

旋削加工作業設計システムの開発

その他（別言語等） のタイトル	DEVELOPMENTS OF OPERATIONS DESIGN SYSTEM FOR TURNING
著者	菊地 千之, 黒河 久男, 及川 正弘
雑誌名	室蘭工業大学研究報告. 理工編
巻	10
号	2
ページ	293-309
発行年	1980-11-27
URL	http://hdl.handle.net/10258/3718

旋削加工作業設計システムの開発

菊地千之・黒河久男・及川正弘

DEVELOPMENTS OF OPERATIONS DESIGN SYSTEM FOR TURNING

Kazuyuki Kikuchi, Hisao Kurokawa
and Masahiro Oikawa

Abstract

Hitherto a number of N-C automatic programming systems has been brought in the industry, most of which are characterized as system aiding man to produce N-C tape. It is unsatisfactory that this kind of systems requires operator a fairly professional knowledge of machining.

The paper presents an establishment of the operations design systems applied to turning operation. The system starts with taking a minimum set of simple input of the finished part and work shape and also the material cut in the specified form which would be provided from a consistent automatic machine design system and then determined cutting conditions, cut sequence, tools selection and desirable clamping condition optimized by the max. productivity criterion and finally outputs the total tool path with collision check, that is, cutter location data.

The software of the system was successfully constructed as an integrated form of modular subsystems such as ;

- (1) the geometric processor for part and blank
- (2) the subroutine of clamping conditions
- (3) the subroutine determining cutting area
- (4) the subroutine selecting tools adoptable
- (5) the subroutine determining cutting conditions
- (6) the subroutine determining cut sequence
- (7) the subroutine composing total tool path
- (8) the subroutine of collision check.

The essential processings of geometric informations from blank to total tool path flow as follows ; (1) dividing the blank into small areas which have an elemental shape and (2) to those areas the modular tool path patterns are generated and then (3) among of an considerably large number of acceptable ways of cut sequence, the heuristically best way yielding min. cutting time is selected by means of graph theory.

The several examples of turning problem were carried out and the results were satisfactorily displayed on the X-Y plotter.

I. ま え が き

数値制御工作機械の発達と普及に伴い、NCテープの作成を支援することを目的とした自動プログラミングシステム^{1),2)}は、多数開発されてきた。しかしながらこれらの多くは、実際の加

工に必要な加工仕様，例えば，切削条件，使用工具，クランピングなどは人間が指定することになっている。また，加工仕様の一部を自動決定するシステムの場合入力形式が複雑であったり，パートプログラミングに加工技術上の知識を含め特別な知識を必要としている。

加工工程の完全自動化，または将来想定される「完全無人化工場」の達成には最小限の入力により，設計から加工，組立てまでを自動処理するシステムの完成が必要である。

本研究は，上記の様な生産加工に関する総合的情報処理システム開発の一環である設計から加工に至る一貫処理システムの開発を指向し，作業設計段階で決定しなければならない加工仕様を自動決定するシステムの開発を目的とする。

具体的なモデルは，機械加工の代表的作業であり，工学的に体系化が進んでいる旋削加工とした。

II. システムの設計構想

II-1 設計目標

システムの設計にあたり，2つの大きな目標を設けた。

第1には入力情報を最小限にする，すなわちパートプログラミングを極力簡単にすることである。そのため，形状記述言語にはTIPS-1³⁾，⁴⁾言語を利用した。これによれば複雑な形状も極めて簡単に入力することができる。(図-1)また，将来，自動設計システムTIPSとの結合も容易になされる。形状情報以外の入力情報は素材の材質だけである。

第2の目標は，自動化レベルの向上である。すなわち，システム内で自動決定する内容は，

- (1) 形状処理 (2) クランピング (加工物のセッティングも含む) (3) 切削範囲
- (4) 使用工具 (5) 切削諸元 (6) 除去手順 (7) 工具径路

である。さらに，工具径路が自動生成された後に干渉チェックを行う機能を持たせる。

これらを達成することにより，加工技術を熟知したパートグラマやオペレータを省くことができる。

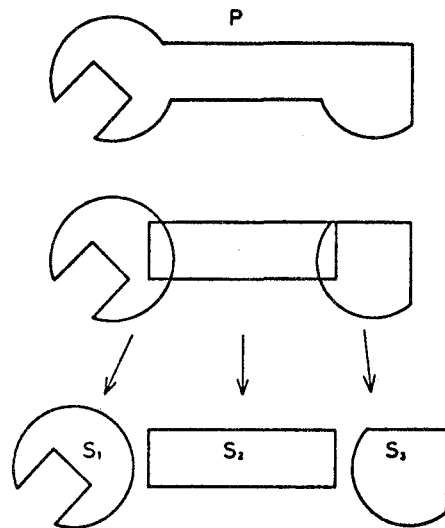


図-1 TIPS-1による形状入力

II-2 対象および処理上の限定

システムの開発にあたり、以下の様な制限を設けた。

- (1) 旋削作業には、外周切削、端面切削、内周切削があるが、本システムでは、外周切削と端面切削の一部に限定する。

(図-2)

- (2) 素材は、丸棒とする。
- (3) 部品輪郭は、直線と円弧のみからなるものとする。
- (4) 作業工程は、荒削り工程とする。但し、溝加工は行うものとする。

- (5) 最大1回の部品反転で作業は終了し、同一工程中加工物の固定方法は変更しない。
- (6) 使用チャックはスクロールチャック、爪は硬爪とし、内径チャッキングに関しては処理を省略する。
- (7) クランプ法は、チャックのみ、チャックとセンタ、両センタ（爪付）とする。

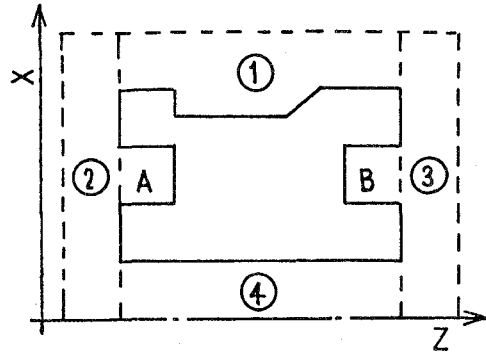


図-2 切削領域の限定

- ①：外周切削 ②：端面切削 ③：端面切削
- ④：内周切削

III. 旋削加工作業設計システム

III-1 システム構成

本システムは、以下の7つのプロセッサ、サブルーチンから構成される。

- (1) 形状処理プロセッサ
- (2) クランピング関係サブルーチン
- (3) 工具選定サブルーチン
- (4) 切削諸元決定サブルーチン
- (5) 除去手順決定サブルーチン
- (6) 工具径路生成サブルーチン
- (7) 干渉チェックサブルーチン

