

直角座標形精密位置決めユニット

Precision Cartesian Coordinates Positioning Device

近年、小形電子部品の製造、組立、検査などの作業で、高い位置決め精度への要求が増えており、FAの実現化のために、直角座標形位置決めユニットの適用が拡大してきた。

今回この要求に対応して、精密作業が可能な単軸形、アーム形、門形の3タイプの直角座標形位置決めユニットを完成し、更に、このユニットをシステム機器として製品化した電子部品マウンタを完成した。

これらの製品は、FAでのシステム部品として、使いやすさ、ニーズに対応した品ぞろえ、高精度が特長であり、本稿では、これらの製品の概要について紹介する。

川上 隆 司* *Takashi Kawakami*増田 慎太郎* *Shintarô Masuda*今 泉 豊* *Yutaka Imaizumi*板 垣 正 人** *Masato Itagaki*

1 緒 言

LSIなどの電子部品の小形・高密度化、各種情報機器製品の小型化に伴い、その製造、組立、検査などに要求される位置決め精度は年々厳しくなっている。

このような状況から電子部品、半導体などの小形精密部品の組立作業を、高精度な直角座標形位置決めユニットで自動化する事例が最近活発化している。

このため、直角座標形位置決めユニットは、単品として高速・高精度で動作するほか、ハンドリングや部品供給装置を含めたシステム機器としての対応を求められている。

これらのニーズに対して、社内の製品化事例では、半導体製造装置である縮小露光装置や電子線描画装置などの、精密X-Yテーブル形が一般的であるが、小形部品の組立作業用ロボットとしての製品化事例は少ない。

今回製品化した直角座標形精密位置決めユニットは、組立作業用ユニットとして、ワークを上方からピックアンドプレイスできるはり構造とし、精密位置決めに適した駆動機構、案内機構や制御機能の採用と、精密加工、組立技術によって高速・高精度化を図っている。

また、本製品を適用した電子部品マウンタでは、精密メカチャック機構や視覚認識装置との併用により、高速で正確な搭載のほか、各種部品供給装置との組合せにより、フレキシブルな自動化を可能としている。

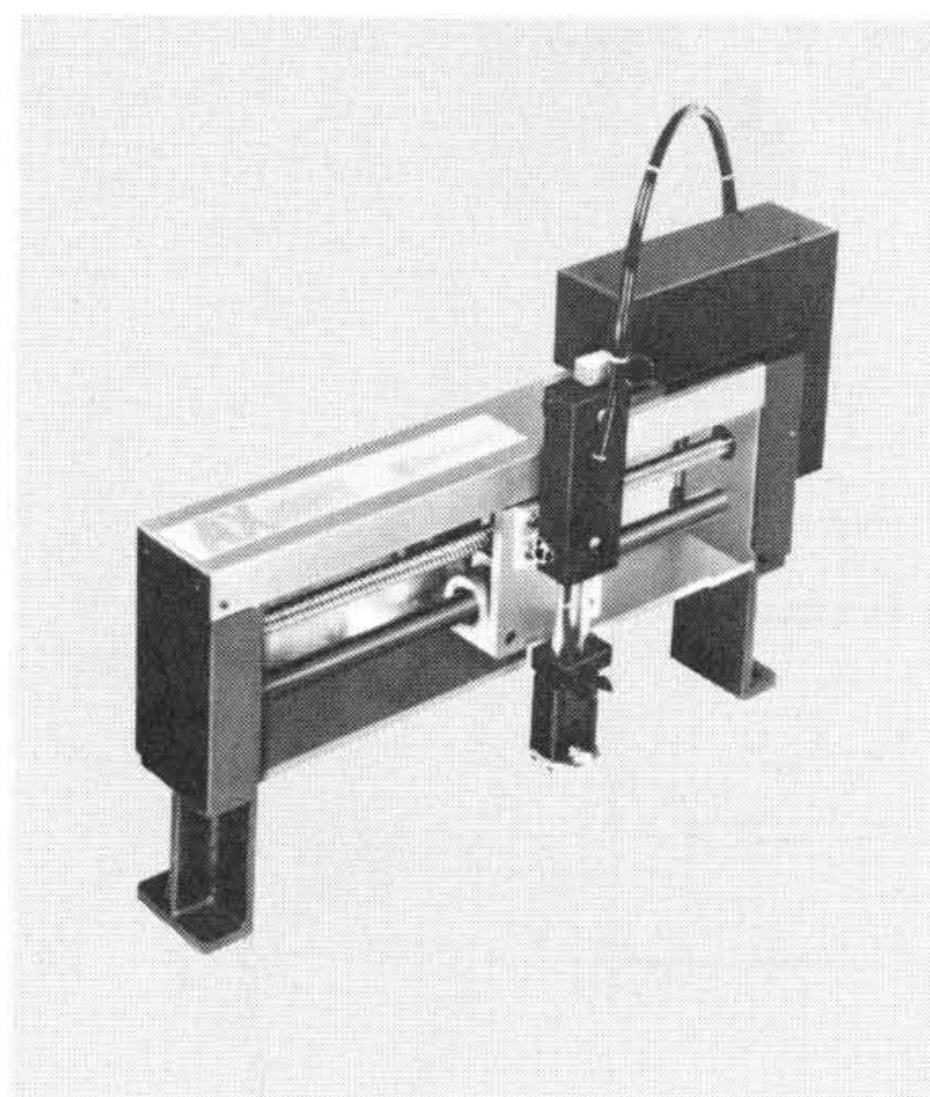
2 位置決めユニットの構成と概要

2.1 位置決めユニットの構成

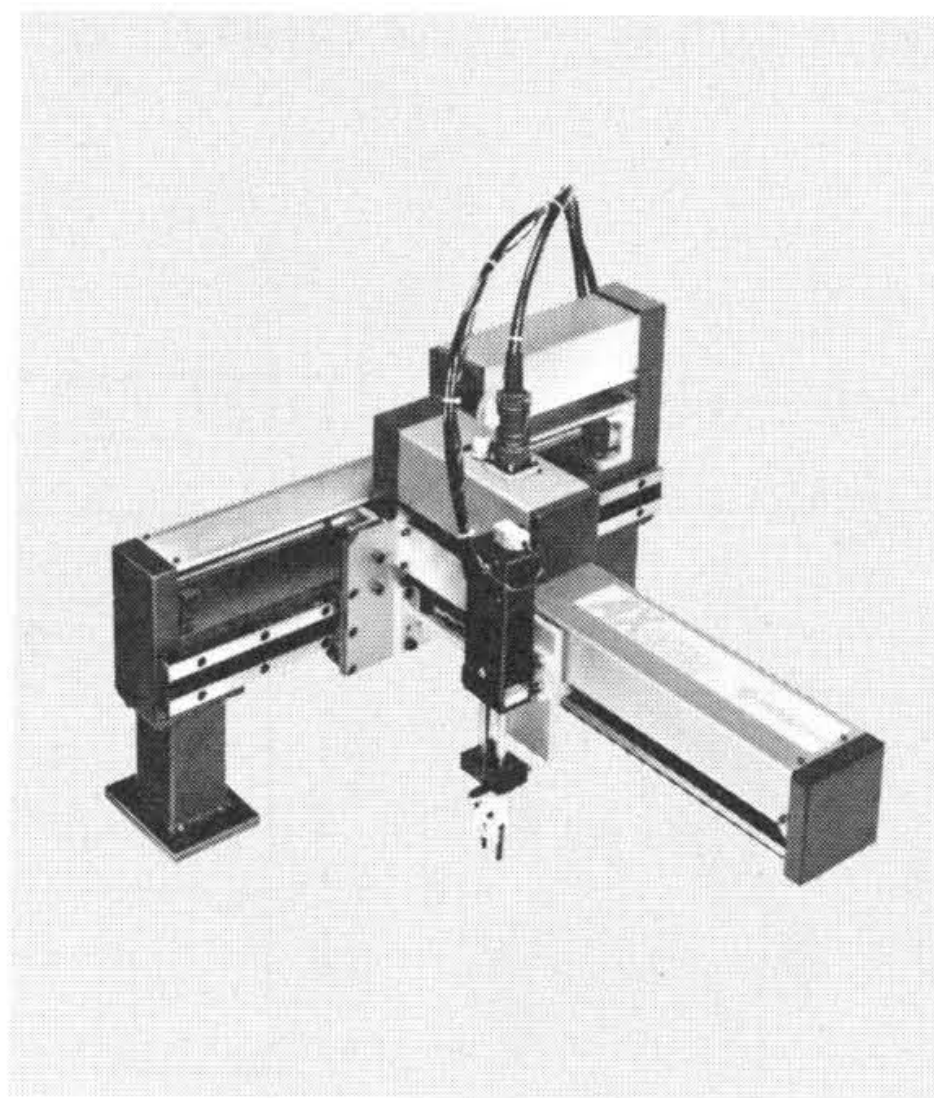
直角座標形精密位置決めユニットはユニット本体、制御装置、ティーチングボックスなどから構成されている。その本体外観を図1に、制御装置の外観を図2に、外形寸法及び動作範囲を図3に示す。

