

# 教育用 APT 言語の開発\*

堀内 征治\*\*・堀内 泰輔\*\*\*

## 1. はじめに

かつて精度の高い製品の機械加工を目的として開発された数値制御 (NC) 技術は、現在では、一般の機械加工に対しても、著しく普及してきている。NC マシンは、NC 指令と呼ばれる一連のコマンド群を入力し、これによって作動する。この数値情報としての NC 指令は、通常紙テープ等の媒体に貯えられ、NC マシンを含む制御システムと、NC 指令を作るための NC ソフトウェアとのインターフェースとして位置づけられる。

従来 NC 指令は、利用者が紙テープせん孔装置付きタイプライタ等で作成する、いわゆるマニュアルプログラミングの手法が採られていたが、現在は、この NC ソフトウェアを重視した立場から、コンピュータ利用による NC 指令の作成、すなわち NC プログラミングの存在が重要となっている。この NC 指令へのクロスソフトウェアとして、種々の記述言語が検討され、現在は標準化の動向も含めて、APT (Automatically Programmed Tools) 系言語がその主流となっている。

APT 系言語は、3次元切削を容易にするために、きわめてきめ細かな記述体系を有し、精巧で複雑な製品の作成には威力を発揮するが、逆に、たとえば旋削のような2次元的な動作の記述には、はなはだ不便である。NC ソフトウェアの教育については、主として2次元の観点からのアプローチが多いため、APT 系言語を用いての教育は、かなりの負担を利用者に与えることが、種々の事例で紹介されている。加えて、この APT 体系の有効的な利用を望む場合には、大容量のホストコンピュータが必要となり、これに満たないハードウェア構成の教育機関では、やむを得ず旧態依然のマニュアルプログラミングに頼っているところも少なくない。

そこで、これらの点に着目して、上述の教育面に主眼をおいてのツールを開発し、その利用状況を把握したので、ここに報告したい。なお、今回の対象マシンは  $2\frac{1}{2}$  軸制御を可能とする NC フライス盤である。

## 2. 言語設計

教育用言語であることを第一義として、次の3点に基準を置いて言語の設計に当った。

- i) 初心者の理解を容易にするため、できるだけ簡便な言語体系にする。
- ii) APT 系言語にみられるような工具中心の記述方法ではなく、工作物 (図面) 中心の表現をとる。

---

\* 昭和56年8月 全国高専情報処理研究協議会情報処理研究発表会において発表

\*\* 機械工学科講師

\*\*\* 機械工学科助手

原稿受付 昭和56年9月30日

iii) 科学技術計算用コンパイラ言語の中での使用を可能にする。

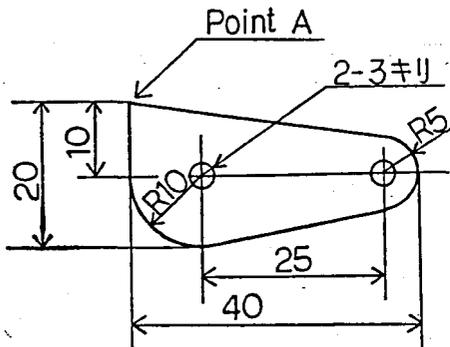
i), ii)についての基本的な構想は、工作物をまず2次元的に把握する(たとえば三角法による製図の概念)という、利用者の自然な習性にもとづいている。前述のように、3次元空間の工具の動きを理解しないとAPT系言語での記述ができない、という点は、ことに初心者にとって大きな障害である。また教育用として使う場合には、工作物そのものが、2次元的产品であることが多く、あらためて3次元的な観点に立って臨む必要はない。

これらを踏まえて、各コマンドが、目標とする製品の図面と1対1の対応をとり、図面上の各要素(たとえば直線部や円弧部等)、すなわち変換後の工具の加工工程が、容易に連想できるような言語体系を設定した。また利用者にとってきわめて煩わしい、工具補正に関する入力情報はすべて不要とし、命令数もできる限り少なくするよう配慮した。さらに、教育的観点と作業効率の面から、マンマシンシステムの長所をとり入れるべく、プログラム段階でブロック機能がとれる構成をもっている。

