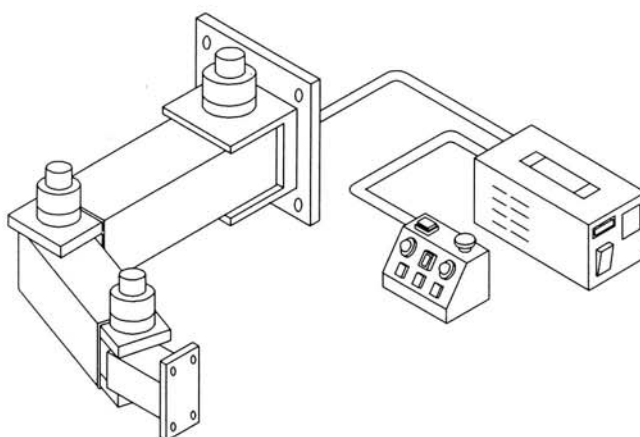


汎用型水平多関節ロボット

Selective Compliance Assembly Robot Arm

金田喜隆	<i>Yoshitaka Kaneda</i>
山本和幸	<i>Kazuyuki Yamamoto</i>
磯川雅人	<i>Masato Isokawa</i>
奥山悦雄	<i>Etsuo Okuyama</i>



要 旨

国内の経営環境変化の中で、我々製造業は需要変化に応じて必要量をつくるための柔軟な生産形態に加え、少ない設備投資で効率良く生産を行うためのアプローチが重要となって来ている。

当社では、生産ラインの効率化の一環として各種の自動機を開発しており、1993年3月には、生産ライン変更への即応化・投資の効率化・ライン構築や操作の容易化に対応できる汎用型水平多関節ロボットを開発した。

この汎用型水平多関節ロボットは、当社にとって必要な機能、性能に絞り込むことにより、従来の自動機と組み合わせて作業ができるよう配慮し、将来の無人化ライン構築の夢につながるロボットである。

本稿では、その概要と開発の目標、開発内容などの要点について紹介する。

Abstract

In recent economic environmental changes, manufacturing industry needs flexible and more efficient production systems.

Fujitsu Ten has been developing various automated machines to cope with the needs. In 1993, we developed a robot suited for the production systems in need. This robot works with easy operation and helps layout the production lines, fast and easily with effective investment in plant and equipment.

This robot can be used with another machines which were already introduced before, and then it can bring us the full-automated assembly lines in the future.

This report describes the technology of this robot and summary of the development.

1. ま え が き

近年、生産ラインには需要変化の影響による生産変動や新製品への切替えをいかに迅速に対応するかが求められている。これに対応する手段の一つとしてロボットによる自動化がある。これは、ロボットのフレキシビリティを活用し、新たに開発される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。

当社においても、オーディオ組立工程に、ねじ締め機・はんだ付け機などにロボットを利用し、自動化を推進してきたが、将来的にさらに厳しくなるとされる労働環境を考えて、積極的に安価で、投資効率が高い設備作りを必要としている。

一方、組立工程の要素作業の自動化は進んでいるが、搬送、部品供給、組付は、依然として人手の器用さ、能力、判断に頼っており、省人化や自動化からおくれをとっている。そのためこれらの自動化は急務であるが、現状、人が行っている作業を自動化する場合には、高価で複雑になりやすい。また、従来の組立ロボットに加え新たな発想のロボットが求められる。

今回、これからの自動化に必要な、安価で投資効率が高く、生産ライン変更への即応化、操作の容易化を追求した汎用型水平多関節ロボットを開発したので、以下にその概要について述べる。

汎用型水平多関節ロボット全容を図-1に示す。

2. 開発の背景

2. 1 開発のねらい

1) 生産ライン変更への即応化

従来の自動機と組合わせて作業が行え、既存設備への影響を最小限に押さえた取付け構造とし、生産ラインに変更があっても、短時間に取り付け位置、インターフェイスの変更が可能なこと。

