

CK-1 形二次元ならいフライス盤

Type CK-1 Two-Dimensional Copying Milling Machine

片 桐 貞 一* 勝 守 利 夫* 平 田 健 二 郎*
Teiichi Katagiri Toshio Katsumori Kenjirō Hirata

内 容 梗 概

従来の一次元ならいの工作機械では、ならう部分の傾斜によって切線方向の送り速度が変化した。この欠点をなくすため、切線方向の送り速度が一定となるような二次元ならい方式を用いたならいフライス盤を開発した。そのならい動作、ならい制御機構について述べる。

1. 緒 言

ならい機構をもつ工作機械としては、ならい旋盤とならいフライス盤がいろいろなメーカーにより製品化されている。ならい方式には油圧式、電気式など種々あるが、従来のならい工作機械は大部分が一次元ならいを行なうものであり、二次元ならいを行なうものは少ない。一次元ならいでは後述のように急傾斜の部分のならいができないという欠点がある。

ならいフライス盤はおもに形彫作業に用いるものであるが、形彫作業においてはどうしてもある程度傾斜の急な部分をもならいうることが必要である。二次元ならい方式を用いれば、傾斜のいかにかわらず、面に沿って一定の送り速度が得られるので好都合である。CK-1 形二次元ならいフライス盤は、最近の形彫作業量の増大にかんがみ、完全な二次元ならいを行なう小形フライス盤として新しく開発され、このほど完成したものである。ここにその概要を紹介する。

2. 構成とならい動作

2.1 概 要

本機は二次元ならい運動を行なうひざ形立フライス盤である。第1表に仕様を示す。構成はフライス盤本体、制御卓および油圧ユニットの三つの部分より成っている。第1図は本機の全景、第2図は制御卓の内部、第3図は制御卓上面の操作パネルである。第4図はならい切削中の写真である。

ならい方式には電気制御・油圧駆動方式を用いている。これは理想的な二次元ならい制御を行ないうる電気制御の特長と、応答が速く、大きな駆動力の得られる油圧駆動方式の特長とを組み合わせたものである。

主軸の軸受には玉軸受を用いて高速回転を行なわせ、細いカッタを用いて曲率の大きい部分を切削する場合にも十分な切削速度が得られるようにしている。

2.2 ならい動作

フライス盤はテーブルに左右、前後、上下の3方向に送りがかかるが、ならい動作は同時に2方向に動かして行なう。すなわち、ならい動作は一つの平面内で行なわれる。この組み合わせを変えることによりならい方向が選択できる。ならい方向は左右方向、前後方向および輪郭ならいの三つで、左右および前後方向では往復切削、一方向切削の方式がある。これらをまとめると第2表のようになる。

(1) 往復切削

第5図(a)、(b)のように動作を行なう。

形彫作業のようにエンドミルを用いてある広さの曲面をならい切削する場合には、ステップフィード（ならい方向と直角に一定量の送りをかける）およびならい方向の折り返しを行ないながら

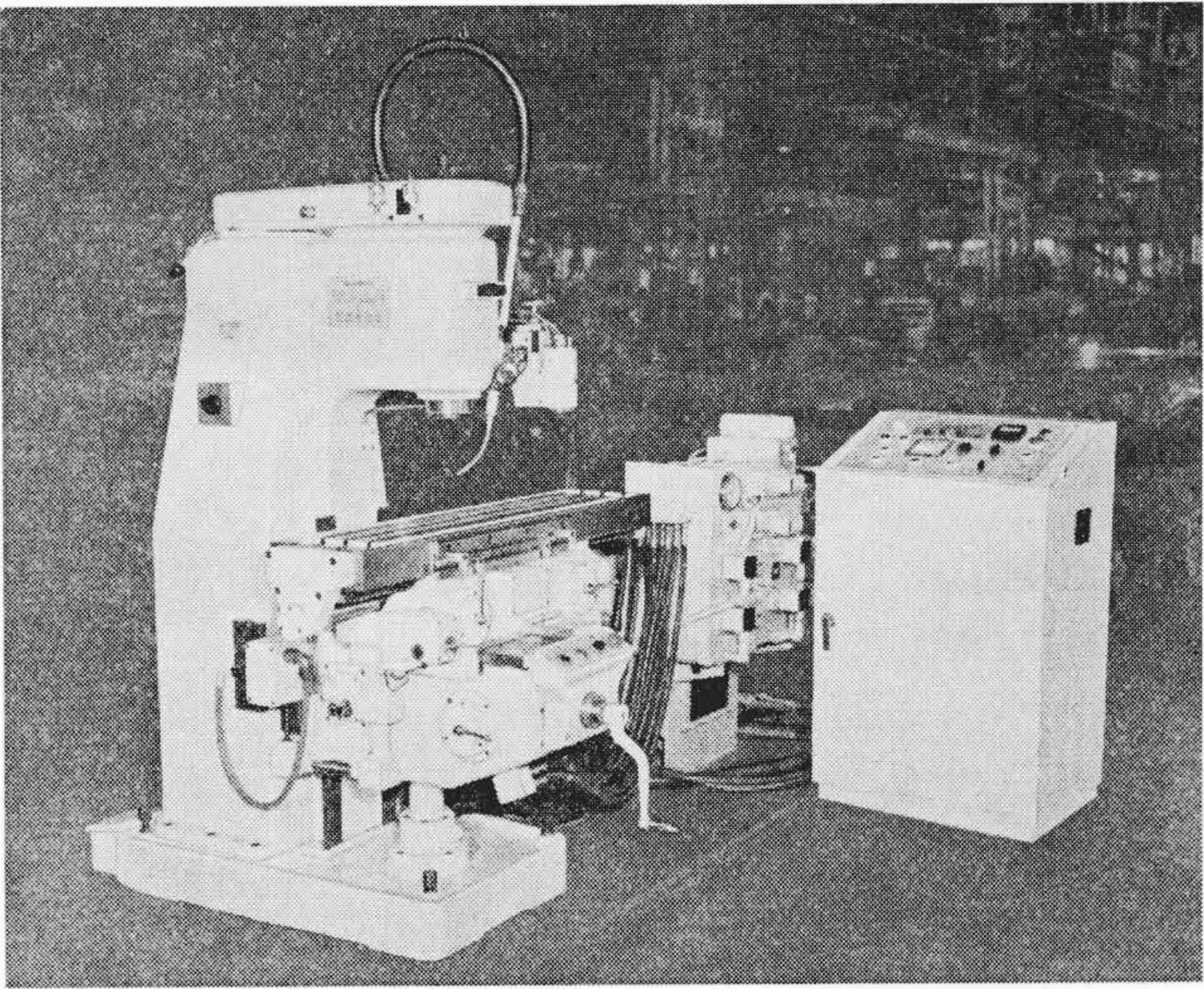
* 日立製作所川崎工場

第1表 仕 様

形 式	CK-1
テーブルの左右動き	400 mm (油圧)
サドルの前後動き	250 mm (油圧)
ニ ー の 上 下 動 き	100mm (油圧) + 200mm (手動)
ならいうる範囲	400×250×100 mm
テーブルの広さ	1,250×280 mm
主軸端よりテーブル上面まで	100~400 mm
主 軸 穴	A SA40
主 軸 回 転 速 度	400~4,500 rpm (8段)
カ ッ タ 径	3~20 mm
主軸中心よりトレーサ中心まで	500 mm
トレーサ位置の調整量	±25 mm (左右, 前後) 100 mm (上下)
ならい速度	25~315 mm/min (12段)
ステップフィード量	0.5~5 mm (6段)
主 軸 用 モ ー タ	1.5/0.75 kW (2/4P)
油圧ポンプ用モータ	1.5 kW (4P)
クーラント用モータ	125 W
重量 (フライス盤本体)	約 2,000 kg

