

自動調整ロボット

Automated Alignment Robot

稲井 肇⁽¹⁾ 丸山 克幸⁽²⁾ 金田 喜隆⁽³⁾
Hajime Inai Katsuyuki Maruyama Yoshitaka Kaneda

磯川 雅人⁽⁴⁾ 森 英寿⁽⁵⁾ 荻田 定介⁽⁶⁾
Masato Isokawa Hidetoshi Mori Teisuke Ogita

要 旨

『他人と違う物を持ちたい』と言う市場ニーズは、製品を多様化し、これに対応するため、生産形態は大きな変貌が必要となり幾多のアプローチがなされている。その中で、生産設備は多品種への対応と、次々と開発される新製品への即応性が要求されている。

当社では、オートラジオの生産効率化の一環として各種の自動機を開発しており、1986年11月には、調整作業の自動化設備として多品種少量生産に対応できる自動調整ロボットを開発した。

この自動調整ロボットは、パソコンとロボットアームを用い、制御回路をソフトウェア化（ロジック化）することにより、多品種への対応と新製品流動時の即応性を追求した自動機である。

本稿では、その概要と開発の目標、開発内容、安全性などの要点について紹介する。

Since user's need of "One wants to have a something different from others" makes products more varied, the production system has been obliged to be modified through a various technical approach. The purpose of modification is to make the production system applicable to types of production and to new products immediately.

As a part of pursuing production efficiency, we have developed various automated machines.

Among them, an automated alignment robot, developed in November 1986, is a utility system for diversified small quantity production.

The robot comprises a personal computer, robot arm and software instead of hardware, in order to diversify the system utility.

This report introduces the system outline and development purposes.

(1), (3)~(6) 技術システム開発部

(2) 第一オーディオ本部第一製造部

1. ま え が き

近年、生産工程の合理化設備にロボットを採用するケースが増えてきた。これは、ロボットのフレキシビリティ(Flexibility)を活用し、多品種生産へ対応すると共に次々と開発される新製品への即応性を高めるためには不可欠なものとして、広く応用されているためである。

当社においても、オートラジオの組立工程において、ねじ締め機・はんだ付け機などにロボットを利用してきた。しかし、調整工程においては、①動作が単純な繰り返し作業ではない、②各製品毎に個別のツールが必要、などの理由から各製品専用の機構ユニットを作り、これの交換により多品種生産へ対処していた。

今回、より多くの製品を対象とし、さらに新製品への即応性の向上をねらい、汎用化の源泉であるロボットとパソコンを使用した自動調整ロボッ

トの開発を行ったので、以下にその概要を述べる。自動調整ロボットの全容を図-1に示す。

2. 自動調整のねらい

ラジオ、電気的性能を最大限に引出すために、必要不可欠な作業として『調整作業』があり、オプティマムな調整が必要である。AM調整では上下限周波数調整・トラッキング調整、FM調整ではさらにリミッタ・C/N調整などがそれである。以上の作業を機械により自動的に行うことを、自動調整と呼ぶわけであるが、そのメリットを次に示す。

- 1) 調整品質の均一化
- 2) 調整時間の短縮
- 3) 省人化
- 4) 作業者教育訓練が不要

『特に調整作業は項目毎に調整方法が同一ではなく、測定器類の複雑な操作が必要



図-1 自動調整ロボットの全容

Fig. 1 Appearance of "Automated Alignment Robot".