製品の基本構成は、それぞれの組立作業内容に応じて使用できるように、単軸形、アーム形、門形を標準としてシリーズ化している。

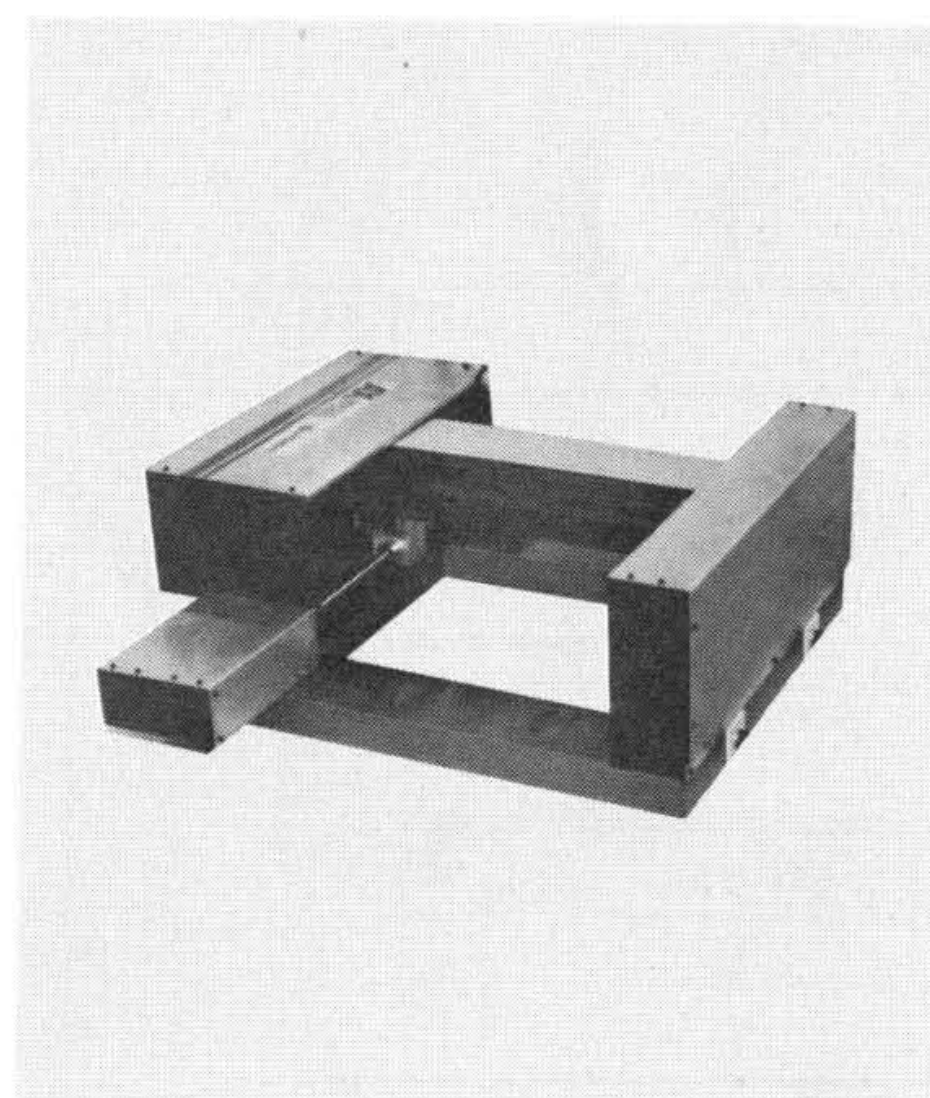
主動作はティーチングボックスからのリモートコントロールによって、あらかじめユニットのハンドを動作させて作業の順序、位置などの情報を記憶させ、これを再生させるプレイバック方式を採用している^{1),2)}。



(a) 単軸形AX050T



(b) アーム形AX050A



(c) 門形AX010M

図1 直角座標形位置決めユニットの外観 組立作業の内容や精度によって、使い分けが可能のようにシリーズ化されている。

* 日立製作所清水工場 ** 日立製作所機械研究所

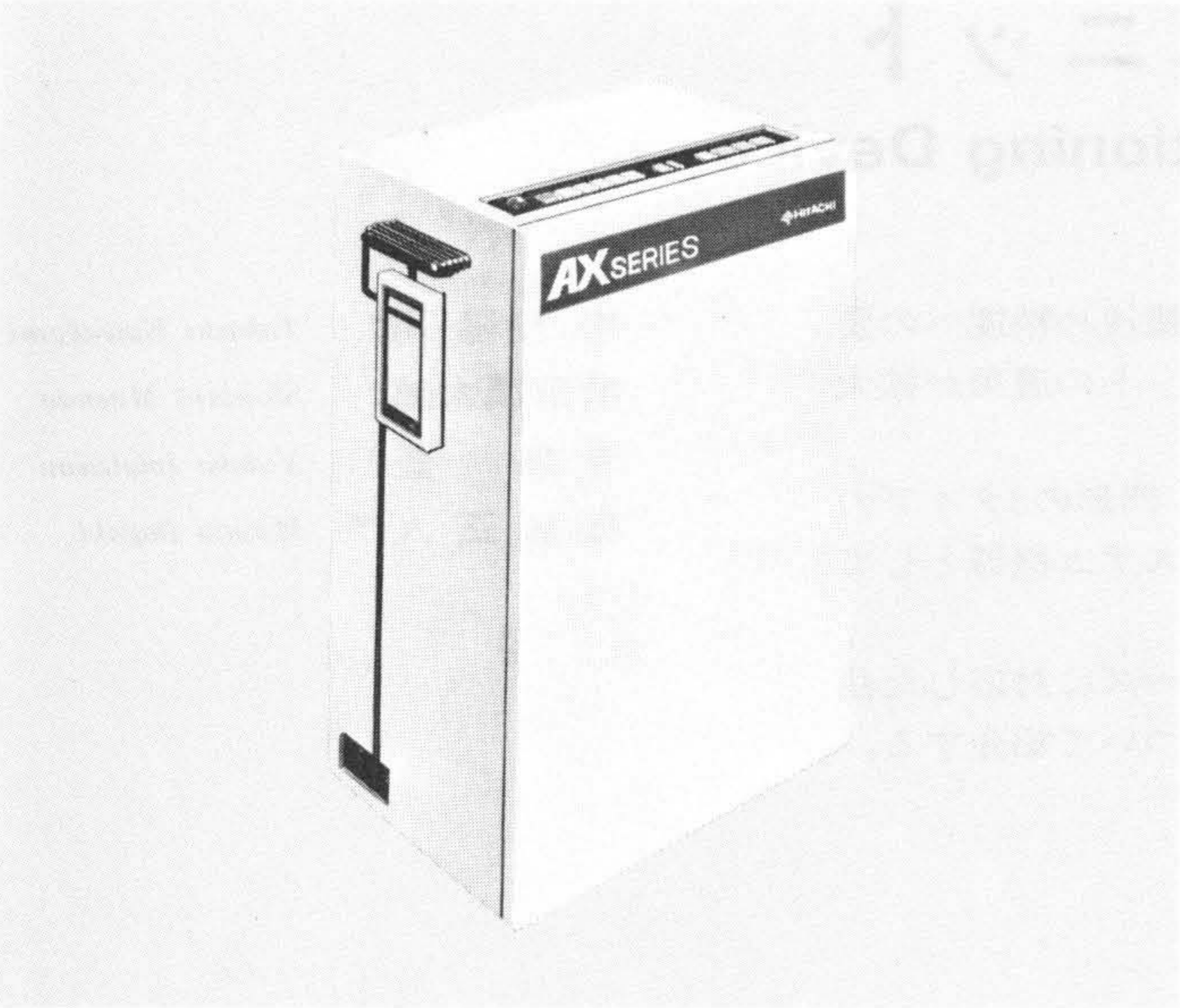


図2 制御装置の外観 制御装置の小形化による省スペースと、ティーチングボックスによる使いやすさを特長にしている(幅520mm×奥行350mm×高さ900mm)。

経路制御方式はPTP(Point to Point)制御のほか、直線、円弧補間用のCP(Continuous Path)制御が可能である。

ユニット本体は、駆動機構にDCサーボモータ³⁾とボールねじ、案内機構にリニアガイドを採用し、それぞれの部品の加工や組付部について高精度加工を実施している。また、ボールねじとサーボモータ軸間はタイミングベルトで連結し、製品本体のコンパクト化を図っている。