2) 投資の効率化

他社のロボットおよび、主要オーディオ組立工程の調査・分析を行い、当社にとって必要な性能・機能に絞り、投資の絶対額を下げる。

3) システム構築や操作の容易化

アームを直接手で動かし、座標位置を入力するダイレクトティーチング機能を備え、ティーチング時間の短縮を図る。

プログラム入力ペンダントは、ロボット言語の開発により従来の自動機と共通化を図る。

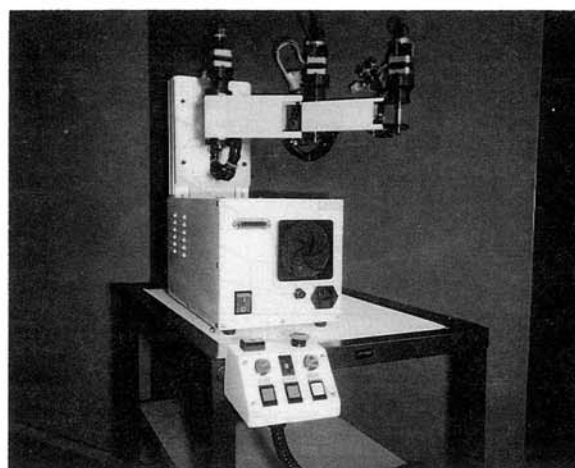


図-1 汎用型水平多関節ロボット
Fig.1 External view of Robot

2. 2 開発の目標

開発にあたり、他社ロボットの調査を行った。(表-1) その結果、当社の自動機と組合わせて使用した場合、スピード・精度面において過剰性能であり、コストも高くなる。

そこで、開発のねらいである、投資の効率化を図る上で、当社にとって必要な開発目標を設定した。

1) 可搬質量

社内製品の質量、寸法から、今回の可搬質量は、2.5kg以下の製品をターゲットとし、ツール質量と合わせて5kgとした。

製品質量と最大寸法を図-2に示す。

2) 繰り返し精度

組立工程の搬送、部品供給の調査を行い、さらに、先行性・汎用性を考慮し、図-3に示すように、繰り返し精度を $\pm 0.1\text{mm}$ 以下とした。

3) 移動速度

生産台数別のラインタクトより、M/C サイクルタイムを引いた値を搬送、部品供給のねらいの領域とし、それを満足する移動速度から 350mm/sec と決めた。

移動時間のねらいの領域を図-4に示す。

表-1 他社仕様

項 目	他社ロボット
可 搬 質 量	3 kg
繰 り 返 し 精 度	$\pm 0.04\text{mm}$
移 動 速 度	3500mm/s
駆 動 方 式	ACサーボモータ