表-1 従来システムと新システムの相違点

	従来システム	新システム	新システムのメリット
調整の制御方式	ハードウェアによるサーボ	ソフトウェアによるサーボ	複数のシステムを短期間で作りあげることができる（新機種への即応性が高い）
機構部 （ドライバ部）	・固定ヘッド ・多軸型	ロボットアームによりドライバ移動	ワークの調整素子に対する位置的な制約が無い（アームを自由に動かすことができるのでデッドスペースが無い）
ソフトの言語	アセンブリ言語	BASIC	緻密なプログラムを容易に組むことができる

であり、習熟に時間がかかる』

3. 自動調整ロボットの概要

3.1 開発の目標

自動調整ロボットの開発にあたり、下記項目を主なねらいとした。

- 1) 多品種少量生産に対応できること
(段取換えが容易)
- 2) 新機種への即応性
(立ち上がり日数の短縮)
- 3) 他部門への展開が容易であること
(応用範囲の拡大)
- 4) 安全性の確保
- 5) メンテナンスが容易であること
- 6) 生産場所の変更に対応可能であること

7) 転用・改造が可能であること

8) 対象となるワークの変化（形状、寸法、調整点数など）にも対応可能なこと

自動調整を目的としたシステムは、1974年から既に移動中であるが、今回は上記のような第三世代的目标を満足させるため新たに開発した。

従来システムとの相違を表-1に示す。

3.2 ワークの概要

本装置で自動調整を行っているAMフロントエンド（以後ワークと呼ぶ）について述べる。ワークの外観を図-2に示す。

本基板は、RF-AMP・DETなど、AMラジオとして必要な回路を殆ど含んでおり、基板形状も40×80mmと非常にコンパクトになっている。このため、電子チューナや一体機等に幅広く使用されている。

また、本基板はAMステレオ対応用でもあるため、従来よりも高精度の調整が必要である。

3.3 システムの概要

本システムは、大きく分けると図-3に示すように、制御部（パソコン、信号処理ユニット）、機構部（ロボット）、信号発生部（SG）によって構成した。

また、各装置間の結合は、GP-IBを使用した。（本バスを使用することにより、汎用性および拡張性を高めている。）

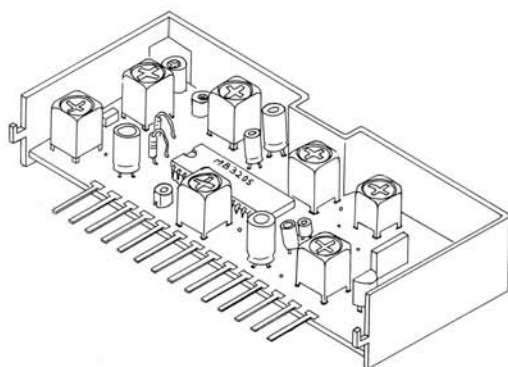


図-2 AMフロントエンド
Fig. 2 AM tuning unit.

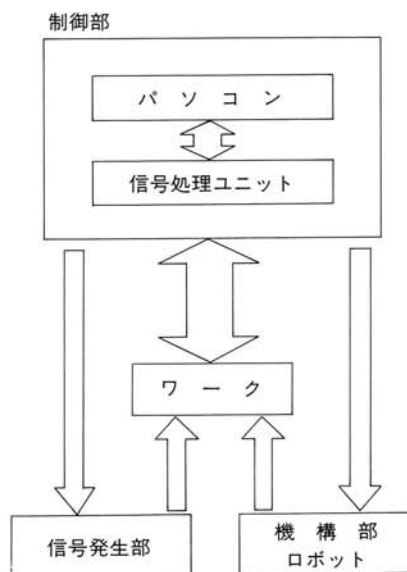


図-3 システムの構成

Fig. 3 Structure of system.

各部の概略を簡単に示す。

制御部—調整順序およびピーク調整、レベル調整の制御と良否判定を行う。

信号処理ユニットには、パソコンとのインターフェースユニット、電磁弁などの制御ユニット、オーディオ信号のA/D変換ユニット、DCモータ制御ユニットを内蔵している。

機構部—ドライバを調整素子に運び嵌合させる。

なお、パソコンモニタ部は、作業者にワークがNGとなった際の不良モードとか稼動状況（流動数・不良率・項目別不良数）を知らせる、‘伝言板’として使用している。

4. 開発の要点

4.1 調整ドライバ

今回開発した機構部はスカラ型ロボットによって、調整ドライバを調整素子の各位置へ移動・選択させる方式である。その中で最も重要な調整ドライバ部の特徴について述べる。

4.1.1 位置ずれ補正機能

自動調整を行う場合、調整素子と調整ドライバの嵌合は最も重要な要素の1つである。

ところがプリント基板の加工精度、基板と基板ホルダとの組み付け誤差などにより調整素子と調整ドライバの相対位置がずれて嵌合率が低下することがある。

この位置のばらつきを自動補正するには、画像処理によりずれ量を計測し、ロボットの移動量を補正する方法もあるが、余分な動作が必要で時間もかかり、またコストも高くなる。

