

組立ラインへのロボットの適用

Applications of Robots to Assembly Lines

近年、フレキシブルな自動生産システムのニーズの高まりとともに、産業用ロボットを導入した組立作業の自動化が積極的に進められている。しかし、組立作業は他の作業に比べ多様であるため、経済的・技術的制約が多くロボット化が十分進まず、ファクトリオートメーション実現上の大きな課題となっている。

日立製作所でも生産形態に適応したロボット化に取り組んでおり、ここでは代表的な4例について紹介する。

組立のロボット化に当たり、量産系では作業を細分化し高速簡易形ロボットを多数使ったシステムに、非量産系ではAHC機能、センサ制御機能などをもつ高機能ロボットを活用した組立センター方式とした。これにより、上記課題を解決したフレキシブルな組立システムを実現した。

松井 雄*	<i>Takeshi Matsui</i>
網谷 茂**	<i>Shigeru Amiya</i>
小橋章二***	<i>Shôji Kobashi</i>
菊池健治****	<i>Kenji Kikuchi</i>
所 佑文*****	<i>Yûbun Tokoro</i>
新家達弥*	<i>Tatsuya Ninomi</i>

1 緒 言

我が国での産業用ロボットの活用は、自動車ボディのスポット溶接作業から始められた。そして、ロボットの実用価値が評価されるに従い、その適用分野はプレス作業・モールド作業でのマテリアルハンドリングや塗装、アーク溶接作業など、年々拡大してきている。また近年では、ファクトリオートメーションの中心的な役割をロボットに期待するまでに至っている。

しかし、このような状況下でも、組立作業についてはロボットを活用しているとは言いにくく、組立のロボット化が今後の大きな課題となっている。

2 組立作業とロボット化

ロボットによる自動化を進める上で、組立作業と他の作業との大きな相違は部品の精密なハンドリングにある。

すなわち、従来ロボット化に成功した作業は、溶接・塗装のように単にツールの軌跡を制御するだけで、ハンドリングや相手部品と接触することのない作業か、マテリアルハンドリングのように位置決め精度の粗いハンドリングでよいものに限られていた。

一方、組立作業では部品の組付けが必須であるため、精密なハンドリングや相手部品との接触によって生ずる反力の吸収などが要求される。しかし、組付け部品は形状・寸法公差・材質や組付け精度が一品ごとに異なるため、ロボットあるいはハンドに必要とされる機能は多岐にわたる。このため、技術的あるいは経済的制約からロボット化が困難となることが多かった。

しかし、(1)作業工数が多いにもかかわらず、従来技術では自動化できない組立作業が残り、一貫自動化のネックとなっていること。(2)フレキシブルな自動生産設備のニーズが高く、これに対処するためには、ロボットを活用したシステムを確立する必要があること。などから年々組立のロボット化のニーズは高くなっている。

このため、各社とも対象製品に個別に対応したロボット化を試行しており、ライン化しやすい量産系の組立工程に多く

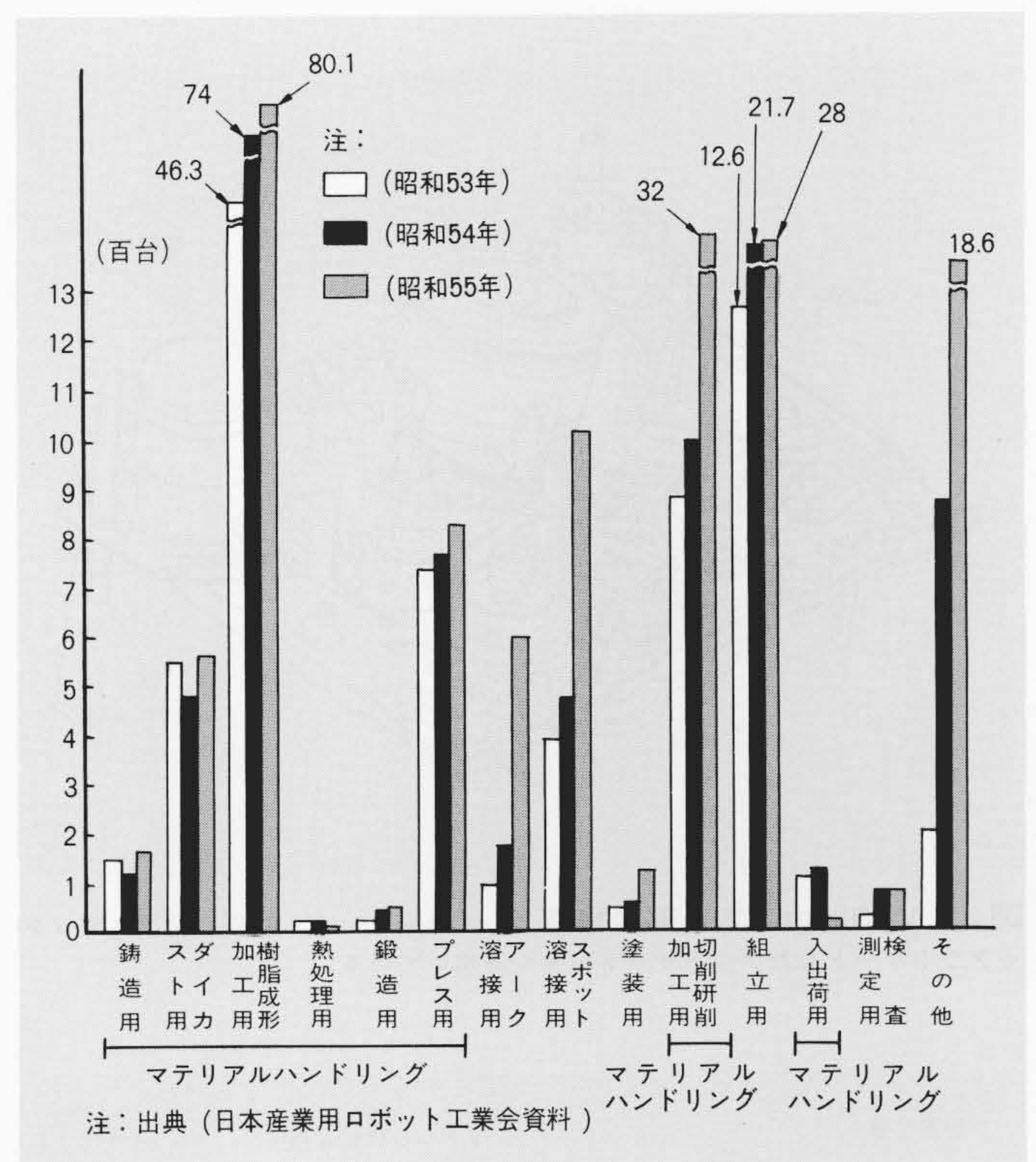


図1 年度用途別ロボット納入台数実績 一般作業のマテリアルハンドリング用に次いで組立用の台数が多い。

の簡易形ロボットを導入している。これは図 1 に示す用途別ロボット台数¹⁾で組立用が多くなっていることからもうかがえる。しかし、これらのロボットの多くは専用機的に使われるシーケンスタイプであり、プレイバックタイプの使用例は少ない。特に近年問題となっている多品種少量生産工程では、高機能なロボットが要求されるため、ロボット化が遅れているのが現状である。