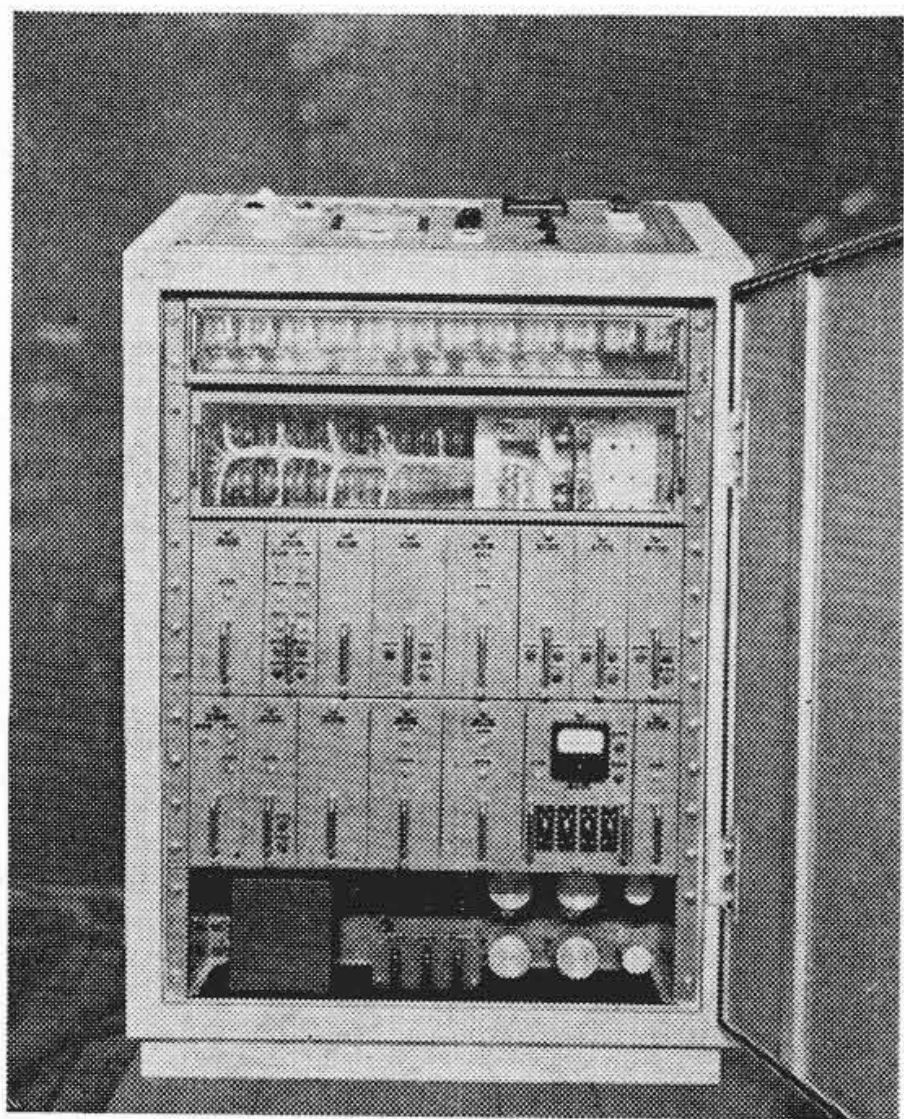
第2表 ならい動作の種類

	ならい方向	モ ー ド
1.	左 右 方 向	往 復 切 削 一 方 向 切 削 (左向き) 一 方 向 切 削 (右向き)
2.	前 後 方 向	往 復 切 削 一 方 向 切 削 (前向き) 一 方 向 切 削 (後向き)
3.	輪 郭 な ら い	