そこで調整ドライバが調整素子へ接近する動作と同時に位置のずれを自動補正する機能を調整ドライバ自身に設けた。

その動作原理は、調整ドライバの先端を工夫し調整素子の形状との相互作用により調整ドライバに求心力が働くようにし、この求心力により容易に調整ドライバが動くようなコンプライアンス（柔軟性）機構から成る。

そのほかに、調整素子の高さ方向のパラツキを吸収するために伸縮機構を調整ドライバに設けた。

4.1.2 調整ドライバの振れ止め機構

コンプライアンス機構のためロボットの移動中と停止直後の振動により調整ドライバが振れて嵌合が不可能になる。

そこで、調整ドライバを嵌合直前まで確実に保持する機構が必要になる。

これに対処するため、調整ドライバの伸縮を利用した振れ止め機構を開発し、調整ドライバが調整素子に接触するまでの間の保持が可能になった。

4.1.3 調整ドライバの選択方式

複数の調整ドライバの中から必要な調整ドライバを選択する方法としてターレット式・交換方式などが考えられるが①迅速な交換②各調整ドライ

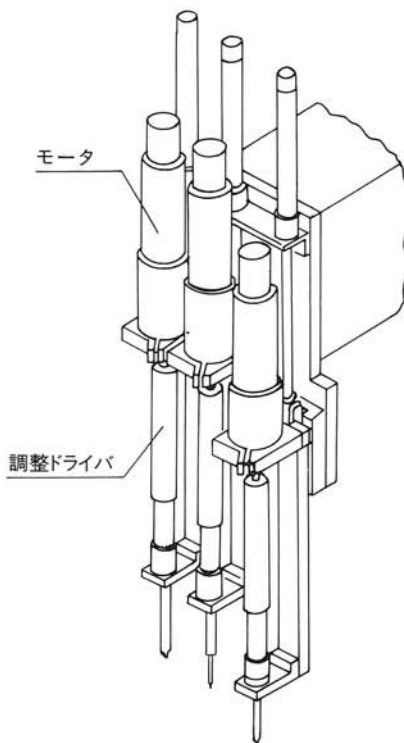


図-4 調整ドライバユニット

Fig. 4 Driver unit for alignment.

バの独立性の確保を考慮しブロック化した多軸型の選択方式とした。

ブロック化することにより調整ドライバの移動と選択が同時に行え、また各調整ドライバは個々独立しているので設計自由度が高まり、モータ・減速器・調整ドライバ形状の最適な設計が可能となった。調整ドライバの外観を図-4に示す。

4.2 調整方式

プログラミングされた手順に従い、ロボットアーム上の調整ドライバを各素子毎に移動させながら調整動作を進めていく。

調整作業の基本は、次のように実行している。

『ワークからのオーディオ信号を、A/D変換ユニットで12ビットのデータに変換し、パソコンに伝送する。そして、パソコン内部での演算結果によりDCモータの回転方向および速度を

制御する。』

4.2.1 ピーク調整の概念

調整作業としてよく用いられる『ピーク調整方式』とは、ワークの出力レベルを最大にする調整のことで本装置においては、IFT・RFトランス・RFトリマなどの調整に適用している。

