



魅力的な製品を生み出す技術 特集

## 高精度搭載を可能にする技術 MACS

**MACS: A Technology Enabling High-Precision Mounting**

西川 功一 Koichi Nishikawa

● IM カンパニー マウンター技術グループ

With the rapid spread of electronic devices like cellular phones and personal computers in recent years, there has been a corresponding demand for greater compactness, lightness and slim design in most of these devices. To accommodate these design needs, the electrical circuit boards used in these devices have also become smaller, as have the smaller electronic components mounted on them. Until a few years ago the size of the most commonly used chip parts like resistors and condensers was about 2mm x 1mm (2010), whereas the chips used in today's products like cellular phones are mainly 0.6mm x 0.3mm (0603) and we are even seeing the emergence of 0.4mm x 0.2mm (0402) size chips.

As a manufacturer and marketer of the industrial robots known as surface mounters that are essential in the manufacture of circuit boards, Yamaha Motor Co., Ltd. (YMC) is working to answer the call from the customers for surface mounters capable of handling these types of extremely small chip parts and mounting them on circuit boards with an even higher degree of positioning accuracy. As a move to answer these market needs, YMC has recently released its new Xg Series surface mounters. (Refer to Yamaha Motor Technical Review No. 32)

In this paper we report on our new MACS (Multiple Accuracy Compensation System), a technology enabling high-precision mounting placement, which has been adopted on our production surface mounters beginning with the Yamaha Xg Series.

### 1 はじめに

近年の携帯電話・パソコンなどの電子機器の社会への浸透はめざましく、その多くは小型化・軽薄化への要求が著しい。そしてこれら電子機器に搭載される電子基板は高密度化、電子部品はさらに小型化への道を進んでいる。数年前までは抵抗・コンデンサなどのチップ部品のサイズは 2 × 1mm (2010) 程度の部品が主流であったのに対し、最近の携帯電話などでは 0.6 × 0.3mm (0603) が主流となり、さらには 0.4 × 0.2mm (0402) サイズのチップまでもが登場しつつある (図 1)。

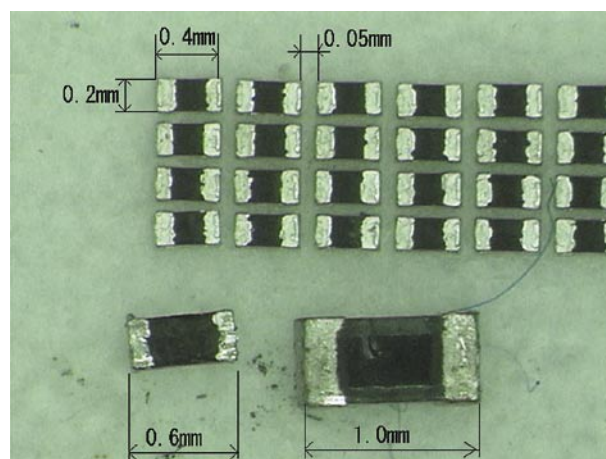


図 1 0402 狭隣接搭載 (0603・1005)

ヤマハ発動機(株) (以下当社) が製造・販売を行っている、電子基板の製造に欠かせない産業用ロボットである表面実装機 (以下マウンター) に対しても、これら極小部品の搭載と高密度な基板実装を行うためにさらに高精度なマウンターを求める声が高まっている。当社ではこのような市場要求にこたえるため Xg シリーズをリリースした (ヤマハ発動機技報 No.32 参照)。

本稿では Xg シリーズより搭載された高精度搭載を実現する技術として MACS (Multiple Accuracy Compensation System : 多重搭載精度補正システム) を紹介する。

## 2 マウンターのしくみ

当社で開発されているマウンターの代表的な構成を図2に示す。

マウンターは通常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、部品認識カメラにより電子部品の位置を認識し、さらに基板上に設けられた基板上的マークを認識することによって基板の位置を認識して、電子部品を基板上的の所定の位置に搭載を行う。

Xg シリーズではチップ部品に対しては 0.05mm、大型の IC 部品では 0.03mm の搭載精度 (目標搭載位置に対する最大ズレ量) を実現している。そして当社の主力機種である YV100X g では最速で1チップあたり 0.18 秒で電子部品を基板上に搭載を行うことができる。

