

“手直し不要”を実現するはんだ付け専用ロボット 【メイコー“真”理論3.0】

(株)メイコー / 伊東 薫

1 ロボット化の現状 ～結局、うまくいっていない～

前回論文((※)本誌20年8月号【“手直し不要”を実現するはんだ付け専用ロボット メイコー“真”理論2.0】)の発表後、読者の方々より大きな反響をいただいた。また、ロボット導入のご検討をいただき、はんだ付け実験の機会も数多くいただいた。その結果、様々なワークに対してメイコーロボットの性能を実証することができた。

なおかつロボット化を諦めていたワークでさえもご満足をいただくことができた。そして他社ロボットのユーザーである生産現場の方々ともお話す機会が増えた。

やはり、ロボット化はうまくいっていない。「今日は付いたが、明日は付くかどうかわからない」など、不安定な品質に苦しんでいる方は多い。

2 ロボット化への需要 ～手付けのリスク～

一方、ロボット化の需要は増加している。ロボット化の理由は品質管理の確立である。作業者による手付けでは品質がバラついてしまい量産には耐えられない、という声が多い。

下記、手付けによりバラつく動作の一例である。

- こてを当てる：速さ、位置、角度、時間
- はんだを送る：速さ、位置、角度、量

人間(作業者)である限り、例えば±0.1mmの繰返し精度を実現するのは不可能である。また、バラつきは“職人技”という美名の盲点になっている。

はんだ付け職人は手首を器用に返してこての当て方(角度・位置)を変えるなどノウハウを駆使する。盲点とは、本来除外すべきワーク(酸化などが進行した部品・基板)に対しても一見、仕上げてしまう。その結果、フィレットの外観検査はパスし

ても接合面(合金層)にはリスクが内在している。これも手付けによる品質管理の危うさである。そして、こて先などにおいては手付けのバラつきを補う工夫が施されている。これを手付けノウハウと呼び、一例を以下に記す。

○ 手付けノウハウの一例とその役割(理由)

• こての形状

余分なはんだを吸う(過剰なはんだ量が送られるため)

• 高熱容量のヒーター

温度復帰性を高める(こてを当てる時間が過少のため)

• 頻繁なこて先のクリーニング

残留はんだを落とす(余分なはんだが残留・酸化するため)

3 当論の主旨 ～メイコー独自性～

前述の実験後、当社に興味を持っていたお客様から様々なご質問をいただいた。内容はロボットの仕様をはじめとして、ノウハウ面や当社の沿革・ルーツにまで渡った。そして、それら質疑応答のなかで奇しくも大きな発見をすることができた。その発見とは、「数十年前のメーカーの生い立ち(ルーツ)の違いが、現在においてロボットとノウハウの独自性の差となって現れる」というものである。

今回はメイコーの独自性をまとめる良いきっかけと考え、他社メーカーとの比較を用いて解説することにした。不安定な品質に苦しむ生産現場をひとつでもなくし、業界の底上げを図るべくペンをとった次第である。

なお本論の内容は、【はんだ後付け・こて工法編】としてご承知おきいただきたい。

4 チェックシート ～ひとつでも当てはまると危険～

本題に入る前にチェックシートを用意した。ロボット化をされている生産現場において該当する項目はいくつあるだろうか？

- ① 不良率、不良箇所、不良内容がバラつく ☐
- ② こて先の寿命が物足りない ☐
- ③ タクトが物足りない ☐
- ④ こて先クリーニングが複数回ある ☐
- ⑤ プログラミング(ティーチング)が煩雑とを感じる ☐

これらは冒頭に述べた不安定な品質を示唆する内容である。もし1項目でもあれば黄色信号である。仮に現状は問題がなくても不安定化のリスクが内在している。なぜなら、条件出しがうまくいっておらず、タイミングの悪いはんだ付けとなっている可能性が大きいからだ。

5 原因はロボットです！ ～メイコーの独自性～

本題としてメイコーと他社メーカーとの“違い”を解説してゆく。

- ① 生い立ちとノウハウの違い
(ロボットノウハウと手付ノウハウ)
- ② ロボットの違い

1. 生い立ちとノウハウの違い

メイコーはんだ付けロボット事業の立脚点として、35年前にロボット独自設計品となる第1号機を発表した(LEATHER-I:旧名シアックエンジニアリング)。

しかし、スタートはロボットメーカーとしてではなく、メカトロ関連の設計・開発会社がルーツであった。つまり、ルーツであるメカトロ設計力をバックボーンとして、はんだ付けロボットを独自に設計・開発することができたのだ。