機械にとってピーク調整が容易でない原因の一つとして、ワーク毎に調整すべきレベル（即ち、出力最大値）が異なっていることが挙げられる。このため、ピーク点を通過するまで素子を回転させて探す必要がある。人間であれば、視覚機能および知能を兼ね備えているため、瞬時にピーク点を検知することができる。しかし、本調整装置では波形の出力変化に対するデータを非連続的に取得しているため、ピーク点の検出に工夫が必要である（4.2.2に記述）。本調整のハードウェアのブロック図を図-5に示す。

4.2.2 ピーク点検出方法

ピーク点の検出方法は、いろいろ考えられるが、多種多様の波形変化に対応するため、次の方法とした。

『各ポイントにおける微分係数の変化をチェックすれば、ピーク点の通過を確実に検出することができる。』

これをわかりやすく説明するために、調整中の波形変化パターンを図-6に示す。ここで、微分係

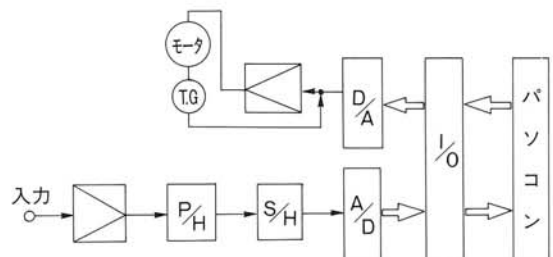


図-5 ピーク調整ブロック図

Fig. 5 Block diagram of peak alignment.

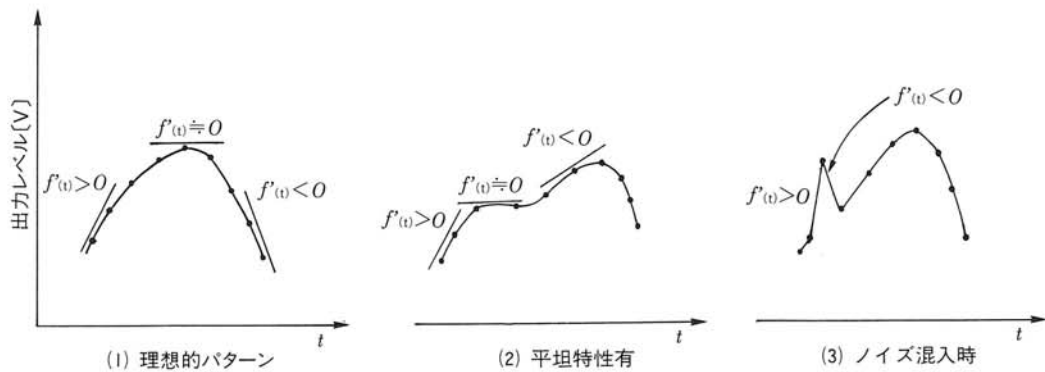


図-6 波形変化パターン

Fig. 6 Various patterns of output waveform.

数 $f'(t)$ は下式(1)で表されるものとする。

$$f'(t) = dV/dt = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \{V(t + \Delta t) - V(t)\} / \Delta t \quad (1)$$

図-6(1)～(3)について、 $f'(t)$ の変化に注目すると下記表-2のようになる。

以上から、 $f'(t)$ が表-2(1)のような変化した時にピーク点を通じたと判断することができる。調整のシーケンスをフローチャート図-7に示す。ただし、わかりやすくするため、より簡略して描いた。

4.3 ロボットの選択

ロボットの導入にあたり、次の項目を基準とした。

- 1) パソコンの指示により任意位置へ移動
- 2) ツール重量 2kgf で40mmを0.5秒で移動
- 3) 可搬重量 2kgf (最高速時)
- 4) 停止精度 $\pm 0.05\text{mm}$

表-2 $f'(t)$ の変化

(1)	正	ピーク 0	負		
(2)	正	0	正	ピーク 0	負
(3)	正	負	正	ピーク 0	負

正: $f'(t) > 0$
負: $f'(t) < 0$

5) 動作範囲 200mm×300mm

6) 省スペース

以上を考慮してロボットを選定した結果、設置スペースが小さく必要以外の動作範囲を機械的ストッパで制限することにより最大外形を小さくできるスカラ型ロボットを採用した。ロボットの動作範囲を図-8に示す。

