扇 風 機 組 立 ラ イ ン

野 口 隆*, 須 藤 貞 男**
Takashi NOGUCHI Sadao SUDO

Key Words: Production System, Robot, Assembly, Electric Fan, Laser Soldering

1. はじめに

商品が多様化し、高度化する傾向は近年ますます強くなっている。とくに家電商品は年度商品で、毎年要求機能が増えていくと同時に、デザインも変更されていく宿命をもつ。そこで、家電商品の製造工程、とりわけ組立工程では人手による組立で対応していた場合が多い。

当社では1980年代における生産システムの切り札として脚光を浴びているフレキシブル生産システム-FMS-を「FAPS」(FLEXIBLE AUTOMATED PRODUCTION SYSTEM)と名付け、全社レベルでの合理化を推進している。

この活動は

(1) 家電製品を中心とした、自動組立、オンライン検査および調整

(2) 部品加工ラインのFMS

に大別される。その主眼点はコンピュータを軸に産業用ロボット(主として組立ロボット)、NC工作機械等を組み合わせ、無人化に近い生産システムを構築することにある。

本稿では「FAPS」第1号として57年2月より全面稼動している「扇風機組立ライン」を紹介する。図1に扇風機の構成を示す。

2. ラインの構成

組立ラインは約60mのベースマシンに組立ロボット等32台の装置を設置し、扇風機の本体となるプラスチックベースに順次部品を取りつけ、

ねじしめ等を行う。図2はそのレイアウトである。

このラインは57年度生産機種中の40%、24機種、生産量としては全生産数量の72%を生産をおこなった。以下工程順に概要を述べる。

組立のもとになる扇風機のベースは、他のショップで射出成形され、そのままオーバヘッドコンベヤで搬送されてくる。これを固定シーケンスロボットがベースマシン上のパレットに移載する。ついで、キャップ、飾り板を供給組み付ける。ここで「表」からの組み付けをいったん完了し、ベースを反転させる。その後「裏」から、タイマ、押しボタンスイッチ、コンデンサ、コード等

- ① モータ部, ② 前ガード, ③ 羽 根
- ④ 後ガード, ⑤ スピナ, ⑥ 後カバー
- ⑦ リンク部, ⑧ ネック部, ⑨ スライド
- ⑩ ベー ス

図 1 扇風機の構成

* 正員, 東京芝浦電気(株)生産技術研究所(〒235 横浜市磯子区新杉田町8)。

** 東京芝浦電気(株)名古屋工場(〒451 名古屋市西区葭原町4-21)。

電気部品を順次組立ロボットが供給組み付ける。つぎにこれら電気部品間の配線を5台のロボットではんだ付けをしてから底板を組み付ける。これで「裏」からの作業がおわって、ベースは、ふたたび反転される。そこでネック支え、タイマつまみ、モータユニット、六角ナット等各種部品が供給取り付けられる。さらにモータ端子のはんだ付けが実施され、最後に、後カバーの供給取付けで、組立が終了する。ラインの最終工程では、完成品の電気特性検査、外観検査を行い、良品だけオーバヘッドコンベヤにてこん包ショップへ送る。

このラインは、コード処理関連工程（中間コードセパレータ組付け、ネック支え組付けおよびモータコード仮組付け）の3人、モータ部組付けおよび外観検査の合計5人の作業員にて12Sのサイクルタイムで稼動している。

3. ラインの設計思想

3.1 ラインの信頼性について 本ラインのようにストレートラインの組立では、とくにラインの稼動率、歩どまりの維持が重要である（扇風機のように不良品のうちライン外で手直しが可能な場合、たとえばはんだ付け不良など、には製品のライン通過率をもって歩どまりと定義した方がわかりやすい）。ここでラインの信頼性は、稼動×歩どまりとして評価する。

図2のレイアウトに示すように、32台の装置が機能的に独立な構成要素として直列配置になって

おり、右側からワークが入って左側に出ていく。したがって、この系の信頼度 $R(t)$ は、すべての構成要素の信頼度 $R_i(t)$ の積で表される。

$$R(t) = \prod_{i=1}^{32} R_i(t) = R.E \times \eta$$

$$R.E = \prod_{i=1}^{32} (R.E)_i$$

ここに $(R.E)_i$ は装置の稼動率であり、各装置での生産台数/理論生産台数で表す。 η は前述のラインの通過率であり、(生産台数-ライン落ち台数)/生産台数で表す。

本ラインの場合 $R(t) \geq 0.82$ を目標としたので、各装置の信頼性は $R_i(t) \geq 0.994$ としなければならない。又通過率 η の目標を0.999に設定したので、ラインとしての稼動率 $R.E$ は0.821、したがって $(R.E)_i \geq 0.995$ を設計基準とした。