日立製作所でも、ロボット本体の開発^{2), 3)}及び量産品から

* 日立製作所生産技術研究所 ** 日立製作所東海工場 *** 日立製作所那珂工場 **** 日立製作所栃木工場
***** 日立製作所水戸工場

非量産品の組立に至るまで、種々のロボット化を試行しており、以下にその代表的適用例について紹介する。

3 組立ラインへのロボットの適用例

3.1 量産機構部品組立ラインへの適用

(1) 対象組立工程の概要

VTR(ビデオテープレコーダ)メカニズム部の組立は、図2に示すようにシャシ、レバーなどのプレス部品、電動機、磁気ヘッドなどの電気部品、更にプラスチック部品やゴムベルトなどの柔軟部品などから構成されている。このため、ロボットの導入に当たり各々の部品について日立製作所で開発した組立性評価法^{4),5)}で組立の難易度を評価し、(a)評価点の高い構造に変更する。(b)部品機能の複合化により部品数を削る。(c)複雑部品の機能ユニット化によりサブアセンブリ化をする。(d)電気部品のコネクタ化をする。などの改良を行なった。これにより組立動作を単純化し、短いサイクルタイムで自動組立が可能となった。

(2) 自動化システムの概要

本自動化システムは図3に示すように、ワーク搬送位置決

め用ベースマシン、部品供給ユニット、ロボットなどの自動組付けユニットから構成されている。ワーク搬送位置決めベースマシンは組付けステーションとして独立できる構成としたため、これらを結合することによって任意の長さのフリーフロー組立ラインを構成できる。部品供給はパーツフィーダが使用できるものはばら積みの状態で、また部分組立品や電気部品は整列した状態でマガジンに入れておき、これを自走台車で倉庫から組付けステーションへ搬送する方式とした。自動組付けユニットとしては、ねじ締め機、油塗布機、ピックアッププレースユニット及び小形組立ロボットがある。ロボットステーションはベースマシン、ロボット、マガジン供給装置から構成され、まずマガジンを定位置に供給する。次に、ロボットが部品をマガジンの端から1個ずつつかみ、ベースマシン上に位置決めされたシャシに組み付ける。図4にロボットステーションの外観を示す。ロボットは量産ライン向きに経済性を考慮して、日立製作所で開発した表1に示す3自由度の簡易形組立ロボットを使用しており、これにより、品種変更に対するフレキシビリティとスペース効率の向上を図ることができた。なお全ラインはロボット本体とは別に、日立製シーケンスコントローラP-120で制御している。

3.2 中量産機械部品組立ラインへの適用

(1) 対象組立工程の概要

対象製品は、家庭用ルームエアコンディショナーに搭載さ

表1 簡易形組立ロボットの仕様 経済性・高速性を具備したロボットである。

	項 目	仕 様
ロボット本体	構 造	3自由度関節形
	最 大 速 度	1,500mm/s
	位置繰返し精度	±0.05mm
	可 搬 重 量	2 kgf
制 御 装 置	教 示 方 式	ティーチングプレイバック
	位 置 制 御	ソフトウェアサーボ
	補 間 機 能	直線補間