高精度対応の形式AX010M形は、主要部位について高精度同時加工を実施した高剛性ベース上に、精密部品をブロックビルトし精度を確保する構造としている。

2.2 位置決めユニットの概要

ユニットの主仕様を表1に示す。

本機種の特長は高速でかつ高精度な点にあり、単軸形では、1,000mm/sで±0.05mmの位置繰返し精度、門形では同400mm/sで±0.01mmを可能としている。

可搬重量は単軸形、アーム形で5kgf、高剛性構造の門形で

表1 標準仕様 高速・高精度と高機能を特長にしている。

形 式		直角座標形				
		単軸形	アーム形	門 形		
—		AX050T	AX050A	AX050M	AX010M	
ユ ニ ツ ト 本 体	構 造	直角座標形				
	動 作 自 由 度	—	X 1 軸 Z, θ軸はオプションで 取付け可能	X, Y 2 軸 Z, θ軸はオプションで取付け可能		
	可 搬 重 量	kg	5		15	5
	位置繰返し精度	mm	±0.05			±0.01
	最 高 速 度	mm/s	1,000	X軸, Y軸とも800		X軸, Y軸 とも400
	動 作 範 囲	mm	300～600	X軸 400～800 Y軸 300	X軸 400～800 Y軸 300～500	X軸 300 Y軸 400
	本 体 重 量	kg	20	50	70	180
制 御 装 置	駆 動 方 式	—	直流電動機による電気サーボ			
	制 御 方 式	—	PTP制御	PTP制御, CP制御		
	教 示 方 式	—	ティーチングプレイバック及び数値入力			
	制 御 軸 数	—	同時 2 軸は オプション	同時 2 軸		
	位置検出方式	—	パルスエンコーダによるセミクローズドループ方式			
	最小設定単位	mm	0.02			0.01
	プ ロ グ ラ ム ス テ ッ プ 数	—	最大800ポイント			
	入 出 力 点 数	点	入力10 出力10			
電 源	—	AC 1φ 100V				

注：略語説明 PTP(Point to Point), CP(Continuous Path)

5~15kgfであるため、各種ハンドリングへの適用が可能である。

3 制御装置の特長

制御装置は8ビット系CPU(Central Processing Unit)を基本構成とし、制御装置の小形・高機能化を図っている。図3に外観を、図4に構成を、図5にティーチングボックス操作面を示す。本装置の特長は次に述べるとおりである。

