

# 数 値 制 御 指 令 装 置 HIDAM 8060

HIDAM 8060 Director for Numerical Control System

尾 塔 博 之\* 仲 瀬 熙\*  
 Hiroyuki Osako Hiroshi Nakase  
 安 藤 宏 和\* 関 進\*\*  
 Hirokazu Ando Susumu Seki

## 内 容 梗 概

数値制御工作機により輪郭切削を行なうとき、その輪郭を直線と円弧で近似し、使用する工具径をプログラムに指定せず、手動で切削する直前に指定しうる構造の新しい数値制御指令装置を完成したのでここにその概要について述べる。

## 1. 緒 言

われわれはさきに高性能で低廉な数値指令装置を目標として、時分割多重化方式数値制御指令装置 HIDAM 8050<sup>(1)</sup>を開発し完成させた。さらにその目的を推し進めるため、輪郭の近似方式、工具径の指定方式の改良と諸補助機能の追加に留意して、開発を行なった。本指令装置の特長を大別すると、次に述べる三つがある。

- (1) ワークピースの輪郭を直線ならびに円弧で近似し、常になめらかな切削面が得られる。
- (2) 使用する工具径をプログラムで限定しないで切削直前に、与えられたワークピースに適合する工具径を選択して、手動で指定しうる方式をとった。このため工具の管理が容易になった。
- (3) 補助機能を増加したので、用いやすくなった。追加した機能のおもなものは、速度を随意に変化しうること、対称の切削が容易なこと、抜型の製作が容易なこと、回路の動作を容易にチェックできることなどである。

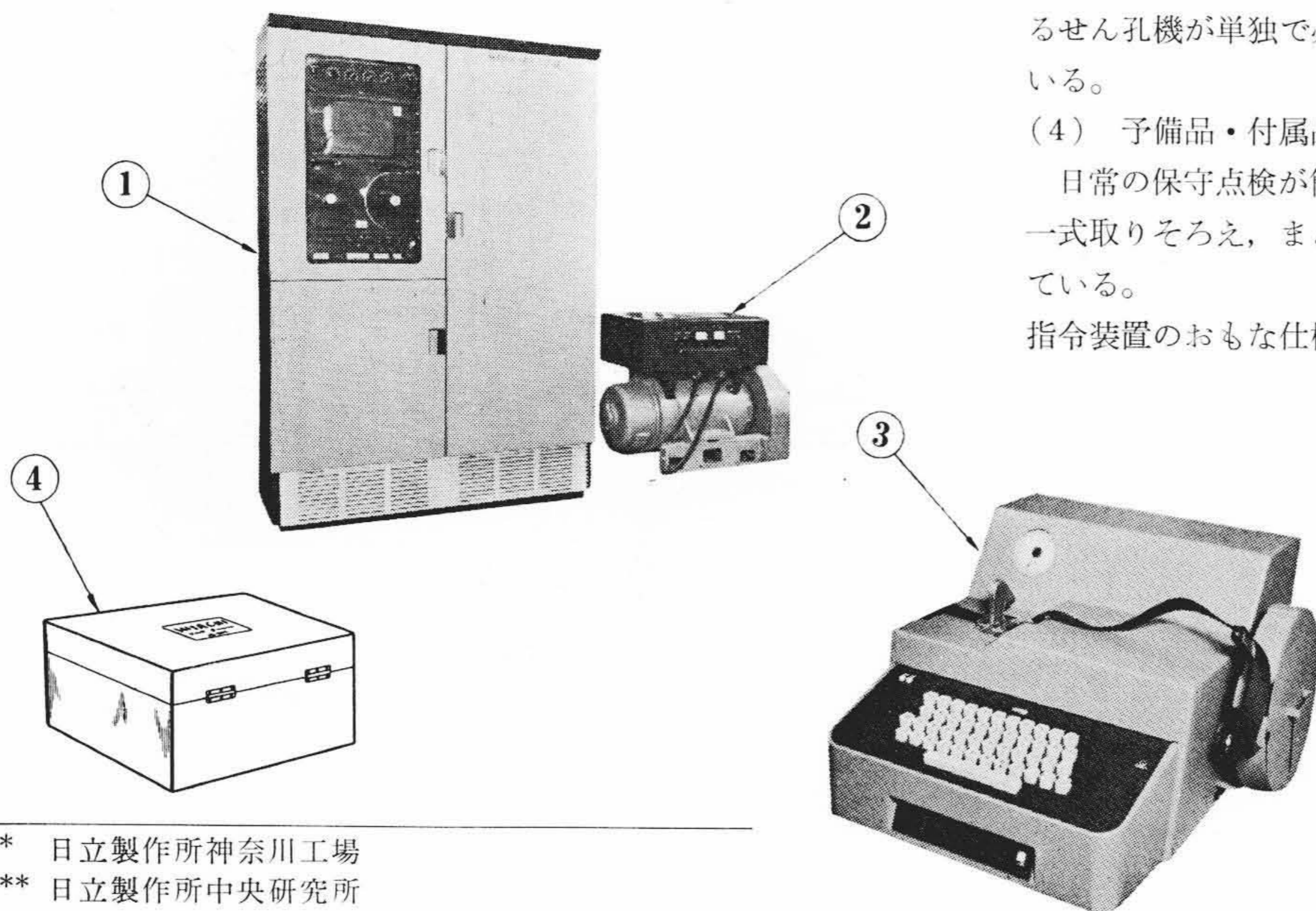
指令装置内部は、特殊計算機を中心として構成され、ワークピースの情報は紙テープによって与えられ、その解読回路を通して計算に使用される形に変換され、計算の結果得られる指令信号は工作機に運動を起こさせるに都合のよいアナログ量に変換され、工作機械のコントロール回路に送られる。指令精度を上げ、しかも送り速度を遅くしないために計算速度を上げて、加減算は1秒間に延4万回

