
工 作 機 械 特 集

数値制御型加工システムとそのプログラム.....51

NCD-16 形 プリント基板用数値制御ボール盤.....56

電解加工の理論と応用.....59

トランスファマシンの進歩.....69

円筒フライス切削における切削抵抗.....74

数値制御型加工システムとそのプログラム

Numerically Controlled Model Making System and Its Programing

片 桐 貞 一* 東 芳 宏*

Teiichi Katagiri

Yoshihiro Higashi

要 旨

数学的に与えられていない曲面上の点群(たとえば測定点群)をもとにして曲面を電子計算機で創成し、その創成曲面上の細かい点を求めたり、曲面を数値制御工作機械で加工するためのテープをつくるためのプログラムが完成した。本プログラムを H-MESH と呼ぶ。われわれは自動車産業のモデルチェンジに要する所要期間を短縮するために自動型加工システムをうちだしているが、H-MESH はそのシステムのソフトウェアの一部である。

1. 緒 言

曲面は点群の座標値で与えられる場合が多い。これらの点群は計算機で求められたもの、または測定されたものである。いまモデルの面上のいくつかの点の座標値を測定し、この点群をもとにしてモデルの面を表現する場合を考える。この場合これら測定点はピッチはあくそのままでは表現が不可能であるのでこれらの点を用いてある理論式を満足する面を作る、つまり面の補間が必要になってくる。

われわれはこの補間式に四つの点と八つの接線ベクトルを用いている。この根底となる式は2年ほど前に雑誌 Design に発表されたものである。われわれはこれをNCに応用し昭和40年の4月に点群処理プログラムを完成した。すなわち H-MESH である。これをレンズの型加工などのNCテープの作成に使用してきた。

昭和40年5月ごろから日本の各方面特に自動車産業でCAD(Computer Aided Design)が注目をあびるようになった。APT-FMILL, GE-MESH が CAD の一環となっているが、これを調べてみると H-MESH とよく似ていることがわかった。

CAD の意図するところは広く解釈して設計から加工までの過程を数式的にとらえ人間が定量的に処理しようと言うものである。われわれは自動車のモデルチェンジの工程の一部の自動化のために型加工システムを考えているが、これについて簡単にふれ、次にそのソフトウェアの一部である H-MESH について説明し最後に加工例をあげる。

2. 型加工システム

測定機はラフな粘土モデルを測定し測定値を表示し、印字する。同時に紙テープに EIA コードでせん孔する(図1参照)。この紙テープを計算機にかけ、H-MESH で処理して2点を結ぶ曲線、あるいは点で囲まれた曲面を創成する。

創成された曲線あるいは曲面を分割し、HIDAM 7060 用のポストプロセッサを通して EIA コードで紙テープに出力する。このテープをNC製図機にかけて曲線あるいは曲面の透視図を製図する。この図示された曲線または曲面をデザイナーが見て意にみない部分を修正する。修正された曲線または曲面の点はNC製図機によって読みとられ表示、印字し再び紙テープにパンチアウトする。

この紙テープを電子計算機にかけて計算させ

前と同様にNC製図用の紙テープをパンチアウトする。この作業が満足いくまでくりかえされる。これでよいとなると最終の修正データをもとにしてNCゲージ加工機用テープを作ったり、NC型彫機用テープを作ってNCでモデル加工が行なわれる。

このシステムは内容的に大別するとハードウェアとソフトウェアに分類される。まずハードウェアとしての特長の一つに点群測定機に、レーザを使用した無接触検出方式を採用していることがあげられる。このために粘土モデルのような柔らかいモデルに対して自動測定を行なう。ここではこの無接触式検出器について簡単に構成原理と仕様について説明する。

2.1 無接触検出器

2.1.1 概 要

本装置はレーザ光源を使用して粘土モデルなどの表面寸法を測定するための装置である。光源としてヘリウム・ネオンガスの気体レーザを使用している。ヘリウム・ネオンガス・レーザが用いられるのは下記の理由によるものである。

- (イ) 特別の暗室その他の設備を必要とせず通常の室内照明の下で見やすい、赤い光が利用できる。
- (ロ) 発生源の熱発生割に光量の多いスポットをつくり得る。
- (ハ) スペクトルの幅がせまく明るい蛍光灯の下で使用しても外部雑音(光の)をほとんど受けない。