(1) プログラムステップ数は、最大800ポイントで、プログラムの種類は最大16種まで登録できる。

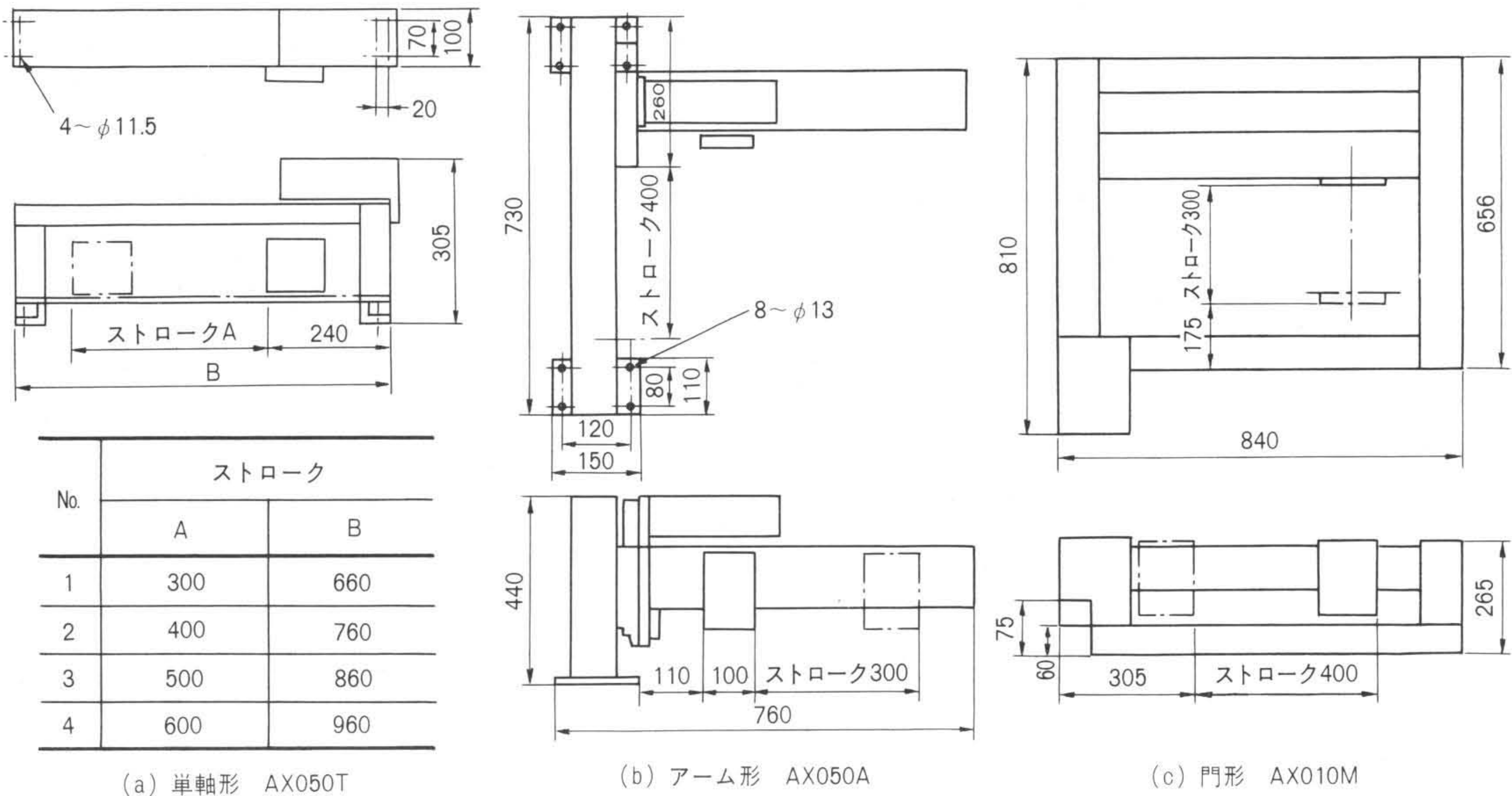


図3 外形寸法及び動作範囲 位置決めユニット本体部の概略寸法とその動作範囲を示す。コンパクト設計で省スペースとなっている。

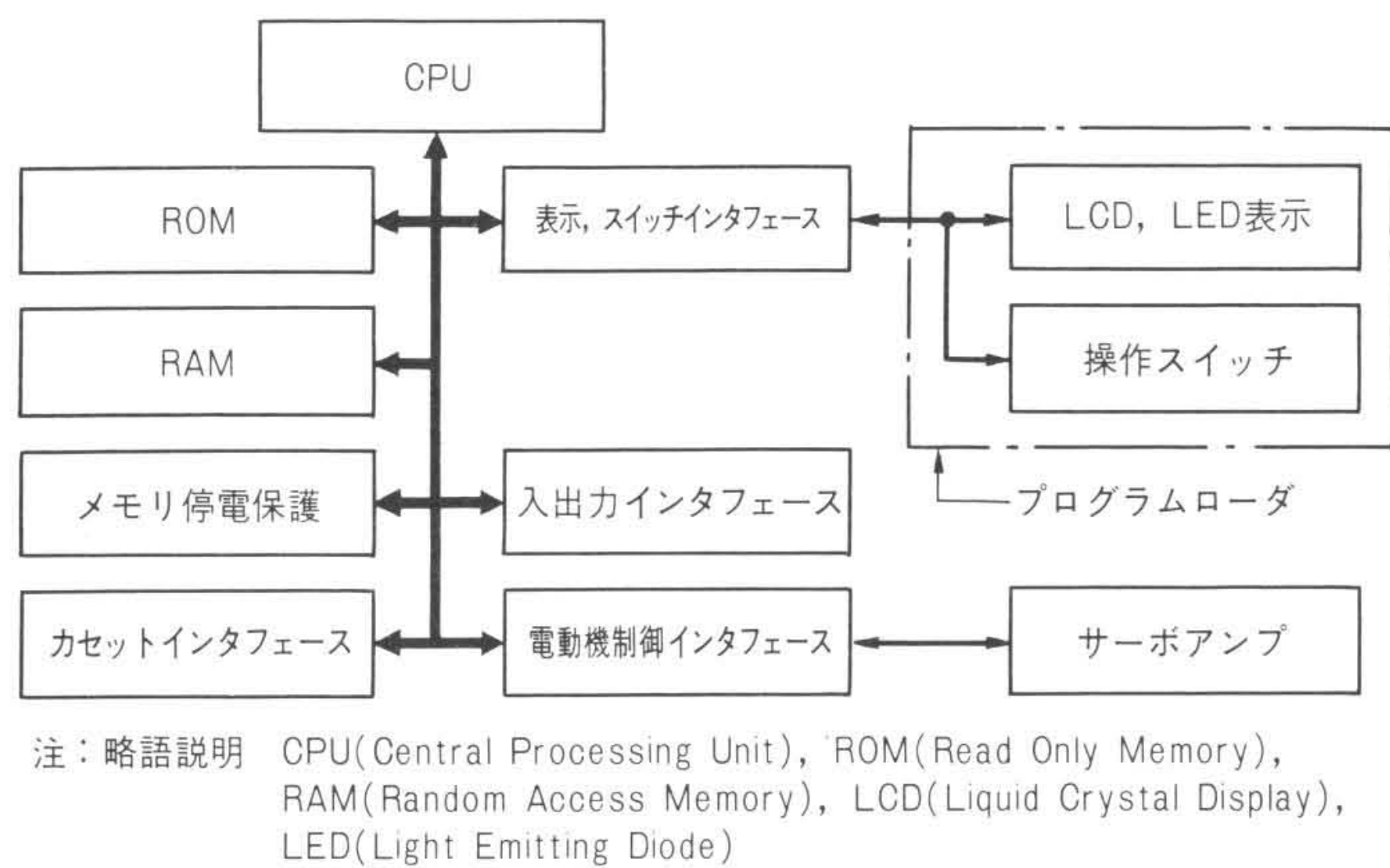


図 4 制御装置の構成 座標データやシーケンスプログラムの設定は、液晶パネルと対話式である。

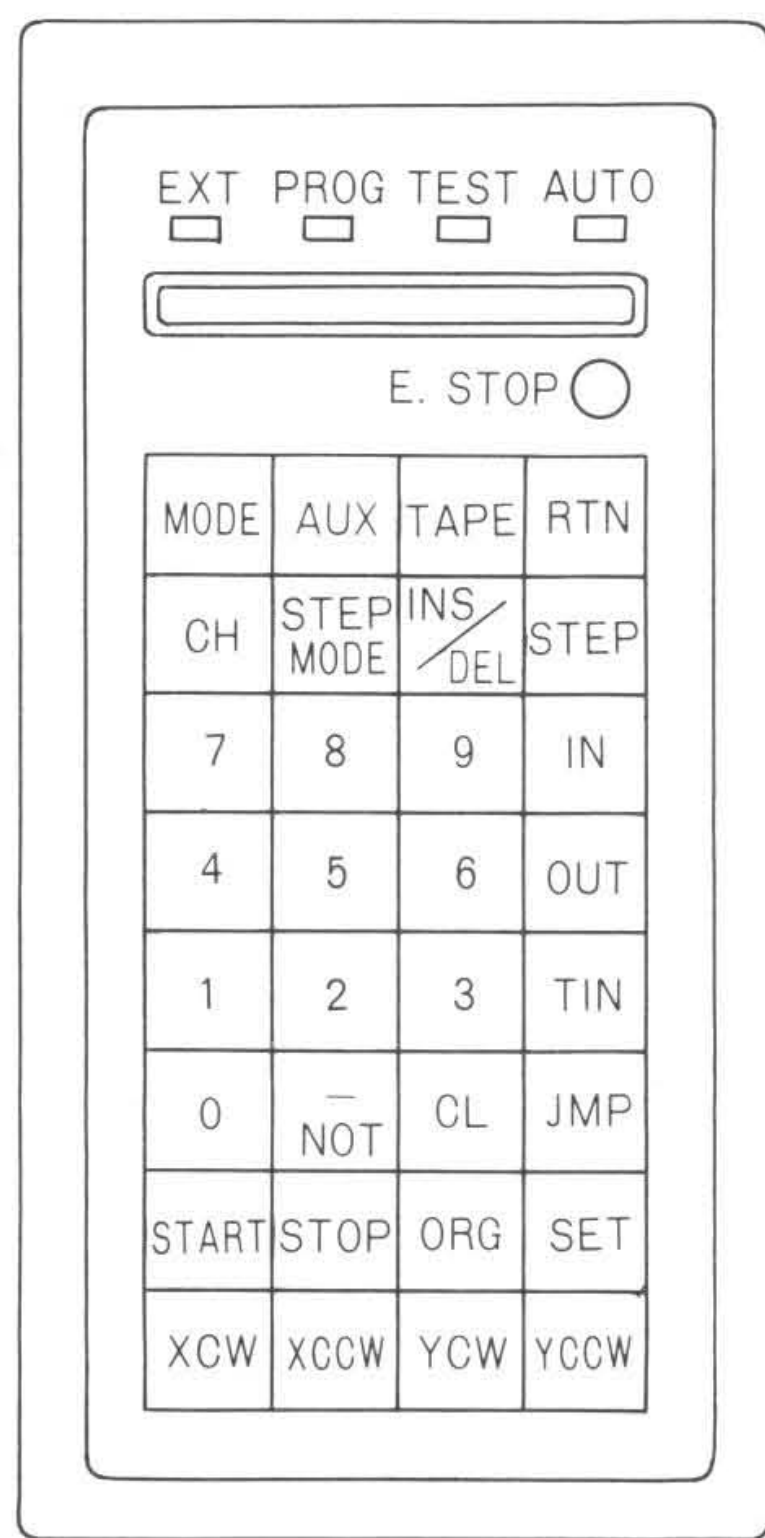


図 5 ティーチングボックス操作パネル 座標データやシーケンスプログラムの設定は、ティーチングボックスの専用コマンドキーからの直接入力が可能である(縦180mm, 横100mm, 厚さ30mm)。

- (2) データの保管はメモリバッテリーバックアップ機能に加え、カセットインタフェースにより、外部保存ができる。
- (3) 周辺機器のシーケンス制御を含めたプログラミングは、7種のシーケンス命令語により可能で、その入力は液晶パネルと対話式であるため、効率的なティーチング操作ができる。
- (4) 誤操作、異常などが発生した場合は、自己診断機能が働いて自動的にユニットが停止する。これらの診断内容は液晶パネルに表示される。
- (5) RS-232Cにより、上位コンピュータとの通信機能ができる。
- (6) ハンディタイプのティーチングボックスは、プログラミングとデータ入力専用として、制御装置と機能を分担しているので、複数台の位置決めユニット導入の場合、1台のティーチングボックスで共用できる。

4 プログラム手順

座標データやシーケンスプログラムの設定は、操作性の向上を目的として、ティーチングボックスの専用コマンドキーからの直接入力を可能としている。

命令の内容と構成

命令	内 容	構 成
IN	ON入力指令	IN 入力番号(1~10)
NIN	OFF入力指令	NIN 入力番号(1~10)
OUT	ON出力指令	OUT 出力番号(1~10)
NOUT	OFF出力指令	NOUT 出力番号(1~10)
TIME	タイマ	TIME 0~99.9s
JMP	ON入力ジャンプ	JMP 入力番号(1~10) ステップ番号(1~50)
NJMP	OFF入力ジャンプ	NJMP 入力番号(1~10) ステップ番号(1~50)

