽出することができる分析手法である。

その結果、搭載精度と相関のある16要素を特定できた(図4)。特定したそれぞれの要素に対しその原因と対策を検討し、効果があるものから採用することで、今までできなかった高速・高精度搭載を実現することができた。

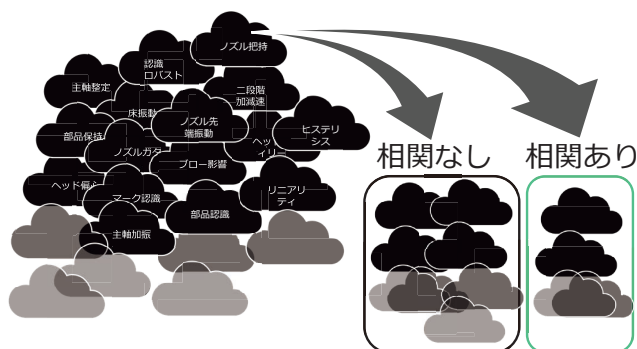


図4 要因抽出イメージ

今回は16要素の中で最も複数の要素に絡み、根源的な原因であった残留振動と、次点の原因であった熱変化の対策を紹介する。

4 振動対策

まず、何がどの程度揺れているかを特定するため、部品搭載動作時の振動を測定した。振動が搭載に及ぼす影響を正確に把握するには、搭載する部品を持つノズル先端と、部品が搭載される基板の両方の振動を測定する必要がある。そこで、振動の振幅を測定するレーザー測長機を治具基板に取り付け、その治具基板をコンベアに固定することで基板に対するヘッドの変位を観測した(図5)。

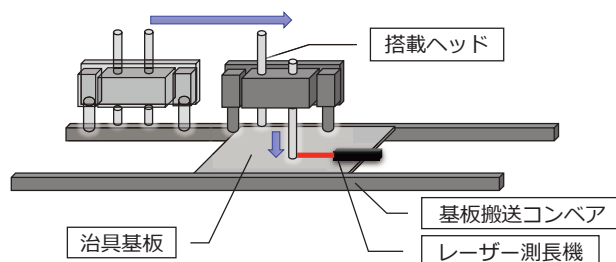


図5 ノズル先端振動測定 概略図

レーザー測長機で取得した周波数をFFT解析し固有振動数と照らし合わせることで、揺れている搭載精度に影響する部位をXビーム・コンベアなど数か所に特定した(図6)。

Y方向移動時のノズル先端スペクトル

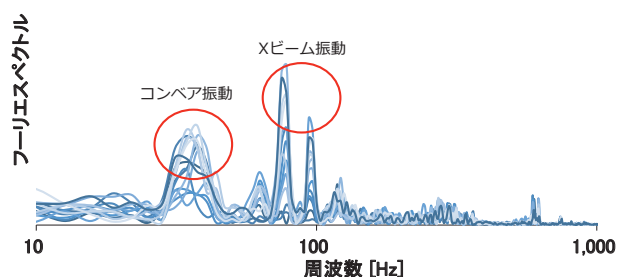


図6 スペクトルグラフ

この中で最も振幅の大きいコンベアに対しては、高剛性コンベアと基板固定ユニットを新設計し、従来比約2倍の耐振動性能を確保できた。

Xビーム振動は、Xビームそれ自体が可動部であるため、振動を減らすためには動作速度を落とすことが一般的である。し

かしながら、搭載速度を落とせば生産性が下がり、商品価値が下がってしまう。そこで当社のコア技術であるサーボ技術のひとつである制振制御技術を採用することにした。

制振制御とは、ターゲットとする周波数に対して振動を抑制する技術である。今回、搭載精度に影響を及ぼす振動の発生源を特定し、適用周波数を限定したことにより採用が可能となった。これにより精度劣化を抑え、高精度搭載に大きく貢献することができた(図7)。

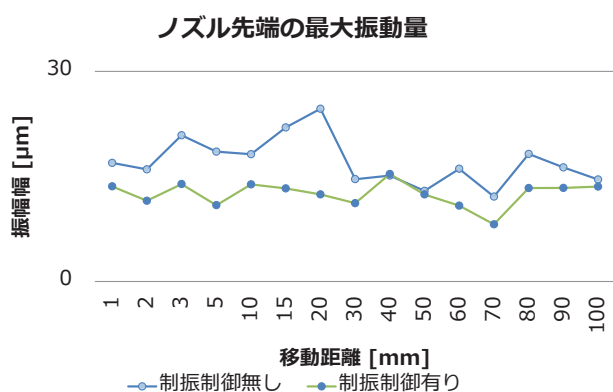


図7 制振制御有無とノズル先端振幅

当社では、マウンターに特化したモーター制御技術を自社で磨き上げてきた。そのためモーターメーカーに頼ることなくPDCA サイクルを素早く回し最適解を得ることができた。当社の強みを如何なく発揮し得られた成果であった。