2.1.2 構 成

本検出頭はレーザ光源、レンズ系、受光体(太陽電池)より構成されている。原理図は図2に示すとおりである。

光源よりの光ビームを角 θ の方向にレンズ系を固定し受光体で反射光を受け、その受光体の電圧レベルの変動により位置検出信

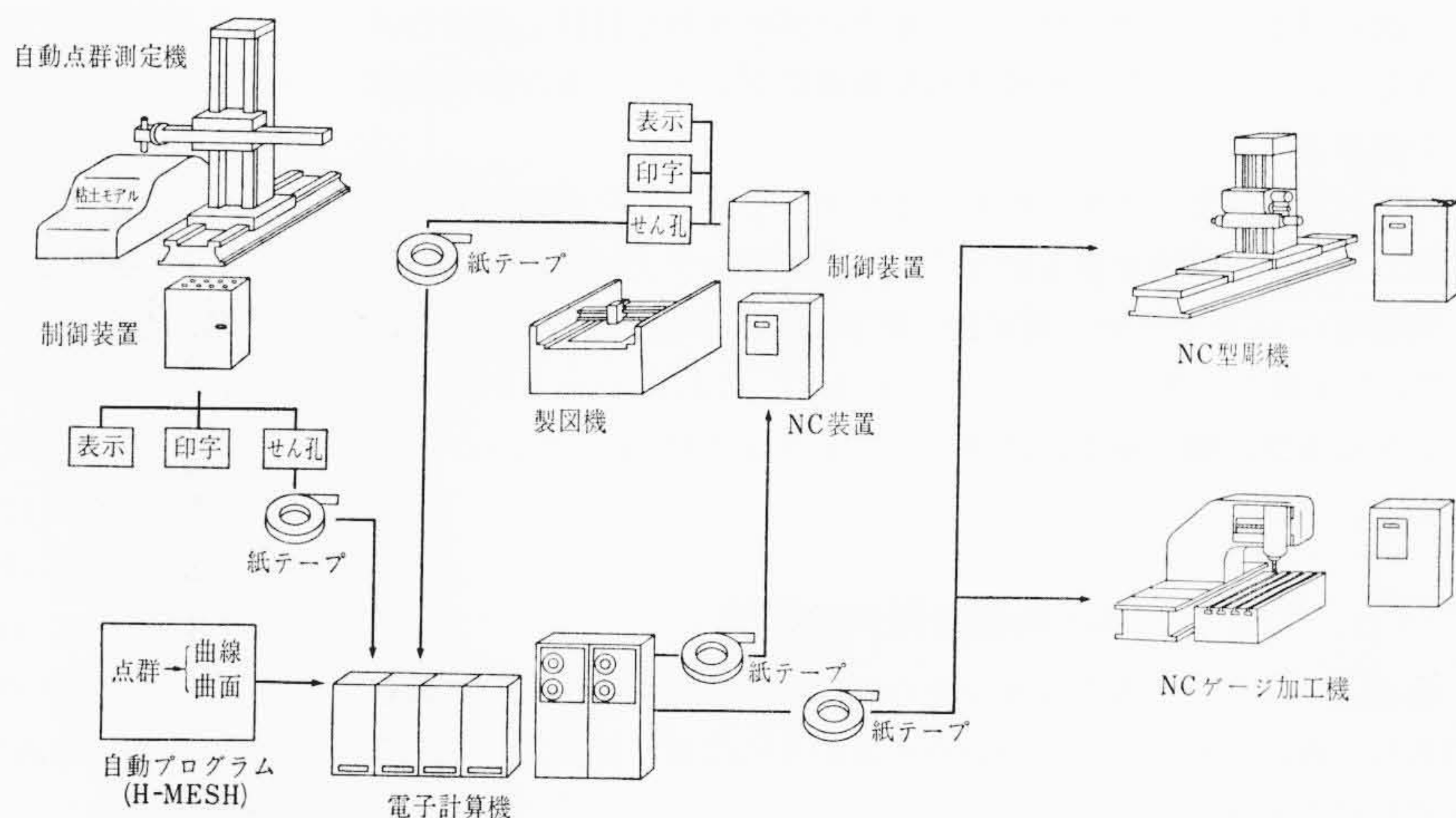


図1 日立自動型加工システム

* 日立製作所川崎工場

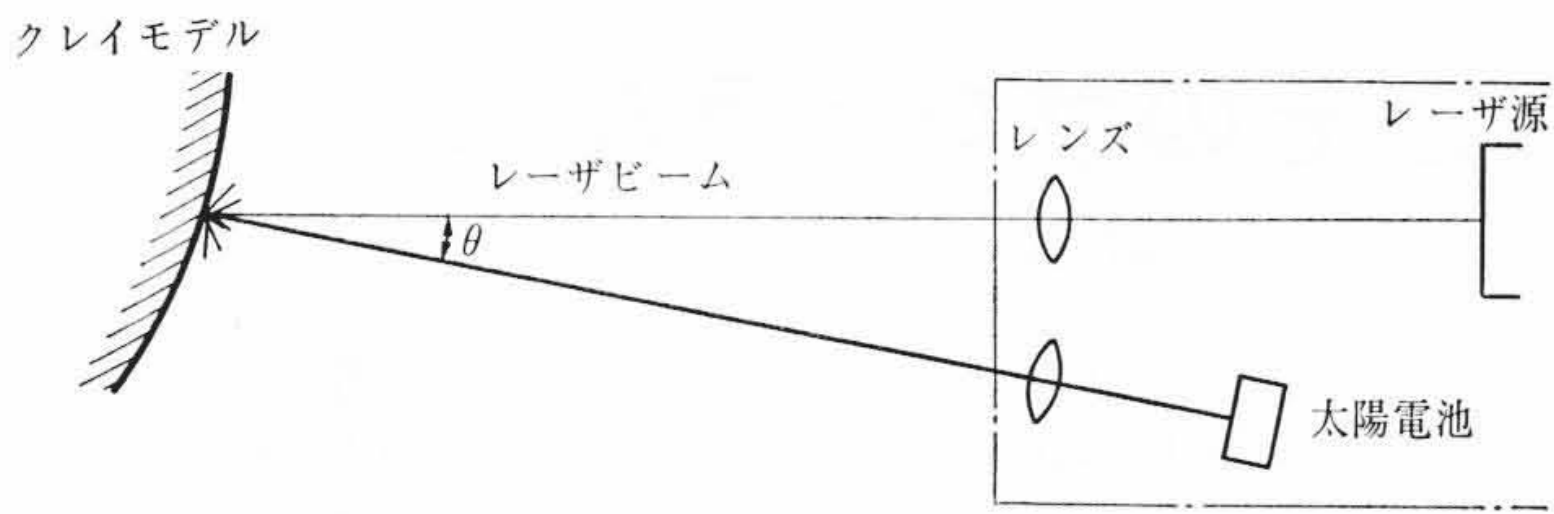


図2 レーザ検出頭

号を無接触で取り出す。

2.1.3 仕様

レーザー出力 約3ミリワット

スポット径 約0.5ミリ (150ミリはなれた点で)

検出可能なモデル面の角度はレーザー光に対し約±45度で粘土の色は通常使用される灰色または赤色で十分である。

次に型加工システムをソフト側からみると多くの開発すべきプログラムがある。

(1) フェアリング用プログラム

まず粘土モデルはラフなもので表面がでこぼこしている。したがって測定機で測定された点群はなめらかな曲線にならない。これをなめらかな曲線にのせるよう点の座標値を修正するいわゆるフェアリング用プログラムが必要になってくる。このフェアリングは測定方向のみならずそれと直交する方向に対しても Fair (美しい) でなければならない。

測定された点からフェアな曲線を計算機で創成、この曲線をNC製図機でかかせ、人間が判断して修正し、修正された線を計算機が創成し再びNC製図機で書かす。これをくりかえして望ましい曲線が数式的には握されていく過程がフェアリング作業である。

(2) 曲面創成プログラム

曲線が決まれば曲線で囲まれた面 (patch という) を計算機で創成するプログラムが必要になる。これは H-MESH の心臓部であるがこれについては後述する。

(3) 曲面切断および透視図プログラム

次に計算機で創成された面を任意の断面で切断した平面図をNC製図機で製図させる。またあらゆる角度からみた透視図をNC製図機にかかせ創成面の妥当性を検討する。なお透視図だけからは曲面の良否は、はっきりしないので断面のゲージをNCで加工してこのゲージで粘土モデルを修正し立体的にながめることも必要である。

(4) プレス型加工用プログラム

次に望ましい曲面が決定してもそのプレス型を設計しなければならない。プレス型は創成された曲面にプレスに必要な絞余肉部が追加される。

これら型加工システムにおけるソフトウェアの完成したものがあるがまだ未解決な点も少なくない。モデルチェンジのための期間短縮にはデザイナー、測定機、計算機、製図機、display 装置、NC加工機が一体となっていなければならないが、これらハードウェアをいかに有効に働かせるかは実にソフトウェアに負っていると言える。