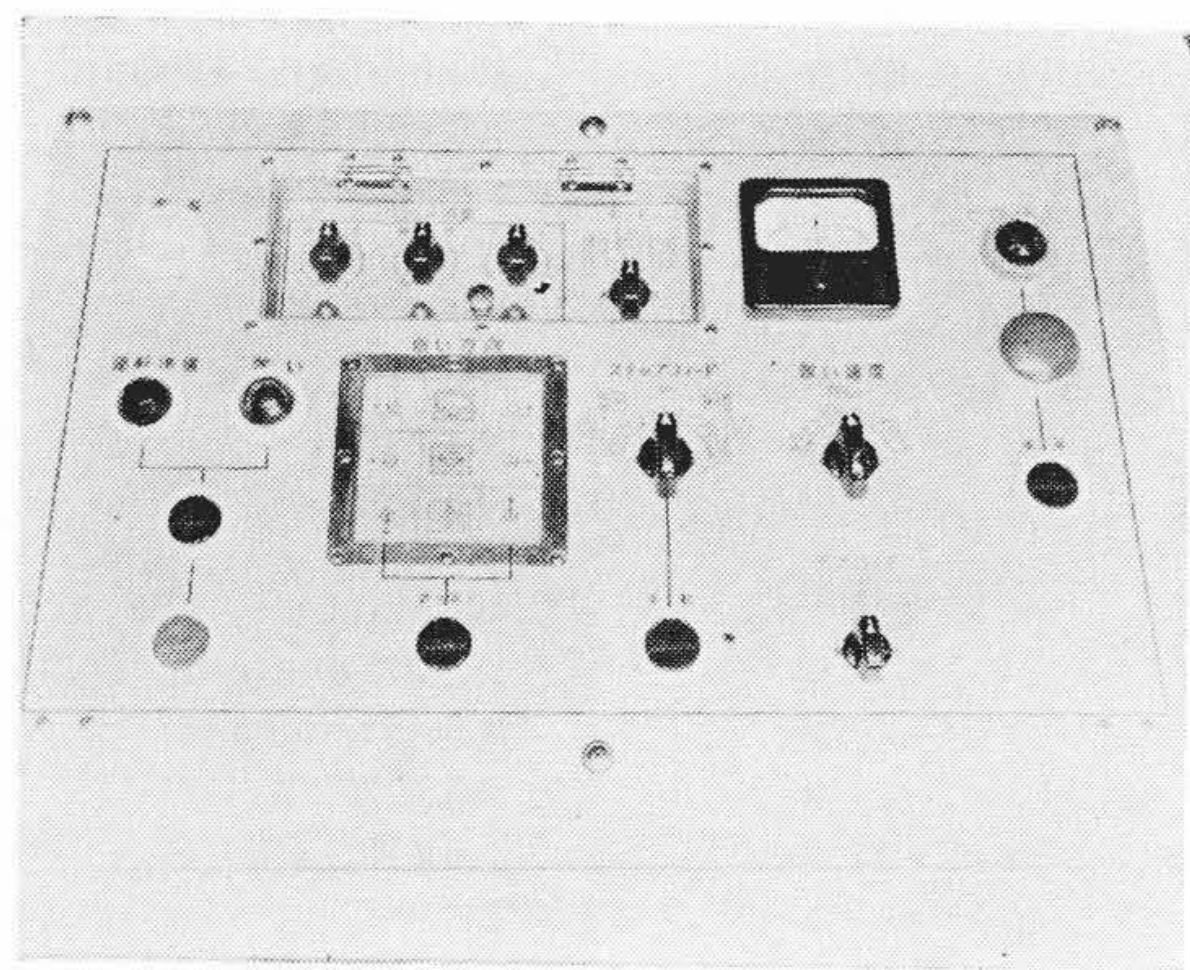


第1図 CK-1 形二次元ならいフライス盤

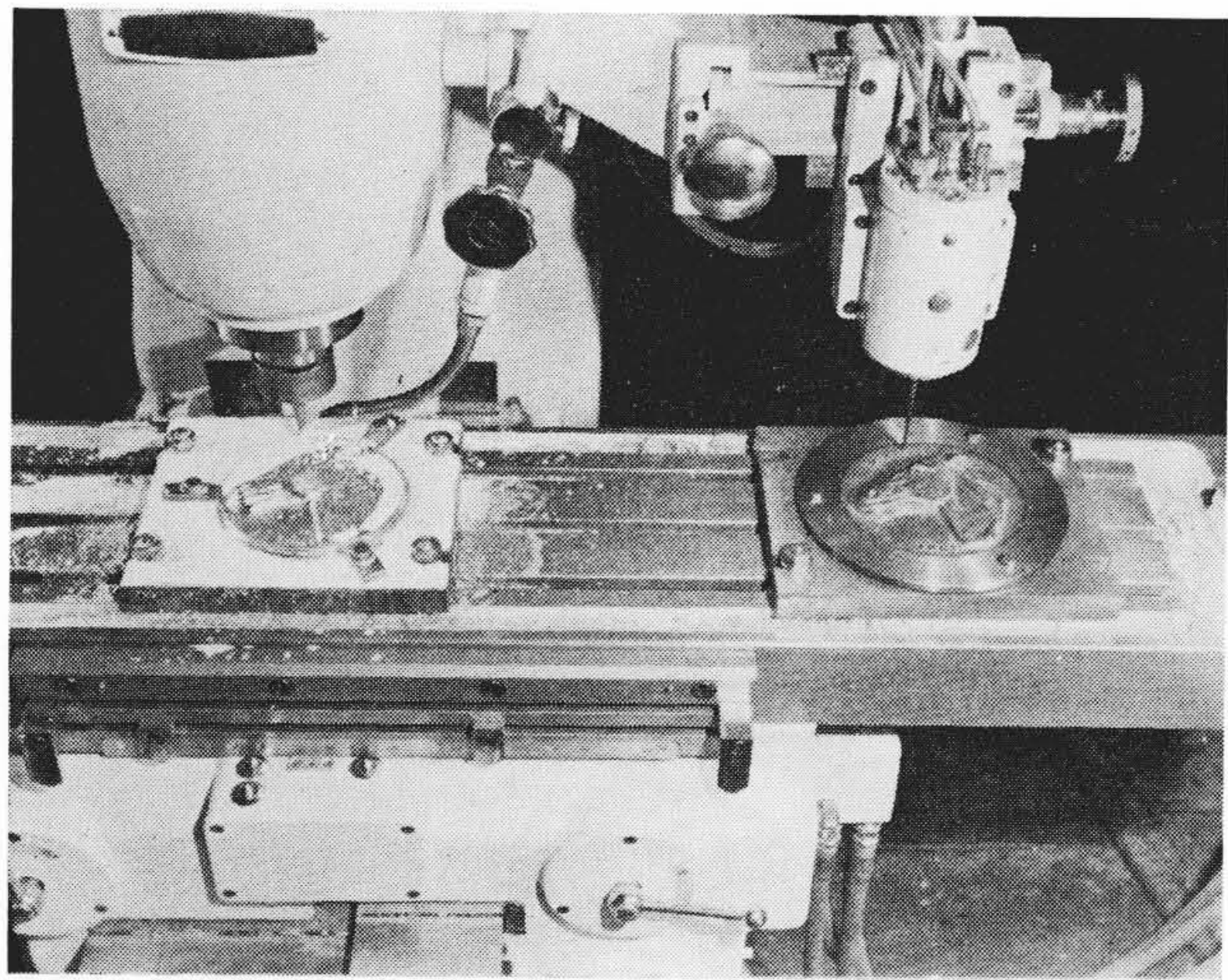
切削をするが、このような切削行程は一般に長時間を要する。したがって、この種の機械ではリミットスイッチなどを用いて、ステップフィードおよび折り返しを含む切削行程が自動的に行なわ