の性能を持たせた。指令装置は工作機械と直結して用いられるため、工作機械と同様の過酷な条件に耐えねばならず、温度、ほこり、電源などにも注意が払われた。現在この指令装置は製品化され、40年4月に日立製作所水戸工場に納入されて、No. 2 $\frac{1}{2}$  縦フライス盤に接続し稼動中である。

## 2. 構成 と 仕様

本指令装置一式は、次に示す装置をまとめたもので、第1図にその全体を示す。

- (1) 指令装置本体 1台  
 指令テープ（せん孔された紙テープ）の内容を、自動的に処理し、計算を行なって、工作機を動かし、所定の輪郭を有するワークピースを切削させる働きをする。
  - (2) MG定電圧電源装置 1台  
 機械工作の現場では電源条件がきわめて悪く、指令装置の電源としては不適当である。その悪条件を克服するために、Motor-Generator 定電圧電源装置を用い、その機械的な慣性力と電気的な制御装置によって、電源電圧の変動、電源周波数の変動などを除去するとともに電源ラインにのっている有害雑音を減少させている。
  - (3) けん盤テープせん孔機 1台  
 ワークピースの輪郭が円弧にても近似しうることとなったので、指令装置に与えるプログラムは手計算で行なうことも可能になった。したがってプログラムされたものを紙テープにせん孔するせん孔機が単独で必要となり、標準付属品として備えられている。
  - (4) 予備品・付属品ならびに収納箱 1式  
 日常の保守点検が簡易に行なわれるために必要な部品、工具を一式取りそろえ、まとめやすいように、丈夫な専用の箱に収納している。
- 指令装置のおもな仕様を第1表に示す。



番号	品 名	形 式
1	指令装置本体	H-13
2	MG定電圧電源装置	H-92
3	けん盤テープせん孔機	H-196
4	予備品付属品収納箱	

第1図 HIDAM 8060 指令装置構成

\* 日立製作所神奈川工場  
 \*\* 日立製作所中央研究所



第1表 主要性能一覧表

項 目	単 位	仕 様
補 間 方 式		直線および円弧補間方式
連 続 制 御 軸 数	軸	3 (直線補間の場合) 2 (円弧補間の場合)
指 令 精 度	$\mu$	5
最 大 指 令 距 離	m	2.621435
最 大 指 令 半 径	m	2.621415
最 大 指 令 速 度	mm/min	1,500 (直線補間の場合) 750 (円弧補間の場合)
定 速 送 り 速 度	mm/min	350, 500, 750, 1,000, 1,250, 1,500
送 り 速 度 係 数	倍	0.5~1.5 (0.1 間隔)
指 定 工 具 直 径	mm	0~299.99
D-A 変 換 方 式		デジタル位相変調方式
諸 機 能		工具オフセット正逆切換可能 対称切削正逆切換可能 パリティチェック(偶数-奇数)切換可能 ストップ, プログラムストップ ブロックストップ, ブランドストップ
ク ロ ッ ク 周 波 数	kc/s	800
テ ー プ リ ー ダ ・ ハ ン ド ラ		
読 取 速 度	字/秒	200
巻 取 速 度	mm/s	508
入 力 デ ー タ 方 式		EAI標準2進10進コード