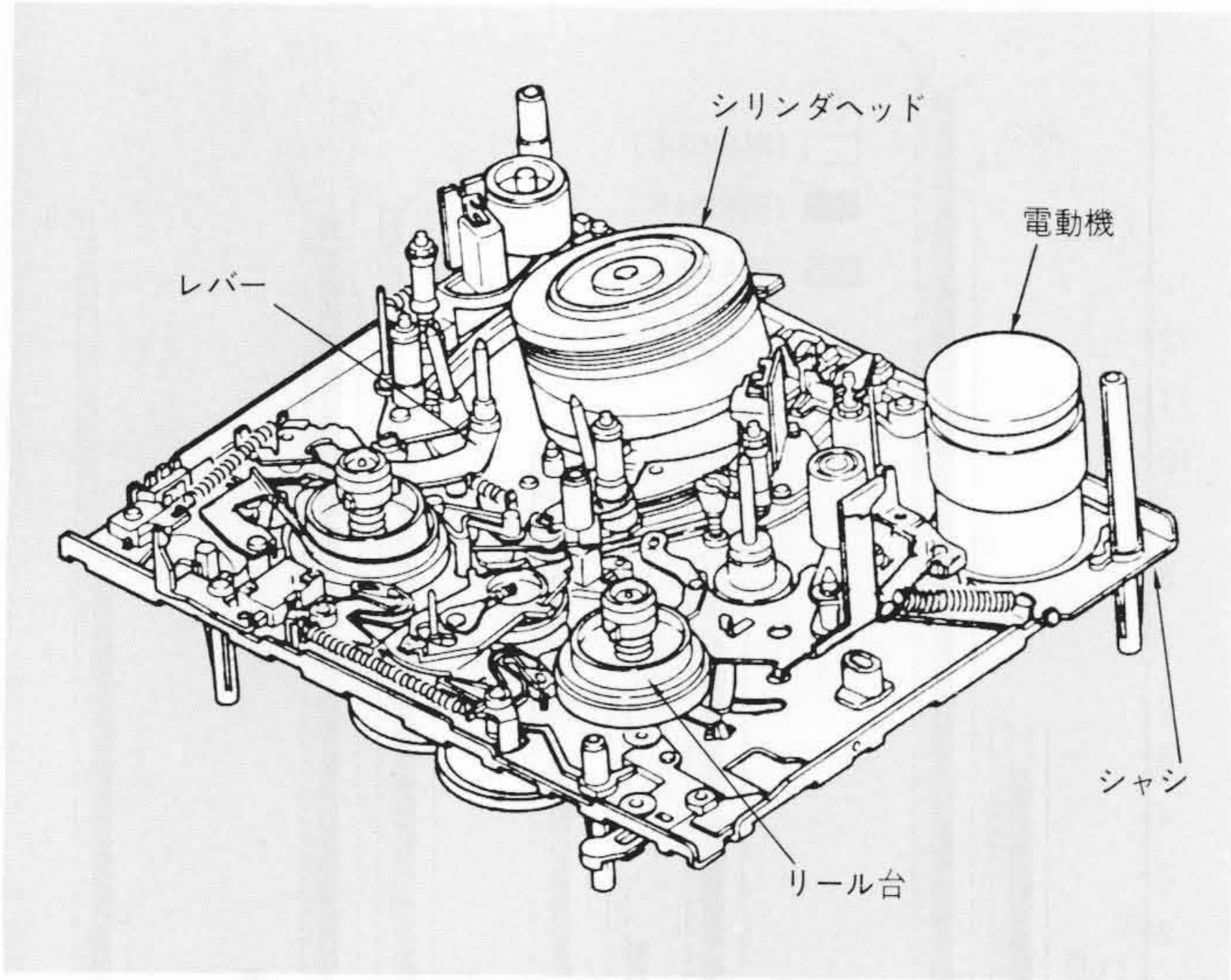


図2 VTRメカニズム部の構造 メカシャシは、鉄板にプラスチックをアウトサートしたアウトサートシャシを用いている。

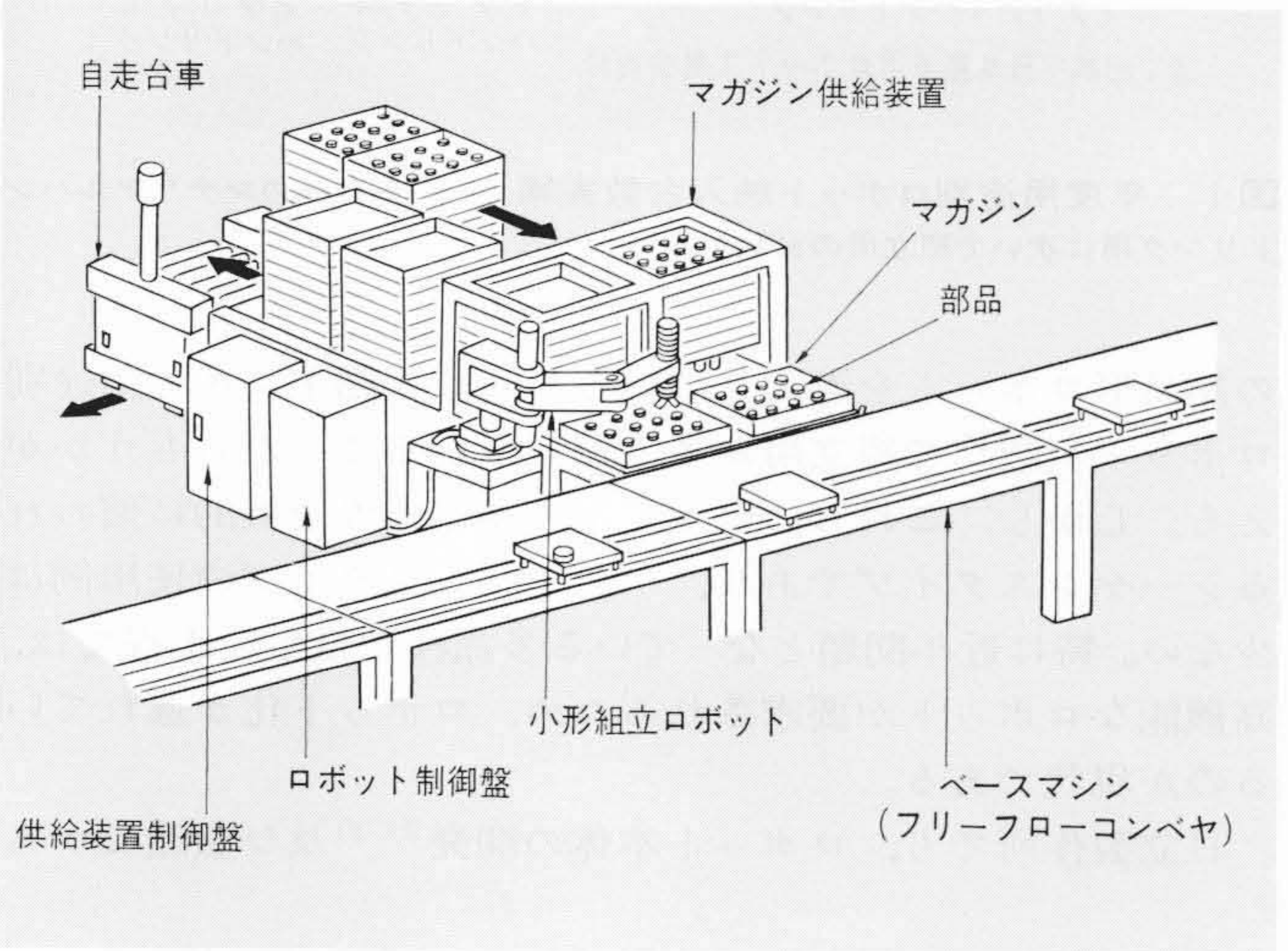


図3 VTRメカニズム部自動組立ライン 組立ラインはU字形で全長150mあり、ベースマシンはダイレクトフィード(プラテンを用いない。)方式をとっている。



図4 ロボットステーションの外観 本組立ラインには、簡易形組立ロボットが11台導入されている。

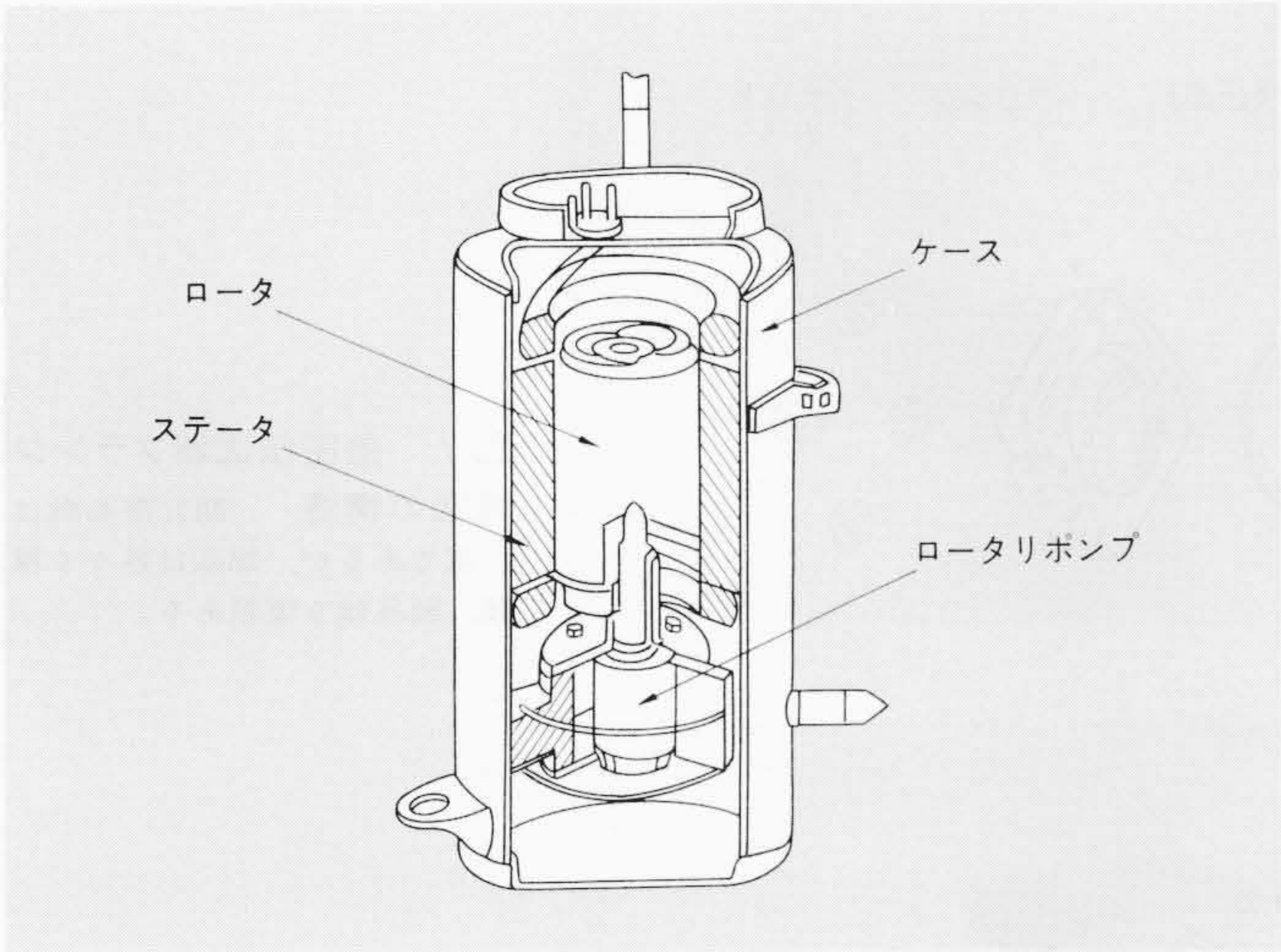


図5 T形圧縮機の構造 T形圧縮機は、家庭用ルームエアコンディショナーに搭載されているロータリ圧縮機で、ロータリポンプと電動機、ケースで構成されている。

れているT形ロータリ圧縮機で、図5に示すようにロータリポンプ、電動機及びケースから構成されている。ロータリポンプの組立作業は、はめ合い、位置合せ組立、心出し、ねじ締め、圧入及び焼ばめなどがある。また部品形状は、断面が円形から長方形まで種々あり、精密なはめ合いが要求されるものが多い。このため、本自動化ではねじ締め、圧入、焼ばめなどは専用機で行ない、自走式のロボットに精密はめ合いと専用機への部品の投入・取出し及び工程間搬送を行なわせることにした。

(2) 自動化システムの概要

ロータリポンプ組立ラインの外観を図6に、自走式組立ロボットの仕様を表2に示す。本システムは、3台の自走式組立ロボットと循環軌道とねじ締めなどの周辺装置及び中央制御装置から構成されており、自走式組立ロボットが循環軌道を一周する間に周辺装置と部品の受渡しを行ない組立を終了する。構成ユニットの特徴を次に述べる。