第 2 図 制 御 卓 の 内 部



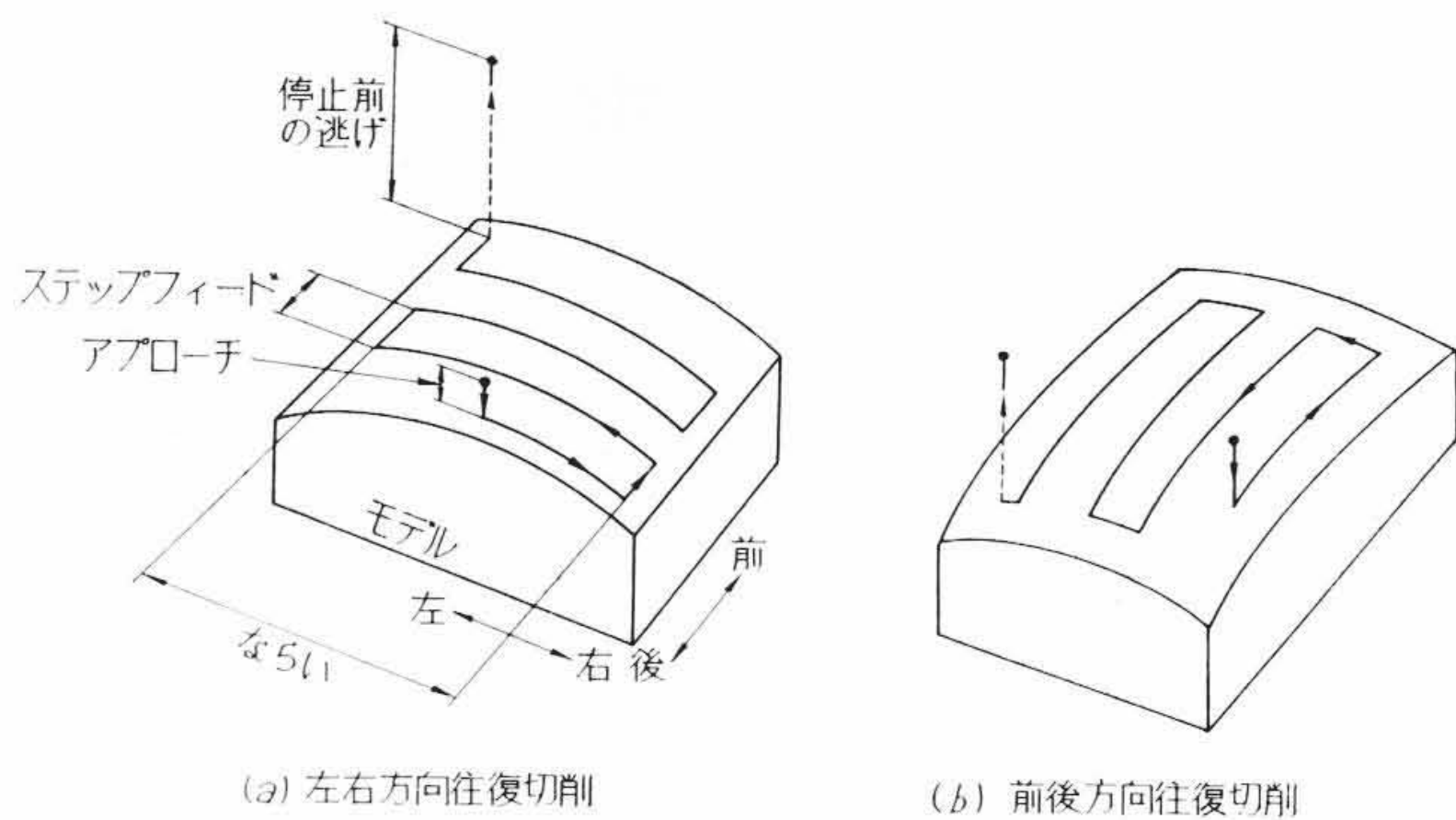
第 3 図 操 作 パ ネ ル



第 4 図 切 削 中 の フ ラ イ ス 盤

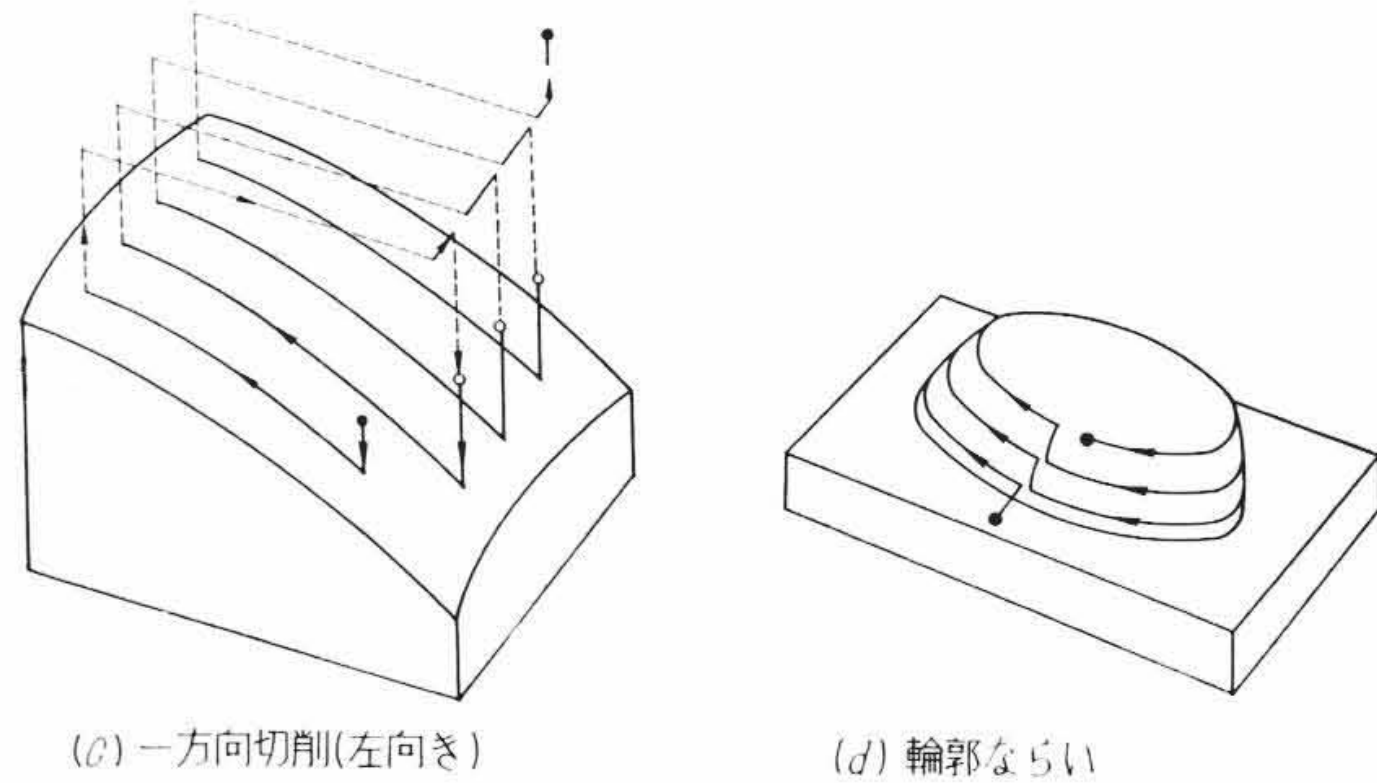
れる必要がある。また、スタート前の状態ではスタイラスはまだモデルに接触していないから、スタート後はまずトレーサがモデルにアプローチ(近づく)するようになっていなければならない。切削終了の場合には、トレーサがモデルから離れて逃げたのち、自動的に停止するのが好ましい。

本機ではこのようなアプローチ、ステップフィード、折り返しおよび切削終了時の逃げがすべて自動的に行なわれる。ならいをスタートすれば、アプローチ信号によりトレーサがモデルに近づき、スタイラスがモデルに接触すればアプローチ信号は自動的に切れてならい運動にはいる。ドグによりリミットスイッチが動作するとステップフィードを行ない、ならい方向を折り返す。ステ