また、本システムは、各自動処理が相互に関連しあい、厳密には階層構造となっていないが、おむね図-3に示す様な流れとなっている。

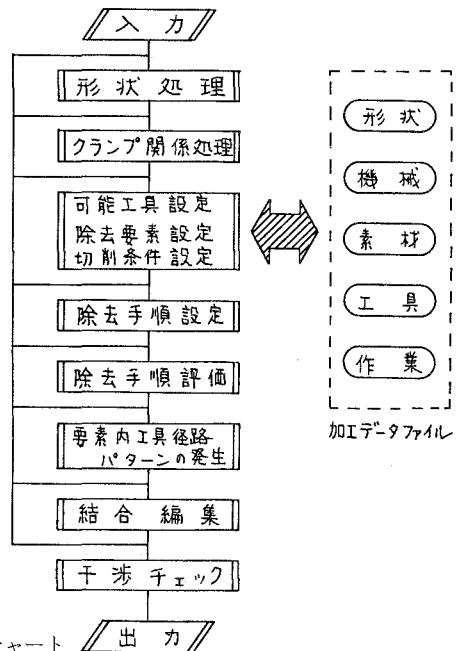


図-3 システムフローチャート

III-2 形状処理

III-2-A 形状記述

本システムにおける形状記述様式は、TIPS-1の形状記述様式⁴⁾を応用するものである。この形状記述様式の原理は極めて簡単であり、図-1に示す様に記述しようとする形状を、より簡単な基本形状に分割するものである。以後、この基本形状のことをセグメントと呼ぶ。すなわち、セグメントを組合せて形状ができると思える。この場合、セグメントの組合せは、和集合的組合せ(図-1参照)、積集合的組合せ(図-4)、減算的組合せ(図-5)により行われ、任意の複雑な形状を表現することができる。

また、旋削においては、部品形状を2次元的に扱えるということから、以下の形状処理過程では、次の考え方を一貫して用いている。

セグメント、およびその集合で示される部品形状を全て閉領域として、その輪郭を構成する特徴点(その形状が円の場合、基準座標に対して最大、最小を示す4点、四角形の場合は、4端点の座標値を示す)と、それらの特徴点間の形状および点列の向きを示すコード(サイドマークと呼ぶ)で表わすという考え方である。

III-2-B 形状輪郭生成

この処理は、2段階に分けて行われる。

まず第1の段階では、セグメントの再構成およびセグメント輪郭の生成が行われる。入力された各セグメントは、図-6に示されるように、輪郭を構成する各辺(エレメント)の形状と

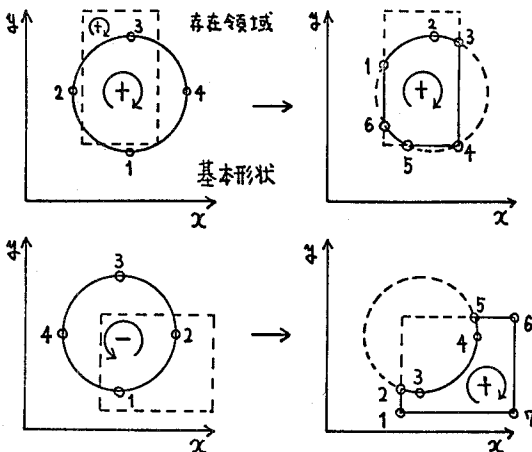


図-6 セグメントの再編成 図-7 セグメント輪郭生成

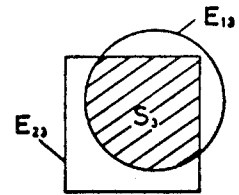
特徴点列に置き換えられる。さらにこの点列は、サイドマークに従い右回り、左回りの順序付けがなされ、その後存在領域を考慮したうえで、図-7に示される様に、全て右回りの点列に置き換えられる。

この処理は、第2段階の処理過程中、次の処理に有効に利用される。

(1) 線(曲線)分で囲まれた任意の閉領域における、内、外部の判定。

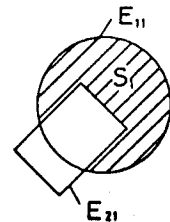
(2) 各セグメント集合の輪郭探査。

次に、第2の段階では、セグメント輪



$$S_3 = E_{12} \cap E_{22}$$

図-4 積集合的組合せ



$$S_1 = E_{11} - E_{21}$$

図-5 減算的組合せ

郭の組合せによる部品輪郭の生成が行われる。この輪郭生成の考え方は、セグメント構成辺間の交点を基点とする単位ベクトル e_i 、およびエレメント端点に関するベクトル A_i とがなす角度 θ_i の判断によるものである。(図-8)

(実際に、セグメントの集合から部品形状が生成される様子は、図-27を参照)

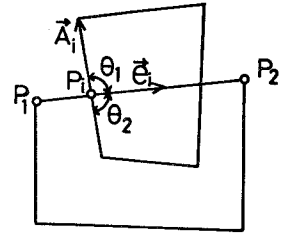


図-8 輪郭生成アルゴリズム

III-2-C 除去領域の分割

部品輪郭と素材輪郭によって認識される除去領域は、まず第1に、図-9に示す通り部品輪郭特徴点によって縦分割される。この処理は、通常、特徴点の座標値(Z座標値)の比較によってのみ行なうが、図-9の⑦のような領域が存在した場合、その領域は、加工不可能領域として処理される。この様に縦分割された各分割要素(分割された領域を以後この様に呼ぶ)は、図-10に示す様に6点の座標値と底部の形状を示すコードによって構成されている。