(a) ロボット本体は5自由度多関節形で、つり下げ式とし広い動作域をもたせた。

(b) 走行部は循環軌道となる2本のレールにまたがる跨座式とし、曲線部の走行を円滑にするためにボギー台車構造を採用した。また、硬質ウレタンゴム製の車輪を採用し、騒音と振動を防止した。

(c) 制御装置は、ロボット本体と連結して走行するために小形軽量化する必要があり、MOS FET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)使用のPWM(Pulse Width Modulation)式サーボアンプを採用した。更に、経路の円滑化を図り、動作速度を向上させるために、従来のPTP(Point to Point)制御に加え放物線補間制御方式を開発した。

(d) ハンドは一つで数種類の部品がつかめる多目的形のハンドを開発した。このハンドは部品把持部が3箇所あり、部品の形状により把持部を使い分けることができる。

(e) ロボット単体では12~28μmクリアランスの精密はめ合いは困難であるため、はめ合い点が変化しても対応できる受動ならい機構のはめ合いテーブルを開発した。

(f) 任意の場所でロボットと中央制御装置とが情報交換できるように、発光ダイオードとホトトランジスタによる無接触の情報交換授受装置を開発した。

3.3 非量産計測部品組立ラインへの適用

(1) 対象組立工程の概要

対象製品は、プラント計装で圧力、流量、液面などの主要検出端として使われている差圧伝送器である。この伝送器は、顧客ニーズの多様化に因ずるため、広範囲で高い設計製造技

表2 自走式組立ロボットの仕様 ロボット本体と制御装置が一体となり走行する構成となっている。

	項 目	仕 様
ロボット本体	構 造	5 自由度関節形(走行除く。)
	最 大 速 度	800mm/s
	位置繰返し精度	±0.3mm
	可 搬 重 量	7 kgf
	走 行 速 度	1,000mm/s
	重 量	150kgf(走行部含む。)
制 御 装 置	教 示 方 式	ティーチングプレイバック
	中央処理装置	HMCS 6800
	位 置 制 御	ソフトウェアサーボ
	補 間 機 能	直線補間、経路円滑化補間
	重 量	50kgf