以上の観点から開発したコマンド群が表1に掲げるものであり、また、図1のサンプルワークを切削するために、本システムの言語で書き下したパートプログラムを図2に示す。2つの工具設定命令は、手順をブロック化し、構造を明確にする。また、4種類の工具移動命

表1 本システムのコマンド一覧

分類	コマンド名称	コマンド	方向回転座標パラメータ
工具設定命令	初期設定	TSET	(R or L, X, Y, Z)
	原点復帰	TRST	(S or H)
工具移動命令	直線切削	LINE	(X, Y)
	円弧切削	CIRC	(X, Y, R, P or N)
	穴あけ	DRIL	(Z)
	早送り	MOVE	(X, Y)



test peice (20t)

工具原点は Point Aより左上方にそれぞれ10mm

図1 サンプルワーク

```
TSET(R, X10, Y-10, Z-25)
LINE(X0, Y-10)
CIRC(X10, Y0, R10, N90)
LINE(X25, Y5)
CIRC(X0, Y5, R5, N180)
LINE(X-35, Y5)
TRST(S)
TSET(R, X20, Y-20, Z-10)
DRIL(Z-5)
MOVE(X25, Y0)
DRIL(Z-5)
TRST(S)
```

図2 パートプログラム例

は切削に関するすべての状態の表現を可能にし、それぞれのコマンドに指定されたパラメータを伴って、アSEMBLされることとなる。

しかしこの言語で書きあらわすことのできるものは、全くの2次元的工作物を対象とした場合であり、応用面での能力は貧弱である。この点をカバーするのが前述 iii) のコンパイラ言語とのマッチングである。すなわち、3次元ワークはすべて、2次元平板のインテグラルと考え、工作物の形状を FORTRAN プログラムによって分析、評価し、その結果を上述のコマンドを用いて追っていくもので、これにより、かなり複雑な工作物の切削も可能となった。図3はさかさカムを切削するためのプログラム例である。i), ii)の思想を受け、ほとんどの部分で根本的な変更をとまわず拡張できる点が特徴といえる。

```

USER TSET,LINE,TRST,WELC
DIMENSION K(10)
DATA K/1HS,1HA,1HK,1HA,1HS,1HA,1H ,1HC,1HA,1HM/
CALL WELC(K)
R=0.
CALL TSET(R,10.,-30.,-28.)
PAI=3.141592
H=2.*PAI/25.
T=0
XT=0.
YT=0.
DO 10 N=1,26
XX=T/PAI*50.
YY=SIN(T)*25.
T=T+H
X=XX-XT
Y=YY-YT
CALL LINE(X,Y)
XT=XX
YT=YY
10 CONTINUE
CALL TRST(1.)
CALL CHAIN(CHECKE,0)
STOP
END

```

図3 さかさカム切削のパートプログラム

### 3. システムの概要

上述の新しいタイプの言語によって書き下した工作物の図面情報（パートプログラム）が、NC指令（紙テープ媒体）に変換される過程を、初心者容易に理解させ、また、操作の上でも簡便さを失わないことを目標として、システム設計に当った。次の点が基本構想である。

- i) プログラム入力に当っては、教育面で有効とされているカードベースとすること。
- ii) このシステムの出力結果である紙テープは、コード変換を必要とせず、直接NCマシンに入力できること。
- iii) パートプログラムの翻訳は、完全なクロスソフトウェアであること。そして、実際の工具移動を表わすNC指令を、ラインプリンタにも出力することにより、利用

者の理解を深めること。

iv) システム中に、NC チェッカと称するソフトウェアを用意して、論理チェックを行い、初心者が起こしやすい工具の暴走を未然に防ぐことが可能なこと。

v) 多人数教育に対する配慮として、ジョブコントロールおよびアウトプット仕様に工夫を施すこと。

以上の点から開発したシステムのプロセスフローチャートを図4に示す。これは大別して、次の3つの部分から成り立っている。

### 3-1 翻訳ルーチン

このルーチンでは、カード媒体に変換されたパートプログラムの内容を入力し、各コマンドをNC指令に翻訳して、補助記憶装置に書きこむまでの一連の作業が割り当てられる。

翻訳では、コマンドが少ないことから、キーワードサーチ方式をとり、それにより、該当する処理ブロックに移って、パラメータの変換を図っている。NC指令には製品の情報の外に、工具を制御するための各種補正值を必要とするが、前述のように、コマンドおよびパラメータにはその情報が含まれていない。そこで、コマンドの前後の関係から現在の状態を判断し、この段階で補正パラメータを作り出している。さらに、当然のことながら、文法のチェック機構もここに含まれ、パートプログラムの内容に誤りが認められると、きめ細かにエラーメッセージの表示を行う。