3. 動作概要と特長

3.1 動作概要

指令装置に情報を与えるにはせん孔した紙テープによる。紙テープリーダがこの情報を読み取り、種々の処理を行なう様子を第2図に示す。読取られた情報は読取りの誤りを監視するパリティチェック回路へ送られると同時に、情報に応じて、数値は10進→2進変換回路へ、その他の情報はデコーダでデコードされ記憶される。情報の内容により処理する事柄が異なるので、制御信号発生回路は読取られる情報を常にみていて、読取られた情報の取扱いを決める。2進数に変換された数値はレジスタに記憶され、デコーダの結果を記憶している各種記憶回路の結果によって主演算回路に送られる。一方工具径は手動のダイヤルで与えられていて、テープの指令によりレジスタに貯えられる。これだけの用意が数十msでととのうと、主演算回路が働きはじめる。まず工具周辺がワークピースの外周に接するように計算をはじめ、カッタ中心の移動を開始させる。後に述べる内積計算は上記動作を行なわせるための準備ならびに、実際に移動させるための計算である。カッタ中心がワークピースの周辺より工具半径だけはなれた点に至ると内積計算は終わり、次の計算を始める。紙テープによって与えられたワークピースの輪郭の計算はこの時より始まる。同時に前記の工具径に関する計算(カッタオフセットに関する計算)を行ないその合成として、カッタ中心が与えられたワークピースの輪郭より、工具半径だけはなれた点の軌跡上を移動するように工作機械に指令を与える。軌跡を移動する速度を指定された一定の速度にするために、特別の回路を設けて、計算結果を帰還し一定速度になるように補償している。その帰還路に各種命令をそう入し、指令された速度を手動で変更しうる特長をもっている。計算された結果の出力は各軸(X, Y, Z)に分配されたパルス列の形であり、デジタル位相変調回路により、アナログ量に変換される。主演算回路の計算方式は計数形微分解析器(DDA)の原理を用いている。デジタル量を扱うためのエラー、DDAの持っている積分器によって起

こる誤差がわずかずつ(0.5ビットずつ)あるが、その誤差が集積しないように、一つのブロックごとに誤差を修正する回路を備えている。こうして、一つのブロックの計算が終わると、次の命令を読み、次の動作を行ない次々に切削を続けていく。