このような高い稼動率、通過率を実現させるには、当然、MTBFを長くし、MTTRを短くすることが重要になる。そこで、ハードウェアの面では、すべての装置に異常検知装置を設け、製品の異常および装置の故障の迅速な検知によって、装置そのものが損傷を受ける前に動作を停止させる。ソフトウェアの面においては、異常もしくは故障の原因を各装置ごとに表示させるようにした。これらによって、作業員による装置修復内容が容易に判断できることになり、結果としてMTTRを短くすることができた。

なお製品の品質保証面では、各装置におけるパーフェクトカウント（製品不良が0の時間数）により重み付けを行って基準を設定した。

図2 レイアウト

3.2 品種切り替え時間のミニマム化 融通性
に富む組立ラインのもう一つの必要要件は品種切り替え時の短いことである。

本ラインの実績では2.5分以内を達成した。これには、ほとんどの装置にマイクロコンピュータを使用し、デジタルスイッチの切り替えによって品種切り替えをおこなった。マイクロコンピュータには、あらかじめ品種に対応した装置の動作プログラムをティーチングさせておき、それを切り替え時に呼び出しをおこなうものである。しかし、価格性能比（コストパフォーマンス）を考えた場合、装置の一部、たとえば、扇風機ベースをつかむグリッパ等について、外段取りのほうがよい時はそれによった。本ラインでは、スイッチによる段取り装置24台、外段取り装置8台とした。

上述した切り替え時間2.5分はすべて外段取りに要する時間である。

3.3 その他 各装置が故障した場合にも生産を継続していく必要があるが、そのために、人手による作業が必要となってくる。したがって、すべての装置をベースマシンの一方向側に設置した。その結果、ラインの見通しがよく、保守もやりやすくなった。

4. 技術開発テーマ

家電製品の自動組立に必須な要素技術をほとんど網羅して、表1に示すような技術について開発を行った。

生産設計は当然自動化のための前提であるが、今回、部品点数で12%削減し、部品の共通化も実現させた。たとえば、後カバーは従来8種類であったものを2種類に、モータ首振り部リンクは5種類を3種類に削減した。

またモータ上下スライド部をユニット化するとともに部品点数を62点から53点と、9点も削減した。それが本ラインの成功の「かぎ」の一つとなった。

次に開発したテーマ中、主なものを紹介する。

4.1 組立ロボット TSR-700 H 今回主として家電製品の自動組立用に開発したロボットは図3に基本仕様を示したように多関節6自由度を有している。

このタイプを開発したのは

(1) 家電製品の組立は上から組み付けるのが基本である。

(2) V軸およびVI軸の2軸を設けることにより、上下方向の作業領域を広くする。同時にやや斜めからの取り付け作業、たとえば、洗濯機操作パネルのねじ締め等も作業できるようにする。

が主な理由である。

なお、制御は各軸独立で、マイクロコンピュータ Z80 により速度と位置を制御する。

図4にロボット動作特性の一例を示す。ロボット先端に6kg（仕様の1.2倍）の錘をぶらさげ、II軸を175°（最大旋回角度）旋回させた時の、II軸モータ制御特性を(a)に、停止時のアーム先端残留振動を(b)に示

表1 技術開発課題

1. 生産設計	<ul style="list-style-type: none"> 部品点数の削減 部品の共通化 ユニット化 基準面の統一化 部品形状の簡素化
2. 生産技術	<ul style="list-style-type: none"> 組立要素技術 <ul style="list-style-type: none"> 搬送；ショックレスベースマシン 位置決め；組立搬送、部品整列 組付け；複雑異形、柔軟部品のはめあい、挿入 結合；レーザによるはんだ付け 多点同時ねじ締め、圧入、融着 配線；自動配線 自動化システム技術 <ul style="list-style-type: none"> 異常検知；欠品、動作不良、等の検出 ねじ締め 電気特性 集中制御；機械装置集中監視 はん用化技術；組立用ロボットの活用

本体部主要仕様

形式	多関節
自由度	6
動作範囲	I軸 300°
	II軸 175°
	III軸 360°
	IV軸 150mm
	V軸 60°
	VI軸 60°(V軸連動)
可搬重量	5kg
位置精度	±0.05mm
動作速度	1.5m/s
制御部	
制御方法	マイクコンピュータ制御DCサーボ
動作方式	PTP
位置設定数	286ポイント
外部入出力点数	各16点

図3 組立用ロボット TSR-700 H

表 2 レーザはんだ付け条件

項 目	条 件
レーザ照射出力 W	40±2
レーザ照射時間 s	上限5, 下限3~4
スポット径 mm	3.5±0.5
端子加圧力 kg	0.3~1.6
はんだ種類	日本アルミット社製 KR-19
はんだ量 mg	約40 φ1.2×1.3 mm 3個