エラーのないプログラムの場合は、変換されたNC指令がラインプリンタにも出力され、次段のルーチンへ移行する。

### 3-2 論理チェックルーチン (NCチェッカ)

翻訳されたNC指令を紙テープにおとして、直ちにNCマシンにかけることは、ことに初

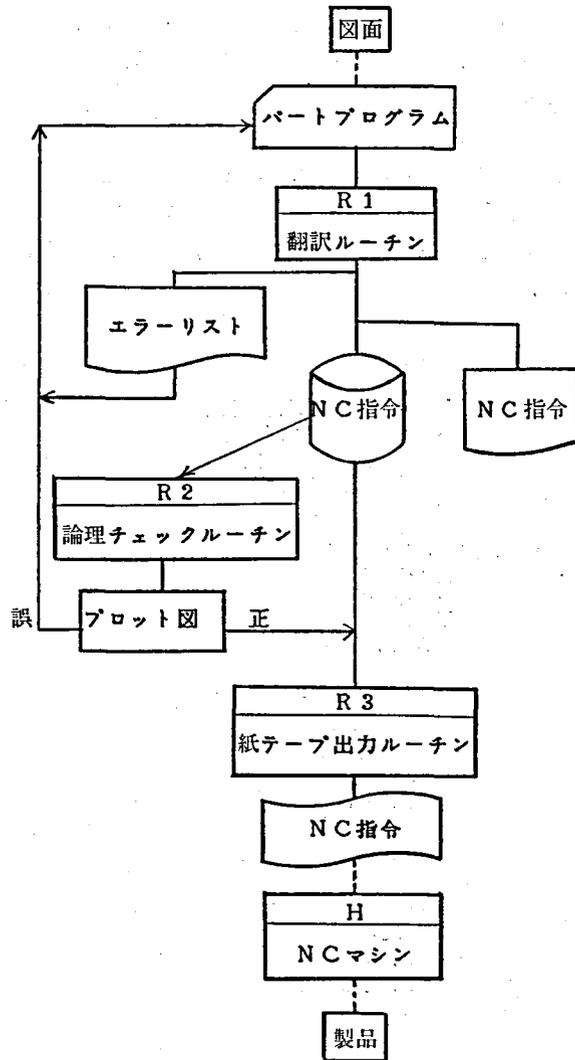


図4 プロセスフローチャート

心者にとっては望ましくない。プログラム中に論理上の誤りがあった場合に、予期せぬ工具の動きがあらわれ、工具の破損等の事故につながるからである。そこで、この段階にはいる前に、変換された工具の動きを、簡易プロッタにシミュレートさせ、目的の工作物の図面と一致するかどうかを確認するための機構を挿入した。これをNCチェッカと称している。工具のシミュレーションの結果は、目的とする製品の原寸で表現され、また、工具補正に伴う動きを除いているので通常は理解しやすい。しかし、3次元物体の場合は2次元平板の積分表現になってしまうので、多少わかりにくくなる恨みがある。

チェックの結果、修正が必要か、次の段階に進むかは、利用者自身により判断される。

### 3-3 紙テープ出カルーチン

前段で補助記憶装置に格納されたNC指令を、NCマシンの入力媒体である紙テープとして出力する。前述の多人数教育の便を図って、テープの先頭には、利用者の識別記号(氏名・コード・製品名等)が花文字表現でせん孔され、つづいてNC指令がアウトプットされる。記憶装置内のNC指令と、NCマシンの指定コードは、一般に異なることがあるため、この段階でコード変換が必要である。今回はEBCDICコードからASCIIコードに変換して出力し、NCマシンへの直接入力が可能となるように配慮した。