3. 曲面補間式の構造

曲面上の与えられる点はピッチのあらいものであるから、これらのあらい点から曲面上の細かい点を求めるには面の補間式をつくらなければならない。

この補間式の構造に要求せられることを列挙すれば

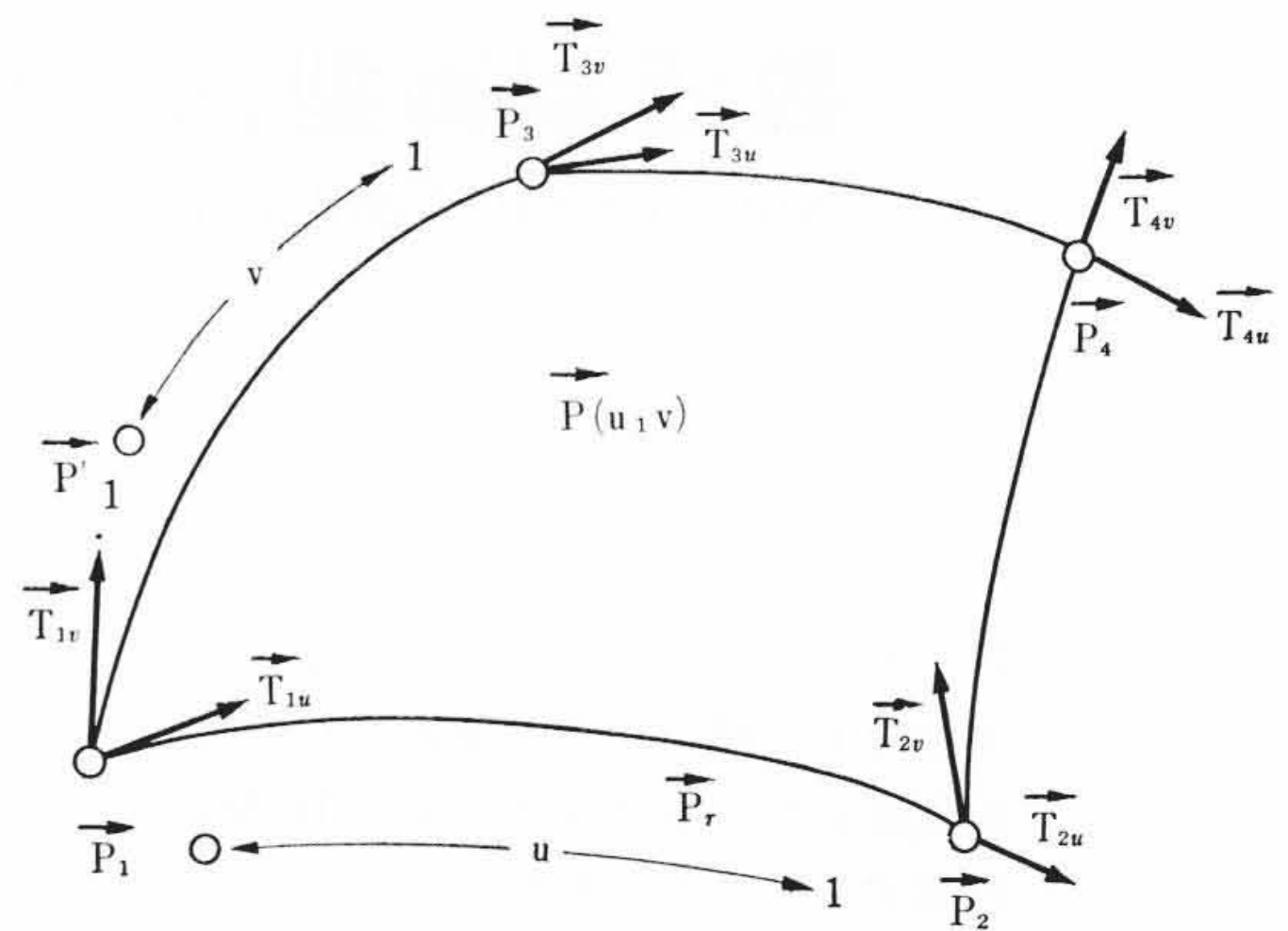


図3 Patch

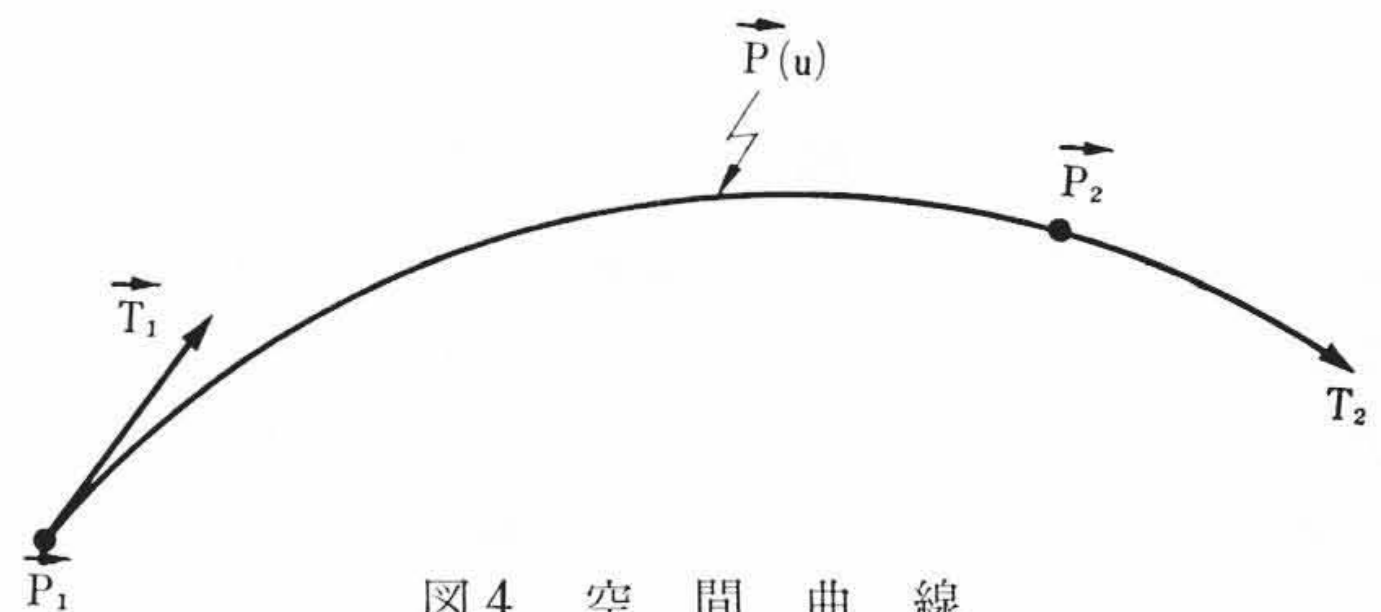


図4 空間曲線

(1) なめらかな曲面が表現できること

補間式で表わされる曲面は急激に変化したり好ましくない振動をもつようなものであってはならない。

(2) 面の構成因子が妥当なものであること

面(補間式)を構成している因子が幾何学的にはっきりしないものであったり、不適当なものであってはならない。

(3) 面の構成因子を変化させることによって容易に面の変形 (モデルチェンジ) が得られること

曲線あるいは面の一部をデザイナーが修正することはたびたびであるが、その修正された部分を計算機が容易に創成できるものでなければならない。

4. PATCH

$\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \vec{P}_4$ で囲まれ各点で $T_{1u}, T_{1v}, T_{2u}, T_{2v}, T_{3u}, T_{3v}, T_{4u}, T_{4v}$ の八つの接線ベクトルをもつ面を patch と呼ぶことにする (図3参照)。この曲面を $u, v (0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1)$ をパラメータにとって表わす。

$$\vec{P} = \vec{P}(u, v)$$

v を一定にして u のみ変化させれば $\vec{P}$ が曲線を描く。

これが u -曲線である。また v -曲線は u を一定として v のみ変化させたとき $\vec{P}$ の描く曲線である。したがって patch は u, v 曲線の集合と考えられる。それゆえまず空間曲線を求めてその集合として patch を定義する。

4.1 空間曲線 (space curve)

$\vec{P}_1, \vec{P}_2$ を結ぶ曲線はいろいろ考えられるが今点 $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ でそれぞれ $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ なる接線ベクトルをもつ空間曲線 $\vec{P}(u)$ を考える (図4参照)。

$\vec{P}(u)$ の構造式はいろいろ考えられるが u の多項式とする。さて

- (1) $\vec{P}(u)$ は $\vec{P}_1$ を通る
- (2) $\vec{P}(u)$ は $\vec{P}_2$ を通る
- (3) $\vec{P}(u)$ の $\vec{P}_1$ 点での接線ベクトルは $\vec{T}_1$ である。
- (4) $\vec{P}(u)$ の $\vec{P}_2$ 点での接線ベクトルは $\vec{T}_2$ である。

この4条件を満足する多項式となれば未知数四つを持つ u の3次式となる。

$$\vec{P}(u) = \vec{A}u^3 + \vec{B}u^2 + \vec{C}u + \vec{D} \dots\dots\dots (1)$$

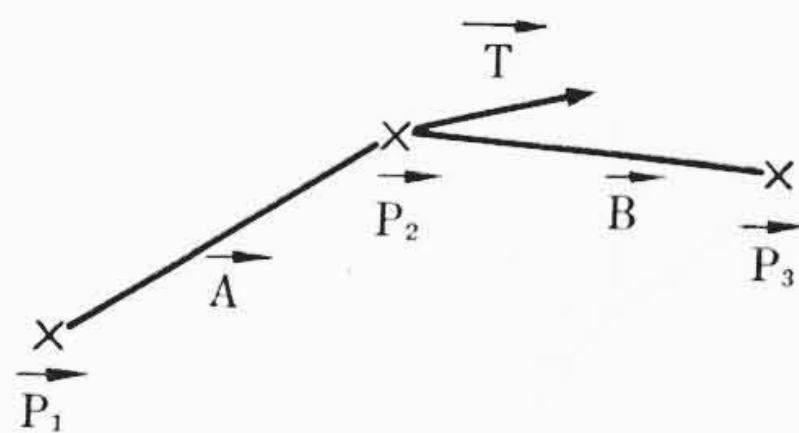


図5 接線ベクトルの方向

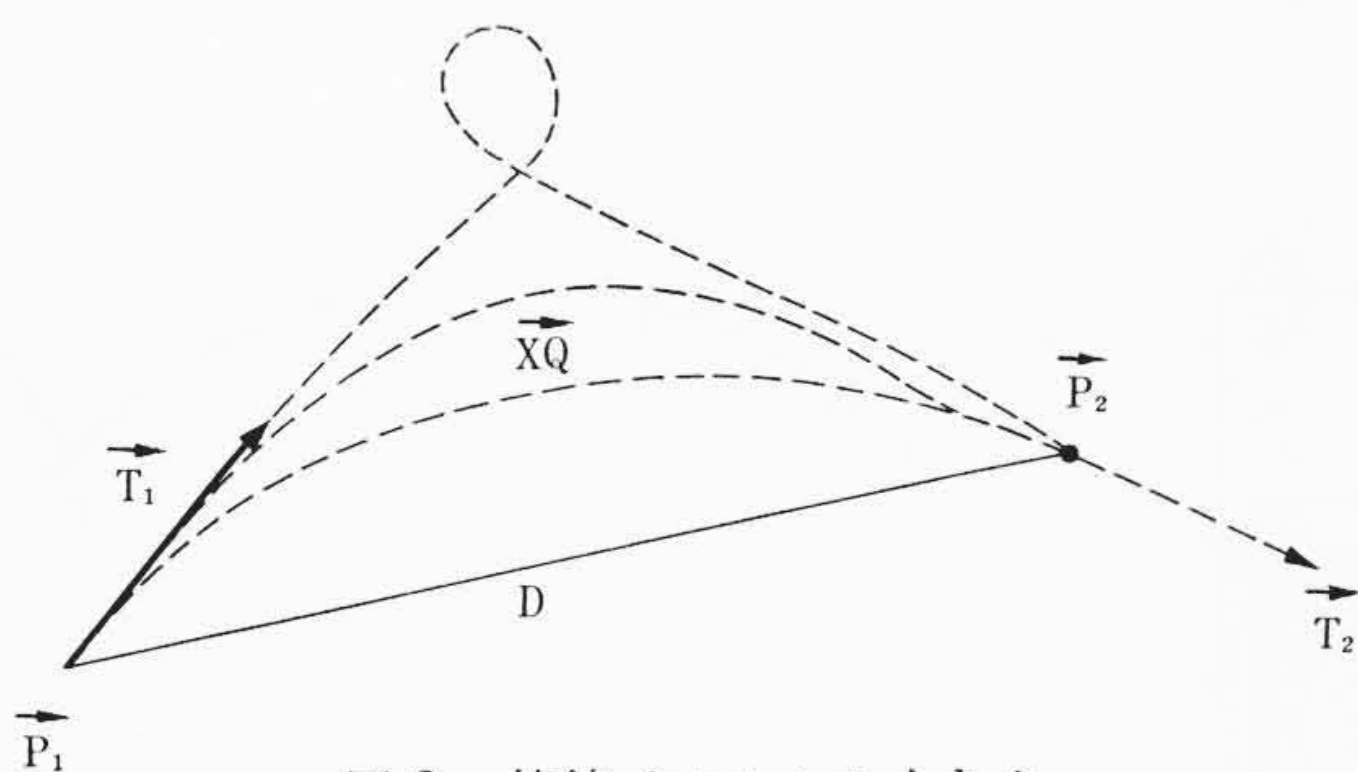


図6 接線ベクトルの大きさ

ただし, $\vec{A} = (A_x, A_y, A_z), \vec{B} = (B_x, B_y, B_z), \dots, \vec{D} = (D_x, D_y, D_z)$