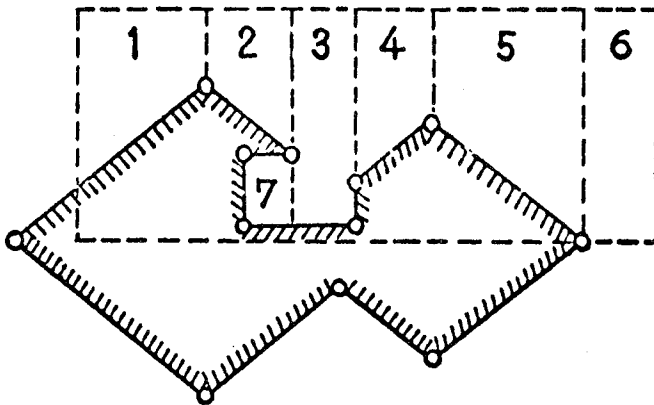


図-9 縦分割

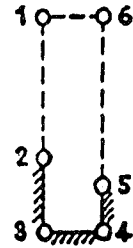


図-10 分割要素

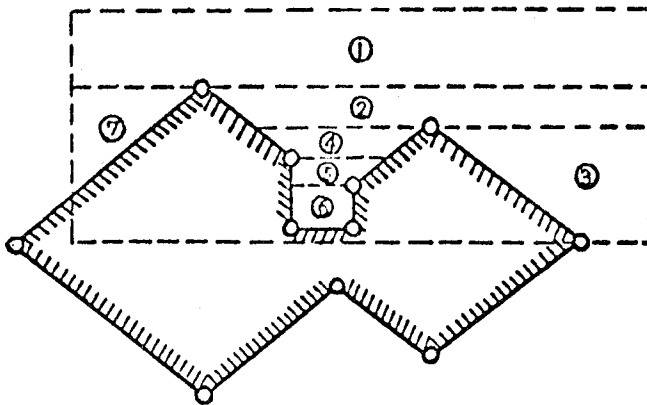


図-11 横分割

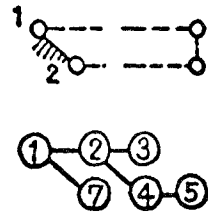


図-12 ツリー表現

この縦分割処理の後に、各分割要素は、旋削作業の特徴、すなわち外周切削の場合一般に長手方向削りとなることを考慮して、上述の6点のX座標値と、分割要素間の比較処理によって図-11に示す形状に再分割される。(横分割と呼ぶ)この時点で、横分割された分割要素間の上下関係を示すツリーが図-12の様に生成される。この上下関係の判断は、横分割された分割要素に、縦分割時における要素がいくつ含まれているかによる。

この様に認識された除去領域は、図-11に示す様に、簡単な形状からなる小領域に分割されたことになり、以後の処理対象は、この分割要素に移る。

III-3 クランプ法関係⁵⁾

クランプ法に関する諸決定は、形状と加工精度の2つの大きな要因に依存する。しかし、本システムでは、取り扱う工程を荒削り工程と限定しているため、加工仕様として精度(主に表面粗さ)は考慮していない。従って、形状要因のみから諸決定を行っている。図-13に、クランプ法に関する決定機構を示す。

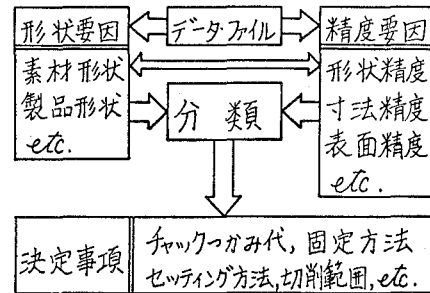


図-13 クランプ法決定要因

III-3-A クランプ法

クランプ法を決定するに際し、以下の前提となる条件を設定した。

- (1) 最大1回の加工物反転でその工程は終了する。
- (2) 同一工程において、クランプ法は変更しない。
- (3) 使用するチャックは、スクロールチャックで、爪は、硬爪とする。
- (4) クランプ法は、チャックのみ、チャックとセンタ、両センタによるものとする。
- (5) 内径チャッキングに関しては、処理は行わない。

これらの条件のもとに、まず加工物両サイドの形状チェック、すなわち使用工作機械の許容切削トルクに十分耐え得る把握トルクが得られる適当な位置の検索と、それに基づくチャックの検索が行われる。さらに、加工物の長さとの比により、チャックのみで固定し得る形状と、チャックとセンタによって固定する2つの型に分類される。また、両センタ加工になる場合は、端面の状態により、爪付きセンタによる固定型式と、レースドックを使用する型式に分類される。

このように、加工物はその形状によって4種類の型に分類され、それぞれ加工物の固定方法が決定される。

III-3-B 加工物のセッティング

前節において決定された固定型式のうち、両センタ型以外の型式では、加工物のどちら側を

チャッキングするか決定する必要がある。特に、加工物を反転して加工しなければならない場合、加工物のどちら側を先にチャッキングするかを決定しなければならない。これらの判断基準は、以下に挙げるものである。

- (1) 加工物の製品取りに無関係にチャッキング可能な形状である場合、加工時点で把握トルクが一方よりも大きくなる側がチャッキング位置に指定される。
- (2) チャッキング位置が加工物の製品取りに拘束される場合、チャッキング位置が得られない側が、加工物を反転した後の切削範囲になる。
- (3) チャッキング可能な位置の肉厚が薄肉圏（平均半径R、肉厚tとすると、 $t/R < 1/6$ ）に含まれる場合、チャッキングによる破損、変形を避けるため、チャッキング位置が薄肉となる側が反転後の切削範囲となる。
- (4) 加工物の端部に加工不要部分がチャックつかみ代だけ有り、かつその部分をチャッキングした場合、干渉が起こらないならば、その加工不要部分をチャッキング位置とする。

以上の判断基準に基づいて、加工物の形状が分類され、加工物のセッティング方法が決定される。

III-3-C 切削範囲

切削範囲とは、クランプ法、セッティング方法が決定された時点で、1回のチャッキングによって切削する範囲を意味し、加工物の反転が必要ない場合は、全ての除去領域（全ての分割要素）が切削範囲となる。