これら一連のルーチンは、これを制御するメインルーチンによってコントロールされ、多人数の教育にも支障をきたさない。

なお、本システムに使用したホストコンピュータおよび周辺装置を表2に示す。上述の各ルーチンは互換性の上から、ほとんどの部分をFORTRANで記述し、一部をアセンブリ言語で補った。全体の構成はおよそ2000ステップである。

サンプルプログラム(図2)の出力例を、図5に示す。

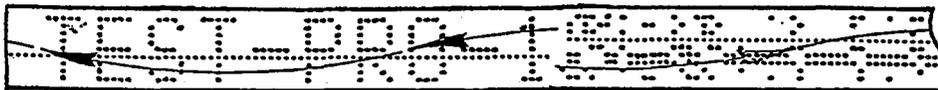
表2 システムに必要なハードウェア

ホストコンピュータ	FACOM 230-25 (使用メモリ32KB) (コンソール・システムドラムを含む)
周辺装置	カード読取装置(F670-A) ラインプリンタ装置(F648K) ディスクバック駆動装置(F462K) 紙テープせん孔装置(F775C) パーソナルプロッタ(WX4631)

## 4. システムの評価

このシステムは、現在、当初目的としたNC教育用の言語と、実用的な製品作成の2つの分野で使用に供している。ここでは、主に前者についての使用状況をもとに、本システムの評価を試みたい。

設計・開発のねらいである使用上での簡便性については、その教育に要する時間が、ひと



```

G91G17G42G00X+001000Y-001000I+000000J-001000H00
G18Z-002200M03
G17G01X+000000Y-001000F100
G39I+000000J-001000
G17G03X+001000Y-001000I+001000J+000000
G39I+002500J+000500
G17G01X+002500Y+000500F100
G39I+000500J+000000
G17G03X+000000Y+001000I+000000J+000500
G39I-003500J+000500
G17G01X-003500Y+000500F100
G17G00G40X+000000Y+000000Z+002200M05
M00
G91G17G42G00X+002000Y-002000I+000000J-001000H00
G18Z-000700M03
G18G01Z-000800F20
G04P300
G18G01Z+000800F20
G17G00X+002500Y+000000
G18G01Z-000800F20
G04P300
G18G01Z+000800F20
G17G00G40X+000000Y+000000Z+000700M05
M00

```

図5 サンプルプログラムの出力例

つのパラメータになると思われる。そこで、そのプログラミング時間とマニュアルプログラミングの時間に着目して比較検討した。測定は、NCのプログラミングについて全くの初心者と、マニュアルプログラミングにおいてはかなりの経験を積んでいる者の、2つのグループについて行い、同一条件でいくつかのモデルについてのプログラムを課題とした。図6はその結果である。横軸はモデルワークの複雑さを表わすもので、実際には本システムの言語によるプログラムステップ数を取り、縦軸にそれぞれのプログラム所要時間を示した。これからも明らかなように、本システム利用の場合は、マニュアルプログラミングに比して、かなり短時間で完了している。ことに、初心者の場合の両者の差は著しく、目標とする製品の複雑さが増すにつれ、その傾向は拡大する。また、本システムによるプログラムでは、経験者と初心者の差がほとんどなく、また個人差も認められない。このことは、初心者のプログラムエラー率が、わずか1.5パーセントという事実と合わせて興味深い。

言語の簡便性は上述のとおりであるが、これが、NCマシンの理解に直接つながると思えない。しかし、前述のように、NC指令をプリンタに出力させ、工具の動きと対応させて教育することは、かなり有用と思われ、ことに、従来マニュアルプログラミングのみで教育を受けた者に比べ、プログラム時間を大幅に短縮できるためか、一般に理解度はより深い。

APT系言語との厳密な比較は、現在のところまだ為していないが、これを用いてのNC教育に、約半年を費しているという一高専の実情とあわせて考えると、本システムがやはり