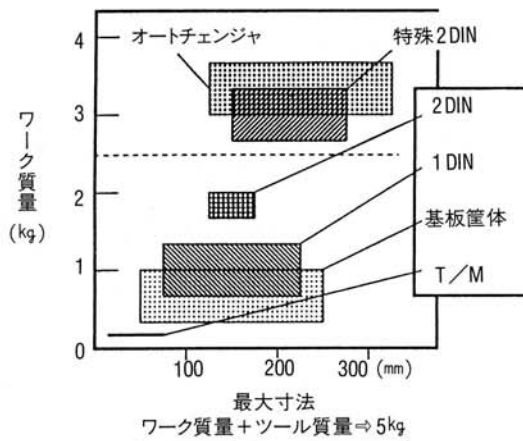


図-2 製品質量と最大寸法
Fig.2 Weight and size of products

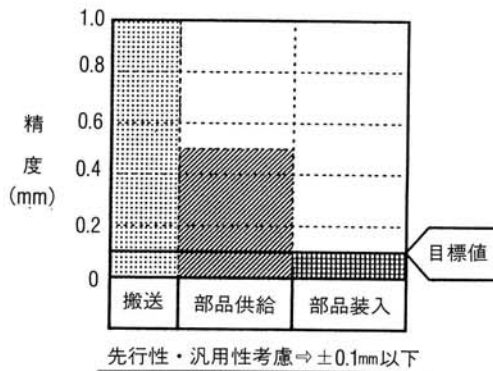


図-3 精度
Fig.3 Positioning accuracy

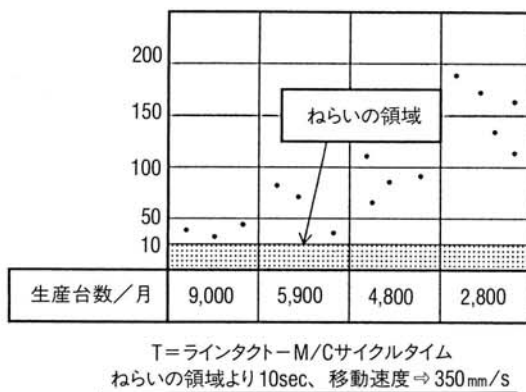


図-4 ねらいの領域時間
Fig.4 Positioning speed

3. システム概要

3. 1 ロボットの構成

本ロボットは、大きく分けると図-5に示すように、アーム部・制御部・操作部に分け、各部をユニットで構成した。

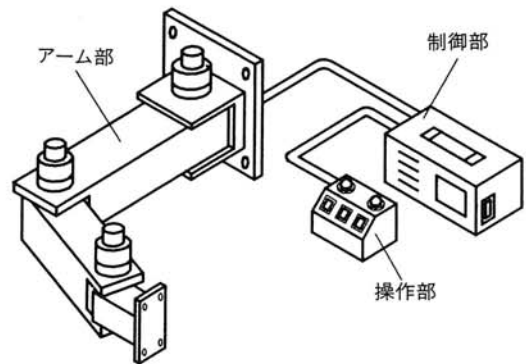


図-5 ロボットの構成
Fig.5 Configuration of Robot

各部の概略を簡単に示す。

アーム部 ー 軽量・高剛性アームに駆動部を搭載した3軸
駆動型既存設備への影響を最小限に押さえた
取付け構造

制御部 ー 汎用外部入出力・電磁弁・省配線、ネットワー
ク通信コネクタ内蔵
PTP制御(4軸)

操作部 ー 状態表示を行うランプ・ブザーと、機種切り
換え・非常停止・操作スイッチを装備

3. 2 設備への取付け

一般に、水平多関節ロボットは、アーム部と支柱部が
一体型である。

このため、取付け方法・据え付けスペースに制限がで
る。

当社の組立ライン形態は、人とM/Cの対話方式で作
業を行っており、一般の水平多関節ロボットを使用した
場合、作業側側に据え付けて作業を行うため、従来の自
動機との据え付け位置の精度確保が困難であり、また、
安全性・保守の作業悪化という問題が発生していた。

そこで、開発企画段階で、組立ラインの形態と従来の
自動機を考慮し、人に代わるロボットということで、人
間の腕に近いアームを検討した。

また、コスト・操作性を考え、できるだけ自由度を減
らした構成を目指した。それを、再度CADによりシミュ
レーションを行い、動作領域・作業性・安全性を確認し、
各部寸法は人サイズになるように設計を行った。