ステップ	プログラムデータ	
1	X=1,500, Y=2,000, SPEED=50	A作業
2	IN 1	
3	OUT 1	
4	IN 4	
5	TIM 5	
6	OUT 2	
7	IN 6	
8	TIM 5	
9	NOUT 1	
10	IN 5	
11	X=2,500, Y=1,000, SPEED=50	A作業
12	IN 2	
13	OUT 1	
14	IN 4	
15	TIM 5	
16	NOUT 2	
17	TIM 5	
18	NOUT 1	
19	IN 5	
20	X=3,000, Y=2,000, SPEED=50	
39	OUT 3	
40	TIM 5	
41	NOUT 3	
42	END	

プログラム例

図 6 命令語とプログラム例 7種の命令語により、プログラムの記述を単純化している。

プログラム機能は図 6 に示す 7 種の命令語のほか、サブプログラムのCall機能やプログラムの修正機能、外部入力からのプログラム選択機能をもち、簡便で高機能な設定を可能としている。

プログラム例を図 6, 7 に示す。図 7 の組立作業の内容は、パーツフィーダによる部品供給装置から 2 種の部品をチェック後、コンベヤ上の部品へ組み付けるもので、図 6 に示すとおりに42ステップの単純な言語で構成されている。

5 位置決め精度

本ユニットシリーズのうち、高精度対応の形式AX010M形の位置決め精度について紹介する。その構造は、図 8 に示すとおり門形構造であり、片側で駆動しているため、横行ユニットのヨーイングに起因する精度の低下が、技術的に難しい点である。高精度化のための技術的課題は、

- (1) 組立精度を上げて、2個のリニアガイド間の平行度、及び個々の真直度を高精度にすること。
- (2) 駆動伝達部の剛性を高めること。
- (3) 案内部のヨーイングに対する剛性を高めること。

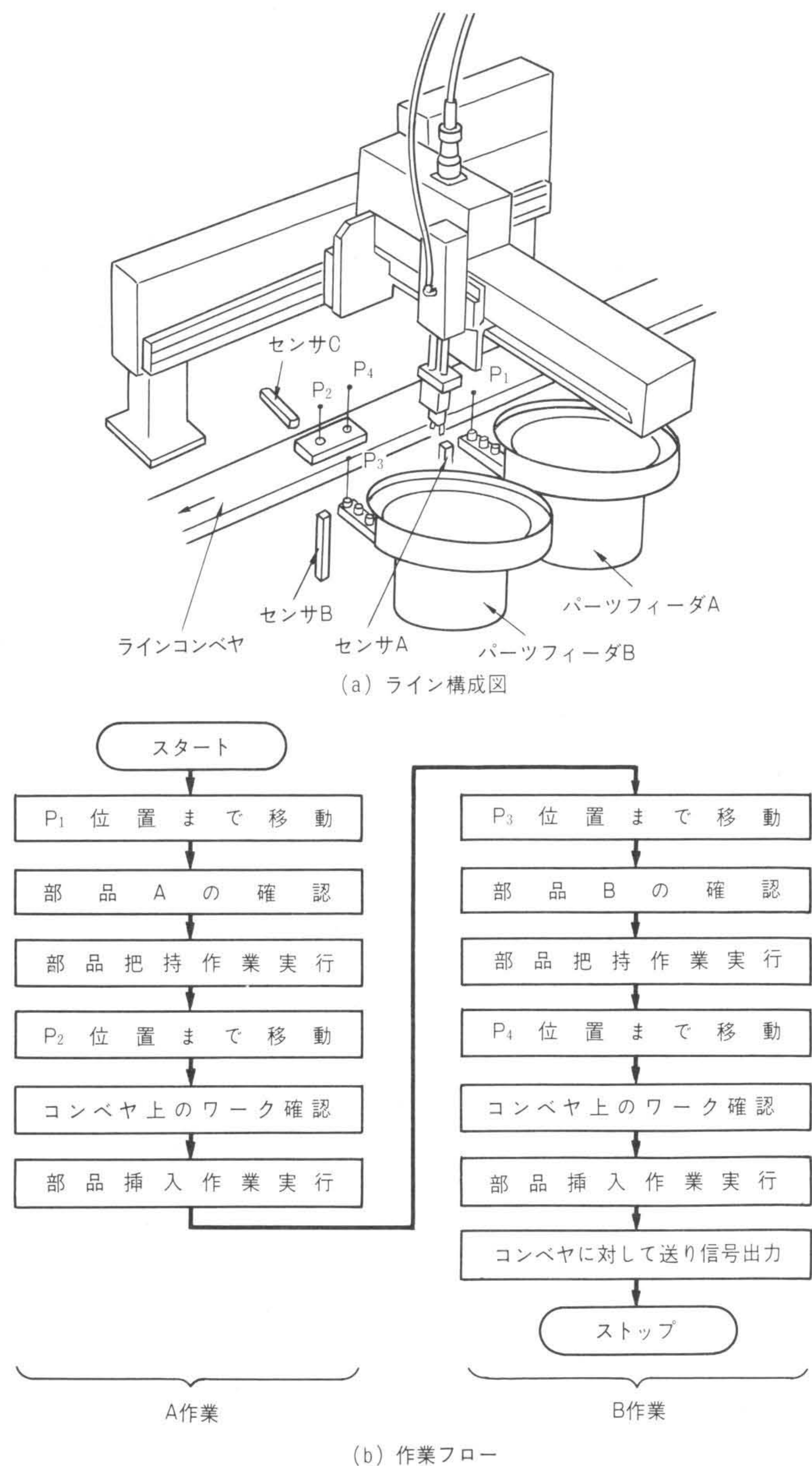


図7 組立作業例 この作業例はパーツフィーダから供給される部品をコンベヤ上の部品へ組み付けるもので、図6に示すプログラムによって動作させる。

である。形式AX010M形の位置決め精度は、図8に示すX1、X2及びYの3方向の位置で、JIS B6330-1980に定めてある測定方法で実施した。測定条件は、可搬重量として5kgfを搭載し、速度としては最高の400mm/sであり、測定はレーザ測長器を用いて、移動間隔50mmごとにフルストローク間移動させて行なった。各位置での位置繰返し精度の測定結果は図9に示すとおりである。同図中、X2方向の値が示すように、ヨーイングに起因する位置決め精度の低下は見られず、すべての動作範囲内で、±10μm以下の高精度な位置繰返し精度を達成している。