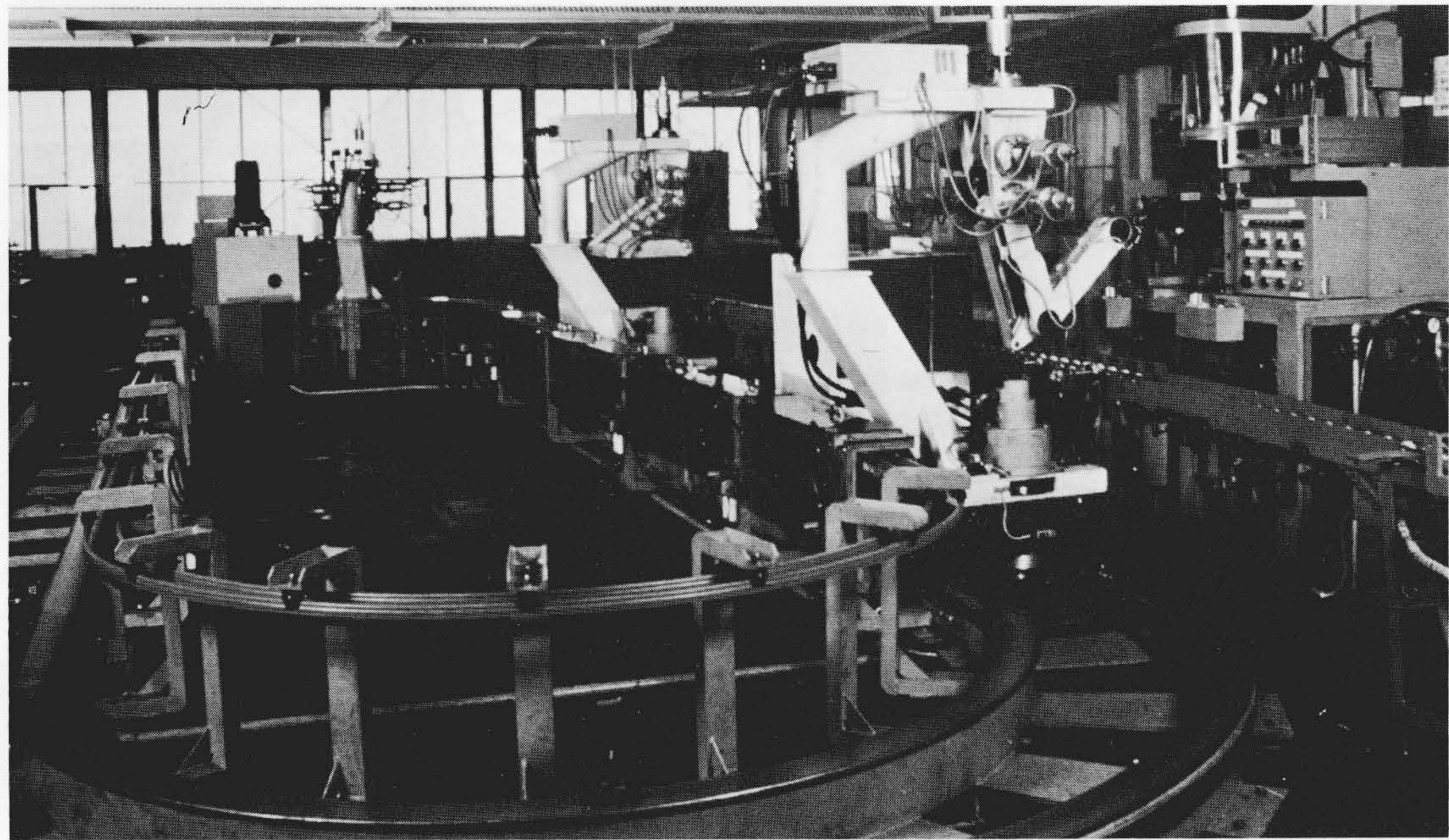


図6 ロータリポンプ組立ラインの外観 ロータリポンプ組立ラインは、3台の自走式組立ロボットと周辺装置及び中央制御装置で構成されている。

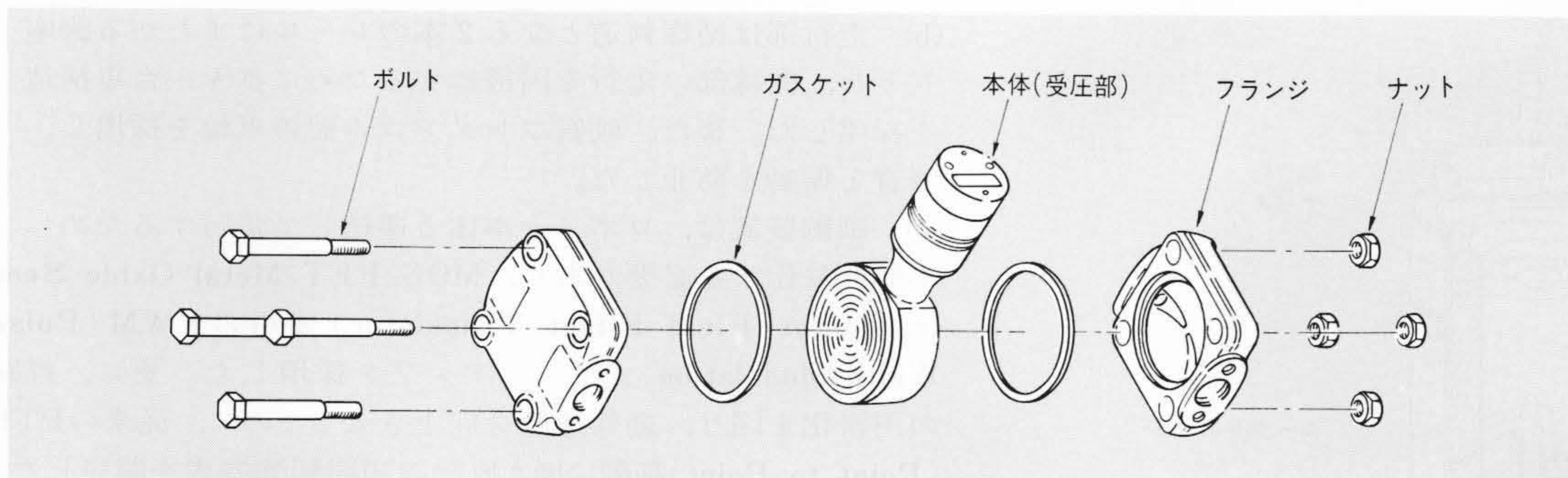


図7 差圧伝送器フランジ組立の構造 組立部品数は11点であるが、部品は各々4種類、製品は5種類ある。

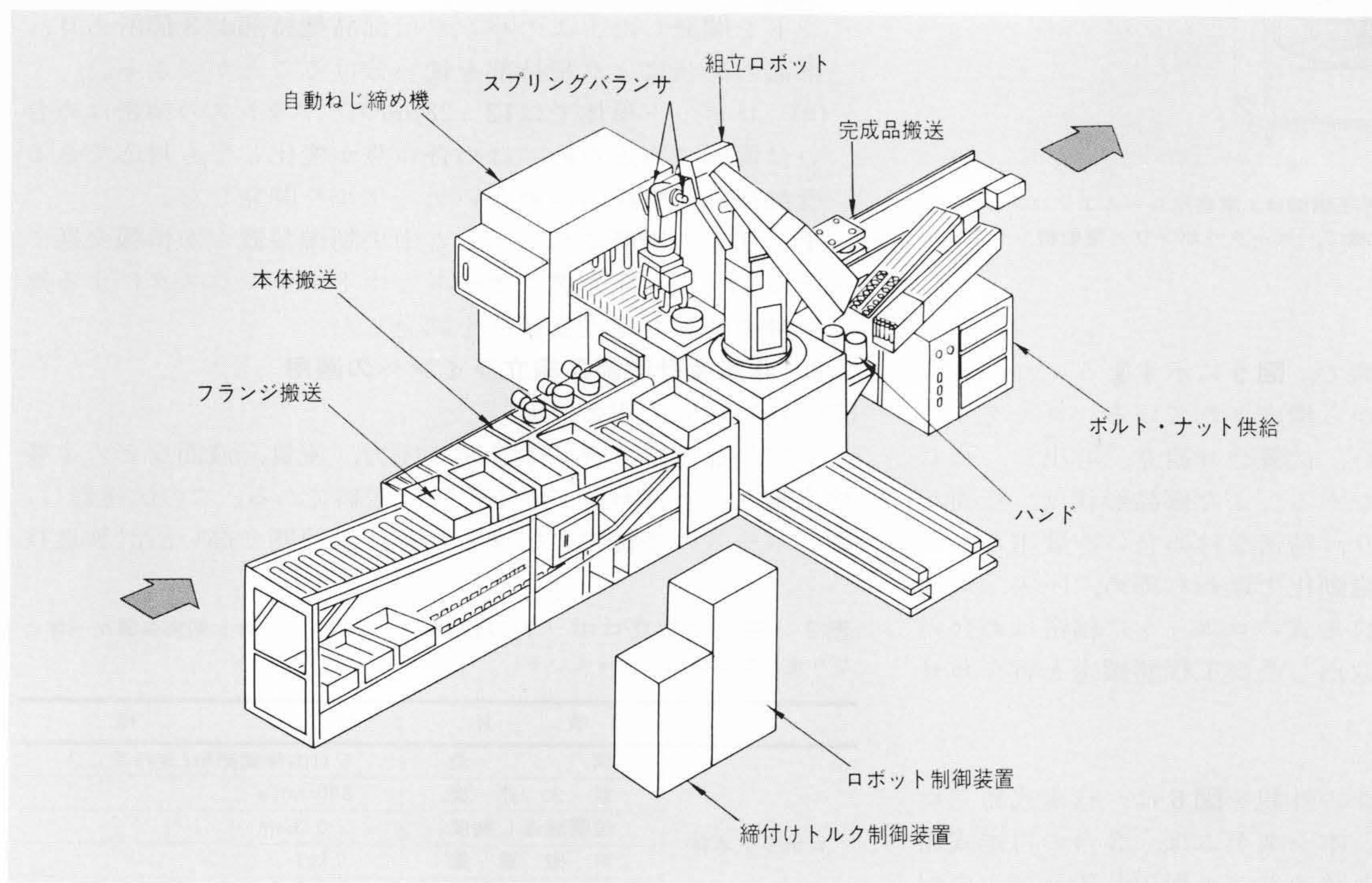


図8 フランジ組立品自動組立装置 ロボットを中心に、供給・組付、排出装置を配置してある。

術が要求され、かつ高い信頼性が不可欠である。本自動化では、この組立工程の中で均一な気密性を得るため、高トルク均一ねじ締め付けを必要とするフランジ組立工程を選び、ロボットによるフレキシブルな自動組立システムを開発した。フランジ組立は図7に示すように、本体(受圧部)を両側からガスケットを埋め込んだフランジで挟み込み、ボルト・ナットで均一に締め付けするもので、本自動化では、多種少量の生産に対して無段取又はシングル段取で自動化するため、ロボットを中心とした組立センター方式を採用した。

(2) 自動化システムの概要

自動組立システムの概略を図8に示す。本システムは組立ロボットと自動ねじ締め機及び部品の供給排出部から成る。組立ロボットは4箇所の部品供給装置から供給された部品を順次つかみ、組立治具へ組み付け、その後多軸自動ねじ締め機でボルト締めを行ない、完成品を排出する。図9に装置の外観を示す。

組立ロボットは表3に示すように、日立製作所で開発した6自由度多関節形の小型組立ロボットを使用した。これは対象部品が小物部品であり、作業スペースを大きくとれないこと、部品のハンドリングが複雑なため6自由度のロボットが必要であることなどによる。なお部品重量は、単体で最大3kgf程度であるが、組立後の製品重量は約10kgfとなるためスプリングバランサでロボットの手首部をつり上げることより、電動機の負荷の軽減を図り、ロボットの可搬重量を15kgfまで