(a) 左右方向往復切削

(b) 前後方向往復切削

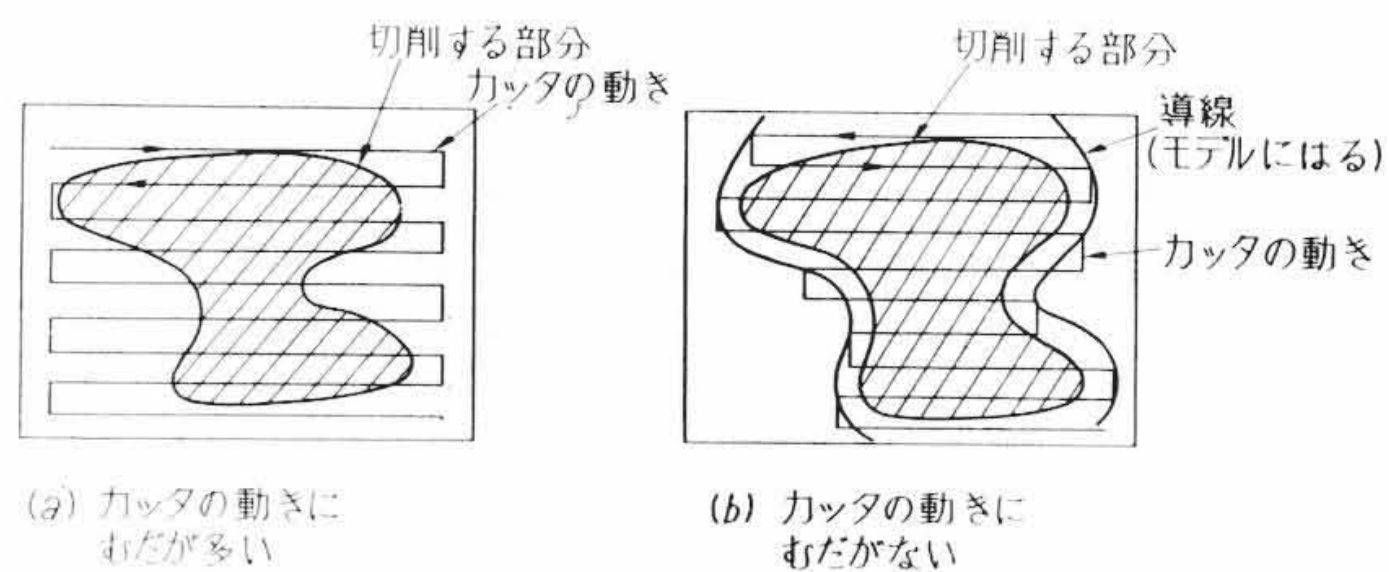


(c) 一方向切削(左向き)

(d) 輪郭ならい

(破線は早送りを表わす)

第 5 図 モデルに対するスタイラスの動き

(a) カッタの動きに
むだが多い(b) カッタの動きに
むだがない

第 6 図 導線によるリミッティング

ップフィードの進行方向にセットしたリミットスイッチが動作すると、スタイラスはモデルから離れて逃げたのち、自動的に停止する。

ならい方向を第 6 図(a)のように一定の位置で折り返すと、カッタが切削しない部分を動いている間は加工時間がむだになる。このむだをなくすため、第 6 図(b)のようにモデル上に導線をはり、スタイラスが導線に接触する位置で折り返すようにすることもできる。

(2) 一方向切削

第 5 図(c)のような動作を行なう。これは切削時の送りの向きを一定にし、逆向きの送りではカッタを逃がすものである。この場合にもリミットスイッチを利用して早逃げ、早もどりのストロークを決めている。

一方向切削では切削時の送りの向きが一定なため、切削面がきれいにそろう。また、常に上りこう配をならうようにすれば、エンドミルの側面で切削が行なわれるので、エンドミル先端の切削性能の悪い部分を使わないですむ。

(3) 輪郭ならい

輪郭ならい(第 5 図(d))では、途中でなんら切換え操作を行なわなくても内周または外周をならうことができる。アプローチは水平方向に行なうが、その方向は前後左右の 4 方向を操作パネル上のつまみで選択できる。