これに対して、反転の必要がある場合は、全ての除去領域を反転前、反転後の2つの領域に再分割しなければならない。いいかえると、決定された分割要素群を反転前、反転後の2つの群に分けることである。そのため、各分割要素の構成点座標値と、前節で決定されている工具のZ座標移動限界値（工具がチャックに近づける限界値）とを比較し、反転前のチャッキングによる切削範囲を可能な限り広くするという判断基準に基づいて、反転前後のそれぞれの切削範囲が決定される。この処理により、各分割要素は、反転前と反転後の2群に分類される。なお、1つの分割要素が反転前後の切削範囲に渡って存在している場合は、上述の判断基準に基づいて、反転前後の要素に再分割される。

表-1 クランピング出力内容

1	加工物固定方法(コード)	13	1回目のチャック爪先端位置
2	使用チャック(コード)	14	2回目の " "
3	センタ穴呼径	15	1回目の外径近寄り限界
4	爪付センタ呼径	16	2回目の " "
5	加工物反転の有無	17	1回目の内径切削範囲
6	加工不要面の有無	18	2回目の " "
7	チャッキング可能サイド	19	1回目のチャック締付力
8	1回目のチャッキングサイド	20	2回目の " "
9	内径切削範囲の状態	21	下穴用ドリル径
10	限界チャックつかみ代	22	"
11	1回目のチャックつかみ代	23	"
12	2回目の " "	24	"

以上のクランプ法に関する各処理結果の出力内容を、表-1に示す。

III-4 工具選定

使用工具の選定に当たっては、一般に、加工物のある形状特徴が判明している部分除去領域が与えられなければならない。逆にその部分除去領域を設定するに当たっては、使用工具の特徴を知る必要がある。この理由により、使用工具と作業領域を同時に決定することは、不可能あるいは極めて困難である。

そのため、本システムでは、この部分除去領域に分割要素を当て、この分割要素をその端面形状と、工具侵入可能な分割要素構成辺を考慮することにより、図-14に示す様な4種類の基本パターンに分類し、それぞれのパターンに使用工具形状の種類を固定しておく。これに基づき、工具選定は、この分割要素の形状特徴と、ファイル中の全ての工具形状との比較により、ある分割要素に対して切削可能な工具を全て割当てる方法で行うものである。図-15に、工具割当ての判断基準を示す。

なお、荒削り工程では、一般に溝加工は行われませんが、本システムの場合、その分割要素が溝であることを認識するために、溝切りバイトの割当てを行っている。その方法としては、その分割要素に他の工具が1本も割当てられない場合に限って始めて溝切りバイトが割当てられるものである。

さらに、最適な使用工具は、最終的に除去手順が決定された段階で決定される。(III-7参照)

III-5 切削条件

荒削り工程は、素材から余肉を削り、正確な基本形状に整えるための能率的な切削工程であるべきである。従って、その切削条件の選定に当たっては、様々な拘束条件のもとで工作機械の能力を最大限に発揮できる能率的切削条件を設定しなければならない。以下の処理は、図-16に示される流れに沿って行われる。

III-5-A 拘束条件

本システムで用いる切削諸元の拘束条件は、工作機械（旋盤）の動力とトルクおよび工具の

パターン	I	II	III	IV
形状				
割当て可能工具	T1(左端付)	T1(左端付)	T2 L(溝)	T3 L(溝)

図-14 分割要素パターン

パターン	除去可能条件		素材輪郭
	荒加工	仕上げ加工	
I	$(R_2 \geq H) \wedge (Y \geq Y') \rightarrow T1L$	$(R_2 \geq H) \wedge (Y > Y') \rightarrow T1L$	
II	$(Y_L < Y'_L) \wedge (b_R < B_2) \rightarrow (T1L, T1R)$	$(Y_R > Y'_R) \vee (Y_R1 < Y'_R1) \rightarrow T1R1$	
	$(Y_R1 < Y'_R1) \wedge (b_L < B_2) \rightarrow (T1L, T1R)$	$(Y_L > Y'_L) \vee (Y_R1 > Y'_R1) \wedge (Y_L1 > Y'_L1) \rightarrow (T1R1, T1L)$	
III		$(R_2 \geq H) \wedge (R_1 \geq R) \wedge (b_2 \leq b) \rightarrow T2L$	
IV		$R_2 \geq H$	

但し、形状が円弧の場合



図-15 工具割当て判断基準

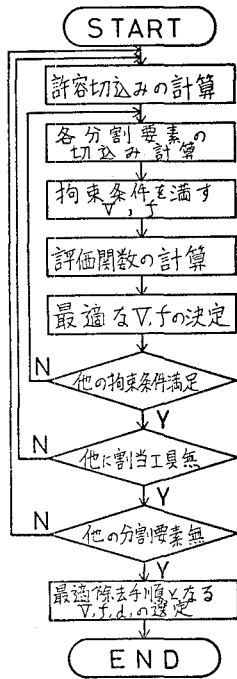


図-16 切削条件
フローチャート

他の拘束条件、例えばトルク、回転数、許容送りなどは、V、d、fが決定された後のチェックに用いるものとする。図-17にVとfの拘束条件の例を示す。

III-5-B 切削諸元の決定

荒削り工程の切削条件は、前節の拘束条件のもので、旋盤の能力を最大限に発揮できる能率的なものでなければならない。さらに、図-18に示す様に、旋盤の特性として負荷が小さくなると効率は悪くなる。これらのことを考慮すると、荒削りにおける切削条件は、全負荷となる様なものが望ましい。

今、旋盤の全消費動力をP、主軸における消費動力をPcとすると、機械効率 η_m は

$$\eta_m = P_c / P$$

となり、そしてこの η_m は、全負荷時におけるPcをP_{CMAX}とすると、

寿命方程式である。そして、これらの拘束条件は、切込みdを一定とした場合の送りfと切削速度Vとの関係で表している。

切込みdは、その値を増加させると切削動力は比例して増大するが、応力、切削温度などは増加が少ないため、工具寿命に対する影響が少ない。そのため、切込みは可能な限り大きくとり、分割要素の取代を整数等間隔分割する値として初期設定する。

次に、この初期設定した切込みを、旋盤の動力を表す式

$$P \times \eta_m = UP \times V \times f \times d \quad (1)$$

(P：駆動馬力(P_s)、 η_m ：機械効率、UP：単位切削馬力(P_s/cm³/min.)と、工具寿命方程式(例えば)

$$V \times \exp(\alpha \times f) \times d^\beta \times T^\gamma = \lambda \times V_B^\delta$$