u を 0 から 1 に変化したときに (1) 式の表わす点の集合が $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ を通る空間曲線を表わす。

さて (1) 式の未知数 $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \vec{D}$ を上の四つの条件から求める。

$$\begin{aligned} \vec{P}(0) = \vec{P}_1 \text{ より } & \vec{D} = \vec{P}_1 \\ \vec{P}(1) = \vec{P}_2 \text{ より } & \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} = \vec{P}_2 \\ \vec{P}'(0) = \vec{T}_1 \text{ より } & \vec{C} = \vec{T}_1 \\ \vec{P}'(1) = \vec{T}_2 \text{ より } & 3\vec{A} + 2\vec{B} + \vec{C} = \vec{T}_2 \end{aligned} \quad (2)$$

上の 4 元連立方程式をとくことによって $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \vec{D}$ は決定される。すなわち

$$\begin{aligned} \vec{A} &= 2(\vec{P}_1 - \vec{P}_2) + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 \\ \vec{B} &= 3(\vec{P}_2 - \vec{P}_1) - 2\vec{T}_1 - \vec{T}_2 \\ \vec{C} &= \vec{T}_1 \\ \vec{D} &= \vec{P}_1 \end{aligned} \quad (3)$$

4.2 接線ベクトル

与えられた点群から接線ベクトル $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ を求める方法につき説明する。

接線ベクトル $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ は方向と大きさをもっている。

(1) 接線ベクトルの方向の決め方

接線ベクトルの方向を次のようにしてきめている (図 5 参照)。

$\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ の 3 点だけをとれば, これは同一平面上にあるのでこの 3 点を通る円の接線を方向にとる。

$$\begin{aligned} \vec{A} &= \vec{P}_2 - \vec{P}_1 \\ \vec{B} &= \vec{P}_3 - \vec{P}_2 \end{aligned}$$

とおけば $\vec{P}_2$ 点での接線 $\vec{T}$ は

$$\vec{T} = \vec{B}^2 \vec{A} + \vec{A}^2 \vec{B}$$

単位ベクトルになおせば $\hat{T} = \vec{T} / |\vec{T}|$

(2) 接線ベクトルの大きさの決め方

$\vec{P}_1, \vec{P}_2$ を結ぶ空間曲線の弧の長さ s をパラメータにとって $\vec{P} = \vec{P}(s)$ なる形で曲線を表わしたとき, 接線ベクトル $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ は単位ベクトルになる。 $u (0 \leq u < 1)$ をパラメータとしたときは $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ は単位ベクトルの ds/du 倍になる。しかし s は簡単に求められない。

$\vec{T}_1, \vec{T}_2$ の大きさを決めるのに control point $\vec{Q}$ を考える。 $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ の大きさを変化させることによって, 図 6 のように $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ を通る空間曲線の曲率が変わってくるが, そのうちで $\vec{Q}$ にいちばん近い所を通る曲線という条件から $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ の大きさを決定している。

なお, control 点 $\vec{Q}$ はいくつあってもよい。複数個の場合はそれらの各点から曲線までの距離の最小 2 乗和という条件から求める。

4.3 PATCH の構成

4.1 で空間曲線の求め方を述べたが次に空間曲線で patch を構成する方法を述べる。

空間曲線と同様に面の場合は u, v のおのこの 3 次式で表わす。

$$\vec{P}(u, v) = \vec{A}u^3 + \vec{B}u^2 + \vec{C}u + \vec{D} \quad (4)$$

$$\text{ただし, } \begin{pmatrix} \vec{A} \\ \vec{B} \\ \vec{C} \\ \vec{D} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{A}_1 & \vec{A}_2 & \vec{A}_3 & \vec{A}_4 \\ \vec{B}_1 & \vec{B}_2 & \vec{B}_3 & \vec{B}_4 \\ \vec{C}_1 & \vec{C}_2 & \vec{C}_3 & \vec{C}_4 \\ \vec{D}_1 & \vec{D}_2 & \vec{D}_3 & \vec{D}_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u^3 \\ u^2 \\ u \\ 1 \end{pmatrix}$$

いま $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ を通る式を $\vec{C}_1(u)$

$\vec{P}_3, \vec{P}_4$ を通る式を $\vec{C}_2(u)$

$\vec{P}_1, \vec{P}_3$ を通る式を $\vec{C}_3(v)$

$\vec{P}_2, \vec{P}_4$ を通る式を $\vec{C}_4(v)$ とすると (3) 式を使って

$$\begin{aligned} \vec{C}_1(u) &= (2(\vec{P}_1 - \vec{P}_2) + \vec{T}_1 + \vec{T}_2)u^3 \\ &\quad + (3(\vec{P}_2 - \vec{P}_1) - 2\vec{T}_1 - \vec{T}_2)u^2 + \vec{T}_1u + \vec{P}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{C}_2(u) &= (2(\vec{P}_3 - \vec{P}_4) + \vec{T}_3 + \vec{T}_4)u^3 \\ &\quad + (3(\vec{P}_4 - \vec{P}_3) - 2\vec{T}_3 - \vec{T}_4)u^2 + \vec{T}_3u + \vec{P}_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{C}_3(v) &= (2(\vec{P}_1 - \vec{P}_3) + \vec{T}_1 + \vec{T}_3)v^3 \\ &\quad + (3(\vec{P}_3 - \vec{P}_1) - 2\vec{T}_1 - \vec{T}_3)v^2 + \vec{T}_1v + \vec{P}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{C}_4(v) &= (2(\vec{P}_2 - \vec{P}_4) + \vec{T}_2 + \vec{T}_4)v^3 \\ &\quad + (3(\vec{P}_4 - \vec{P}_2) - 2\vec{T}_2 - \vec{T}_4)v^2 + \vec{T}_2v + \vec{P}_2 \end{aligned}$$

となる。これを使って (4) 式を書く

$$\begin{aligned} P(u, v) &= C_1(u) + C_3(v) - C_1(0) + f(v) \\ &\quad \times (C_2(u) - C_1(u) + C_1(0) - C_2(0)) \\ &\quad + f(u) (C_4(v) - C_3(v) + C_3(0) - C_4(0)) \\ &\quad + f(u)f(v) (C_2(0) - C_1(0) + C_1(1) - C_2(1)) \dots (5) \end{aligned}$$

ただし, $f(u) = 3u^2 - 2u^3$

$$f(v) = 3v^2 - 2v^3$$

この式は空間曲線と同様な考えで誘導されるが省略する。

この patch をつないでいくことによって対象とする曲面を構成することができる。

patch と patch のつながり方は共通接線で結ばれるので patch の集合で構成される曲面は全体としてなめらかな面となる。

5. 曲面切断プログラム

(1) 機 能

曲面を $X = \text{一定}$ (または $Y = \text{一定}$) の平面で切断したときの $Y-Z$ 面 (または $X-Z$ 面) の形状の製図またはゲージ加工用 NC テープの作成。

(2) 入 力

点群 $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1m}, P_{21}, P_{22}, \dots, P_{2m}$ および各点での u, v 方向の接線ベクトル $T_{u11}, T_{v11}, T_{u12}, T_{v12}, \dots, T_{u1m}, T_{v1m}, T_{u21}, T_{v21}, \dots, T_{u2m}, T_{v2m}$ と X (または Y) 方向の切断ピッチ幅 W_x (または W_y), 製図機または NC 製図機のスタート点の座標を入力とする (図 7 参照)。