3. ならい制御機構

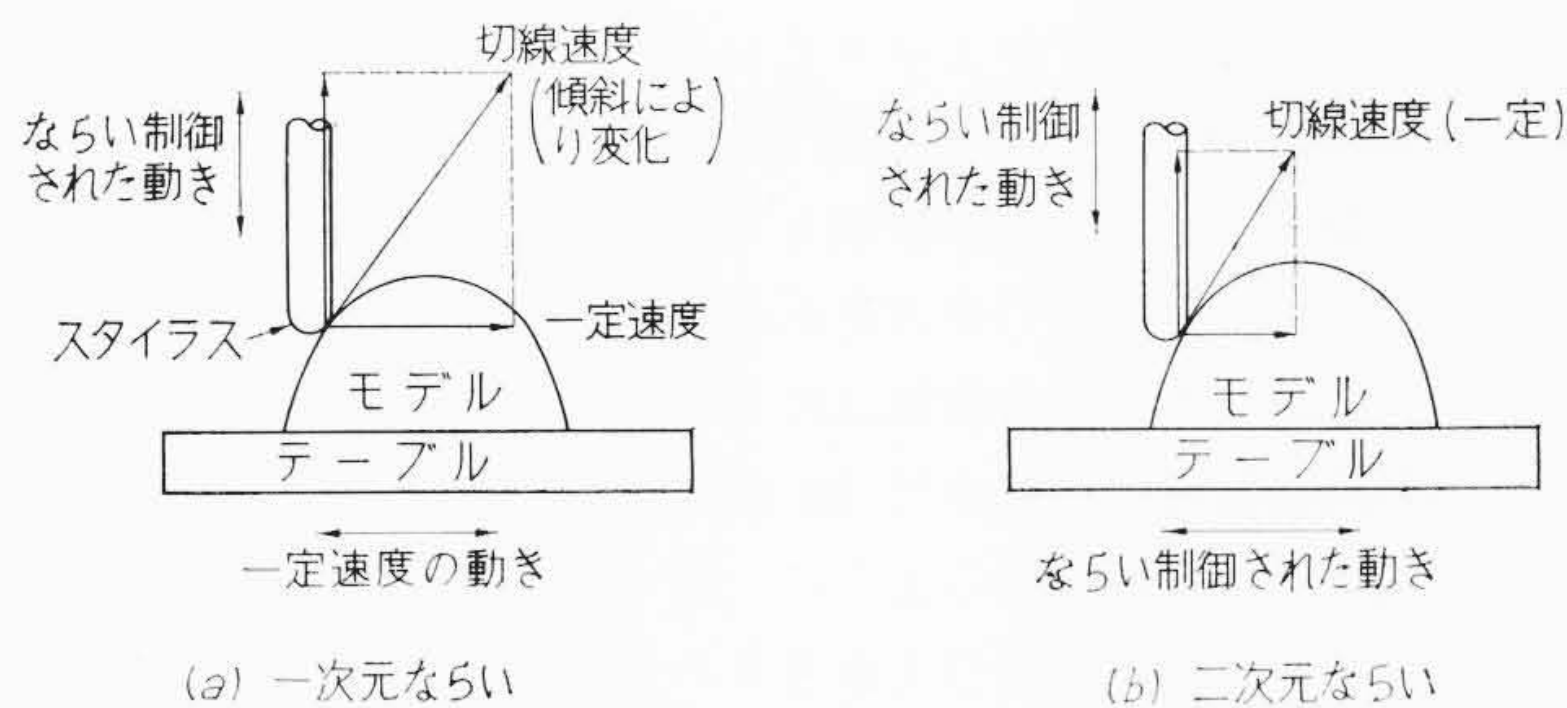
3.1 一次元ならいと二次元ならい

一次元ならい(第7図(a))では、一方向に一定速度の送りをかけ他の一方向にならいを行なう。すなわち、ならい制御されるのは1軸だけである。一次元ならいでは、モデルの傾斜によってモデルの切線方向の送り速度が変わり、傾斜が急な部分では切線速度が急に大きくなるので、切削条件が一定に保たれない。また、スタイラスのモデルに対する接触力も大きくなる。

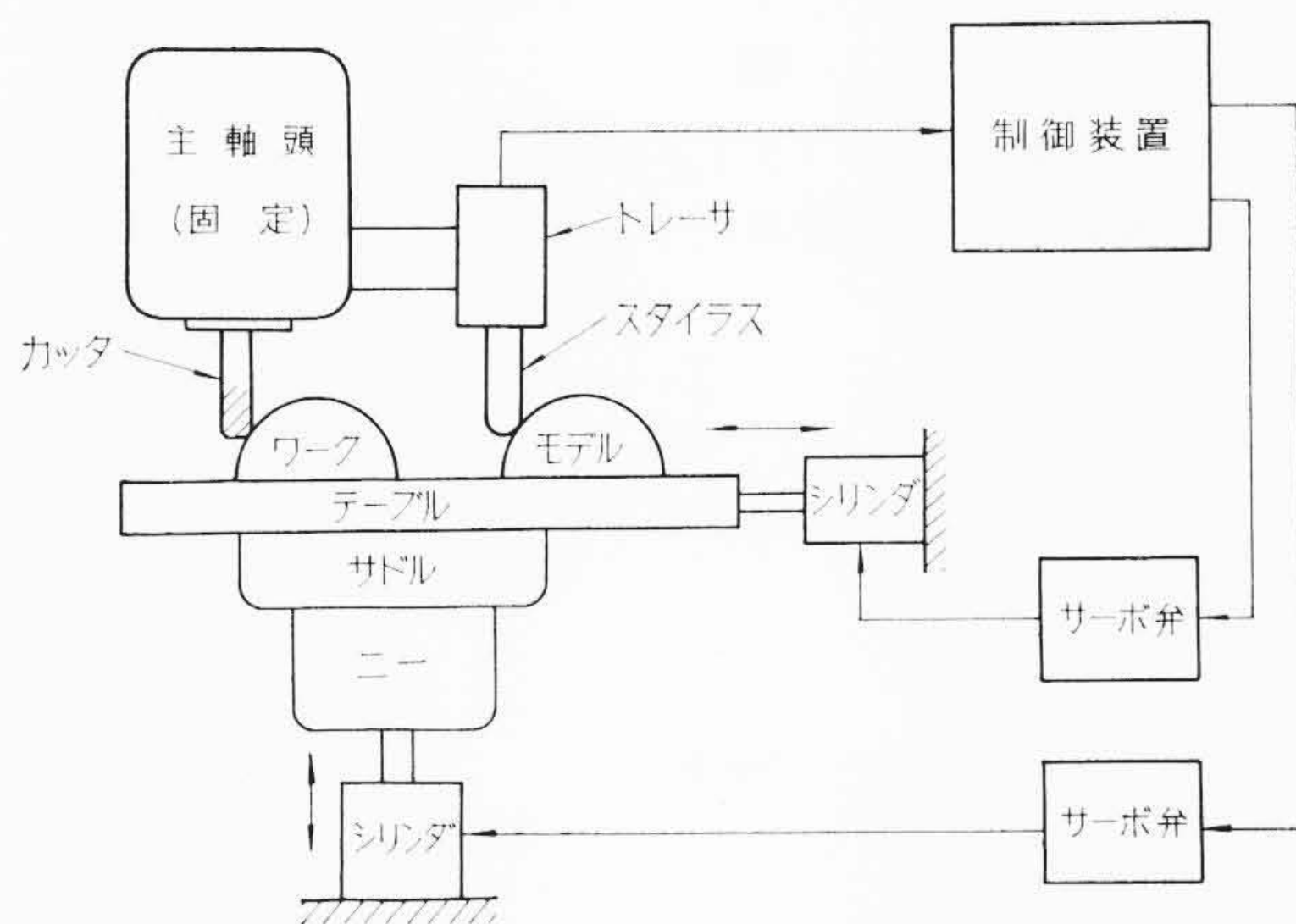
二次元ならい(第7図(b))では、2方向の送り速度を同時に制御し、モデルの切線方向の送り速度が一定に保たれるようになっている。このために制御装置は多少複雑になるが、モデルの傾斜にかかわらず切線速度を一定に保つことができる。また、面の方向によってスタイラスの接触力は変化しない。

3.2 ならい方式

電気制御・油圧駆動方式には電気-油圧変換器が必要であるが、ここ数年來すぐれたサーボ弁が開発されたので、この方式が実現できるようになった。

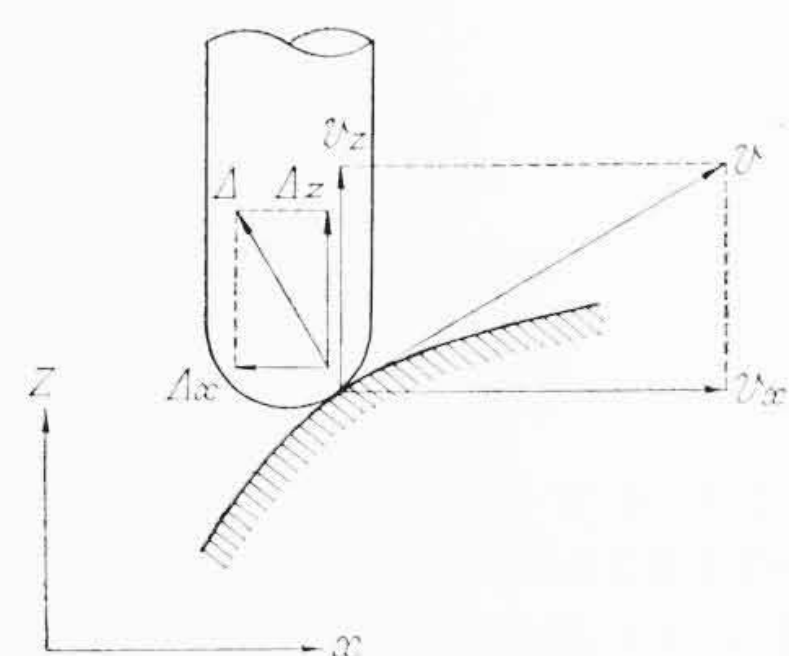


第7図 一次元ならいと二次元ならい



(左右方向ならいの場合)