一方、当時のライバルメーカーは元々ははんだごてメーカーでもあり、ロボットを設計開発するスタンスはとらなかった。そのため、汎用ロボットを調達して製品化するビジネスモデルを確立した。

次にノウハウ(開発コンセプト)という観点での違いを説明する。ここでロボットノウハウと手付けノウハウというキーワードが登場する。

(1) ロボットノウハウ(メイコー)

ロボットノウハウとは、その名の通り、ロボット動作の正確性や再現性をはんだ付けの自動化に活かすものである。

ロボットにはプログラム通りの動作(こてやはんだ送り)を繰返し実行できるメリットがある。そのため、ポイント間などでバラつくことはなく、このメリットをもちいて生産性や安定性へ寄与していくノウハウである。

つまり、メイコーは35年前において世界で唯一ともいえる“ロボットノウハウ”を生み出し、現在まで一貫したコンセプトとしている。

(2) 手付けノウハウ(他社メーカー)

一方、他社メーカーはロボットを用いていながらロボットノウハウに達していない。手付けのノウハウから抜け出せない。前述の通り、手付けノウハウとは作業者の動作のバラツキを前提としたコンセプトである。

なぜ他社メーカーはロボットを用いていながら手付けノウハウを踏襲するのか？理由はロボットの設計・開発に関わっていないため、ロボット化の本質に考えが至らないのである。

そして、手付けノウハウをロボットに当てはめることのデメリットが存在する。デメリットとは、はんだ付け性を悪化させて量産時の不安定化を招き、なおかつユーザーへコストアップを強いることである(図1)。

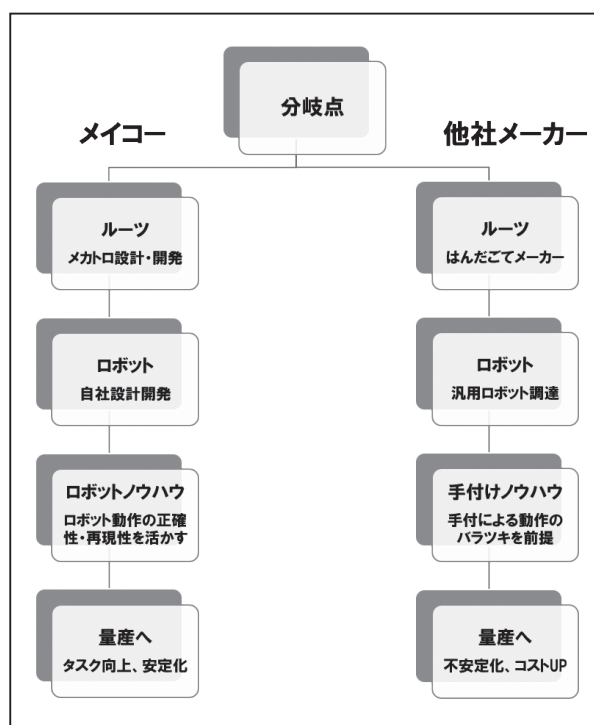


図1 メイコーと他社メーカーとの違い

FEATURE

(3) 手付けノウハウを踏襲した機能・特徴

手付けノウハウをロボットに当てはめるとはということか？それは手付けノウハウを前提とした機能・特徴をロボットに付加することである。

下記に一例と役割を記す。

【機能・特徴】と【役割(手付ノウハウによる理由)】

① こて先の過度な温度管理

温度復帰性を追求する(当てる時間がバラつくため)

② こて先の過度な位置補正

位置の管理・補正する(当てる位置がズれるため)

③ こて先の取付角度の可変

ポイントごとに角度を変更(“職人技”を踏襲しているため)

④ 糸はんだへの加工

溝入れやプリヒート(はんだボール対策のため)

⑤ 頻繁なこて先クリーニング

こて先の清掃(はんだが残留・酸化しているため)

上記、機能特徴①～⑤に対して、メイコーは対応しない。表1にリスク検証も含めた比較表を添付する。このなかのメイコーの対応こそがロボット化の本質なのである。

2. ロボットの違い

前述のロボットの独自設計やロボットノウハウを土台にしたメイコーロボットの特徴を紹介する。6軸・スカラ型・こて式ロボット『LEATHER-α(レーザ・アルファ)』である(写真1)。

(1) “良いタイミング”のはんだ付け

生産性と安定性を兼ね備えたはんだ付けとはどういうものか？前提として、はんだ付けは300℃以上の中でこて先の状態やはんだ付け品質が瞬時に変化してしまう。そこで重要なのは、こて先が酸化をする前に接合することであり、良いタイミングがキーファクターとなる。