(3) 出 力

切断面の形状の座標値をプリントし, NC 製図用テープを作成する。

(4) 手 順

大要を図 8 のフローチャートに示す。

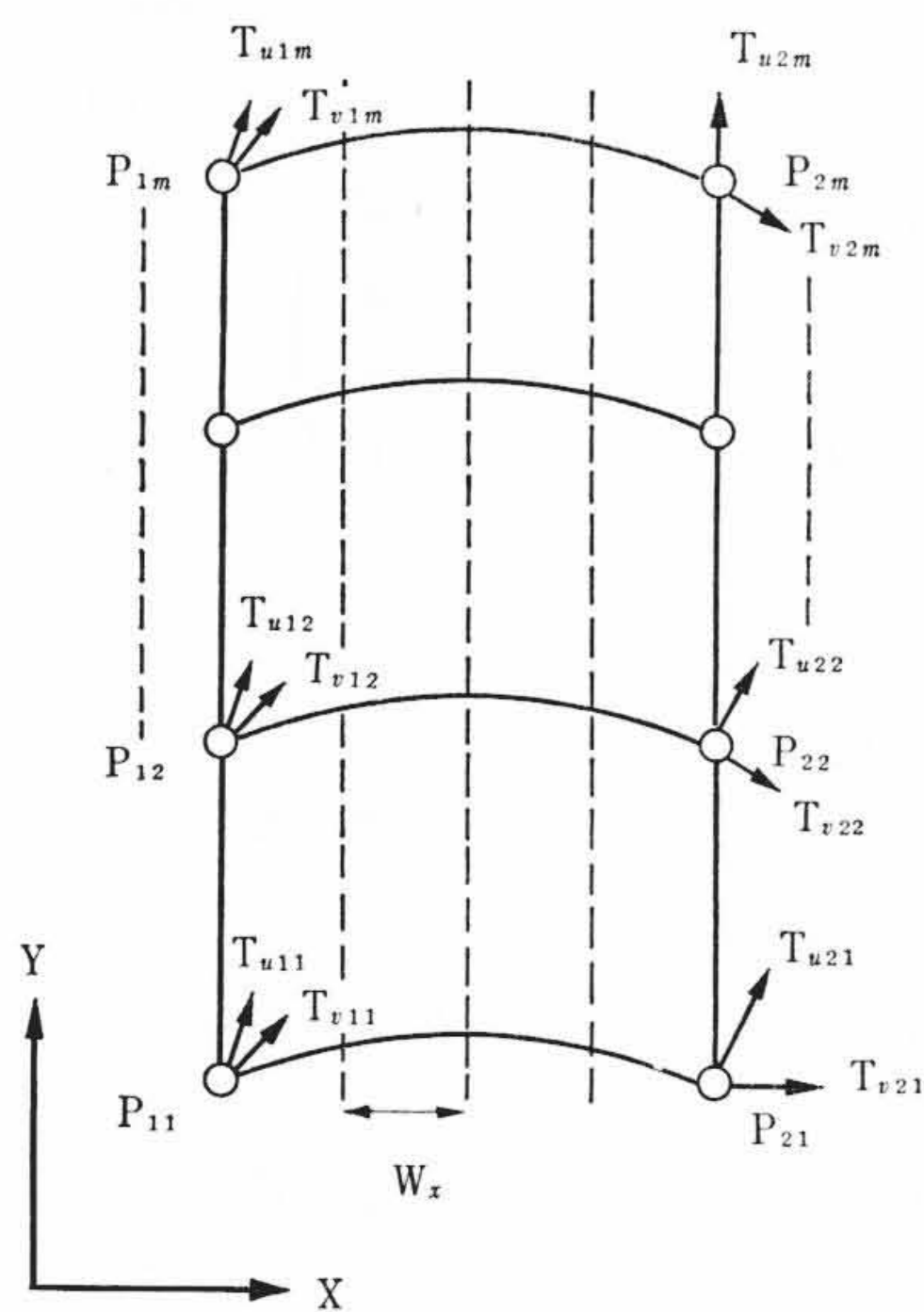


図7 曲面切断

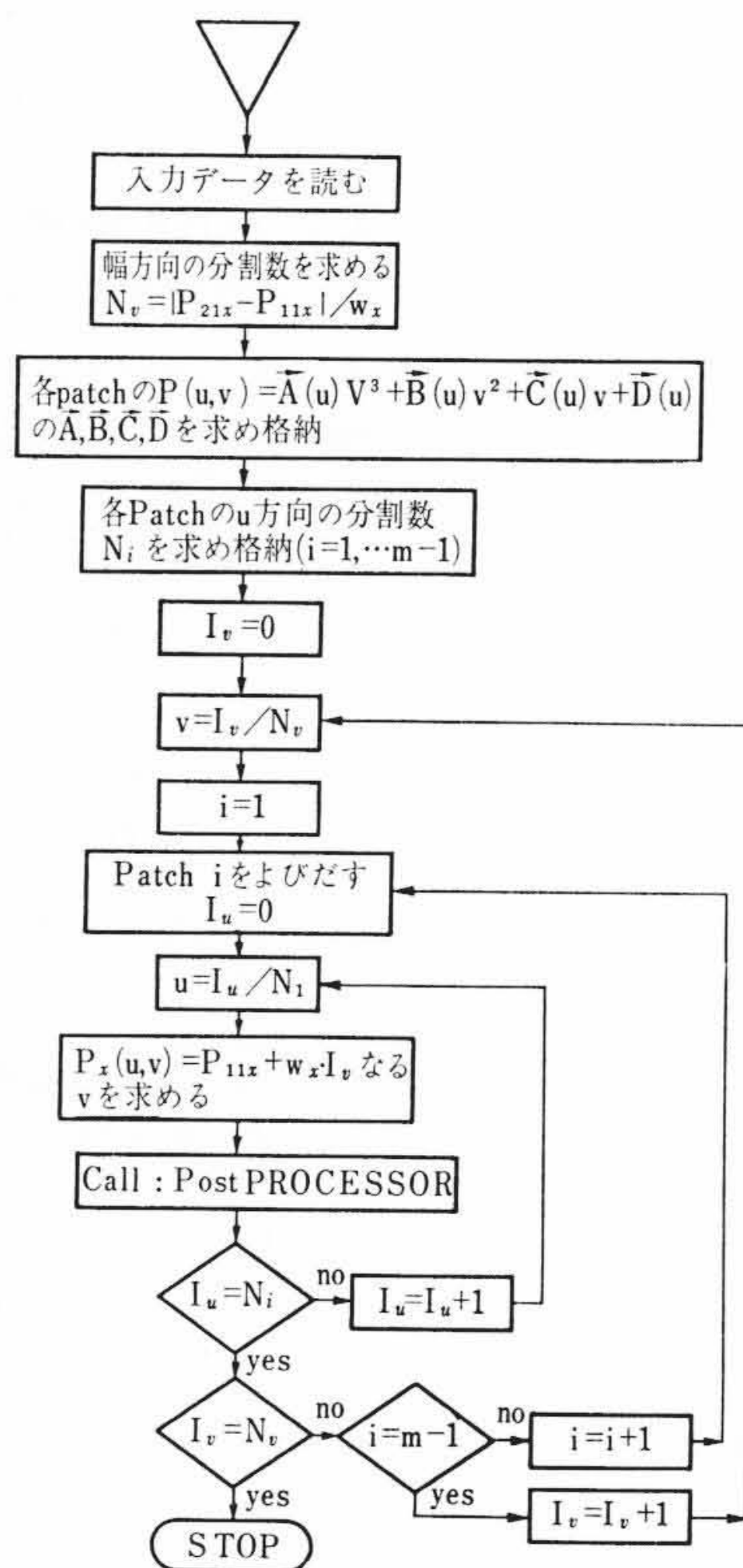


図8 曲面切断フローチャート大要

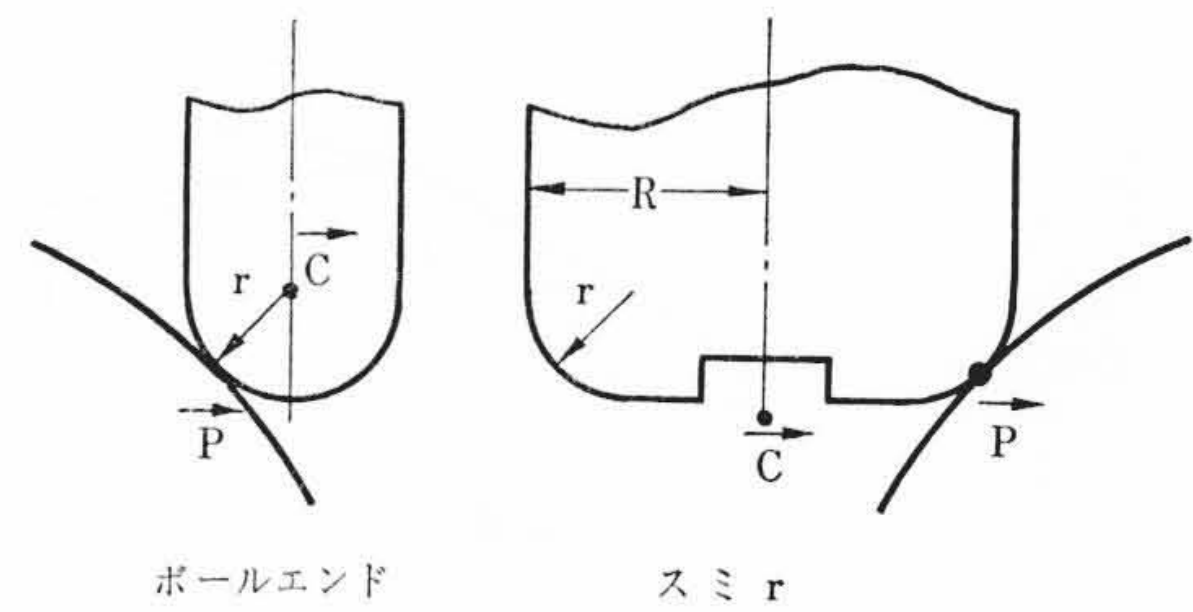


図9 カッタ中心

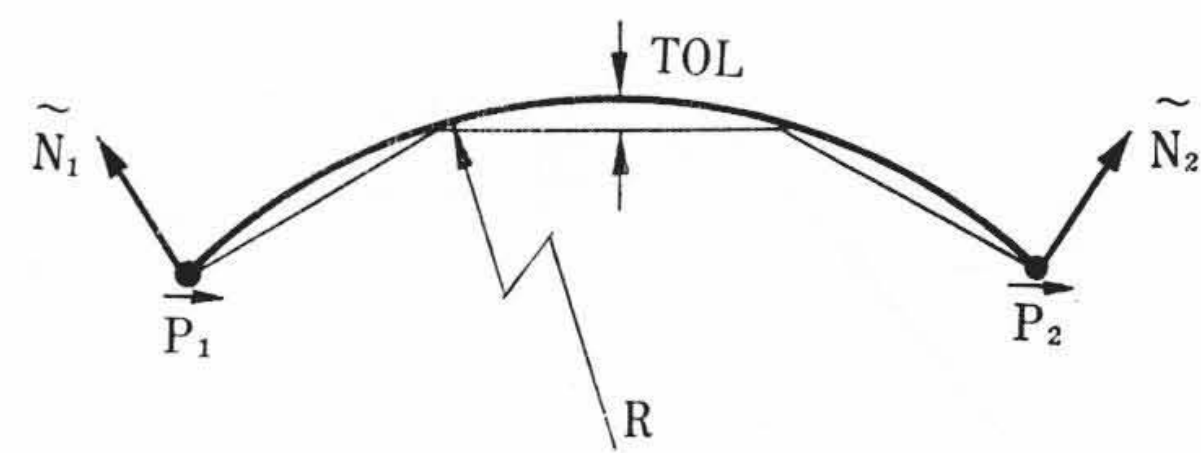


図10 切削方向の分割数

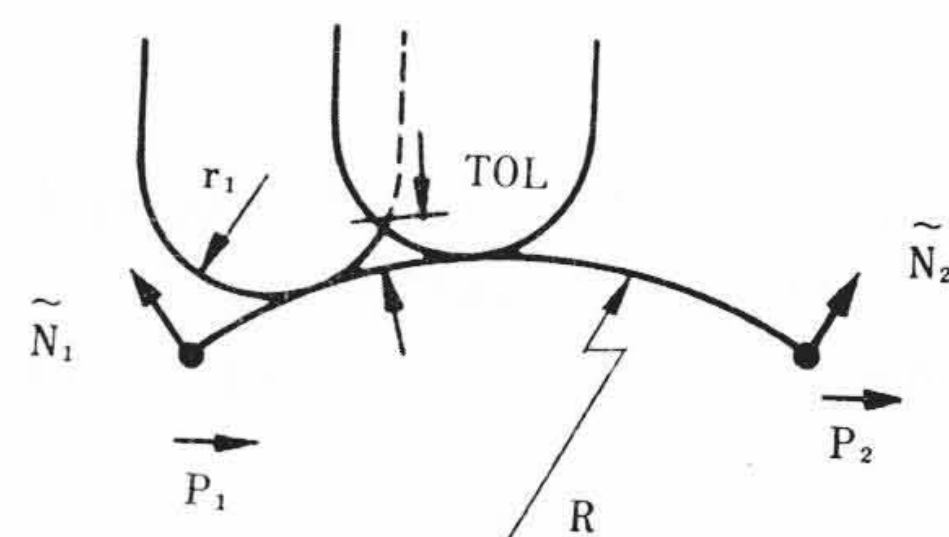


図11 ピックフィード方向の分割

6. NC 加工用プログラム

(1) 機能

加工する曲面上のある patch をとり、これを u および v 方向に分割し、それらの分割された u, v に対する patch 面上の点 $\vec{P}(u, v)$ を求め、その点での法線を求め、カッタ中心を求め、NC 型彫用テープを出力する。

u 方向を切削方向、 v 方向をステップフィード方向にとる。

(2) 入力

点群 $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1m}, P_{21}, P_{22}, \dots, P_{2m}$ および u, v 方向の接線ベクトル $T_{u11}, T_{v11}, T_{u12}, T_{v12}, \dots, T_{u1m}, T_{v1m}, T_{u21}, T_{v21}, \dots, T_{u2m}, T_{v2m}$ とカッタ径、送り、スタート点、切削方向許容誤差およびピックフィード方向許容誤差。

(3) 出力

加工面の座標値、カッタ中心座標値、カッタ移動量をプリント、NC テープパンチアウト。

(4) 手順

説明は省略するが特に注意事項について述べる。

(i) カッタ中心の求め方

単位法線ベクトルを $\vec{N}$ とすると

$$\vec{N} = \{ \partial(\vec{P}(u, v)) / \partial u \} \times \{ \partial(\vec{P}(u, v)) / \partial v \} \text{ より } \vec{N} = \vec{N} / |\vec{N}|$$

したがってカッタ中心 $\vec{C}$ は (図9参照)

(a) ボールエンドミルのとき