第8図 ならい機構



第9図 ならい動作

フライス盤のテーブルの左右運動、サドルの前後運動、ニーの上下運動はそれぞれ油圧シリンダで行なわれる。第8図はならい機構の原理図である。

トレーサのスタイラス(接触子)は左右、前後、上下方向ともにバネでささえられている。スタイラスがモデルに接触すると、スタイラス先端はモデルの法線方向に変位し、その3方向の成分はそれぞれ可変リアクタンス形検出部で検出され、制御装置に送られる。ならい動作においてはスタイラス先端の変位量は一定に保たれる。

サーボ弁は電気信号を圧油の流量に変換する制御弁である。油圧弁の部分は4方案内弁になっており、そのスプールの位置が入力電流によって制御されている。流量(出力)が入力電流に比例するようになっているので、入力電流に比例した速度で油圧ピストンが動く。

第9図はならい動作の原理を示す。スタイラス先端の変位を Δ とし、その x (左右)、 y (前後)、 z (上下)方向の成分を Δ_x 、 Δ_y 、 Δ_z とする。以下、左右方向ならい(xz 平面内でならう)の場合について説明する。この場合には、 x および z 方向の送り速度 v_x 、 v_z が

$$\begin{aligned} v_x &= \pm K_1 \Delta_z + K_2 \Delta_x (\Delta - \Delta_0) \\ v_z &= \mp K_1 \Delta_x + K_2 \Delta_z (\Delta - \Delta_0) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2}$$

となるように制御される。ここに K_1 、 K_2 は定数で、 K_1 を変えることによりならい速度が変わる。第1項の符号はならいの向き(右か左)によって定まる。第2項によりスタイラスの変位 Δ は一定値 Δ_0 に保たれる。切線方向のならい速度 v は

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_z^2}$$

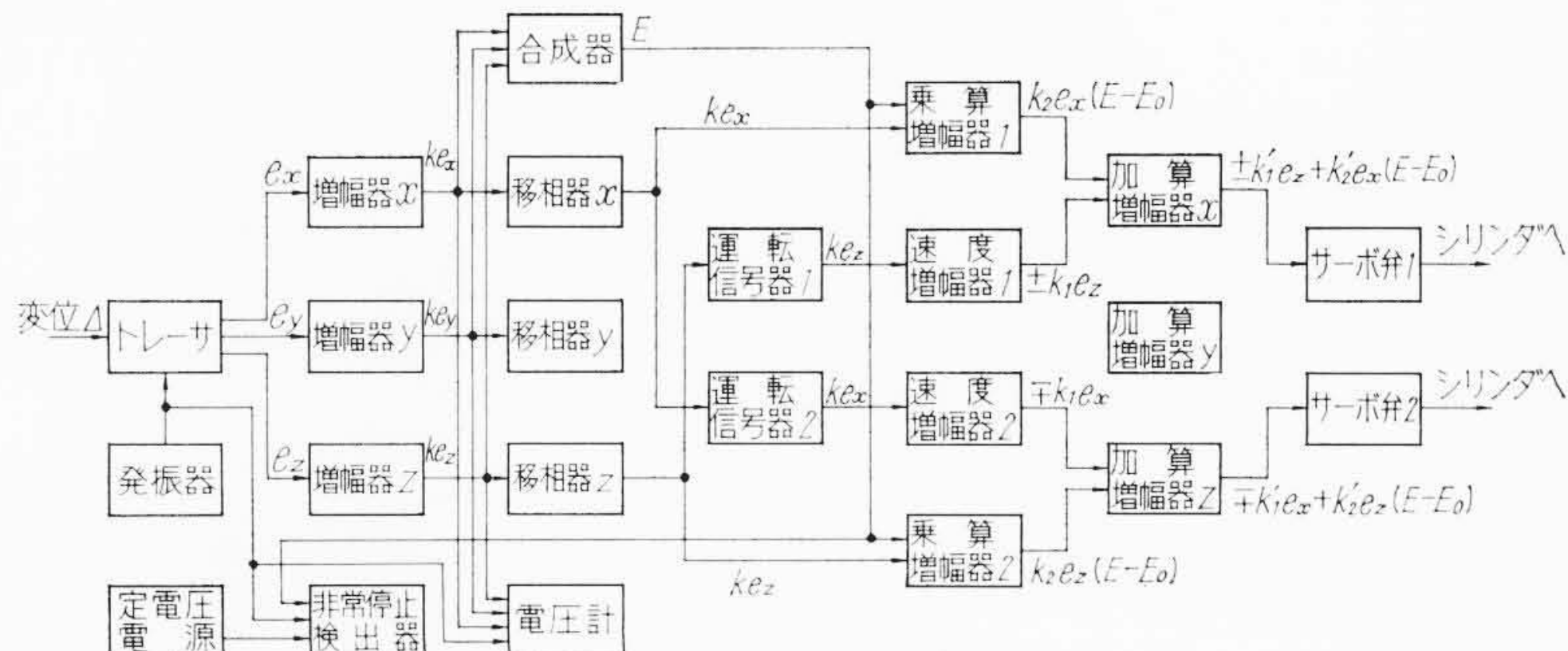
となり、 Δ_y が他の成分に比べて小さいときには、 v は一定値 $K_1 \Delta_0$ にほぼ等しくなる。

3.3 制御装置

ならい制御用の増幅器は完全にトランジスタ化され、長期間にわたる安定性が保たれている。

第10図は制御装置のブロック線図である。制御装置はサーボ信号系、ならい速度信号系、シーケンス信号系に大別して考えられる。

サーボ信号系は合成器、乗算増幅器を中心とする部分で、(1)式の第2項の演算を行なう。トレーサからはスタイラスの変位成分 Δ_x 、 Δ_y 、 Δ_z に相当する交流電圧 e_x 、 e_y 、 e_z が発生し、増幅器 x 、 y 、 z でそれぞれ増幅されて ke_x 、 ke_y 、 ke_z となる。これらの電圧は合成器で変位 Δ_x 、 Δ_y 、 Δ_z のベクトル合成の大きさ Δ に相当する直流電圧 E に変換され、乗算増幅器に送られる。一方、 ke_x 、 ke_y 、 ke_z はそれぞれ移相器 x 、 y 、 z にはいり、乗算増幅器における同期整流の基準電圧の位相に合うように移相される。ならい方向の設定に従って、移相された ke_x 、 ke_y 、 ke_z のうちの二つ(第10図では ke_x と ke_z)がそれぞれ乗算増幅器1、2に送られる。乗算増幅器では E と基準変位 Δ_0 に相当する直流電圧 E_0 との差 $E - E_0$ が演算さ