3.2 特 長

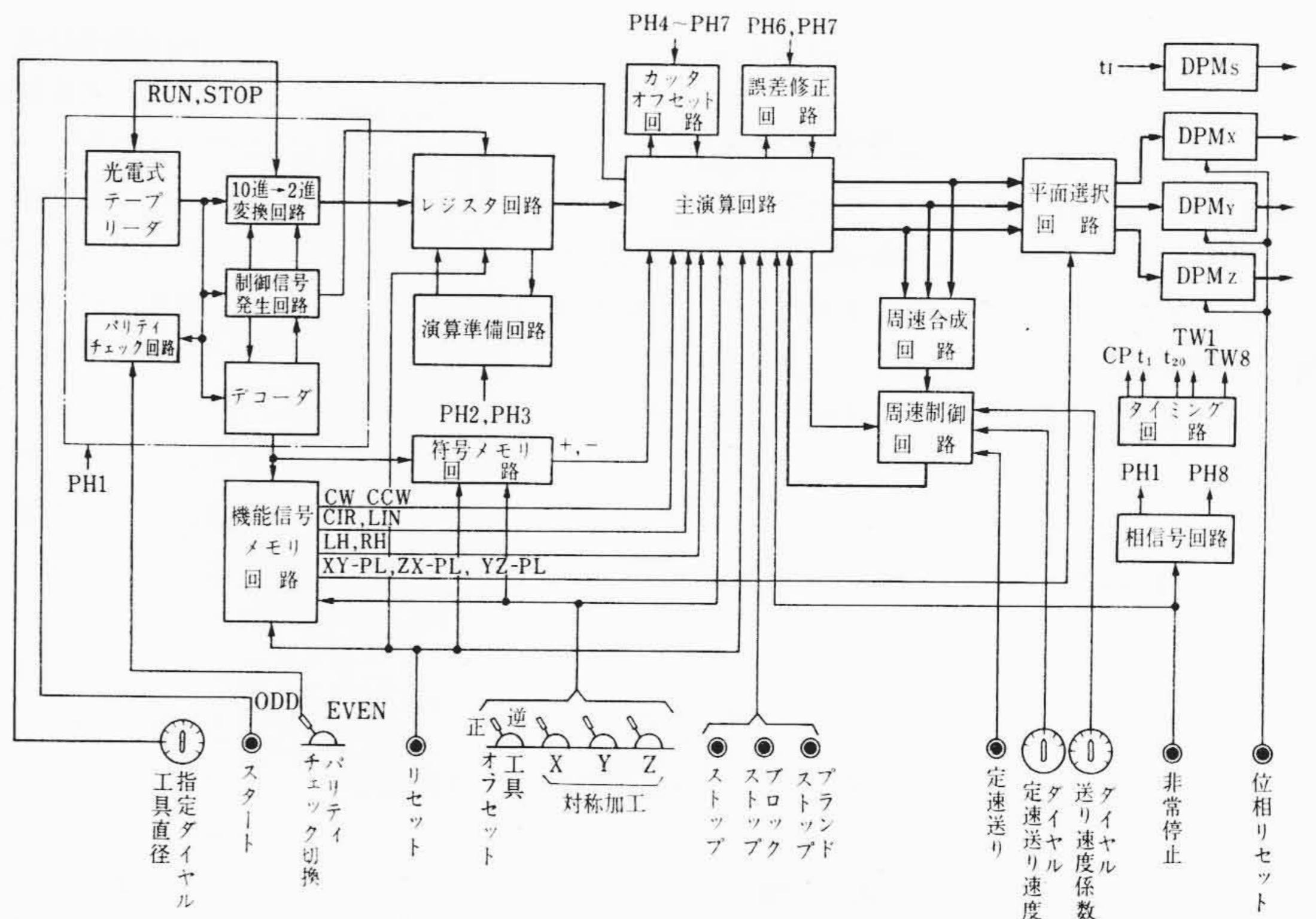
3.2.1 輪郭の近似方式

特殊な場合を除いて、ワークピースの輪郭は直線と円弧により近似しうる。従来はすべての曲線をごく小さい直線群により近似していた。そのため曲線を近似する場合に小直線群を求める計算がめんどろで電子計算機の助けが必要であった。当指令装置は直線に加えて円弧の計算をする機能を持っているので、簡単なものは手計算でプログラムを作ることができることになった。直線を指定するには従来どおり直線の始点を原点として直線の終点の座標を指定すればよく、円弧を指定するにも、円弧の中心を原点として円弧の始点と終点の座標と、始点から終点へ移る際に進むべき方向(時計方向または反時計方向)とを指定するだけでよく、簡単である。この結果プログラムは容易になり、それによって指令テープを作成するための計算時間が短くなり、作られた指令テープがごく短くなって指令テープの管理が容易となった。切削面については曲面を円弧で近似するので直線のみで近似した場合に比べ、面荒さはずっと改良された。したがって経済性、生産性がよくなっている。

3.2.2 工具径を手動で与える方式

切削されるべきワークピースの輪郭に対して、カッタ中心はその半径に相当する距離だけはなれて(以下このことをカッタオフセットという)移動しなければならない。指令装置が機械に与えねばならない情報は、カッタ中心の動きであるため、テープにせん孔される情報をワークピースの輪郭に対するものだけにすると、指令装置内部で自動的にカッタオフセットのための特別の計算を行なわなければならない装置は複雑になる。しかしながら、工具径をダイヤルにより手動で指定し、指令装置内部で自動的にオフセットの計算を行なうことができると、種々の利点が生ずる。利点を列挙すると次のようになり、種々検討の結果この方式を採用することにした。

- (1) プログラムのさい、カッタ中心の軌跡をプログラムするのではなく、与えられたワークピースの輪郭のみをプロ



第2図 HIDAM 8060 ブロック図



グラムすればよいので、プログラムは容易である。

- (2) カッタオフセットに関する計算は不要なので、プログラムより指令テープを作成するさいの計算は容易である。
- (3) カッタオフセットをあらかじめ含ませられた指令テープを用いるときには、指定されたとおりの工具径をもつ工具を用いねばならず、指定されたとおりの径を持たない工具を用いるとワークピースに誤差が生じる。そのため指定された径の工具を常に確保せねばならない。工具径をダイヤルで指定する場合にはこの悩みがなくなり、工具の管理が容易となる。この場合の用いてよい工具径の制限はワークピースの形状とプログラムの方法だけで決まるので、工具径の用いうる範囲は広がる。
- (4) 同一のテープ、同一のカッタで、荒削りと仕上げができる。

3.2.3 補助機能

新たに追加した補助機能のうち、おもなものは次のものである。

- (1) カッタオフセットの方向を切り換える。  
 切削さるべきワークピースの輪郭に対し、カッタは左右いずれかの側にオフセットしなければならず、プログラムに必ず指定されている。したがってこの指定を逆にすることにより、切削される側は逆になる。このことを用いて、手でカッタオフセットの方向を切り換える回路を設け、1本の指令テープで抜型などが容易に作りうることとなった。
- (2) 対称切削を行なうことができる。  
 対称切削とは、たとえばX軸の手動キーを逆に倒した場合、X軸の移動方向が逆になる。したがって、左右対称、前後対称、上下対称の形状を持つワークピースに対しては、その半分のプロプログラムだけ作成すれば、同じテープにてキーを倒すだけで、反対の形状を切削できるので、プログラムその他指令テープ作成までの手数はほぼ半減され、経済的である。
- (3) 速度を変更しうること  
 速度は指令テープにて指示される。この速度が切削条件に合わないときにはその速度の0.5~1.5倍の範囲で変更しうるので、切削しつつプログラムの不備を補正することが可能である。