5 熱対策

5-1. 概要と効果

マウンターは長時間部品実装動作をするロボットであり、構成する各部材は稼働状況により激しい温度変化にさらされる。X軸Y軸の熱伸縮による搭載精度へ及ぼす影響を軽減するため、当社ではマウンターのベースにリファレンスマーカーを設け、実装動作中に定期的に熱変化を補正するシステムを採用している(図8)。

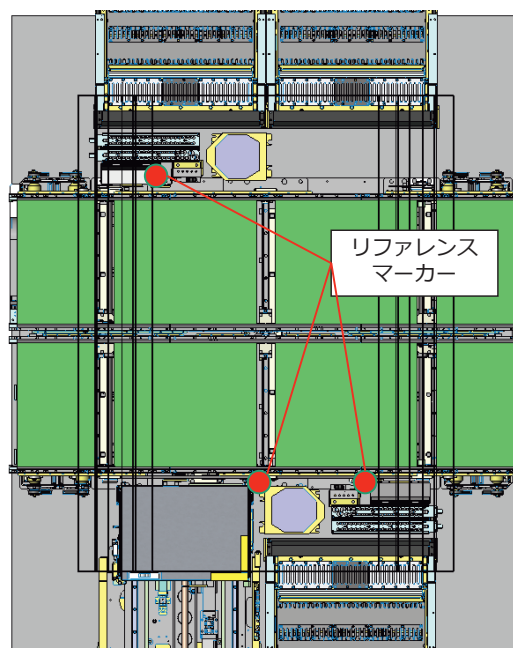


図8 リファレンスマーカー配置図

しかしこのシステムでは軸の熱伸縮による平行成分のずれは補正できるが、ヘッドユニットの傾きによるずれは補正できず、近年の高精度搭載ではこの影響が課題となっていた。

ところで、当社のマウンターにはマーク認識カメラを2つ有している(図9)。ヘッドユニットの両端にマーク認識カメラを設けることで、マーク認識するための移動距離が短くなり、タクトが短縮され生産性向上につながる。

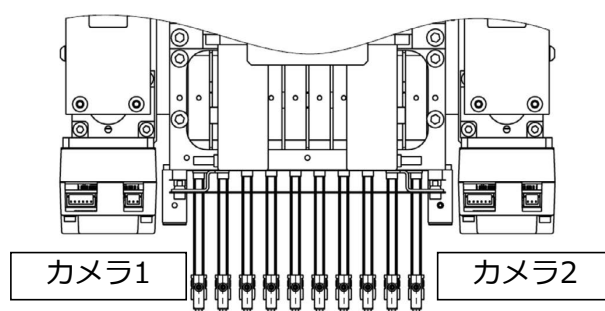


図9 ヘッドユニットとマーク認識カメラ

この機構を利用し、それぞれのカメラでリファレンスマーカーを定期認識することで熱によって変化したヘッドユニットの傾きをリアルタイムで推定し各搭載位置で補正する独自のアルゴリズムを開発した。その結果熱による搭載精度劣化を最大30%抑えることに成功した(図10)。

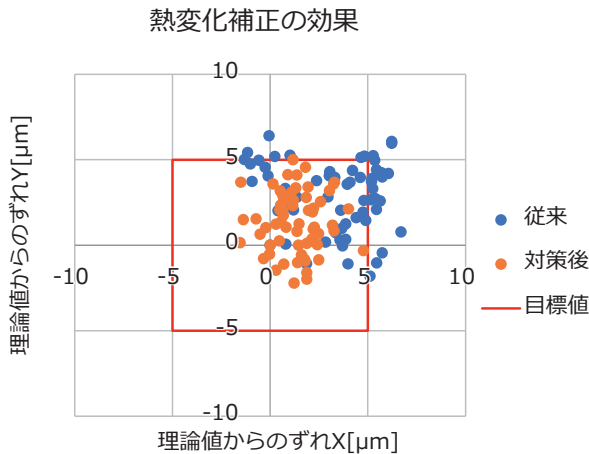


図10 対策前後の熱変化によるずれ量比較

また、この補正アルゴリズムでは、想定していなかったマーク認識カメラとヘッドユニット間の X 方向の熱伸縮による影響を軽減する効果もあった。

5-2. 補正アルゴリズムの詳細

5-1で紹介した熱補正アルゴリズムについて、その詳細を以下に示す。

- (1)カメラ1で複数のリファレンスマーカーを認識し、認識結果から搭載ヘッドが搭載座標 XY にあるときのカメラ1の位置の補正量を算出する(図11)
- (2)カメラ2でも(1)と同様に搭載座標におけるカメラ2の位置の補正量を算出する(図11)