その結果、支柱を無くした当社独自のアームを開発し
た。さらに、設備の腕として取付けが行えるようにユニッ
ト化し、従来自動機にワンタッチで取付ける構造にした。

アーム部の取付け例を図-6に示す。

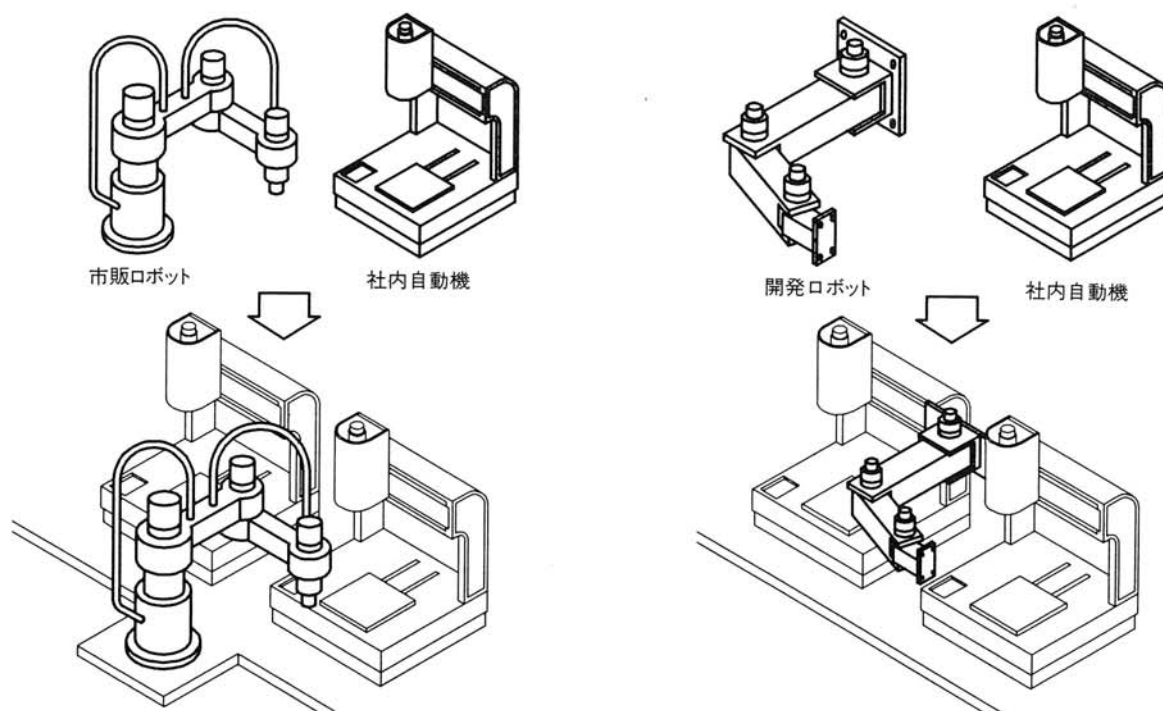


図-6 アーム部の取付け例
Fig.6 Example of application

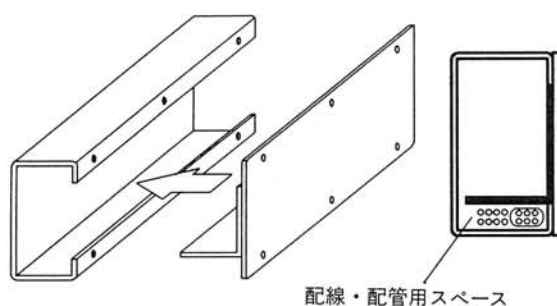


図-7 アーム構造
Fig.7 Structure of arm unit

4. 開発の要点

4. 1 軽量・高剛性アーム

支柱を無くしたアームについては、先に述べたとおりである。ここでは、アームの構造について述べる。

一般に水平多関節ロボットは、片持支持であり剛性を保つために、アームはダイカスト（鋳物）が主流である。しかし、ダイカストのアームは重いため駆動源であるモータの容量が大きくなり、またコストも高くなる。