(T：工具寿命(min)、V_B：寿命判定基準(mm)、 $\alpha, \beta, \gamma, \lambda, \delta$ は、

被削材などによる定数)に代入し、その他必要な定数を与えることにより、(1)、

(2)式からVとfの関係を拘束条件として求める。また、

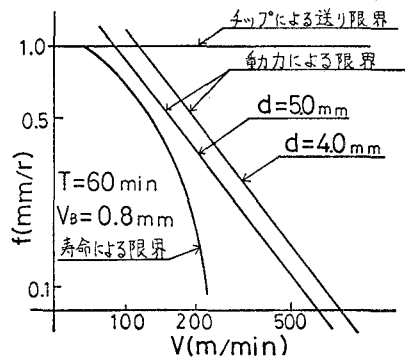


図-17 拘束条件

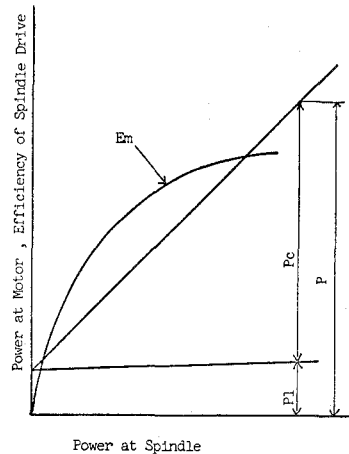


図-18 旋盤の効率

$$\eta_R = P_C / P_{C\text{MAX}}$$

で表される負荷率 η_R に比例する。また、切削効率 η_C ($\text{cm}^3/\text{Ps}/\text{min}$) は、前節で示した拘束条件の場合、送り f に比例して増大する。

以上のことから、最適切削諸元を決定する評価関数には

$$\eta = \eta_R \times \eta_C$$

を採用し、この η が最大となる V 、 f の組が決定される。その後、この決定された V 、 f と先に設定されている d は、前節で述べた動力と工具寿命以外の拘束条件によってチェックされ、その拘束条件を満たさない場合は、まず初めに f が、次に d が修正される。図-19に、切込みが 4 mm、5 mm の場合を例とした、 η_R 、 η_C による評価関数の例を示す。

この様に決定された切削諸元は、各分割要素、各工具毎に決定されるものであるから、同一分割要素に複数の工具が割当てられている場合、最終的切削諸元は、最適除去手順 (III-7-C) に従う。表-2は、分割要素数5、用意されている工具4本の場合の切削諸元を示す。

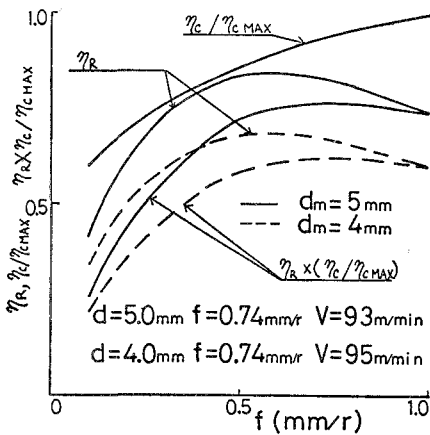


図-19 評価関数

表-2 切削諸元

Element	Tool	Cutting Condition
E1	T1	V_{11}, F_{11}, D_{11}
	T2	V_{12}, F_{12}, D_{12}
E2	T2	V_{22}, F_{22}, D_{22}
	T3	V_{23}, F_{23}, D_{23}
E3	T1	V_{31}, F_{31}, D_{31}
	T4	V_{34}, F_{34}, D_{34}
E4	T2	V_{42}, F_{42}, D_{42}
	T4	V_{44}, F_{44}, D_{44}
E5	T2	V_{52}, F_{52}, D_{52}
	T3	V_{53}, F_{53}, D_{53}
	T4	V_{54}, F_{54}, D_{54}

III-6 分割要素内工具径路の生成

各分割要素は、その分割処理時点で形状特徴によって、図-20の様な識別が行われる。この図に示したパターンと、割当て工具によって、工具径路のパターンが決定される。工具径路のパターンは、図-21に示す様に、荒削り工程、仕上げ削り工程について、I~IVまで用意してある。(この処理段階については、仕上げ工程も考慮している)

また、分割要素内工具刃先通過点は、切削諸元の切込みに従って、分割要素構成辺上に交点を求め、それを結合することによるものである。この際、分割要素構成辺上では、ならい切削としている。

さらに、後述の処理によって決定される除去手順に従って、分割要素毎の工具径路を結合す

分割要素左右端の形状				
コード	1	2	3	4
形状				

(左端形状を代表して示す)

分割要素端面のパターン						
パターンコード	0-0	0-1 (1-0)	0-2 (2-0)	1-1	1-2 (2-1)	2-2
パターン						

()内は凸の場合、斜線は非除去領域を示す

図-20 分割要素の識別

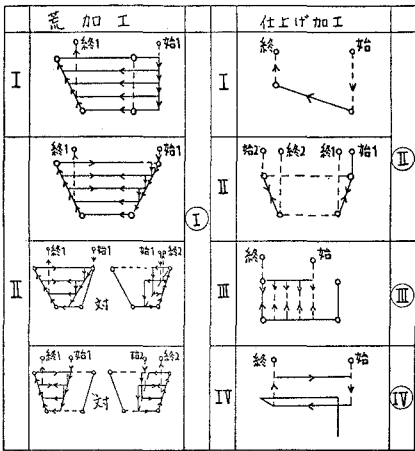


図-21 工具径路パターン

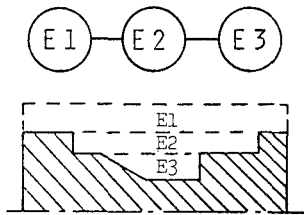


図-22 一次ツリー

分割要素間の位置に関する拘束を示し、点線はその拘束とダミーとして設置した分岐点 D_n との間で、どちらでも選択できるという可能性を示す。つまり、二次ツリーは、分割要素の位置による拘束と、割当て工具との結び付きを示していることになる。