(a) 動作特性

(b) 停止特性

図 4 ロボットの特長 (II軸, 負荷 6 kg, 175° 旋回)

(a) 構成

(b) 端子構造

図 6 レーザはんだ付け

した。組立時に重要な特性の一つである残留振動は、オーバシュート量 90 μm , オーバシュート時間 0.8 s 以内である。これは、まったく問題にならないほど小さい。

本ラインでの適用は図2のレイアウトに示したように、キャップ等部品の供給組み付けおよびベース内配線のはんだ付けの二つの作業である。前者はロボットの適用として、もっとも一般的なものである。ベース内配線のはんだ付けは従来発表されていないようである。図5にこのロボット群を示す。

4.2 YAG レーザによるはんだ付け モータ端子側のはんだ付けは図6(b)に示すように端子間隔が狭い。このためはんだごてによる自動はんだ付けの場合は、同時に数本はんだ付けが困難など、効果ある方法ではない。これを解決するために熱源として YAG レーザ光を利用し、その伝送

図 5 ベース内配線ロボット群

に石英ガラスファイバを適用して自動はんだ付けを可能とした。この概念図を図 6(a)に示す。

2 台の発振器からのレーザ光を光学系によって 3 方向に分割し、それぞれを石英ガラスファイバによって端子上に伝送し、はんだ付けする。

はんだ付け条件および適正はんだ付け範囲を表 2 および図 7 に示す。なお、はんだ付け点数は 5~8 になるので、2 ステーションではんだ付けを行っている。

図 7 適正はんだ付け範囲

5. おわりに

ここに、扇風機自動組立ラインの概要を紹介したが、紙数の都合上、詳細にわたり言及しえなかった。今回の開発では、自動組立上のノウハウを体得することが主目的の一つであったため、前述した項目以外に、いくつかをこころみた。たとえば、ライン全体の管理システムである。

今後の課題としては、このようなラインの信頼性の向上が最重要である。また、ロボットの MTBF の延長にも関心をはらう必要がある。

なお、今回自動化を見送った工程は、コード等可とう性物体のハンドリングおよび外観検査である。これらの価格性能比は現状ではまだ悪い分野に属するけれども、今後の重要な研究対象の一つである。

最後に、本扇風機ラインでは経済性を含め実用化を強く意図した。おおかたのご批判をいただければ幸いである。(原稿受付 昭和 57 年 12 月 8 日)

参考文献

- (a) 福喜多, 日経メカニカル, 119 号 (昭 57-7-19), 42.
- (b) 横田, 日経メカニカル, 120 号 (昭 57-8-2), 135.

科学技術白書発表(その 1)

科学技術庁では昭和 56 年度科学技術白書(昭和 57 年版)を発表した。「創造性豊かな科学技術を求めて」の副題がつくこの白書は、金をつんでも海外から優れた技術を買えなくなりつつある新たな国際動向を重視し、従来のような海外依存体質を脱却するため、創造的自主技術の開発努力を強調して、その課題を提示している。

第二次世界大戦後の経済成長に技術革新が大きく貢献したと割り切る白書は、鉄鋼、自動車、半導体の三産業がその代表例と位置づけている。しかし、これらの技術製品は、国際市場で各工業国の脅威的になっているものの、その基本技術は海外からの導入で日本流に改良したものにはすぎないとドライに分析している。そして日本の科学技術は「世界に通用する自主技術が相対的に少ない」と述べ、基礎的段階の科学技術はまだ欧米諸国と比べて遅れている点が多いと反省している。

このため、白書は最近進歩が著しい七つの先導的、基盤的科学技術分野、すなわち核融合、宇宙開発、極限科学技術、材料科学技術、情報・電子技術、ライフサイエンス、海洋開発について評価を加え、今後の課

題を示している。

とくに注目すべき事項の概要はつぎのとおりである。

〔わが国の科学技術の特徴〕

戦後、わが国の経済が順調に発展した要因の一つとして技術革新があげられる。これは生産の伸びに技術進歩がどの程度寄与したかをみればよく示されている。わが国の製造業の生産は、昭和 30 年から 54 年の間に 12 倍弱増加したが、このうち技術進歩の寄与度は 30% とかなり高く、とくに加工組立形産業において、技術進歩の寄与度が高い。典型的な加工組立形産業である鉄鋼、自動車、半導体工業でみると、技術の進歩は生産工程の機械化、自動化、低コスト化、高品質化となって生産性の向上に結びつき、今日みられる世界最高の国際競争力をもたらした。ただいずれの産業においても、基本技術は海外から導入されており、わが国ではそれらを基盤に独自の技術として伸ばしてきた。こうした傾向は技術貿易構造によく表れており、昭和 55 年度のわが国の技術貿易収支は輸入 3 に対して輸出 2 の割合にとどまっている。

(407 ページへつづく)

〔服部 敏夫〕