そこでメイコーではこのタイミングを逃さないロボット動作を実現し、条件出しをスムーズにおこなえる特徴を生み出した(写真2)。

比較項目	メイコー (ロボットノウハウ)	他社メーカー (手付ノウハウ)
① こて先の過度な温度管理 (温度復帰性)	非対応	対応
対応によるリスク	過度な高熱志向は、はんだの酸化 (劣化) を招く	
ロボット化の本質	要は当てる時間のバラツキの問題。ロボットであればバラつかない。	
② こて先の過度な位置補正	未対応	対応
対応によるリスク	ユーザーへコストアップを強いる	
ロボット化の本質	仮にワークの問題でズレても、濡れ拡がりの高さでカバーすべき。	
③ こて先の取付角度の可変	未対応 (固定角度)	対応 (可変化)
対応 (可変化) によるリスク	ポイントごとに条件を変えることになる。手付ノウハウのバラツキを踏襲	
ロボット化の本質	角度固定でも安定性を確保できるロボットであるべき。	
④ 糸はんだへの加工 (溝入れやプリヒート)	未対応	対応
対応によるリスク	ロボットにおいては、はんだの酸化 (劣化) を招く	
ロボット化の本質	ロボット特有の“プリはんだ送り”のプロセスがネック。	
⑤ 頻繁なこて先クリーニング	非推奨 (1シーケンス、1回)	推奨 (1シーケンス、複数回)
対応 (推奨) によるリスク	タクトが遅くなる。こて先の状態の優劣は品質へ直結する。	
ロボット化の本質	こて先の状態が不安定なりやすいロボット (性能) の証拠。	

表1 ノウハウ比較表

 	スカラロボット	軸数：6軸 (XYZθ・はんだ送り2軸) 構造：メイコー独自設計
	制御 (5軸同期)	① 第1アーム (X・Y方向) ② 第2アーム (X・Y方向) ③ Z方向 ④ リスト (θ方向) ⑤ はんだ送り (2軸同期制御)
	工法	こて式 (非ピストン構造)
	こて先ヒーター	130/260/390Wから選択

写真1 ロボットと基本仕様

○用語解説

・条件出しとは？

- ✓ ワークに最適なこて先・はんだ・フラックスの選定から始まり
- ✓ こての当て方・逃げ方・はんだ送り、それらの試行錯誤を経て
- ✓ 生産性と安定性を備えたはんだ付けプロセスを導き出す実験

・条件出しとプログラミングとの関係

プログラミングとは、

- ① はんだ付けの条件出しの過程及び完成時において
- ② ティーチングペンダントやアプリケーションソフト(写真3)を用いて
- ③ 各パラメータの設定及びシーケンスを作成・編集すること

概念的な表現としては、「条件出し=目的」、「プログラミング=手段」となり、条件出しはプログラミングを内包している。また、プログラム内の命令(設定内容)は、大枠として3種類しかない。

- ① こて移動
- ② ポイント登録
- ③ はんだ送り

仮に多ポイントのワークに対しても、比例してプログラム行が増えるだけである。プログラミングが煩雑・手間とを感じるのは、前提となる条件出しに苦労しているのであり、その原因はロボットの性能である。

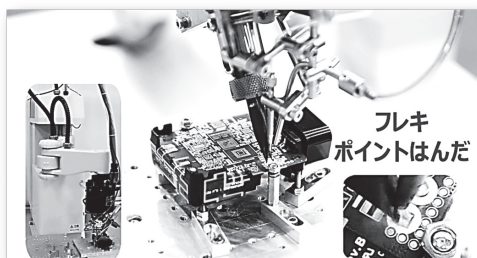


写真2 条件出しイメージ

(2) メイコーロボットの機能・特徴

前述の良いタイミングを実現する、代表的な機能・特徴を3点を挙げる。

(ア) アームのハイスピード化

(イ) はんだ送りの安定化

(ウ) こて先の非ピストン化

(ア)アームのハイスピード化

メイコーではロボットアームの設計にあたり軽量化を図った。

アームの先端にこて先を装着するため、この軽量化は「こてを当てる」「こてを逃がす」スピードに直接影響する。

また、はんだ付けのワークエリアは200×200mmなどである。

この狭いエリアにおいては、最大速度ではなく敏捷性(加速度・減速度)が重要となる。

そのため、“軽くて速い”アームを追求し、金属材料ではなく樹脂系材料を採用した(業界唯一。2020年11月メイコー調べ)。

また、リスト(θ)の回転においても、スピード重視の設計コンセプトをもちいた。

具体的には、汎用ロボットの分解能(1/1000mm)は、はんだ付けではオーバースペックと考える。

そのため、必要な分解能を備えながらも回転スピードを優先する設計とした。

(イ) はんだ送りの安定化

こちらも業界唯一の特徴である。(2020年11月メイコー調べ)