$$\vec{C} = \vec{P} + \vec{N} \cdot r \quad (r \text{ はカッタ半径})$$

(b) スミ r のエンドミルのとき

$|\vec{N}_x| + |\vec{N}_y| \neq 0$ のとき (法線が軸方向と一致しないとき)

$$\vec{C} = \vec{C}' - (a+r)\vec{K} \quad (\vec{K}, z \text{ 方向の単位ベクトル})$$

$$\text{ただし } \vec{C}' = (r + (R-r) / \sqrt{\vec{N}_x^2 + \vec{N}_y^2}) \vec{N} + \vec{P}$$

$$a = (R-r) \cdot |\vec{N}_z| / \sqrt{\vec{N}_x^2 + \vec{N}_y^2}$$

$|\vec{N}_x| + |\vec{N}_y| = 0$ のとき (法線がカッタの軸方向と一致するとき)

$$\vec{C} = (\vec{C}_{0x,y} - \vec{P}_{0x,y}) \cdot (R-r) + \vec{P}$$

ただし $\vec{C}_{0x,y}$ は前のカッタ中心の x, y 成分

$\vec{P}_{0x,y}$ は前の切削点の x, y 成分

(ii) 切削方向およびピックフィード方向分割数の決め方

(a) 切削方向の分割数 (N_u)

$\vec{P}_1, \vec{P}_2$ での法線を $\vec{N}_1, \vec{N}_2$ とすると $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ 間の平均半径は

$$\frac{1}{R} = \frac{(\vec{N}_2 - \vec{N}_1) \cdot (\vec{P}_2 - \vec{P}_1)}{(\vec{P}_2 - \vec{P}_1)^2}$$

$$\text{したがって } N_u = \sqrt{(\vec{N}_2 - \vec{N}_1) \cdot (\vec{P}_2 - \vec{P}_1) / 8 \cdot \text{TOL}}$$

(図10参照)

(b) ピックフィード方向の分割数 (N_v)

cusp の高さを TOL におさえて (図11参照)

$$N_v = |\vec{P}_2 - \vec{P}_1| \sqrt{(R+r) / 8 \cdot R \cdot r \cdot \text{TOL}} \quad (r: \text{カッタ半径})$$