3.2.4 試験装置

指令装置内部は複雑な構成となっているため、保守は容易ではない。したがって、この点を改良し、指令テープの内容の処理行程を数段階に分け、おのおのの単独の働きを細かく観察しうるように各段階ごとに取り出すことができる。

4. 主要部分の動作

4.1 円弧計算

円弧計算はワークピースの輪郭に関する計算だけでなく、カッタオフセットのための計算にも、有用である。その原理は計数形微分解析器(DDA)<sup>(2)</sup>であって、円の微分方程式を解くように回路を構成する。円は補助変数  $t$  を用い、 $k$  を定数とするとき、(1)式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} dx/dt &= ky \\ dy/dt &= -kx \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

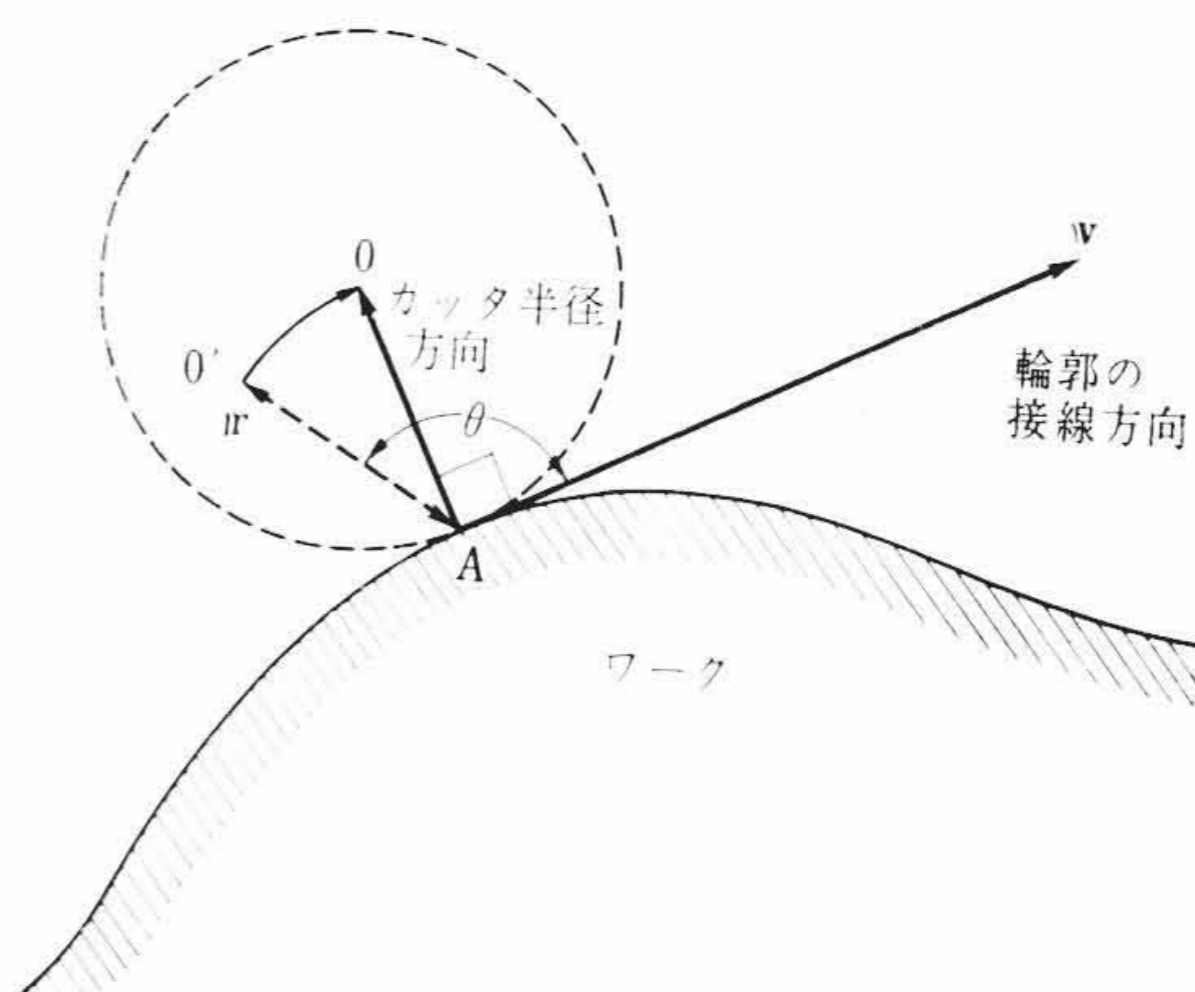
(1)式は(2)のように変形できる。

$$\left. \begin{aligned} dx &= ky dt \\ dy &= -kx dt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