メイコーロボットでは、はんだ送り機構を2か所に搭載している。(以下、「ダブルモーター機構」)

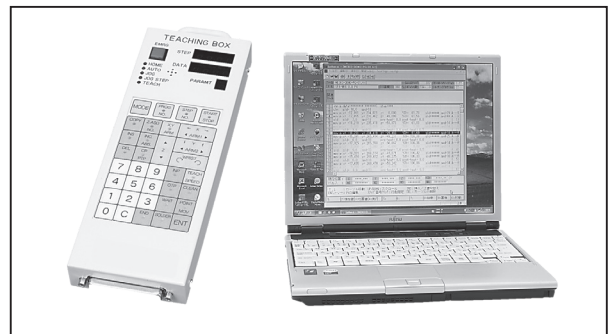


写真3 ティーチングペンダントとWindowsアプリ

FEATURE

はんだボビン側と先端ヘッド側に搭載し、下記3点の安定化を追求した。

- ① はんだ送りのタイミング
- ② はんだ送りの速度
- ③ はんだ送りの量

一方、他社ロボットでは1か所のはんだ送りのみである(以下、「シングルモーター機構」)。その結果、はんだ送りの際のタイミング・速度・量が不安定になる。

原因は糸はんだの“たわみ”である。具体的には、送りチュー

ブ内のクリアランス(隙間)により糸はんだがたわむ。そのたわみにより、供給のタイミングが遅れ、速度や量もバラついてしまう。

メイコーでは、「ダブルモーター機構」により、このたわみ分の影響を排除することに成功した。実際、このたわみ分によるロス(影響)はコンマ何秒のわずかな時間である。しかし、この小さなロスの積み重ねが、はんだ付けの世界では大きなトラブルの原因になる。メイコーではこのロスも見逃さずに対応できている(図2)