7. 加工例

図12はプラスチックモデルの測定値より H-MESH を使って NC

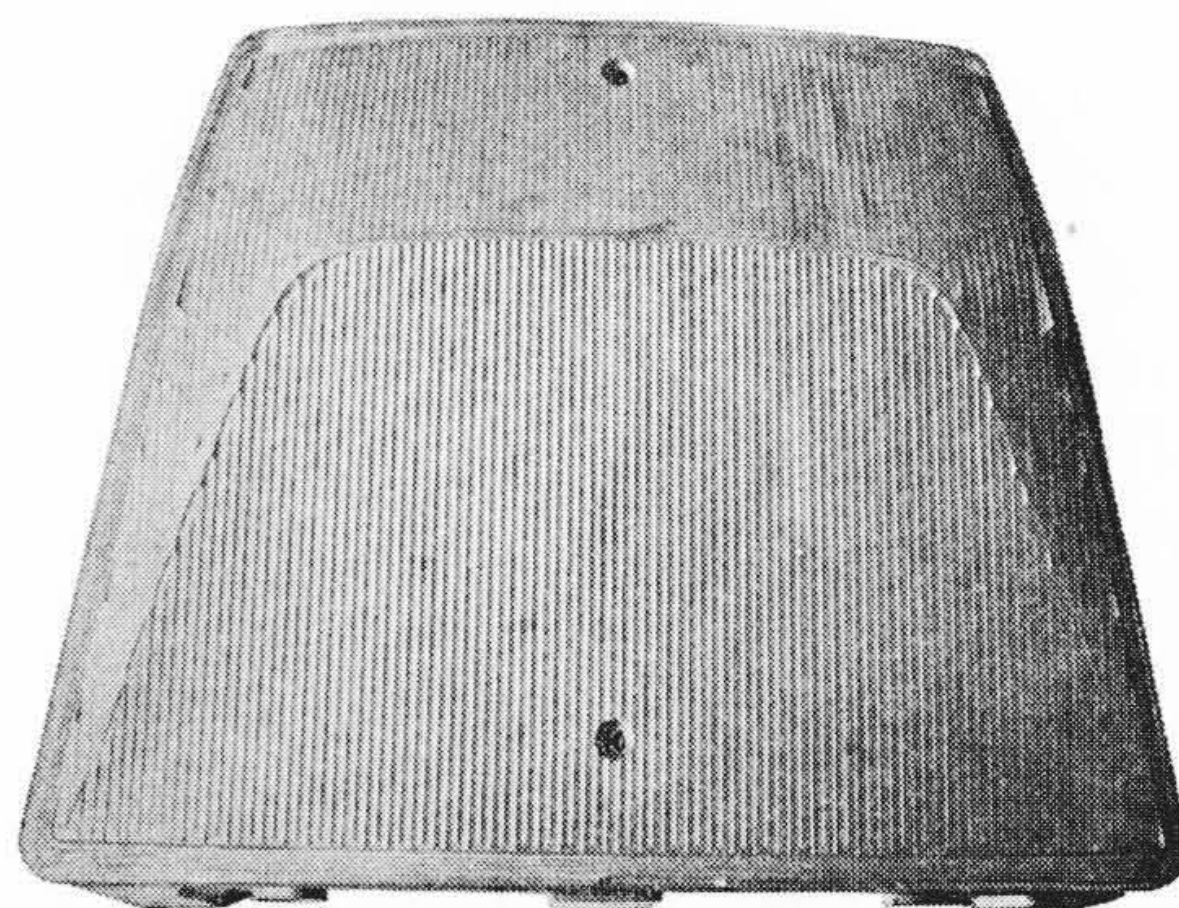


図12 ボンネット

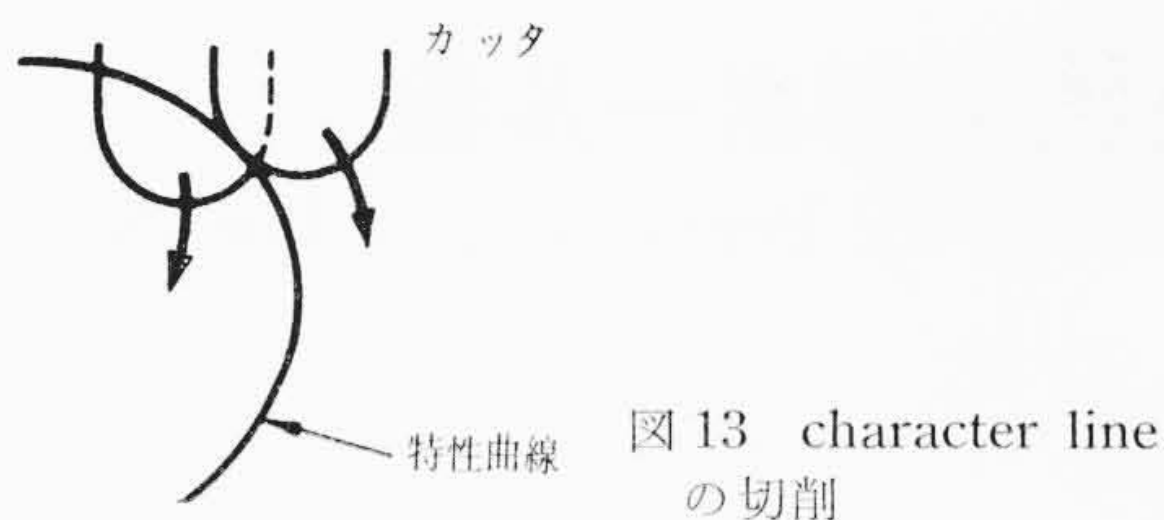


図 13 character line
の 切 削

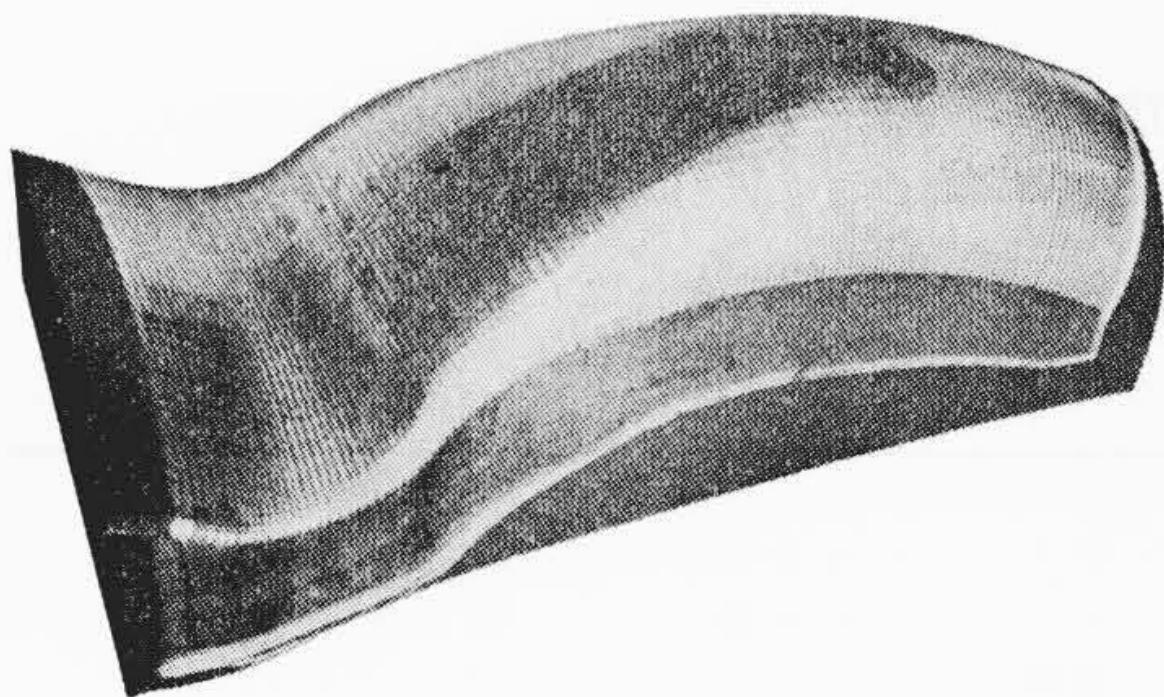


図 15 絞 型

機により加工したボンネットのプレス型である。入力データは200点、出力NCテープのブロック数は約5,000、自動車を特長づける特性曲線 (character line) の加工はその character line に沿って両側にカッタを走らせた (図13)。

図14は本切削に使われた型彫機である。

図15は日立製作所日立工場で加工された絞型である。

8. 結 言

NC 製図機はX, Y方向の移動, ペンのアップ, ダウン運動の合成で図をかく。またNC 工作機械はテーブルの左右, 前後, 上下運動の合成で円と直線からできているような簡単な部品から曲面と曲面がぶつかり合う複雑な部品の加工まで可能である。しかしこれらの軸を制御する情報は電子計算機の助けをかりねば求められない。そのためにそのソフトウェア (NC ソフト) の開発が不可欠である。