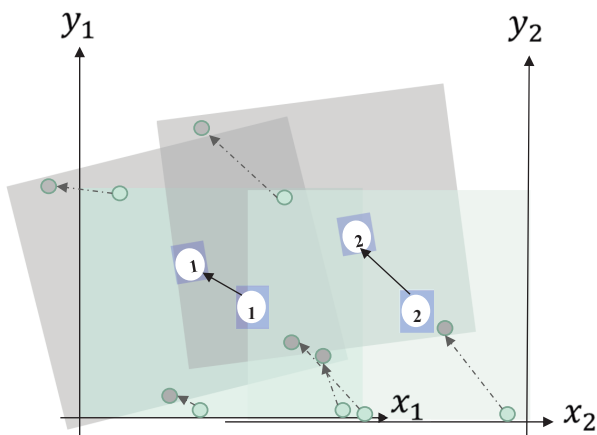


図11 カメラ1、カメラ2のリファレンスマーカーによる補正量を算出するイメージ図

- (3) (1)(2)で算出したカメラ1とカメラ2それぞれの補正量から、搭載ヘッドが搭載座標 XY にあるときの搭載ヘッドの位置の補正量を算出し補正值として適用する(図12)

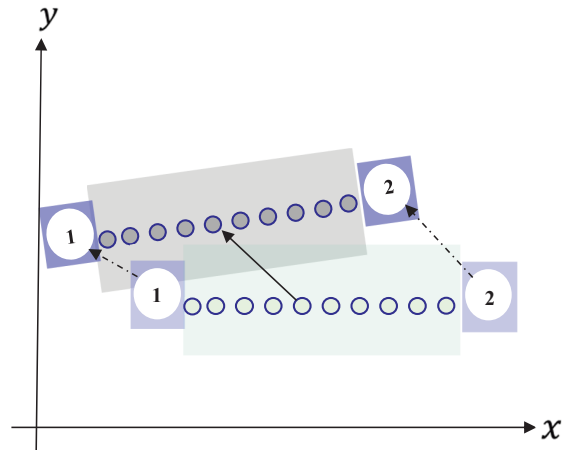


図12 2つのカメラの補正量から搭載ヘッドの補正量を算出するイメージ図

6 搭載精度検証

当社マウンターの歴代モデルで、同条件における搭載精度を比較した(図13)。求められている搭載精度を確実に実現してきたことが分かる。

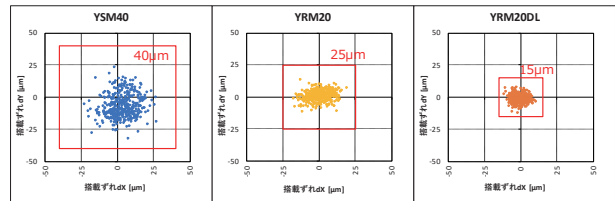


図13 当社モデルによる搭載精度比較

今まで述べてきたように、搭載精度を向上させるためには、様々な特性を理解し、それに応じた対処が必要になる。今回紹介した方策に加え、様々な精度劣化要素をそれぞれ小さくする地道な努力の積み重ねによって達成したことを強調しておきたい。

7 おわりに

自動車業界では CASE (Connected, Autonomous/Automated, Shared, Electric) の時代を迎え、電子制御が担う領域の拡大が進んでいる。また、ますます加速する IoT (Internet of Things) 社会ではさらなるデバイスの省電力化、高性能化が要求されている。

特に、スペースの効率的な活用が求められる小型でコンパクトな電子製品において、高い実装技術は重要な要素となっている。なぜなら、正確に搭載する実装技術が高密度な回路設計を

可能にし、限られたスペースで最大限の性能を提供することにつながるのみならず、高速実装技術を併せ持つことで、生産性を向上させ、製造コストを削減する効果をも生み出すことができるからである。

当社は、エレクトロニクス市場の発展に伴い進化する電子制御技術に適応していくことで、実装機メーカーとしての存在感を高め、様々な電子製品の製造を支える重要な役割を担っていきたい。

■ 著者



鈴木 康弘

Yasuhiro Suzuki

ソリューション事業本部

ロボティクス事業部

技術統括部

SMT 商品開発部

■ 映像ライブラリー

YRM20DL 紹介動画

https://global.yamaha-motor.com/jp/design_technology/technical/library/mov/58gs06.html