るために、工具径路の始点、終点が決定される。

なお、図-20中の点線は、工具侵入可能な分割要素構成辺、あるいは他の分割要素との境界を表し、また、左右反転形は省略している。

III-7 除去手順の決定⁷⁾

以上までの結果に基づき、全除去領域に渡る工具径路を生成するため、分割要素間の除去手順を決定しなければならない。そのため、分割要素の位置関係と割当て工具を考慮して、除去手順をグラフ表現化し、そのグラフの縮退を図り、その縮退化されたグラフに従う除去手順全てについて切削時間を計算することにより、切削時間が最小となる最適除去手順を決定する。

III-7-A 分割要素のグラフ表現化

簡単な例として、図-22に示す形状を考えると、分割要素の位置関係から、同図に示す様な、分割要素の位置に関する拘束が決定される。このグラフを一次ツリーと呼ぶことにする。

次に、この一次ツリーに対して表-3に示す様な割当て工具を考え合せると、一次ツリーは、図-23に示すグラフに再表現できる。このグラフを二次ツリーと呼ぶことにする。図-23において、実線は分

表-3 工具の割当て

要素番号	E1					E2					E3							
	T1	T2	T3	T5	T5	T1	T1	T2	T3	T3	T5	T5	T1	T2	T3	T3	T5	T5
割当て1組																		

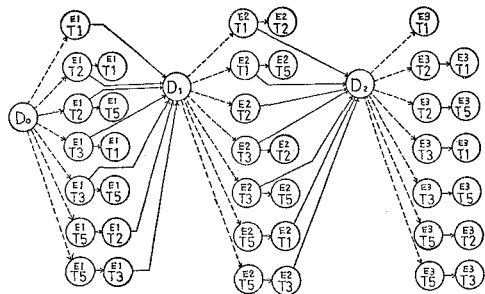


図-23 二次ツリー

III-7-B グラフの縮退化

二次ツリーから考えられる除去手順の数は莫大なものとなる。従って、この二次ツリーに以下に挙げる拘束条件を経験的に設定し、グラフの縮退化を図る。すなわち、

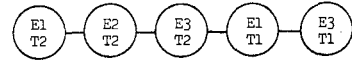


図-24 ツリーグラフの縮退化

- (1) 各分割要素に割当てられた工具の組の内、工具数が最小となるものを選ぶ。
- (2) 削り残しが出た場合、削り残し領域を優先して切削する。
- (3) 工具交換回数が最小となる使用工具、手順とする。

この拘束条件のもとで、図-23のグラフを縮退化した例を、図-24に示す。

III-7-C 除去手順の決定

前節で得られたグラフから除去手順を全て抜き出し、切削時間を計算する。この計算した時間の中で、最小時間を与える除去手順が、最適除去手順として決定される。さらに、その除去手順が使用工具として決定され、切削諸元も決定される。

そして、この段階において、最終的に除去領域全体に渡る工具径路が結合編集される。

III-8 干渉チェック

本システムは、生成された工具径路での衝突を回避するため、干渉チェック機能を有する。旋削作業における干渉は、基準座標系に対して移動可能な系と、固定された系との間で生ずる。前者の移動系に含まれるのは、工具・工具ホルダーであり、固定系に含まれるのは、取付具、加工物形状である。干渉チェックの方法としては、工具径路に沿った移動系の包絡輪郭を生成し、この輪郭と、固定系の輪郭との交点を検索する方法を用いている。この方法によると、衝突点の座標が極めて正確に算出できる。

III-8-A 固定系輪郭の生成

クランプ法関係の処理で決定された情報に基づき、使用取付具の輪郭を素材輪郭に結合することにより、固定系全体の輪郭が生成される。この固定系輪郭は、CLデータから抜き出された1トラバース毎の工具径路（早送り速度から、接近速度に変換された点を終点とする1トラバースの工具径路）により、次々と更新される。つまり、最終的には部品形状となる訳である。

干渉チェックは、この1トラバースの工具径路毎に行われることになる。

III-8-B 移動系包絡輪郭の生成

移動系は、1トラバースの工具径路に沿って移動する訳であるから、移動系輪郭構成点（エレメント端点）の平行移動軌跡を新しいエレメントとして認識し、それを工具径路の始点、終点、さらに折点における移動系輪郭の構成エレメントに加えることによって、平行移動軌跡も含めた包絡輪郭が生成される。

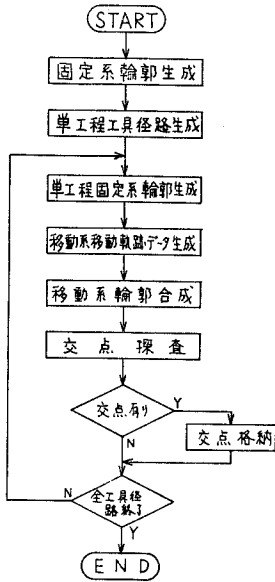


図-25 干渉チェック
フローチャート

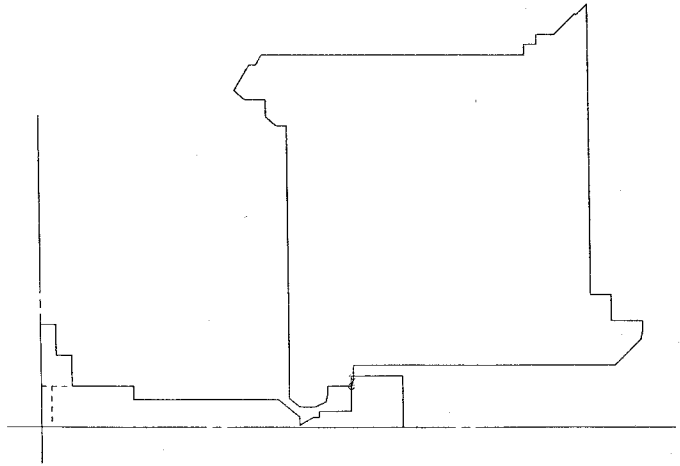


図-26 干渉チェック (X-Yプロッタ出力)

III-8-C 干渉チェック

前節までの処理により生成された1トラバース毎の固定系輪郭と移動系包絡輪郭とを、形状処理段階で用いている交点探索ルーチンを利用することにより、交点の有無、すなわち干渉が生じるかどうかの判定を行う。この際、交点がある場合は、その座標値を格納する。