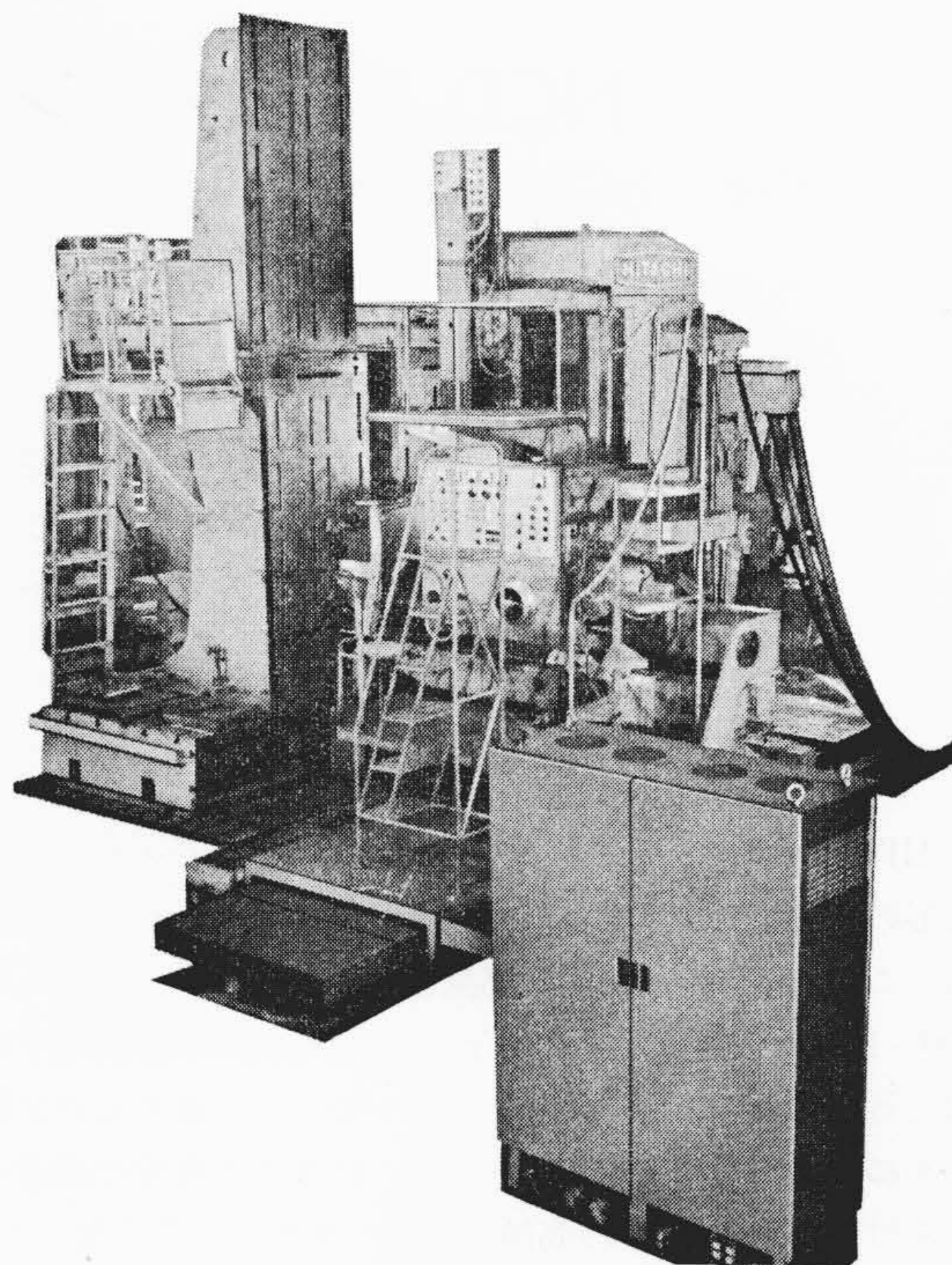


図 14 型 彫 機

型加工システムを構成する装置 (ハードウェア) として点群測定機, 電子計算機, 表示装置 (ドラフタ, ディスプレイ), NC 加工機などが考えられるがこれらをいかに有効に使えるかは実にソフトの成果に負っているといえる。

われわれはこのソフトとして, 本稿で説明した H-MESH を完成し型加工システムとしてのシステムティックな構成を完成した。

今後種々のプログラムがこの方面で必要になり, 自動車産業におけるNC 化時代が到来しつつあると考えられるので, われわれもそれに速応する体制を築きつつ, 顧客の要望に沿いたい所存である。



新 案 の 紹 介



登 録 実 用 新 案 第 7 6 8 5 2 5 号

栗 山 卓

変 圧 器 鉄 心

一般に図1に示すような外鉄形変圧器鉄心の場合, この側脚3は主脚1に巻回される巻線2と対地絶縁距離 a を確保する位置に設けられ, しかもこの断面は中央部の幅 b_1 と外側部における幅 b_2 が等しくなるような長方形に形成されるから, 鉄心の全長 l が大きくなる。そのため大形変圧器鉄心では組立輸送の妨げとなっているし, 磁気中心距離 l_1 が大きくなるため鉄心の特性を低下させている。

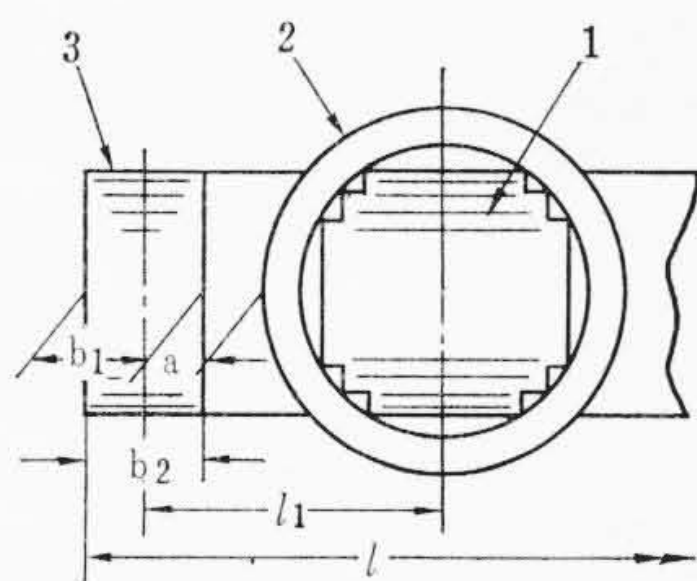


図 1

この考案では, 図2に示すように変圧器鉄心の主脚1に面する側脚3の断面形状を所定の絶縁距離 A を確保のうえ中央部の幅 B_1 を外側部の幅 B_2 より小さくして巻線2の外形に近くしたものである。

この考案によれば, 鉄心の磁気中心距離 L_m を短くできるため鉄心の特性を向上するばかりか鉄心全長 L も短縮できるので重量を軽減して鉄心の小形化を図ることができる。

(白土)

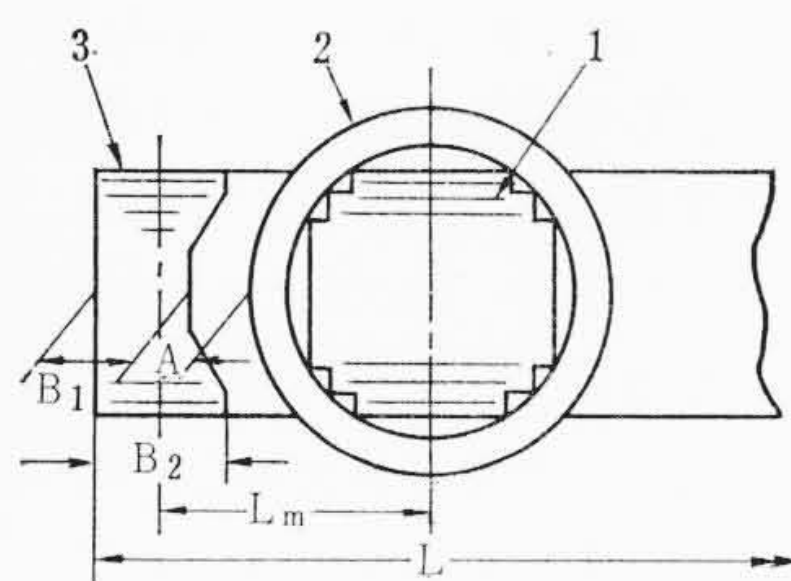


図 2