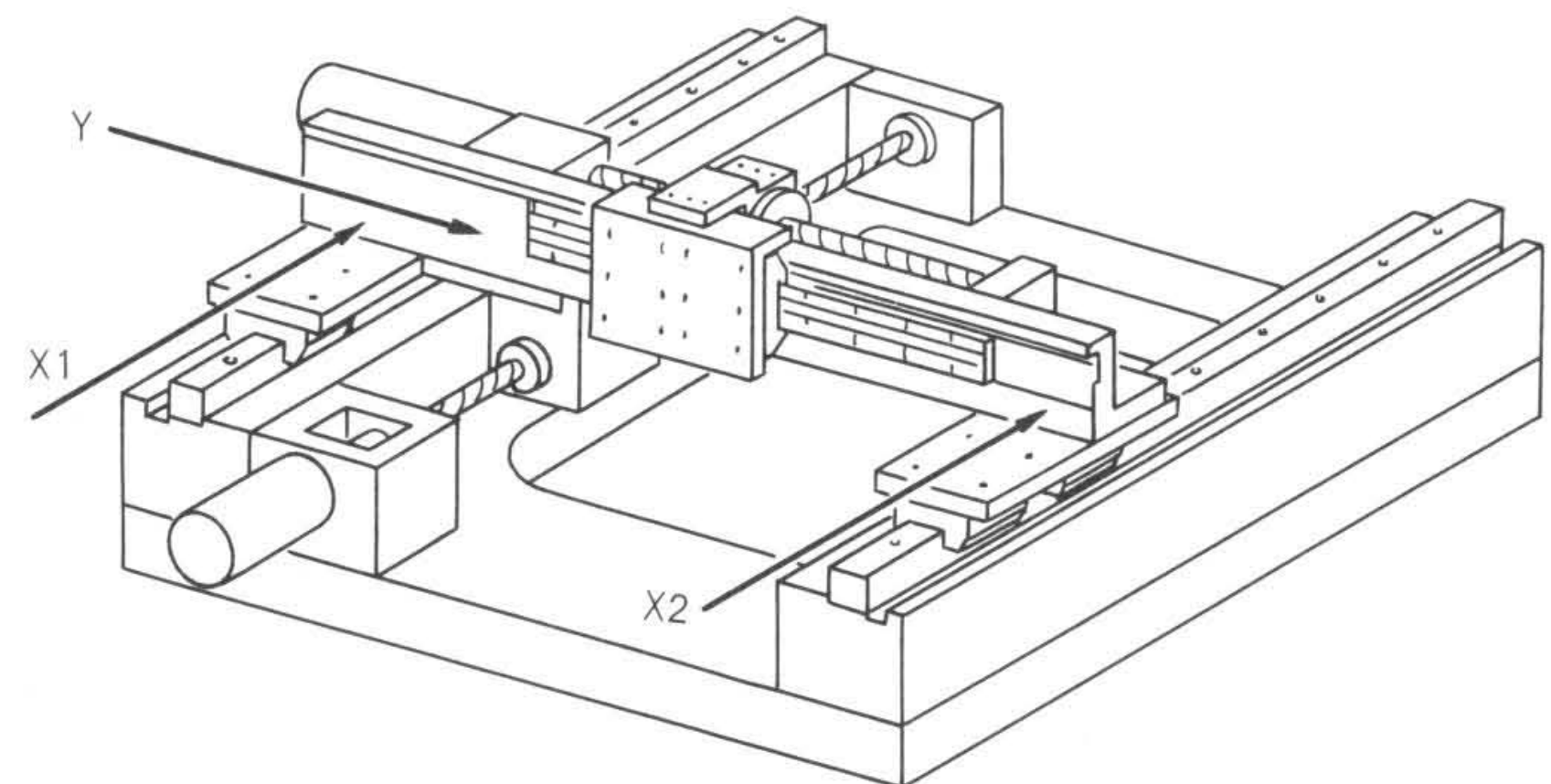


図8 AX010Mの内部構造 高精度対応の本機種は、高剛性ベース上に精密部品をブロックビルトし、門形構造を構成させている。

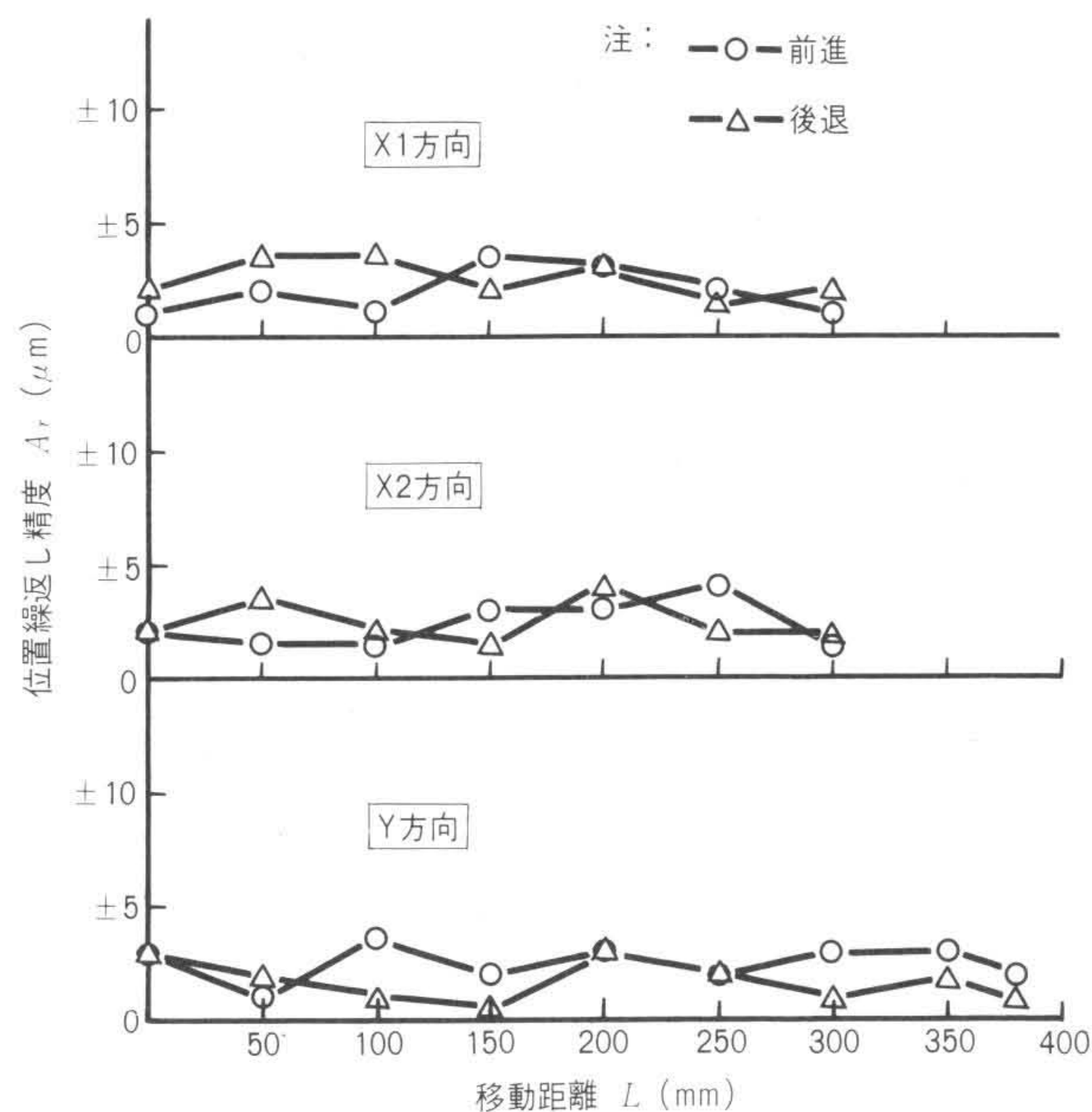


図9 AX010Mの位置決め精度 ストローク動作範囲内で、±0.01mm以下の精度に入っているのが分かる。

6 電子部品マウンタへの適用

直角座標形位置決めユニットの適用事例として、電子部品マウンタがある。本機は、チップやF・IC(Flat IC)などの電子部品を基板上に実装する装置で、その外観を図10に、構成を図11に、主仕様を表2に示す。

本機は、門形位置決めユニットのワークエリア内の中心部に基板搬送(固定)装置を、その周囲に部品供給装置を配置したため、横幅がコンパクトで短いライン構成が可能で、またユニットの動作範囲も短く短時間での部品搭載を実現している。

部品の吸着、位置決めは、ユニットのツーリングである部品吸着搭載ヘッドと、位置決めポジショナ、ツーリング部に設けた視覚認識装置などにより、正確な部品搭載を可能としている。

また本機は、周辺機器の充実により次に述べるような特長をもっている。

- (1) 部品の供給形態は、テープ、トレイ、横スティック、縦スティック、ばら部品について、それぞれ選択した組合せが可能のため、フレキシブルに対応できる。
- (2) 複数個の部品吸着搭載ヘッドにより、チップ部品とF・IC部品の混載ができる。