そこで、今回開発したアームは、板厚1.6mmの板金をC型に加工し、これにフタをした、四角柱の形状で構成し、大幅な軽量化を図った。

また、フタにはL型の板金に取り付けてあり、上下、ねじれ方向の負荷に耐える構造とし、さらに、アーム内に配線、配管用のスペースを設けてある。

図-7にアームの構造を示す。

4. 2 減速機構

ロボットの駆動機構は、その特性として、高精度・高トルク・高スピードが要求される。

ロボットのアームを駆動するには、これらの特性を確保する減速機構が必要である。

しかし、一般の減速機構で、小型・高精度・高トルクを確保することは困難である。また、歯車を組合わせて減速する方法もあるが、容量が大きくなり、コストも高くなる。

そこで、ステッピングモータと特殊ギアを使用し、小型・軽量の減速機構を開発した。

以下にその特徴を述べる。

小型・軽量—他の減速機構と比較すると1/2以下の容量、1/3の質量とした。このため、M/Cの小型化・軽量化が容易となった。

高トルク—減速比が $1/50 \cdot 1/100$ と高く、かみ合歯数が多く面接触であるため高トルク容量がある。

高精度— 180° 対称の2ヶ所がかみ合っているためバックラッシュが非常に小さい。

取付の自在－出力軸、ハウジングが社内開発であるため、
取付形状が自在。

高精度・高トルクで、各自動機の駆動源として広範囲
に使用が可能。

減速機構を図-8に、アーム取り付け時のトルクの余裕

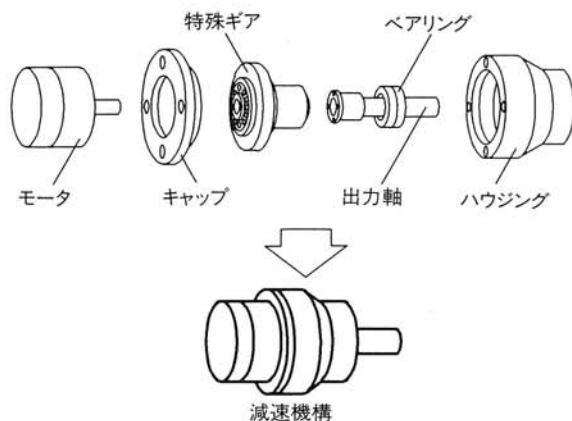


図-8 減速機構

Fig.8 Speed reduction mechanism

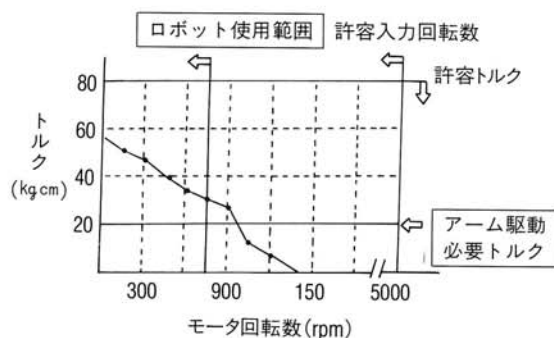


図-9 トルクの余裕度

Fig.9 Power output

度を図-9に示す。

4. 3 制御用ロボット言語

ロボットを制御するためのプログラミングを簡素化し、
デバッグ時間の短縮・標準化の推進のため、当社独自の
プログラム言語を考案し、併せてプログラム開発の支援
システムを開発した。