(2)式を用いて、デジタル積分器を二つ組み合わせ、方程式を解く。

4.2 カッタオフセットのための計算

カッタオフセットとは前にも説明したとおり、ワークピースの輪



第3図 カッタオフセットの原理

郭に対し、工具半径だけはなれた点にカッタ中心があることである。第3図で考えると、いまワークピースのA点を計算中であるときカッタ中心はO点になければならない。しかしながらO'点にあるときには正しいカッタオフセットをしていないのでO'点からO点に移動しなければならない。このためO'点がいずれの方向に移動したらよいか判定することが第一に問題となる。いまワークピースのA点での接線方向をV、A点からO'点(カッタ中心の位置)に向かうベクトルをrとすると、その内積は(3)式で与えられる。

$$V \cdot r = V r \cos \theta \dots\dots\dots(3)$$

- ただし、V: Vの大きさ
- r: rの大きさ、すなわち刃物の半径
- theta: Vとrの間の角度

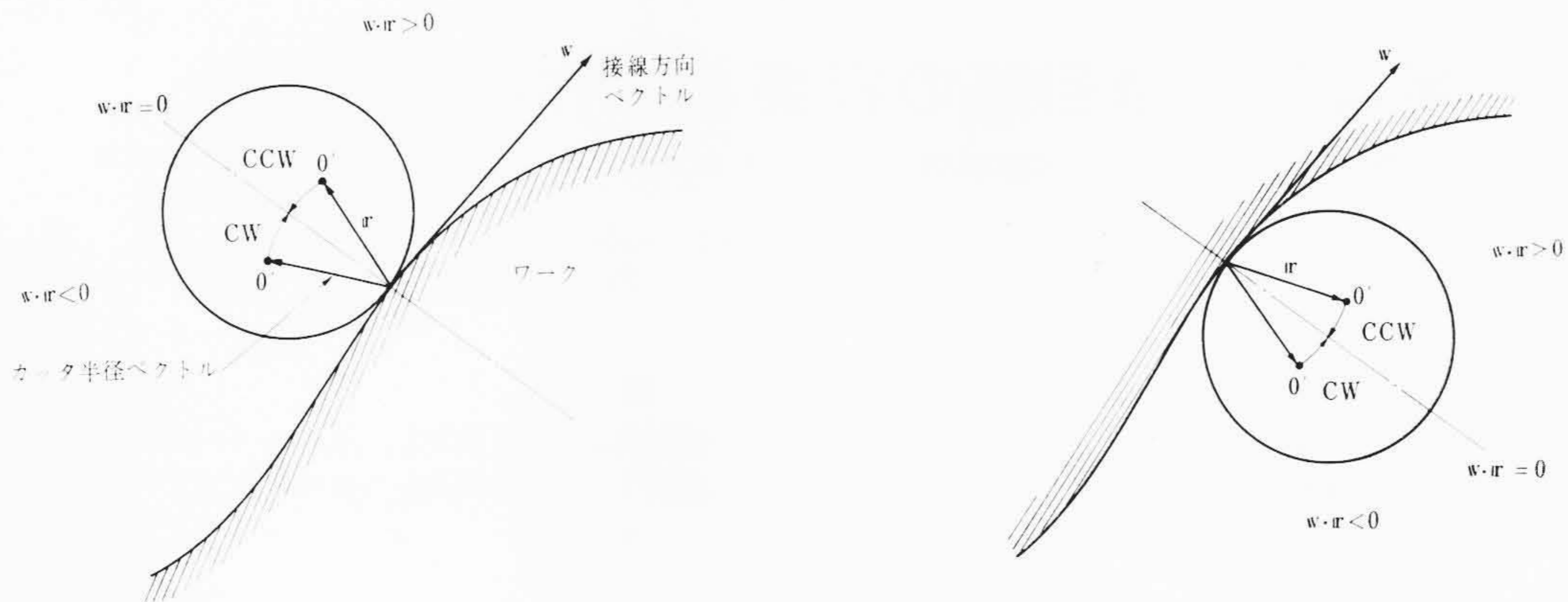
である。

カッタ中心がO点にあるときtheta=90度であって(3)式の内容は0となる。したがって、常にこの計算を行なって、(3)式の内容を0に保てばよい。ところで第3図のようにO'点が輪郭の接線方向を考えて、O点のうしろにあるときには、thetaは90度より大きい。この場合には(3)式の値は負であるので、(3)式の内容が正に近づくようにrを変化させればよい。逆にO'点が、O点よりも前にあるときはtheta<90度となり(3)式の値は常に正であるので、(3)式の内容が負に近づくようにr'を変化させればよい。このための計算は常に行なっており、カッタ中心は常に正しいオフセット位置を保っている。第4図はこのことを図に示したものである。