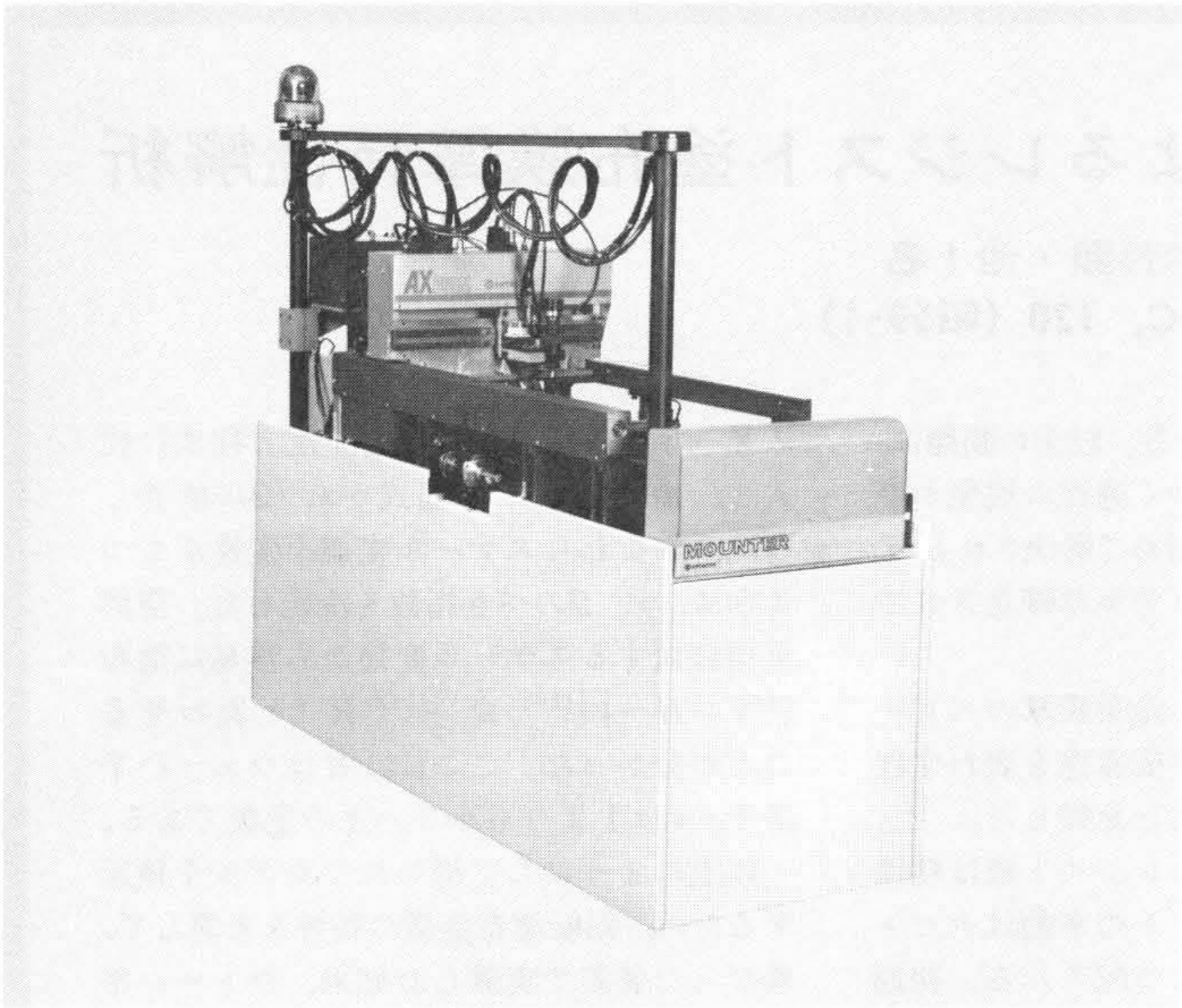


図10 電子部品マウンタ外観 コンパクトで多機能なマウンタとして好評を博している。

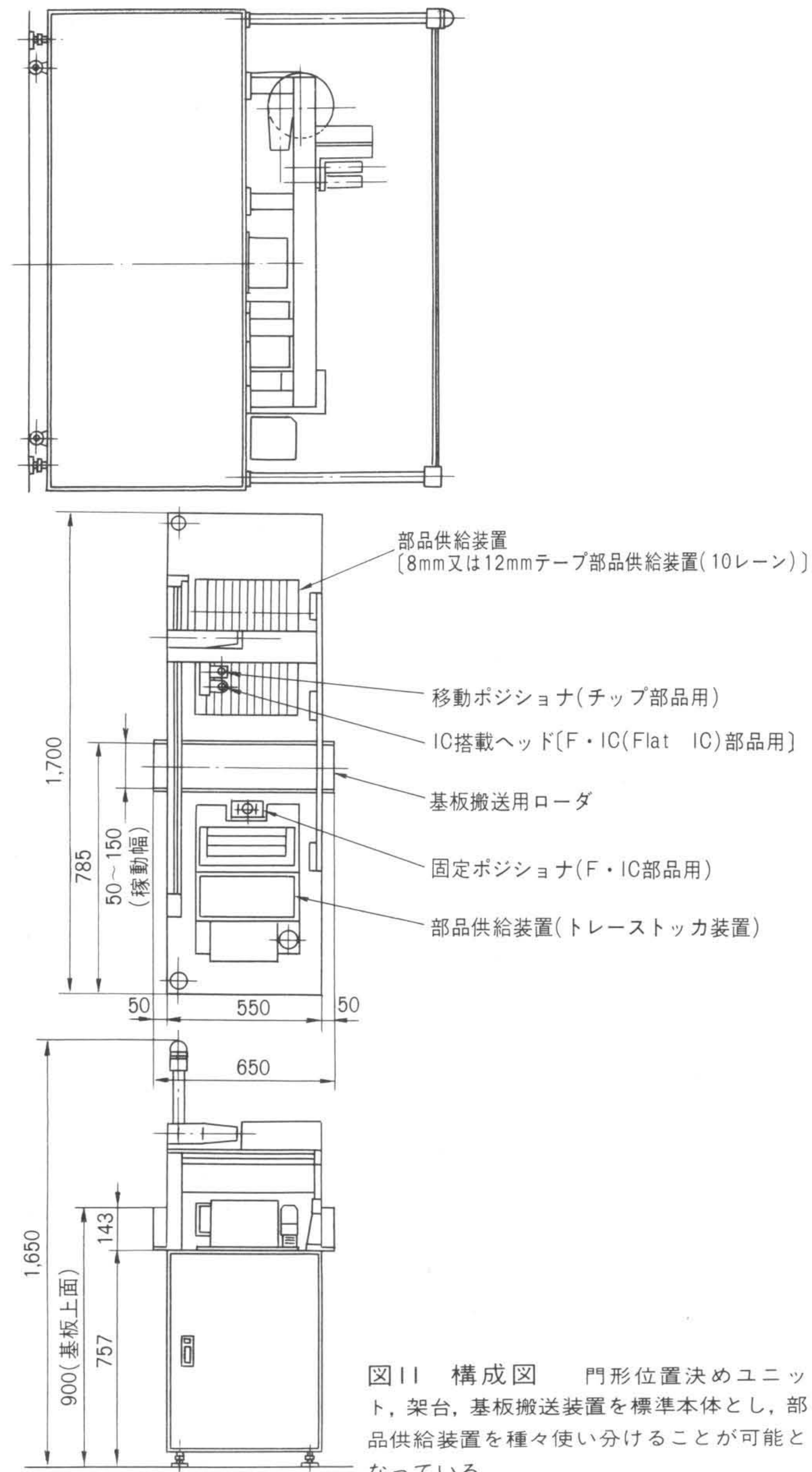


図11 構成図 門形位置決めユニット、架台、基板搬送装置を標準本体とし、部品供給装置を種々使い分けることが可能となっている。

表2 標準仕様 部品供給装置が豊富であり、ニーズに応じた自動化が可能である。

No.	項 目		仕 様
1	基 板	対 象 基 板	プリント基板, ハイブリットIC基板
		対 象 基 板 サ イ ズ	基板幅: Min.幅50×長さ50~ Max.幅250×長さ330(mm)
			基板厚: 0.8~1.6mm
2	基板搬送部	基 板 搬 送 高 さ	900mm
		基 板 位 置 決 め 方 法	基板外周基準もしくはガイド基準穴
		搬 出 入 時 間	4秒/枚
3	ヘッド機能	部品搭載	速 度 チップ部品: 1.5秒/個, F・IC部品: 5秒/個
			精 度 ±0.2mm
			方 向 0°, ±90°, 180°の4方向
		リ ト ラ イ 機 能	付
4	本体部分	外 形 寸 法	幅590×奥行1,720×高さ1,650(mm)
		重 量	約200kg
		電 源 ・ 容 量	AC 1φ 200V 50/60Hz 約1kVA
		使用空気圧・消費量	5kg/cm ² 以上(クリーンエア) 100l/min
5	部品供給装置	テープリールフィーダ	8mm, 12mmテープ……Max.20本/台 まで対応可能
			32mmテープ……Max.10本/台 まで対応可能
		スティックフィーダ	縦スティック MSP部品に対応可 Max.50本/台
			横スティック SOP部品に対応可 Max.50本/台
			直進フィーダ バルク部品に対応可 Max.40本/台 (1本……500~1,000部品)
		トレイフィーダ	小トレイ 72mm×150mmトレイに対応可 Max.24枚/台
			大トレイ 136mm×320mmトレイに対応可 Max.12枚/台