以上の処理全体の概略フローチャートを図-25に示す。また、簡単な例題によって、干渉チェックの様子を図-26に示す。この例では、センタ部分において干渉が生じている。なお、正規のセンタ形状では干渉が生じないため、センタ形状を誇張している。

IV. 処理の実例

加工の途中で加工物の反転を必要としない例題Aと、必要とする例題Bについての出力結果の一部を図-27~32表-4~8に示す。さらに、その結果が妥当なものとなっているか検討を加える。(例題A)

図-27の上図に示す様に多数

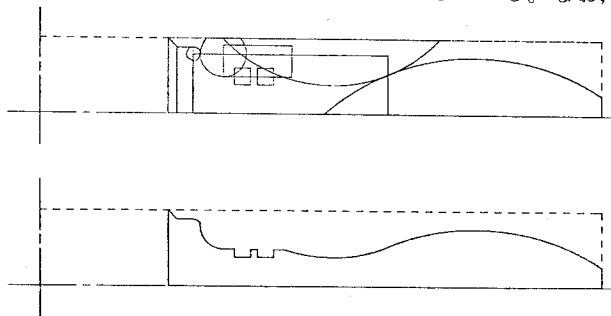


図-27 部品輪郭 (例題A)

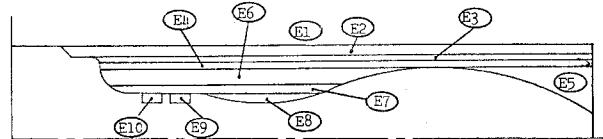


図-28 除去領域分割要素

のセグメントによって入力された部品輪郭は、形状処理され、同下図に示す輪郭が決定される。この部品輪郭に基づき、除去領域は図-28に示す様に分割され、クランプ情報も表-4の様に決定される。次に、工具の選定と切削諸元であるが、この例題の場合、工具は左右片刃バイト各々1本、溝切りバイト1本が用意されており、分割要素名1から8までは工具組数2、要素名9と10は工具組数1と割当てられている。その中から除去手順が決定された段階で、表-5に示す通り最適除去手順が最終決定され、切削諸元もその除去手順に従って表-6の様に決定されている。表-7は、最終的に決定されたCLデータの一部を、また図-29は、工具径路を示している。

(例題B)

部品形状を図-30に示す。この例題もAと同様に処理されるが、加工の途中で加工物の反転

表-4 クランプ情報

1	加工物固定方法(コード)	2000	13	第1回目のチャック先端位置	22.00
2	使用チャック(コード)	1000	14	第2回目 "	0.00
3	センタ穴呼径	4.00	15	第1回目の外径近寄り限界	25.00
4	爪付センタ呼称	0.00	16	第2回目 "	0.00
5	加工物反転の有無	-1	17	第1回目の内径切削範囲	245.00
6	加工不要面の有無	+1	18	第2回目 "	0.00
7	チャッキング可能サイド	+1	19	第1回目のチャック締付力	1818
8	第1回目のチャッキングサイド	+1	20	第2回目 "	0
9	内径切削範囲の状態	0	21	下穴用ドリル径	0.00
10	限界チャックつかみ代	20.00	22	"	0.00
11	第1回目のチャックつかみ代	22.00	23	"	0.00
12	第2回目 "	0.00	24		

表-5 除去手順

除去手順	使用工具
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 7 5 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 5 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 5 7 8 10 9	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 5 6 7 8 10 9	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 5 6 7 9 10 8	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 5 6 7 10 9 8	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 7 5 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 5 7 8 9 10	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 5 7 9 10 8	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5
1 2 3 4 6 5 7 10 9 8	1 1 1 1 1 1 1 1 5 5

MINI(11)=5.00]56
 1 2 3 4 5 6 7 8 10 9
 1 1 1 1 1 1 1 1 5 5

最適除去手順と工具

表-6 切削諸元

TOOL / DEPTH	SPEED	FEED/ELEMENT
1	1.00	186.61
2	.00	.00
3	.00	.00
4	.00	.00
5	.00	.00
TOOL / DEPTH	SPEED	FEED/ELEMENT
1	4.00	AP.05
2	.00	.00
3	.00	.00
4	.00	.00
5	.00	.00
TOOL / DEPTH	SPEED	FEED/ELEMENT
1	3.00	91.761
2	.00	.00
3	.00	.00
4	.00	.00
5	.00	.00

表-7 CLデータ

***** CLDA TABLE CLDA(M,N) *****
TOTAL NUMBER OF CLDATA 83

IN. I	I	XN	ZN	SH	CXN	CZN	+-R	TOOL	CH.P.	DUM.	C.V
I	11	*****		.0	.000	.000	.000	1.0	1.0	.0	1.0
I	21	39.000	247.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	1.0
I	31	34.000	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0
I	41	33.004	245.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	3.0
I	51	.000	55.996	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	4.0
I	61	34.000	55.996	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	3.0
I	71	33.502	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0
I	81	33.502	247.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	1.0
I	91	33.004	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0
I	101	29.000	245.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	3.0
I	111	.000	50.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	4.0
I	121	33.004	55.996	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	3.0
I	131	31.002	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0
I	141	31.002	247.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	1.0
I	151	29.000	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0
I	161	26.000	245.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	3.0
I	171	.000	70.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	4.0
I	181	29.000	67.000	.0	-3.000	67.000	26.000	.0	.0	.0	3.0
I	191	27.500	.000	.0	.000	.000	.000	.0	.0	.0	2.0

刃先X座標 | 刃先Z座標 | 円弧中心(X) | 円弧中心(Z) | 円弧半径 | 工具 | 速度コード

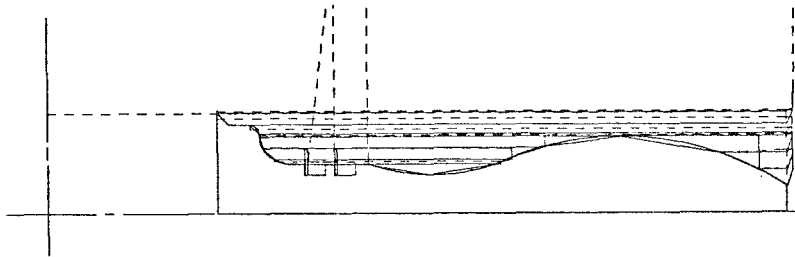


図-29 工具径路 (X-Yプロット出力)