言語仕様は、BASICライクなものとし、基本コマ
ンドによりロボットの動作や機能を簡単に記述できるも
のとした。

開発支援システムでは、プログラムの設計・製作・基
本デバッグを行い、通信ポート (RS232C) を通して

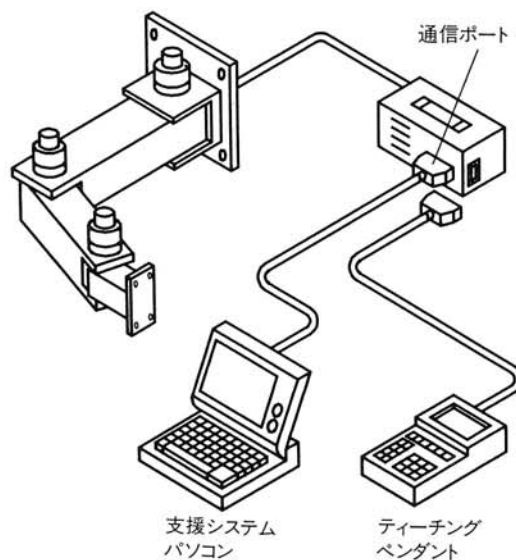


図-10 システム構成図

Fig.10 Teaching system

表-2 一般仕様

項 目	仕 様
1. 制御方式	「工程歩進型制御」 シーケンス1STEPより工程歩進シーケンスプログラムに従い、位置制御や動作を行う。
2. 最大ステップ数	座標：1152STEP／パラメータ：200個／シーケンス：1000STEP (9ブロック) (RAM32K時)
3. モータ制御 最大4軸	制御LSI (PCL240AK) の仕様に基づき、各軸毎に各4種類設定可能 最大速度・最低速度・加減速度
4. I/O制御	OUT：最大16ビット IN：最大24ビット 省配線I/Oにより拡張可
5. ティーチング	RS232Cの通信によるペンダント方式 パソコンによるティーチング ダイレクト・ティーチング
6. 通信制御	RS232C (BAUD RATE 9600 8BIT EVEN PARITY 1STOP BIT) 省配線I/O (DNI850) ・ネットワーク

制御装置に転送し、実機によって動作確認を行える。

プログラムの動作確認や座標データのティーチングは、同じ通信ポートにティーチングペンダントを接続して行い、ペンダント上でプログラムの確認・修正・変更も行うことができる。

システム構成図を図-10に、一般仕様を表-2に示す。

4. 4 ダイレクト・ティーチング

一般に、ロボットの動作データ（座標）は、ティーチングペンダントなどの教示装置によってロボットを実際に動かしながら設定する。

しかし、水平多関節ロボットのような円筒座標系のロボットでは、関節部にモータがあるため、ティーチングが非常に難しい。

このようなロボット導入時の操作環境を快適にし、また、導入・デバッグ時の効率化を図るためロボットのアームを直接手で動かして、座標を設定できるダイレクト・ティーチング機能を付加した。

これは、モータの回転角情報を各関節に取り付けたエンコーダにより制御部に取り込み、フィードバックする事により実現した。

制御ブロック図を図-11に示す。

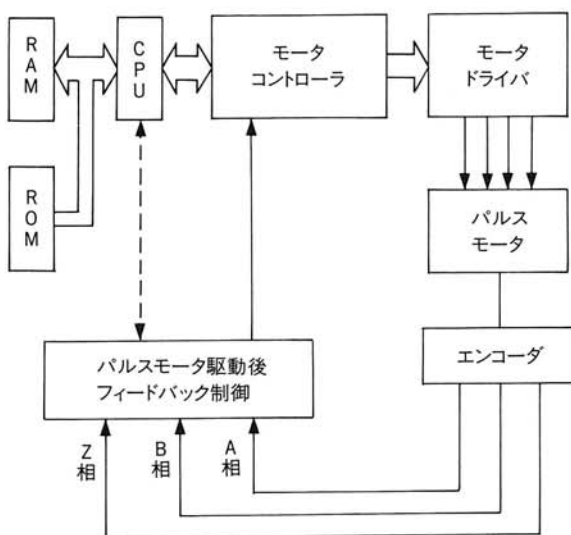


図-11 制御ブロック図
Fig.11 Control block chart

5. む す び

以上、今回開発した汎用型水平多関節ロボットの特徴について述べた。

生産方式の変化に対応するには、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。

参考文献

- 1) 永松茂隆：複腕型組付ロボットの実用化開発、第45回研究例会資料、No92-5 (1992)
- 2) メカトロボックス (7)：最先端のインテリジェントモーション、技術調査会 (1989. 6)

筆者紹介



金田 喜隆 (カネダ ヨシタカ)

1982年入社。以来自動化設備の開発および設計に従事。現在生産技術開発部自動機開発課在籍。



山本 和幸 (ヤマモト カズユキ)

1989年入社。以来自動化設備の制御部の設計及びソフトの開発に従事。生産技術開発部自動機開発課在籍。



磯川 雅人 (イソカワ マサト)

1979年入社。以来生産用自動化機器の開発に従事。現在生産技術開発部F A システム開発課長。



奥山 悦雄 (オクヤマ エツオ)

1977年入社。以来オーディオ機器の生産技術開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課長。