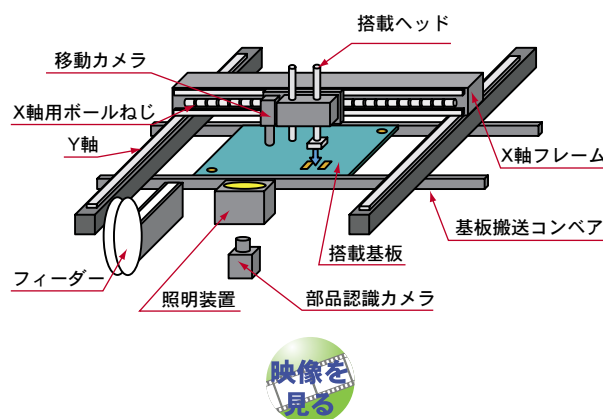


図2 マウンター構成図

## 3 MACS とは?

MACS (Multiple Accuracy Compensation System) は次の3つの機能を統合した当社独自のマウンター搭載精度補正方法の総称である。

- 搭載面における XY 軸の絶対精度補正 (静的な精度)
- 経時的 (熱的) な搭載精度の変化を補正 (動的な精度)
- 搭載精度調整システム

これら3つの機能はそれぞれ独立した補正システムとはなっていないが、それぞれを組み合わせることで最大の効果が得られるために、ひとまとめにした名前がつけられた。当社の販売するディスプレイ・ハンダ印刷機 (YVP-Xg) にもこれらの機能の一部がおりこまれており、精度の向上が図られている。

## 4 基板面における XY 軸の絶対精度補正

XY 軸の軸精度は部品精度と組み立て精度によって決定される。

部品精度（ボールねじ、リニアガイド）はその製造元によって保証され測定も容易であるが、組み立て後の累積的な誤差、構造上生じる変位誤差を測定することは容易ではない。

組み付け時のリニアガイドの数ミクロン単位でのうねりやヘッド自重によるたわみなど、微小な変位が基板面においては拡大されてしまう場合がある（図 3）。多くの機械メーカーではリニアスケールを使って軸精度の向上をうたっているが、こうした組み立て後に生じる精度要素を取り除くことは非常に困難である。

幸いなことにマウンターにはマーク認識のための移動カメラが存在しているため、これを使用して搭

載面上での XY 軸精度を測定できるようにし、それによる補正を行ったのがこの補正方法である。これらの補正を行う上で一番問題となったのは、補正の基準として何をどのように測定し、測定結果からどのように補正値を導き出すのかということであった。測定対象としては当社で従来から使用されているガラス基板を使うことはできるが、一般的にこれは非常に高価であり特にそのサイズによって級数的にコストが上昇してしまう（大型の液晶ディスプレイが高価であるのと同じ理由である）。一方、マウンターの搭載エリアはマシンの種類やオプションなどにより変化が激しく、その各々に対しガラス基板を作成することは現実的ではなかった。結論として搭載エリアをいくつかに分割して各エリアでの測定結果から、補正値を算出しつなぎ合わせる方法をとることにした。

図 4 にその効果を示す。補正前は稼動領域内の 4 つのエリアでの誤差量（ $\mu + 3\sigma$ ）が 20 ～ 40 ミクロン程度あったのが補正後は 4 ～ 6 ミクロンと大幅に向上している。測定エリアが補正値を作成したエリアと違っていても誤差量は同程度であり、補正値のつなぎ合わせがうまくいくことが確認された。

この補正についてはさらに思わぬ効果が得られた。この補正により今まで見えなかった構造上・製造上の問題点が浮き彫りにされることとなり、それらはマシンの構造設計や組み立て方法の改善などをもたらす結果となった。今ではこの補正自身の効果が非常に少なくなるほど、XY 軸の組み立て精度が向上している。

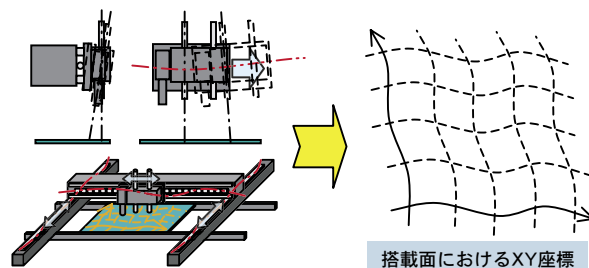


図 3 搭載面における XY 軸の絶対精度の変化

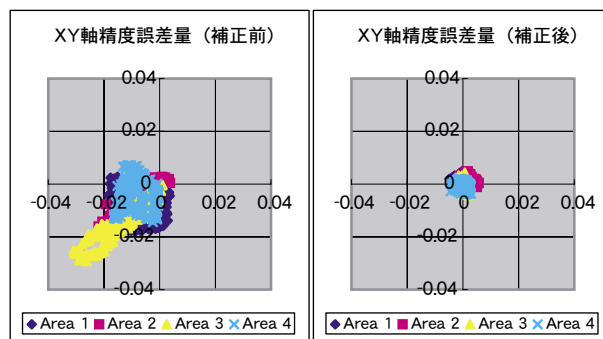


図 4 XY 軸誤差量の比較

## 5 搭載精度の経時的な変化

搭載精度の変化は主にそのマシンの稼動状況や、室温の変化、使用されている各部品材の経年変化などによって生じる場合が多い。これらにより発生する現象を分析し、その変化を修正できる要素を見つけて補正を行えるようにした。結果として図5に示すように8時間サイクルでの暖冷運転による精度変化は従来の半分以下に収められるようになった。