(ウ) こて先の非ピストン化

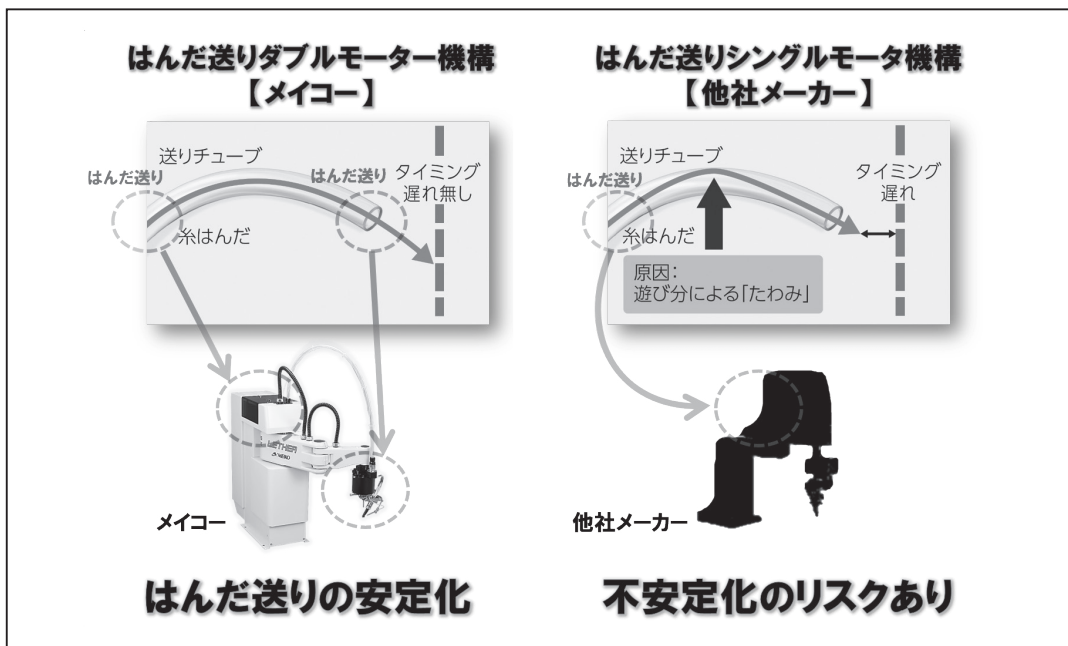


図2 はんだ送りの比較

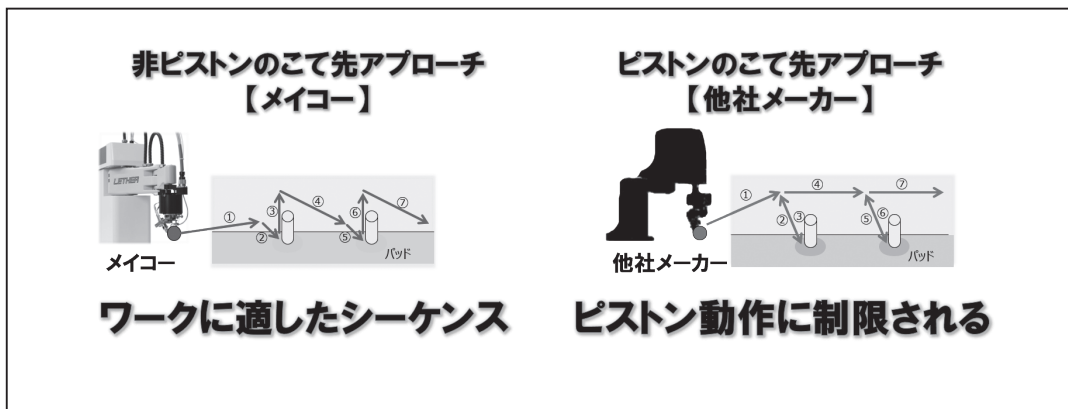


図3 こて先アプローチの比較

メイコーではエアシリンダーによるこて先のピストン構造は採用していない。構造的には、ロボットアームの先端ヘッドにこて先を直接装着している(以下、非ピストン)。ゆえにピストンの単調な往復運動に制限されず、空間的に自由なこて先のアプローチを実現している。

一方、他社ロボットのこて先はエアシリンダを用いたピストン構造である(以下、ピストン)。

デメリットとして、ワークの仕様に関わらず同一の単調なこて先アプローチに制限される。しかも、一般的にスピコンではストロークスピードが低速になり、タクト・品質面においても不利は否めない。

メイコーロボットではワークに対する最適なアプローチやスピードを追及できる(図3)。

6 チェックシートの解説

先述のチェックシートの各項目に対して、メイコーによる解決策(まとめ)を記載する。

① 不良率、不良個所、不良内容がバラつく

原因はロボットの性能不足である。はんだ付けの量産としては最も危険な状況であり、抜本的な対策としてはロボットを替えるしかない。

メイコーロボットの総合力であれば、スムーズな条件出しと安定した量産を実現する。

② こて先のライフサイクルが物足りない

メイコーロボットでは、こて先の状態を良好に維持し、濡れ拡がりを速くする。ゆえにタクトが向上し、すす喰われなどの負担が減り、こて先の寿命が延びる。

③ タクトが物足りない

②と同様。

④ こて先クリーニングが複数ある

先述のメイコー“ロボットノウハウ”により、仮に数百ポイントのワークであっても、1シーケンス1回で十分である。複数回必要なのはロボットの性能不足といえる。

⑤ プログラミング(ティーチング)が煩雑と感じる

原因は条件出しがスムーズに進んでいないことである。プログラム自体はシンプルであり煩雑な作業ではない。メイ

コーロボットであればスムーズな条件出しを実現する。

7 おわりに

いかがであったでしょうか? 冒頭で述べたように、ロボット化に起因する生産現場の苦勞が絶えない。今回も生産性の向上及び業界の底上げに寄与すべくベンを取った次第である。

なお、メイコーロボットを体感したい方は、実際のワークによるはんだ付け実験(条件出しテスト)をお勧めする。

「ロボットは一度試したがうまくいかなかった」、「難しいワークなのでロボット化したい」などご相談があれば、お問合せをいただきたい。

なお、ロボットの仕様や動画コンテンツも含めてメイコーのWEBページに掲載している。こちらも併せてご参照をいただきたい。

また、インターネットブコン(西ホール 小間番号:W4-32)にて展示および実演をおこなっている。ぜひご来場いただきたい。

<参考URL>

はんだ付けロボットWEBページ

https://www.meiko-elec.com/product/mechatronics/soldering_robot/

<QRコード>

はんだ付け動画ページ(メイコーWEBページ内)