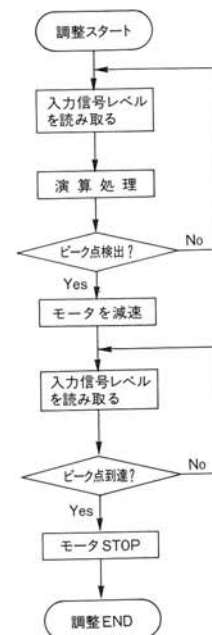


図-7 ピーク調整フローチャート

Fig. 7 Peak alignment flow chart.

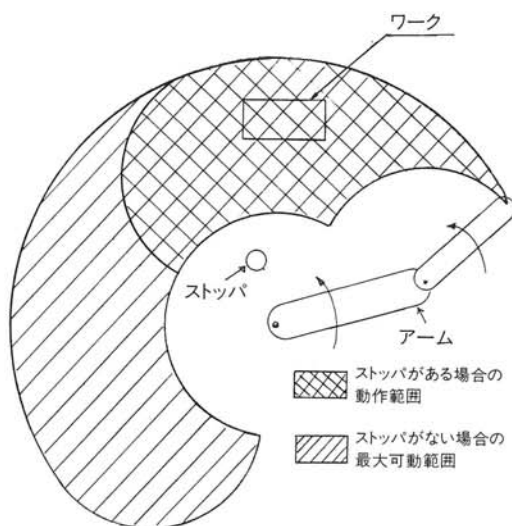


図-8 ロボットの動作範囲
Fig. 8 Movable area of "Robot".

5. 段 取 替 え

調整対象となるワークの切替えに対応して、段取替えが必要となる。本装置では治具とワンタッチプログラムの変更のみによって簡単に段取替えが行えるものとした。治具交換の場合、治具位置の再現性を確保するために、位置決めと固定を兼用したクランプを開発し、特別な工具を必要とせず短時間で交換できるようにした。

プログラムは、一枚のフロッピーディスク内に複数のデータが格納されており、必要な機種名をキーボードから対話形式で呼び出すことにより切替える。また、ロボットを動かす調整素子の位置データも交換する必要があるが、このデータも同じフロッピーディスクに入れておきパソコンからロボットコントローラへ位置データを送る方式とした。これらによって、ロボットコントローラ側の機種切替え作業は不要となった。

さらに、近い将来の拡張を考えると、ドライバや減速器の交換も必要になるが、いずれもねじ一本で交換できる構造とした。

以上により、段取替えの作業時間は5分以内で可能となった。

6. 安 全 性

自動機を稼動する上で安全性の確保は一層重要な事項である。特にロボットの不測の暴走についても、人に対する安全性には十分な配慮が必要である。

本装置における安全対策は、可動部分に人が簡単に近づけないようにしている。特にロボットのアームは可動範囲が大きいので全体を保護カバーで囲っている。

また、設備の保全時において、カバーを取り除いた場合、ロボットが動作しないように回路を構成している。

一方、作業者がワークを装脱着する部分には、光電センサを設けロボット動作中に身体がロボットの動作域に侵入すれば、ロボットを即座に停止する構造とした。また、周囲からもロボットの動作状態が一目でわかるように表示灯を設け、注意を喚起させている。

7. む す び

以上、今回開発した自動調整ロボットの特徴について述べた。

多品種少量生産に対応するには、自動機のフレキシビリティを高めなければならない。そのためには、自動機のみを対象とした改良だけではなく製品の標準化を進める事も重要である。

今回の自動機開発においても、段取り替えの時に調整ドライバの交換をなくすため、調整素子の形状などについて製品設計部門の協力を得て標準化を実施した。

今後、さらに新技術の確立を図り、より多くの製品に適用し、生産性の向上、および製品の品質向上を図りたい。