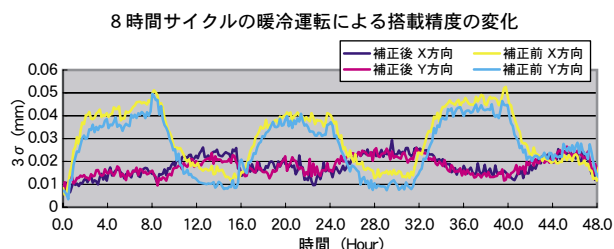


図5 搭載精度の経時的な変化

## 6 搭載精度調整システム

搭載精度を補正するためのパラメータは数多くあり、当社マウンターではそのシリーズが変わるたびにパラメータの数は数倍に膨れ上がっている。かつては理論的に算出されると考えられるパラメータのみを使用していたが、現実的にはその理論値と現実の精度を検証していくと食い違いが見られるようになってきた。しかも各々のパラメータは互いに絡み合った要素を持ち、それらを計算することは人間では非常に困難であり、結果としてマシンの調整には職人的な技術が必要であった（精度調整が困難な理由の一つに先に挙げたXY軸精度の問題、経時的な精度変化による要素も多分にあった）。

そこで開発されたのが、リサイクルが可能な部材（図6）を使用してマシン自身が搭載した精度を測定し、適切な補正を行う搭載精度調整システムである（図7）。

以前は実際に生産に使用する部品を使い、調整に使用した部品は廃棄する場合が多かったため、工場での調整に必要な部品のコストは少なくともなかった。また調整に必要な複雑な計算もこのシステムを使用することにより簡略化でき、何よりも職人的な技術がなくともその使用手順さえ守れば、誰もが同じ精度を実現できる。実際にお客様によっては、マシンの出荷時に工場で行われている調整方法と全く同じ方法で、お客様自身が定期的に搭載精度を確認・調整を行っている場合もある。

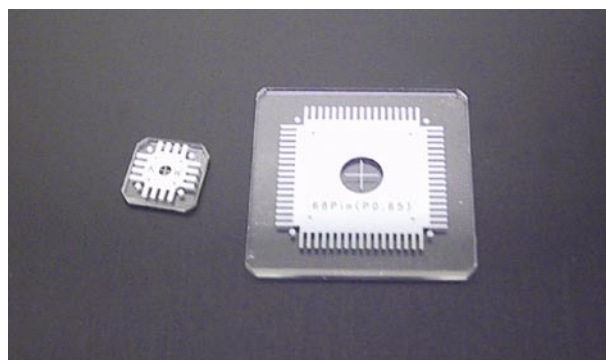


図6 再利用可能なガラス部品

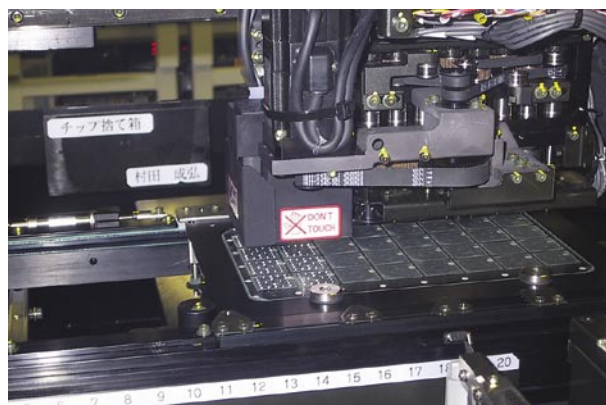


図7 マシンによる搭載精度測定

## 7 おわりに

MACS の 3 つの要素はすべてが互いに絡み合っている。精度の変化を検証するためにはマシン自身による測定が必要であり、それには XY 軸の絶対精度が必要となり、さらに自動調整システムがなければ継続的なデータの取得さえ不可能であった。これらすべてを最小のコストで最大のパフォーマンスとして発揮できるのが MACS であり、当社の Xg シリーズの強みであると確信している。

Xg シリーズはこれまでの当社のマウンター技術の結晶というべきシリーズとなっている。搭載精度だけでなく、搭載速度・コストパフォーマンス・ユーザーインターフェースのすべてで他社を圧倒する技術がつまっている。ぜひとも多くの電子基板製造に携わるお客様に使っていただき、その実力をお確かめ願いたい。

### ■著者



左から、内藤 寧典、西川 功一（著者）、秋吉 洋、西川 隆平