注: 略語説明
MSP (Micro Square Package)
SOP (Small Outline Package)

(3) 可動式基板搬送装置により、小形な混成集積回路基板から大形プリント基板までの対応が可能である。

7 結 言

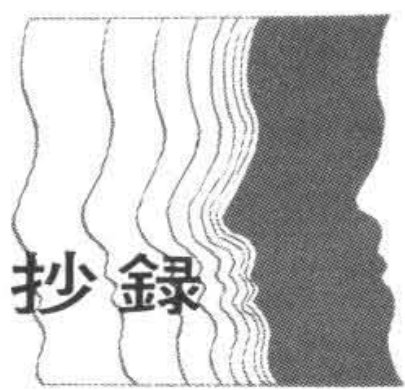
以上、直角座標形精密位置決めユニットの製品化と、それを適用した電子部品マウンタの製品化事例について紹介した。

今後共この種のユニットは、新機構、新材料の採用やセンサの開発によって、より高速・高精度化が実現されることが予測されるが、現状での課題はシステム部品としての使いやすさや品ぞろえ、価格低減、信頼性向上である⁴⁾。

今後共、これらの課題を解決しながら、より優れた位置決めユニットやシステム機器を提供していく考えである。

参考文献

- 1) 福地: 日立プロセスロボットとその用途, ロボット, 27, 76~84(昭55-7)
- 2) 土橋, 外: ミスターアロスとプロセスロボット, 溶接技術, 28, 38~40(昭55-9)
- 3) 宮下, 外: エンコーダ付小形モータのデジタルサーボ, システムと制御, Vol. 26, No. 11, 695~703(1983)
- 4) 松本, 外: 組立用ロボットの現状と今後の方向, 機械設計, 第26巻, 第8号, 37~41(1982)



回転塗布方式によるレジスト塗布膜厚特性解析

日立製作所 松葉育雄・松本邦顕・他1名
電子通信学会論文誌 J67—C, 120 (昭59-1)

回転塗布方式による薄膜形成は、多くの電子産業の分野で使用されている。特に半導体製造プロセスでは、ウェーハ基板上に滴下されたレジスト液をウェーハ面上にむらなく、しかも簡単にできる塗布方式として、ウェーハをスピナで回転させレジスト膜を形成する回転塗布方式がよく用いられている。塗布膜厚に関し、実験式を導出するのに十分なデータが数多くの実験から得られているが、このようにして導かれた実験式は、すべてのプロセスパラメータについて説明できるものではなく、プロセスが変更された場合には、再び実験式を作成しなければならない。半導体素子の微細化が更に進むに従って、塗布膜厚に対する要求精度がますます高まり、プロセスパラメータ以外にレジスト物性の微妙な変化が塗布膜厚に大きな影響を及ぼすようになってきた。例えば、レジスト温度の変化がレジスト粘性に影響し、塗布膜厚の精度を低下させ、その結果として半導体素子の歩

留まり、品質を低下させる。以上の問題は、塗布膜厚が形成されてゆく過程の現象が理論的に十分理解されて初めて解決されるが、現在まで十分な精度のモデルは確立されていない。

本論文では、レジスト塗布膜厚のスピナ回転数及びレジスト粘性依存性を表わす理論モデルを導出し、実験と比較した。

回転するウェーハ上のレジスト液は粘性流体と考えられるので、その挙動はナビエ・ストークス方程式に支配される。初期膜厚から最終膜厚まで 10^{-3} 以上も急激に変化する自由境界を扱わなければならないため、通常の離散化による数値解析法では解を得ることはほとんど不可能に思われる。このため、最終目的が塗布膜厚 H のスピナ回転数 Ω 及びレジスト粘性 ν 依存性を導くことなので、数値計算によらず、ナビエ・ストークス方程式の ν 、 Ω 依存性だけに着目した。空間座標、時間及び速度変数の ν 、 Ω のべき乗数依存性を仮定し、このように

スケール変換された変数を上記方程式に代入し、変換された方程式が ν 、 Ω に依存しない、すなわちスケール変換不変性をもつように、 ν 、 Ω のべき指数を決定した。空間座標に対するスケール変換から容易に塗布膜厚が $H \sim \nu^{\frac{1}{2}(1+\epsilon)} \Omega^{-\frac{1}{2}(1+\epsilon)} R^{-\epsilon}$ と表わせることが分かった。ここに、 R はウェーハ半径で、 ϵ は1よりも小さい正の定数である。

以上のようにして得られたモデルを検証するため、回転塗布装置の特性を考慮して、異なった装置で実験した結果、ウェーハ半径依存性 $\epsilon=0.1$ を得た。この値を上記のモデルに代入すると、塗布膜厚のレジスト粘性及びスピナ回転数依存性を示すべき指数はそれぞれ0.55、-0.55となった。これらの理論値を実験と比較した結果、前者については極めて良く一致し、後者についても10%以内の誤差で一致し、本論文で提案したモデルの有効性を確認できた。

半導体炉内のウェハ温度分布

日立製作所 松葉育雄・松本邦顕・他1名
電子通信学会論文誌 J67—C, 332~338 (昭59-4)

半導体製造プロセスの酸化工程では、ボート(治具)上に載せられた多数のウェハ列を円筒形をした炉の中で高温の熱処理をするのが一般的な酸化法である。このほか、拡散あるいはC.V.D.(Chemical Vapor Deposition)工程でも同様な熱処理方法が使用される場合が多い。ウェハ表面の温度分布は、理想的にはすべてのウェハに対して設計などで定められた値に誤差なく制御されていることが望ましいが、実際にはウェハ列でも、ウェハ面内でも温度分布が均一になっていないことが実測値から分かる。特に、ウェハ列両端の数枚のウェハは中央部に比べ温度が低く、しかも面内温度分布が非常に大きくなるため、これらのウェハからは設計規格を満足する半導体素子がほとんど採れない。今後は、ウェハの大口径化が加速されるにつれて、温度分布が更に大きくなると予想されることから、ウェハの温度分布を一定の目標値に均一化するこ

とは、量産ラインにとって極めて大きな課題となり、半導体素子の歩留まりを飛躍的に向上させることになる。

このような問題は、ウェハの温度分布を引き起こす熱伝導の機構を解明して初めて解決されるものである。熱応力という観点から、IBMのS.M.Huは理論的な計算によりウェハの温度分布を求めた。彼は高温に加熱したウェハ列を瞬時に室温雰囲気内に引き出したときのウェハ温度分布の緩和現象を取り扱っている。炉からの影響は考慮されず、実際の炉内で生じるウェハ温度分布を計算することはできない。現在に至るまで、ウェハの温度分布を十分に記述できるモデルは確立されておらず、更に微細化に進む半導体製造プロセスの制御などには高精度なモデルは不可欠となってきた。

本論文では、ウェハの温度分布を決定する機構として自己輻射損失、両隣りのウェハ間での輻射、ウェハと炉壁間の輻射及び

熱拡散を考慮したモデルを導出し、本モデルから計算したウェハ温度分布と実験を比較した。ウェハ温度を直接測定することは非常に難しく、ここでは酸化処理後の酸化膜厚からウェハ温度を推定した。本モデルによれば、ウェハ列端のウェハ面内の温度分布は減衰しながらもウェハ列中央部に伝達され、ウェハ列端から数枚のウェハ後は均一な温度分布が形成され、しかもウェハ枚数を増加しても均一な温度分布をもつウェハの枚数が増加するだけで、分布の大きい両端のウェハには変化がなかった。このような温度分布の傾向は定量的に実験とよく一致した。

ウェハ列中央部のウェハの面内温度分布が均一化される理由は、輻射熱がウェハ間で何度も反射を繰り返す、ウェハ面内で熱が分散されることによるものであるが、一方、ウェハ列端のウェハは片面しか反射を受けず、温度分布が顕著となる。