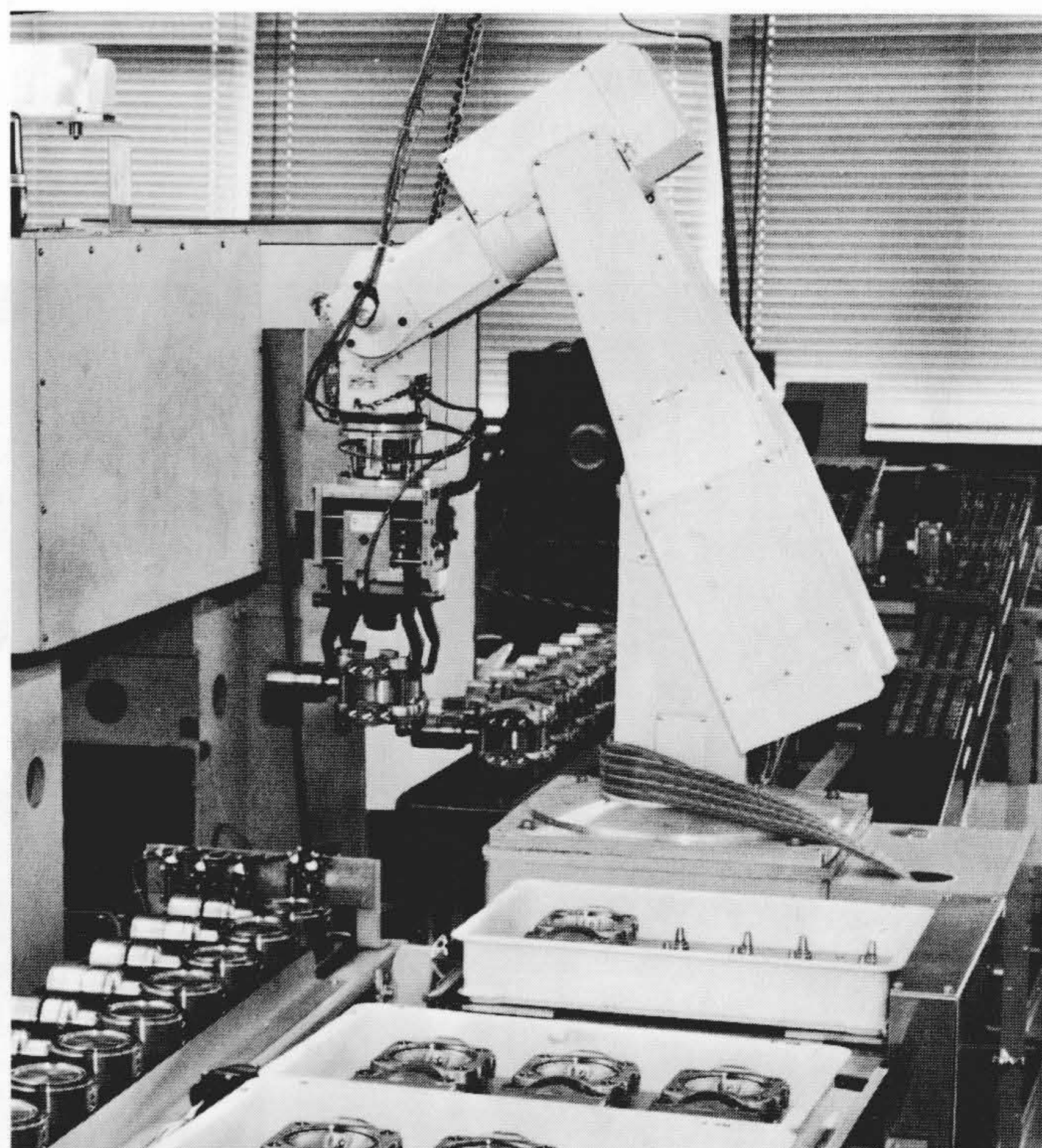


図9 フランジ組立品自動組立装置の外観 ロボットがねじ締めを完了した部品を取り出している。

表3 小形組立ロボットの仕様 ロボット単体では可搬重量は3kgfであるが、スプリングバランサを併用することによって15kgfまで増大できる。

	項 目	仕 様
ロボット 本 体	構 造	6 自由度関節形
	最 大 速 度	1,200mm/s
	位置繰返し精度	±0.1mm
	可 搬 重 量	3 kgf(バランサ併用で15kgf)
制御装置	教 示 方 式	ティーチングプレイバック(ロボット言語)
	位 置 制 御	ソフトウェアサーボ
	補 間 機 能	直線補間

増大させた。

ハンドはロボットが多種の部品を扱うことから、ボルト・ナット用とフランジ・本体用の2種のハンドを用意し、フランジ・本体用ハンドをロボットの手先に付け、必要に応じてこのハンドがボルト・ナット用ハンドを把持して使用する親子形のAHC(Automatic Hand Change)方式をとった。また、手先には組立時の部品の位置ずれを補正するための自動求心機能を付加し、手先の柔軟性を増した。

3.4 重量物組立ラインへの適用

(1) 対象組立工程の概要

ここで対象としているトラクションマシンは、エレベーターの乗かごを昇降させる駆動装置(巻上機)であり、図10に示すように、駆動電動機、電磁ブレーキ、ウォーム減速機などから構成されている。これらの組立は、座金などの数グラムの軽量部品から、290キログラムの電動機に至る重量物を含む非量産組立である。組立作業は、サブアSEMBルラインで、ウォーム軸、シープ軸部を各々組み立て、この部分組立品を、各ステーションで、メインコンベヤ上のマシンボディに組み込み、更に、シープ、ブレーキドラムなどを組み込んでゆく方式をとっている。この組立ラインは、小形と中形トラクションマシンを生産する混流ラインである。このため、自動化方式としては、低価格でフレキシブルな組立システムの開発が要求される。

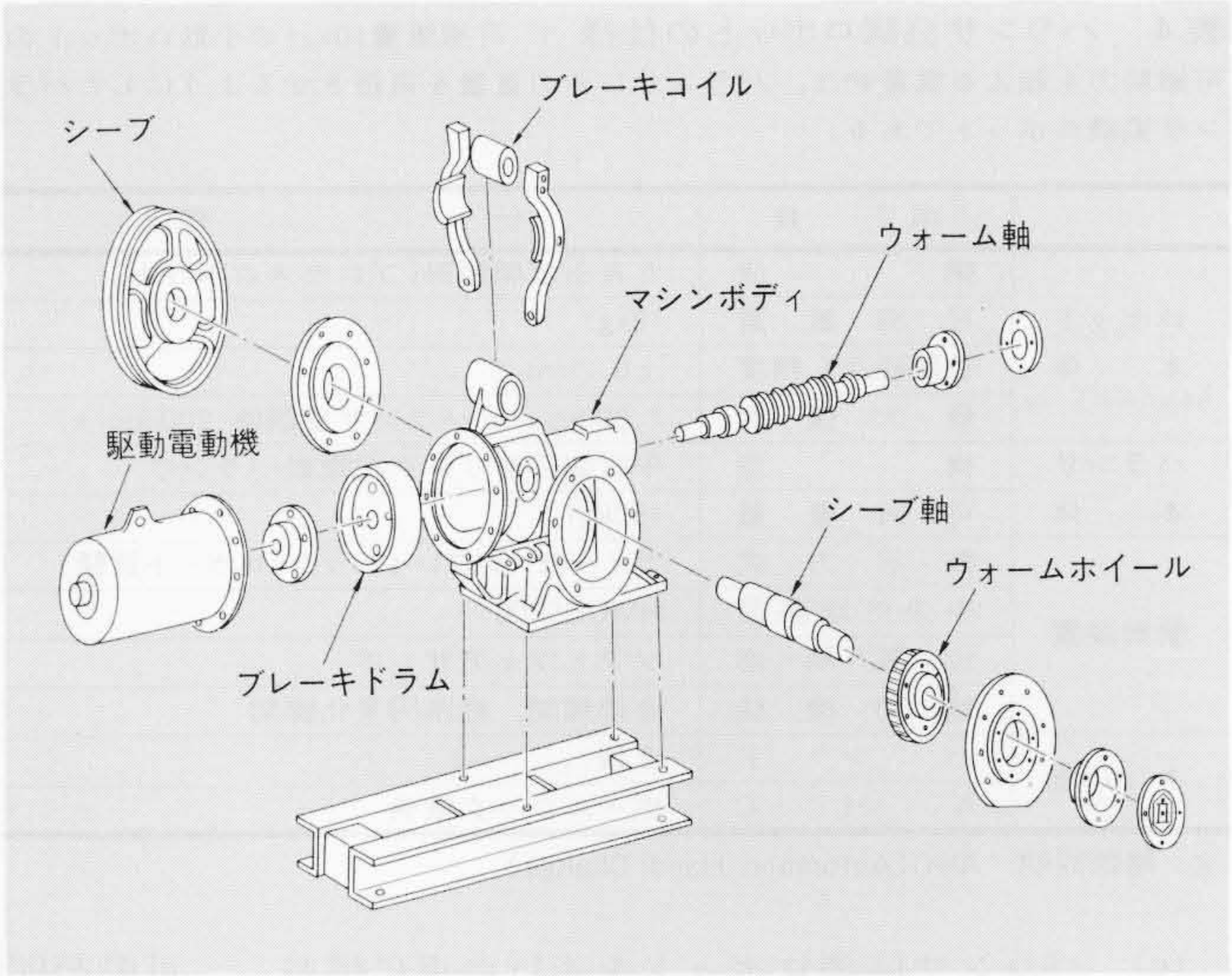


図10 エレベーター用トラクションマシンの構造 駆動電動機、電磁ブレーキ、ウォーム減速機などの部品から構成される組立対象製品である。今回開発した自動組立装置は、現在ウォーム軸部の組立工程に適用している。