を必要とする。その反転前後のクランプ情報は、表-8に示す通り妥当な判断がなされている。これに従って反転前後の切削範囲が決定され、分割要素は工程別に分けられる。その後、例題Aと同様に工具の選定、切削諸元、除去手順の設定が行われ、最終的に決定された工具、除去手順に従って、図-31、32に示す反転前後の工具径路が生成されている。

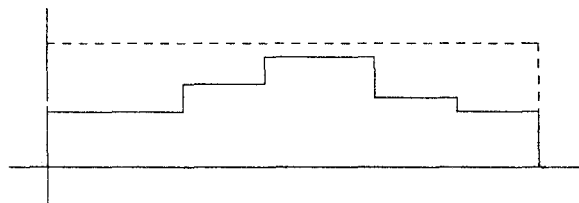


図-30 部品輪郭 (例題B)

これら、例題A、Bの使用工具と除去手順および工具径路は、一般の作業者が決める仕様に一致していると思われる。切削諸元に関しては、大むね妥当なものとなっているが、分割要素の取り代の違いにより、切込みがばらついており、将来、切込みの再配分など、さらに検討が

表-8 クランプ情報

1	加工物固定方法(コード)	2000	13	1回目のチャック爪先端位置	22.00
2	使用チャック(コード)	1000	14	2回目 "	22.00
3	センタ穴呼径	6.00	15	1回目の外径近寄り限界	25.00
4	爪付センタ呼称	0.00	16	2回目 "	25.00
5	加工物反転の有無	+1	17	1回目の内径切削範囲	180.00
6	加工不要面の有無	-1	18	2回目 "	180.00
7	チャッキング可能サイド	+2	19	1回目のチャック締付力	666
8	1回目のチャッキングサイド	+1	20	2回目 "	2400
9	内径切削範囲の状態	0	21	下穴用ドリル径	0.00
10	限界チャックつかみ代	10.00	22	"	0.00
11	1回目のチャックつかみ代	22.00	23	"	0.00
12	2回目 "	22.00	24		

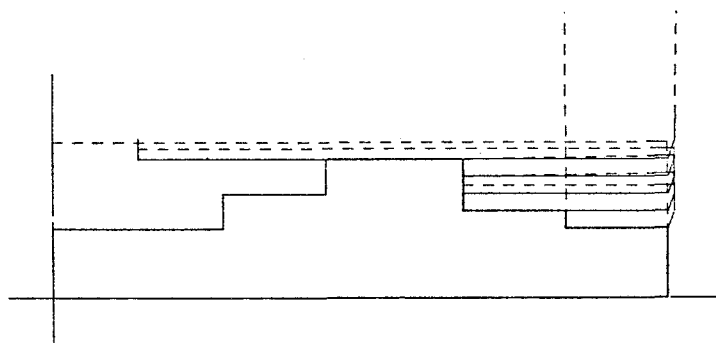


図-31 反転前工具径路 (X-Y) プロット出力

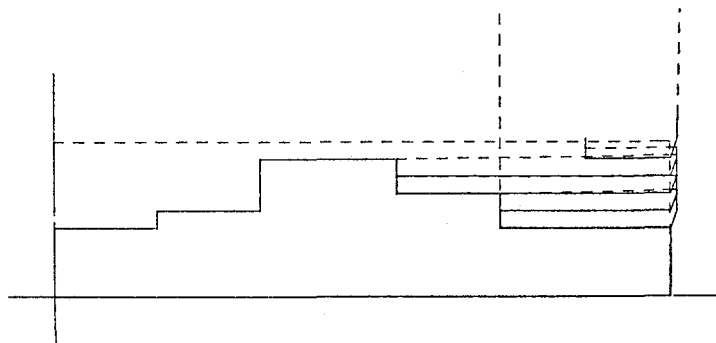


図-32 反転後工具径路 (X-Y) プロット出力

必要であると思われる。

V. あ と が き

設計から加工に至る一貫処理システムを指向した旋削加工用ソフトウェアシステムの開発を目的として、旋削加工における作業設計段階で決定しなければならない加工技術上の諸決定を自動的に行い、工具径路の自動生成を行う加工用ソフトウェアシステムを開発した。本システムの結論は、以下の様に要約される。

- (1) 素材および部品形状、素材材質、使用機械仕様のみという簡単な入力情報から、荒削り工程に必要な加工仕様の自動決定が可能である。
- (2) 加工仕様を自動決定するために、除去領域をその形状特徴および旋削作業の特徴から、小領域に分割処理する。
- (3) 工具径路生成のアルゴリズムを上記小領域のパターン毎にモジュール化し、それを結合することにより、全体の工具径路が生成される。
- (4) 生成された工具径路に従って干渉チェックを行い、旋削作業における移動系と固定系との間に生じる衝突を確認する機能を有する。
- (5) 各シミュレーション結果は、妥当なものである。

謝 辞

本システムの開発にあたって貴重な御意見を戴いた北大工学部精密工学科 沖野教郎教授、嘉数侑昇助教授に深く感謝の意を表す。

また、本研究の諸計算とデータ整理について産業機械工学専攻 東野郁夫君の努力に負うところが大きい、記して感謝の意を表す。

(昭和 55 年 5 月 20 受理)

文 献

- 1) 佐田登志夫(編集):生産システム, 日刊工業
- 2) 人見勝人:生産システム工学, 共立出版
- 3) 沖野教郎他:自動設計プロセッサTIPS-1のシステム設計, 精密機械, 42-10, 17
- 4) TIPS研究会資料, 49-1:TIPS-1マニュアル形状記述編
- 5) 及川正弘, 菊地千之 他:昭和54年度精機学会春季大会前刷 p.599
- 6) 及川正弘, 菊地千之 他:昭和54年度精機学会北海道支部学術講演会前刷 p.5
- 7) 黒河久男, 及川正弘 他:昭和54年度精機学会春季大会前刷 p.601