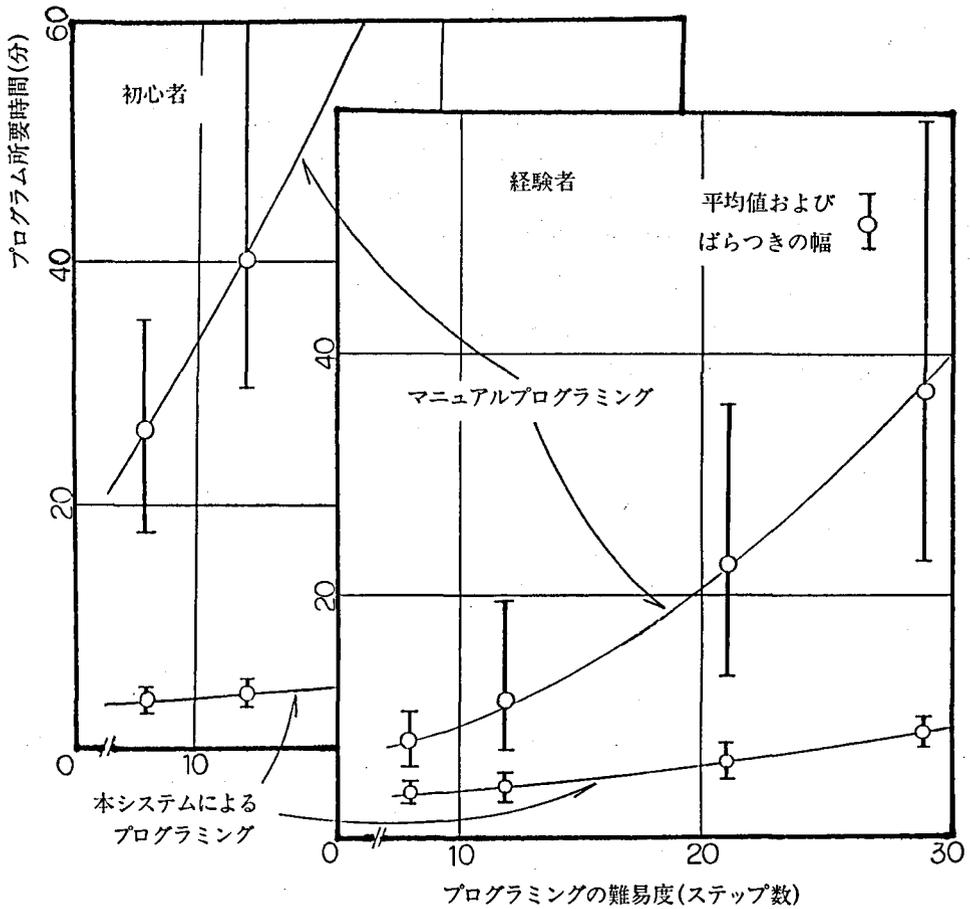


図6 プログラミング時間の比較

簡便であると推察される。

なお、システムの実行時間は、初心者教育用のジョブで、チェッカ操作を含めても平均2分弱であり、これにデバッグ時間を考慮しても、従来のものより効率が高い。

さらに実用面においても、FORTRANの特徴である関数評価と、アルゴリズムの反復が可能なことから、従来複雑と思われて手控えていた、翼やカムの切削例が増していることから、本システムの有用性を指摘できよう。

### 5. あとがき

NC理解のツールとして、簡易的な教育用言語を開発し、その使用の状況から、システムの有効性を示した。

このシステムは、それ自体小規模なことから、 $2\frac{1}{2}$ 軸制御のNCマシンの制限を受けることはもちろん、いくつかの使用上の条件を課せられる点のあることも、否めない事実である。しかし、教育用としての立場からは、これらはほとんど問題なく、また応用面でも、高級言

語の主ルーチンでの記述次第で、十分力を発揮できるものと思われる。

今後は、システムに、できるだけ汎用性をもたせることを目標とすると共に、APT系言語の大きな弱点ともいえるNC旋盤への応用を課題としたい。

おわりに、本研究の一部は、昭和53～55年度の本校機械工学科の卒業研究の1テーマとして与えたものでもあり、昭和56年7月、これに対して財団法人工作機械技術振興財団より振興賞（奨励賞）を受けた。本報をまとめるに当たり、当時労苦を共にした阿部信正・川島清一・米倉和昭・鈴木 宏の4君に深く感謝の意を表する。

#### 参 考 文 献

- (1) 島田富夫、数値制御，bit. 111 (1977). 182-197
- (2) 南剛一郎 NC/APT の基礎，日刊工業新聞社