(2) 自動化システムの概要

今回開発した重量物の組立装置は、図11に示すように、バランサ協調ロボットと、ベアリングの圧入、ナットの締付けなどを行なう周辺機器から成り、前述したトラクションマシン組立工程の中で、ウォーム軸の部分組立作業及びウォーム軸をマシンボディに組み込む作業に適用している。

- バランサ協調ロボットを用いた本組立システムの特徴は、
- (a) 軽量部品は、ロボット単体で組込み作業を行ない、ロボットの可搬能力を超えた重量物は、ロボットとバランサを協調させ、重量の負担をバランサ側に受け持たせるようにし、ロボットの可搬能力を大幅に向上させた。
 - (b) 多種部品の組込みは、軽量部品用、重量物用の各種ハンドを自動交換しながら1台のロボットで行なうようにした。

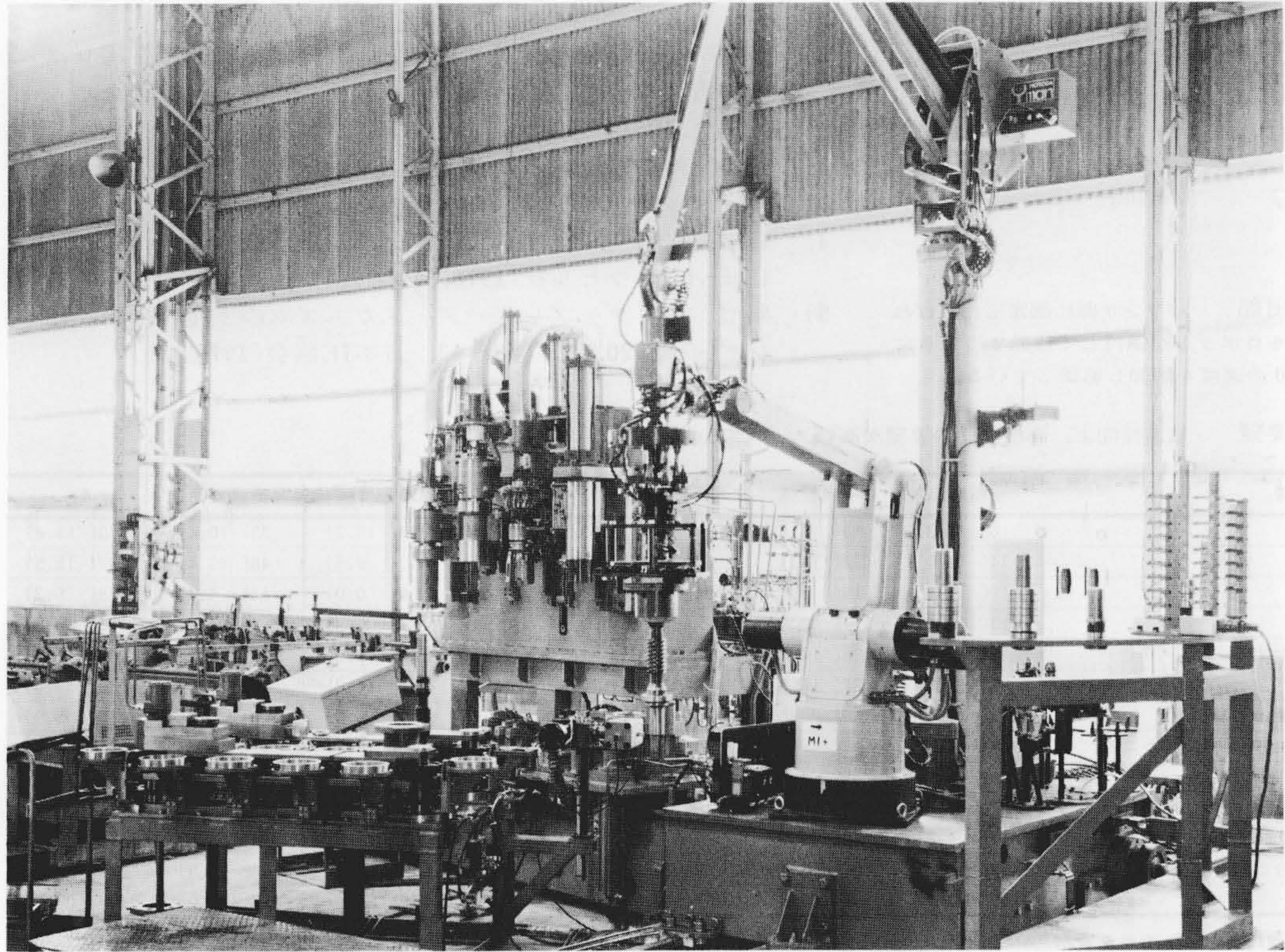


図11 エレベーター用トラクションマシンの自動組立装置の外観 軽量部品から重量物を含む製品の自動組立方式として開発したバランサ協調ロボットと周辺機器から成る組立装置である。

表4 バランサ協調ロボットの仕様 可搬重量10kgfの小形ロボットの可搬能力を超える重量物は、バランサにその重量を負担させるようにしたバランサ協調ロボットである。

	項 目	仕 様
ロボット本体	構 造	5 自由度関節形(プロセスロボット)
	可 搬 重 量	10kgf
	位置繰返し精度	±0.2mm
	最 大 速 度	1,000mm/s(バランサ協調時 200mm/s)
バランサ本体	構 造	平行四辺形リンク式電動バランサ
	可 搬 重 量	150kgf
制御装置	教 示 方 式	ティーチングプレイバック(ロボット言語)
	中央処理装置	HMCS6800
	位 置 制 御	ソフトウェアサーボ
	補 間 機 能	直線補間, 経路円滑化補間
そ の 他	ハ ン ド	3 種
	A H C	ボールロック機構

注：略語説明 AHC(Automatic Hand Change)

(c) バランサ協調ロボットを走行台車に搭載し、可動範囲を拡張できるようにした。
などである。

バランサ協調ロボットの主な仕様を表4に示す。
ロボットとバランサの協調は、図12に示すように、バランサ側に固定した平行板ばねに、ひずみゲージを取り付け、その平行板ばねの先端をロボットが保持して移動するときに生じるひずみ量を検出し、電動式バランサの上下の駆動方向と速度を制御して、ロボットにバランサを追従させるようにしたものである。