(左右方向ならいの場合)

第10図 制御装置のブロック線

れ、これと ke_x または ke_z との積を求めて直流電圧 $k_2e_x(E-E_0)$ および $k_2e_z(E-E_0)$ が得られる。

ならい速度信号系は速度増幅器を中心とする部分で、(1)式の第1項の演算を行なう。移相された交流電圧 ke_x および ke_z は、運転信号器を経て速度増幅器2、1でならい速度の設定に従って増幅され、直流電圧 $\pm k_1e_x$ 、 $\pm k_1e_z$ となる。

乗算増幅器および速度増幅器で得られた直流電圧はそれぞれ加算増幅器 x 、 z に加えられ、これらの出力 $\pm k_1'e_z + k_2'e_x(E-E_0)$ および $\pm k_1'e_x + k_2'e_z(E-E_0)$ がサーボ弁の入力となる。加算増幅器はサーボ系の特性を改善するための補償回路をも有している。このようにして(1)式を満足するならい制御が行なわれる。

シーケンス信号系はリレー回路、非常停止検出器、運転信号器などから構成され、ならい方向、モードなどの設定に従って信号伝達系の対応軸の切換えやアプローチなどを行なう。

運転信号器はならいスタート時のアプローチ用の信号を出す。アプローチ信号は、スタイラスがモデルに接触して、ある一定量まで変位すると自動的に切れるようになっている。

ステップフィードを行なうときは、タイマにより一定時間油圧バルブを開いて油圧シリンダに送りかける。運転信号器はこのためのタイマをも有している。ステップフィード量を変えるにはタイマの時間を変える。

非常停止検出器ではスタイラスの変位が異常に大きくなった場合、トレーサ励磁用の発振器の発振停止、定電圧電源の故障などを検出して非常停止をかける。非常停止がかかると駆動のための油圧が切れ、機械の送りが止まる。

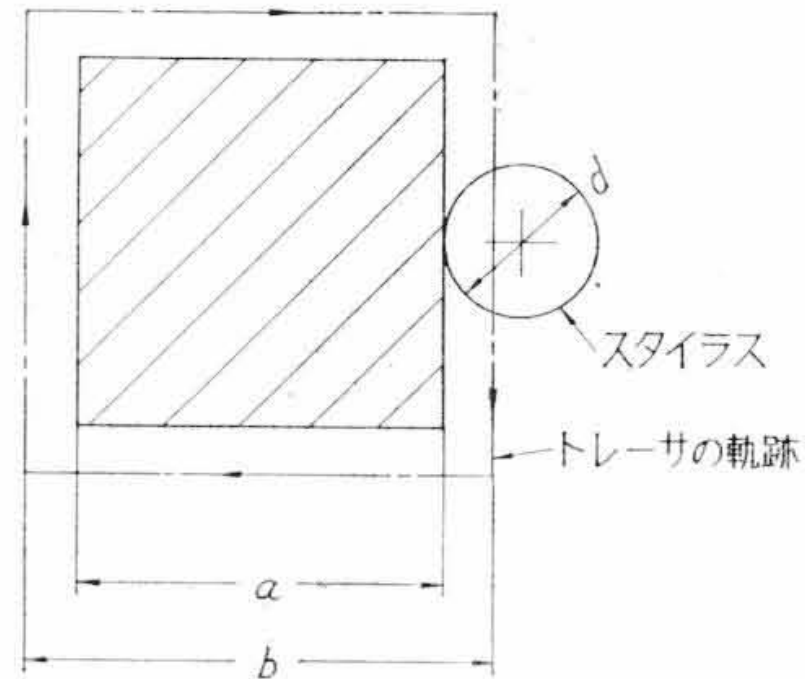
電圧計はトレーサのバランス調整および発振器の出力電圧のチェックを行なうためのものである。

操作パネル(第3図)上にあるメータはスタイラス先端の変位を表わすもので、これによりならい動作が正常に行なわれているかどうかチェックできる。

サーボ弁のバランスの調整は操作パネル上のつまみにより行なわれる。

4. ならい速度およびならい精度のバラツキ

本機のならい制御機構は、一般のサーボ機構のような完全なゼロ・



第 11 図 な ら い 誤 差

メソッドではないので、ならい速度およびならい精度がある程度ばらつくのは本質的にやむを得ない。

ならい速度がばらつく原因として考えられるのは、トレーサの中立点の変動、増幅器類の特性の変動、サーボ弁のヒステリシスや中立点の変動、油温の変化による油の粘度の変化などである。また、送りの向きによってもならい速度が多少変化する。本機のならい速度のバラツキは設定値に対して $\pm 25\%$ 程度である。同様の理由によりステップフィード量にも設定値に対し $\pm 25\%$ 程度のバラツキがある。なお、アプローチおよびステップフィード時の送り速度は約 50 mm/min、早送りの速度は約 400 mm/min である。

ならい精度のバラツキの原因として考えられるのは、トレーサの中立点の変動、発振器の出力電圧の変動、乗算増幅器の特性の変動、スタイラスとモデルとの接触点における摩擦などである。本機によって得られたならい精度は ± 0.1 mm である。ただし、ここでいうならい精度とは第 11 図のように一辺 a の正方形の外周をならわせた場合のトレーサの軌跡の大きさ b の理論値 $a+d-2\Delta_0$ に対する誤差を指し、これを左右、前後方向ともに測定したものである。

5. 結 言

CK-1 形二次元ならいフライス盤の概要について述べたが、われわれは今後もこれに改良を加え、本機をより使いやすいものにしてゆく所存である。

1962

日 立

No. 5

目 次

- 巻 頭 随 筆……………森 繁 久 弥
- 日 立 ― ア ル ウ ェ ー グ 開 通 ― 犬 山 モ ノ レ ー ル ―
- ロ ボ ッ ト 圧 延 時 代 は じ ま る
- より速くより安全に――列車自動運転は進む――
- お 部 屋 に ま っ ち し た 冷 暖 房
- 東 京 の 下 水 と 日 立 ポ ン プ
- 停 年 の な い モ ー ト ル
- 段ボール荷造用の新封函機日立ステーブラ
- ステレオに新しい魅力を加えた残響装置
- 実 現 し た “ 夢 の 冷 蔵 庫 ”
- 計算から人工頭脳へ――電子計算機は何処までゆく――

- 電 機 と と も に あ る マ イ カ
- 電 線 百 話
- ア ル ミ ニ ウ ム の 見 合 結 婚
- 新しい照明施設
- 不 二 越 鋼 材 株 式 会 社 安 城 工 場
- 日立ハイライト
- 冷 蔵 庫
- 明日への道標
- 開 通 し た 日 立 ア ル ウ ェ ー グ
- 日 立 だ よ り

発 行 所 日 立 評 論 社

取 次 店 株式会社 オ ー ム 社 書 店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振 替 口 座 東 京 71824 番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振 替 口 座 東 京 20018 番