4.3 デジタル位相変調回路(DPM)

主演回路で計算された結果はパルス列で出て来るので、そのまま機械に送っても機械に運動を行なわせることはできない。このためこのパルス列をアナログ量に変換してやらねばならない。DPM回路はこのDA変換器であって、その原理は基準波(400c/s)に対し、各軸の持っている被変調波の位相を、送られてきたパルス1個ごとに単位角だけずらせるもので、この位相のずれは機械に送られて、その位相のずれに相応した機械の動きが得られる。その移相を行なうには次の方法によっている。基準波はカウンタの最後のけたの出力であって、そのカウンタは常に一定速度で送られて来るパルス数を計数し、一定周期で反復している。一方被変調波を作り出すものはやはりカウンタであるが、計数するのは計算の結果得られたパルス列である。この両方のカウンタを最上けたを除いて常に比較していると、基準波の1周期で、両者の一致が2回とれる。一致がとれたときに被変調波を作るカウンタの最上けたの内容を反転し、その最上けたの出力を被変調波として用いる。したがって、被変調波を作るカウンタの内容が、NからN+1になる(一のパルスが1個はいる)と、被変調波の反転する時刻は、基準波を作るためのパルス列の1パルス間隔だけ遅くなる。したがって、比較するカウンタの全





(a) 進行方向に対して左側にオフセットする場合。

(b) 進行方向に対して右側にオフセットする場合。

第4図 カッタ中心の移動方向

容量をMとするととき  $\pi/M$  ラジアン位の相が遅れ方向に生じたことになる。逆の場合には被変調波の反転時刻が早くなり  $\pi/M$  ラジアン位の移相が進み方向に生ずる。

4.4 各種誤差に対する対策

計数形微分解析器(DDA)を用いるために生ずる演算誤差, プログラム時の数値の端数の処理などの誤差に起因して, ごくわずかながら通るべき軌跡よりはずれることがありうる。この誤差単独では小さい量であるが, 数ブロック重なった場合には, 誤差が累積しては困るので, 小さい量のうちに誤差を修正してしまう。これは円弧計算の場合には始点と終点が明示されていること, カッタオフセット計算に関してはカッタ半径が一定量であることを基準として用いる。

5. 使用回路

ノイズに対しいろいろと配慮した。まず前述のように電源回路にMG定電圧電源装置を用い外部から電源ラインに乗って来るものはほとんど除去できた。さらにラインフィルタで完全を期し, 論理演算回路に用いたフリップフロップ回路もノイズに強い構成を用いた。演算用のレジスタは種々の方法が考えられるが, 収容ビット数と大きさを考えた結果, 磁気ひずみ遅延線を用いることにした。磁気ひずみ遅延線は周知のようにノイズに強いものではないが, 回路

構成に留意しSN比の高いバイポーラ方式を採用すると同時に, パッケージ方式を注意して, ノイズに乱されないようにした。各単体については温度について, 過酷な実験を繰り返し, 総組立を終わり調整が終わった段階で, 温度の仕様を  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  以上に広げた温度でテストした結果でも異常はまったく認められず, 回路的に問題のある点は皆無であった。工場現場におけるノイズについても, 日立製作所水戸工場に納入し一般の工作機械と同じ所に据えつけた後のテストでも, ノイズによる影響はまったく認められなかった。

6. 結 言

一応所期の目的は達したが, まだ小形化(現在は奥行510mm高さ1,900mm横幅1,350mm)と高速化(現在は800kc/cで送り速度の最大は, 1,500mm/min)の問題が残っている。しかしながら部分品の小形化と高速化には著しいものがあり, 遠からず実現しうるものと思われる。

終りに当たり終始ご指導を賜った中央研究所須藤部長, 鴨井主任, 川崎工場片桐技師に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 片桐, 落合, 大矢, 尾塔: 日立評論 46, 1522 (昭 39-9)
- (2) Steyen Allen Brambrut: Requirements for a Curvilinear Interpolator Using Incremental Computation (1959)