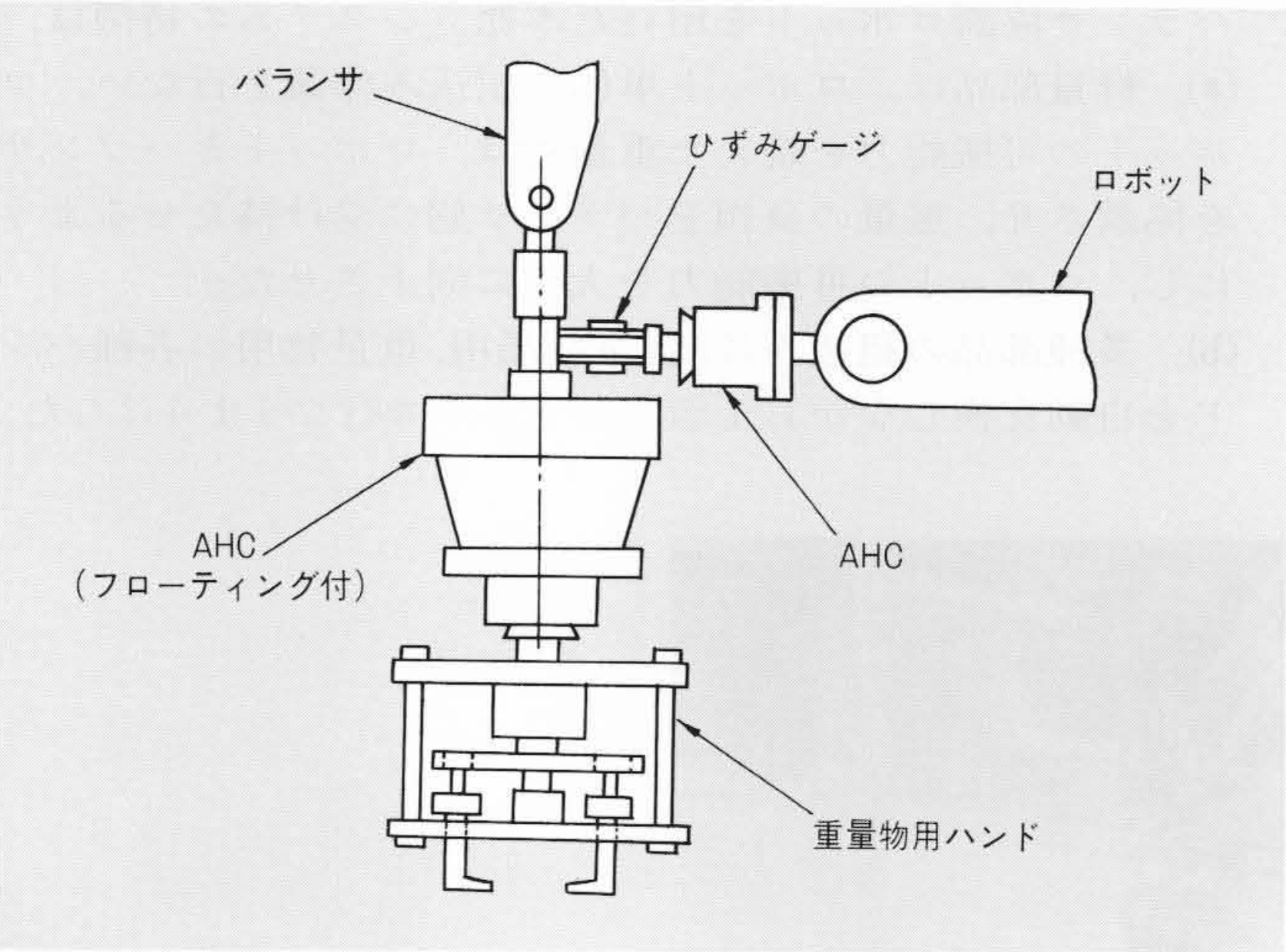


図12 ロボットとバランサ協調検出部 バランサ側に固定した板ばねに、ひずみゲージを取り付け、その先端をロボットが保持して移動するときに生じるひずみ量を検出し、電動式バランサの速度を制御し協調している。

表5 組立工程でのロボットへの要望 経済性向上、高機能化の要望が高い。

ロボット機能への要望	金属製品	一般機械	電気機械	自動車	精密機械	その他	計
高精度組立への追従	16(10.3)	19(9.6)	61(12.7)	22(9.7)	19(16.3)	33(10.4)	170(11.4)
組立速度への追従	14(9.0)	22(11.1)	60(12.5)	31(13.6)	11(9.5)	49(15.4)	187(12.5)
大きなワーク組立を可能とすること。	11(7.1)	19(9.6)	24(5.0)	10(4.4)	0(0.0)	14(4.4)	78(5.2)
小さなワーク組立を可能とすること。	13(8.4)	7(3.5)	22(4.6)	11(4.9)	1(0.9)	32(10.1)	86(5.8)
1ステーションで多種部品の組付けを可能とすること。	19(12.3)	28(14.1)	53(11.0)	26(11.5)	15(12.9)	26(8.2)	167(11.2)
調整しながらの組付けを可能とすること。	20(12.9)	32(16.0)	59(12.2)	34(14.9)	17(14.6)	27(8.5)	189(12.6)
外観きずなどの検査をしながらの組立を可能とすること。	13(8.4)	9(4.5)	25(5.2)	12(5.3)	7(6.0)	22(6.9)	88(5.9)
組付け相手に応じて部品を選択しながらの組立を可能とすること。	7(4.5)	14(7.0)	30(6.2)	18(7.9)	16(13.8)	17(5.4)	102(6.8)
組付け相手の移動に追従できるようにすること。	9(5.8)	5(2.5)	26(5.4)	14(6.2)	9(7.8)	18(5.7)	81(5.4)
治具、工具の複雑な操作を可能とすること。	7(4.5)	8(4.0)	30(6.2)	13(5.7)	4(3.5)	23(7.3)	85(5.7)
箱の内側に組み付けるような複雑な動作に対応できること。	8(5.2)	10(5.0)	23(4.8)	12(5.3)	6(5.2)	12(3.8)	71(4.8)
ロボットの経済性、コスト面で作業者の場合と同等にすること。	18(11.6)	26(13.1)	69(14.2)	24(10.6)	11(9.5)	44(13.9)	192(12.7)
計 (マルチ・アンサ)	155(100.0)	199(100.0)	482(100.0)	227(100.0)	116(100.0)	317(100.0)	1,496(100.0)

注：単位(件数, 小括弧内は%), 出典(日本産業用ロボット工業会資料)

4 今後の課題

組立工程のロボット化を進めるに当たって、ロボットに要求される機能は表5¹⁾に示すものが挙げられている。最も多いのは経済性の向上であり、次いで高精度組立への追従、組立速度への追従、調整しながらの組付けとなっている。このようにロボットの経済性、高機能化の要望が強いが、ロボットを使いこなす点から使いやすく、共通性のあるロボット言語など、ロボットソフトウェアの充実も重要である。

また、ロボットを有効に活用するためには、部品供給装置、ハンド、AHCなど周辺機器の開発、ロボットと専用機の効率的な作業分担計画、自動組立が行ないやすい部品設計・組立構成なども考慮する必要がある。

更に、組立工程は作業者とロボット、装置とロボットとが干渉する可能性も大きいため、ロボットの対人、対物に関する安全技術の開発も重要である。

5 結 言

以上、組立ラインへのロボットの適用と題し、生産形態別の代表例について紹介した。これらをまとめると次のようになる。

- (1) 組立ラインへのロボットの適用は今後の大きな課題であり、今後急速に増大する傾向にある。
- (2) 量産品の組立は簡易形のロボットのニーズが高く、また単能専用機に対抗できる高速化のニーズも高い。
- (3) 非量産品の組立では、より高機能なロボットのニーズが高く、多種の作業に対応できる必要がある。
- (4) ハンド、AHCなどの周辺機器の充実が必要である。

組立ラインのロボット化を進めるためにはまだ種々の課題が残されているが、今後もロボットを活用したシステムの開発を推進し、ファクトリオートメーションの促進を図りたいと考える。

参考文献

1) 米本：産業用ロボットの現状と展望，社団法人日本産業用ロボット工業会，ロボット，32，5～16，(1981)
2) 松井：高機能組立汎用ロボットの開発，第16回産業用ロボット利用技術テキスト，64～69，社団法人日本産業用ロボット工業会(1981)
3) 松井，外：わが社の産業用ロボットとその応用，標準化と品質管理，35，36～43，日本規格協会，(1982)
4) 日立製作所：組立性を設計図面で定量評価，日経メカニカル，日経マグローウヒル社(1978，10-2)
5) 栗根，外：テープレコーダ・メカニズムの生産合理化，IEレビュー，20，2，58～63，日本IE協会(1979)