特 許 の 紹 介



特許第416171号

原 政 次・井 上 忠 雄  
富 田 忠 二・福 原 茂 富

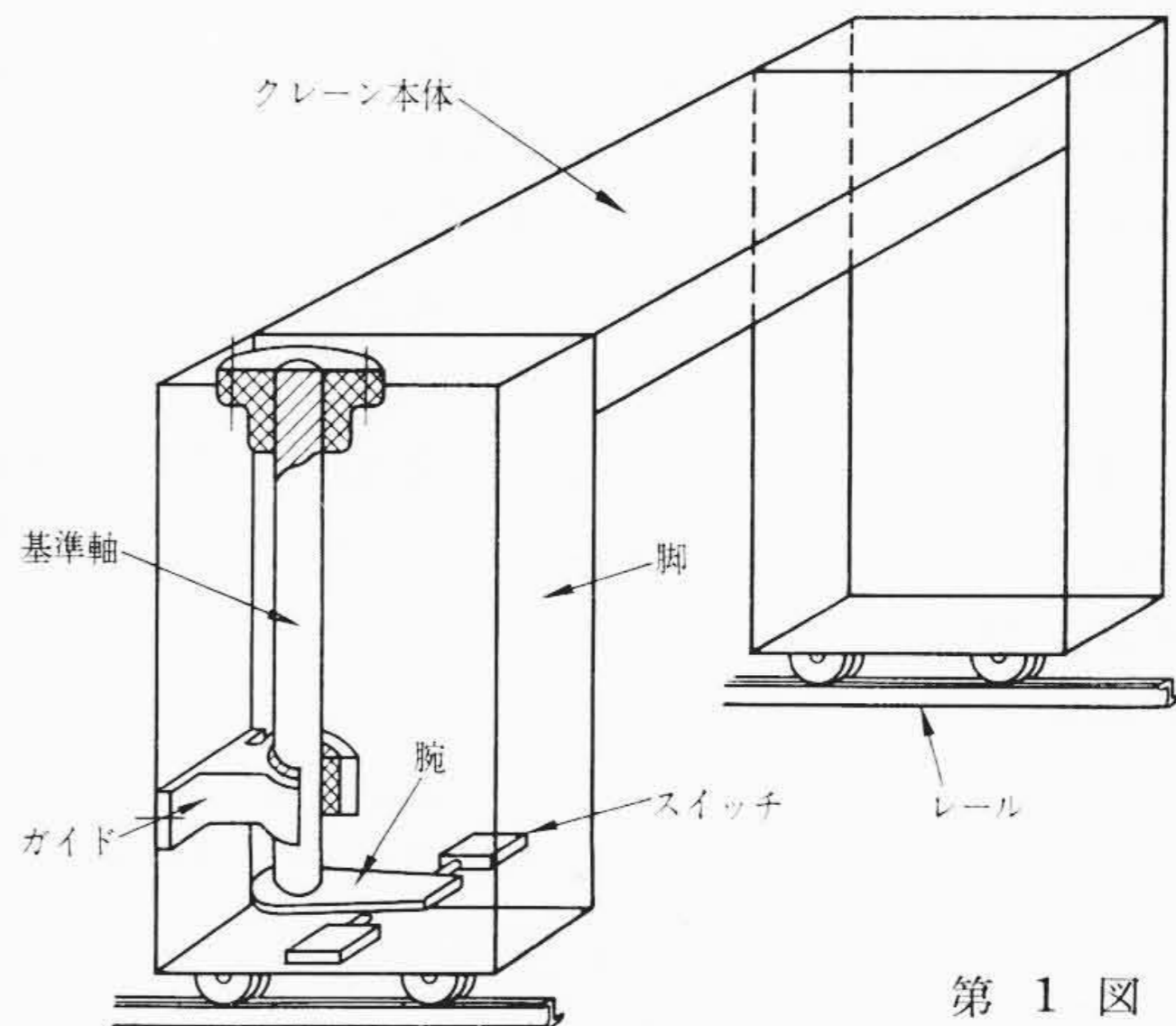
クレーンの斜行検出装置

この発明の装置は, クレーンが所定量斜行したことを自動的に検出するもので, つぎのように構成されている。

ねじり剛性の大きい基準軸の一端をクレーンの脚の上側に固定し, その基準軸を, ガイドを経て脚の下側までつりさげる。基準軸の下端には腕をとりつけ, その先端部の両側に電気接点を設ける。

斜行により脚にねじれが生じると, 腕と脚の下側とは水平面内で相対的な角度変化を生じる。その変化により電気接点が閉じられると, 警報が発せられて運転者に注意を促し, あるいは左右の脚を駆動する各電動機に速度調整指令が発せられる。

この発明の装置は, 構造が簡単で安価に製作でき, 信頼度の高い斜行検出をすることができる。(富田)



第 1 図