

NCプログラム・シミュレータの開発

(昭和56年10月24日 原稿受付)

機械工学教室	竹	内	芳	美
〃	池	崎	八	生
〃	坂	本	正	史

Development of NC Programming Simulator

by Yoshimi TAKEUCHI
Yatsuo IKEZAKI
Masafumi SAKAMOTO

This study deals with the development of software to simulate the movement of a tool according to NC program, making use of a simple plotter linked to a personal computer. From the tool pass drawn by the plotter, it is readily judged whether or not the tool moves as is expected. The software developed in the study was applied to the practical training of NC programming for students. As a result, it was found to be markedly useful.

1. 序 論

近年、エレクトロニクスの目覚ましい進歩や製品に対する多様な要求に応じた多種少量生産を背景にして、機械加工の分野にNC (Numerical Control) 工作機械やCNC (Computerized NC) 工作機械が導入され、今や中小企業でも数多く稼動中である。

NC 工作機械を運転するには、工具の動きやそれに付随した切削条件を適宜選定してNC 指令を作成することが必要であり、NC 機を十分に活用するには、適切なプログラミングを短時間で完了することが望ましい。このため、NC プログラミングを短期に習得するよう、様々な機器やソフトウェアが発売されているが、訓練に専用的に使用する以外は、高価な感がある。そこで、実習・教育に役立つという目的から、マイクロコンピュータとプロッタを使って、NC 旋盤用プログラミングを手軽にシミュレートできるシステムを開発した。

本システムでは、NC プログラムをマイクロコンピュータに入力し、編集機能を使用し整理した後、工具の動きをプロッタに出力することにより工具と工作物が衝突しないか、また工具の動きは希望通りであるかを容易に判断できる。NC プログラミング実習に本システム

を適用したところ、非常に効果があることが認められたので報告する。

2. NC プログラミング

CNC 工作機械では、MDI (Manual Data Input) 式のようにCRT を見ながらキーボードから直接にNC 指令を入力することもできるが、一般にNC 機は、紙テープにNC 指令を穿孔したものを入力媒体として用いている。紙テープには工具の動きが記されており、その動きは図-1に示されるような座標系上で規定されている。

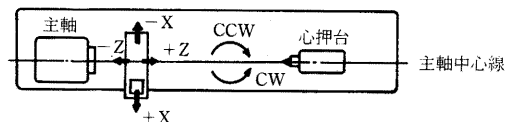


図-1 旋盤を上から見たときの軸とその方向

NC 工作機械には、紙テープに記録する移動量数値の最小単位が定められており、これを入力単位と呼ぶ。また、それに対応して、1パルス当りの機械の移動量も機械ごとに決まっています、これを出力単位と呼ぶ。本研究で使用するNC 旋盤は、制御装置に富士通ファナック製FANUC 20A をもつ山崎鉄工所製MAZAK M2 であ

り、そこでの入力単位は、0.01 mm を 1 としている。出力単位は、工作物の直径方向である X 軸で 0.005 mm/pulse (直径換算で 0.01 mm/pulse)、長手方向である Z 軸で 0.01 mm/pulse となっている。

NC プログラミングは、シーケンスナンバと呼ばれる N に続く 3 桁の数字とその後に種々な機能を表わす命令から成り立つブロックの集合である。NC 指令を理解するために、各機能について簡単に説明する。

G-機能 (準備機能) : G 機能のあるブロックが持つべき機能を NC 装置が持つべく準備させる機能で G のあとに 2 桁の数字が必要である。このあとに移動指令数値が続く。移動量は、X、Z でアブソリュート量に、U、W でインクリメンタル量になる。

- G 0 0 位置決め (早送り)
- G 0 1 直線補間 (切削送り)
- G 0 2 円弧補間 (CW 方向)
- G 0 3 円弧補間 (CCW 方向)
- G 0 4 ドウエル
- G 3 2 ネジ切り
- G 3 3
- G 5 0 座標系設定

⋮

G 5 0 を用いて、プログラム上で任意に座標系を設定できる。この指令は、以後改めて指定し直すまで有効である。図-2 に G 5 0 の例を示す。

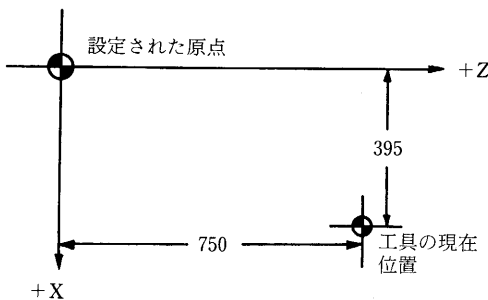


図-2 座標系の設定例 (G50 x79000 Z75000)

F-機能 (送り速度指定) : 工作物に対する工具の送り速度を指定する。F 4 桁指定という直接指定をとっており、mm/rev で主軸 1 回転当りの工具の動きを表わす。例えば、F 0 0 1 0 = 0.1 mm/rev である。F 機能は、数値語を含むブロックの中に入れて使用

するのが普通であるが、単独でブロックを形成してもかまわない。

S-機能 (主軸機能) : 工作機械の主軸回転数を指定する。S に続く 2 桁の数字に対応する回転数が選択される。

M-機能 (補助機能) : NC における座標値に関する制御以外の補助的な機能のオン・オフ制御を行なう。

M に続く 2 桁の数字で記述する。

- M 0 2 プログラムの終了
- M 0 3 スピンドル CW オン
- M 0 5 スピンドル・オフ
- M 3 0 テープ終了

⋮

T-機能 (工具機能) : 工具を選択する機能で T に続く 2 桁の数字でタレットの面を指定する。

NC プログラミングは、以上のような機能を使用して加工順序を記述したものと言える。従って適切にプログラムしないと、工具が工作物に衝突したり、工作物を余計に切りすぎるのが起きる。このような場合を想定して、通常は加工に先立って無負荷運転でテープチェックを行なうが、それを避けようとするのが、本システムのようなシミュレータの役目である。

3. シミュレーションプログラム

NC プログラムのシミュレーション・プログラムは、図-3 のフローチャートが示すように構成されている。最初に新しい NC プログラムを作るのか、あるいは、既にファイルされている NC プログラムを読むのか尋ねられる。新たに NC プログラムを作成する場合には、CRT 上に表示されるシーケンス番号に続いて NC 指令を順次、入力してゆく。1 ブロックの入力中に入力間違いがあった場合には DEL キーを使って訂正する。NC プログラムの入力は、前章で説明した“MO2”の指令が入力されると次のステップである編集モードに進む。

入力された NC プログラムの修正・削除・挿入などは簡単な編集機能を利用して行なうことができる。編集のために、次の 4 つのコマンドを定義している。

- R：ブロックに誤りがあるとき、そのブロックをク
リヤーして、新たに NC 指令を入れ直す。
D：ブロックを消去する。
I：新しい NC 指令をブロックとして挿入する。
L：指定したシーケンス番号間のブロックを表示す
る。

NC 指令を入力してゆく際にシーケンス番号は自動的
に付けられていくようにされているので、各コマンドの
後にシーケンス番号を指定して編集する。ブロックの消
去・挿入に伴って各ブロックに付けられているシーケ
ンス番号は更新される。この編集機能は、言うまでもなく
ファイルから読み込まれた NC 指令に対しても有効で
ある。

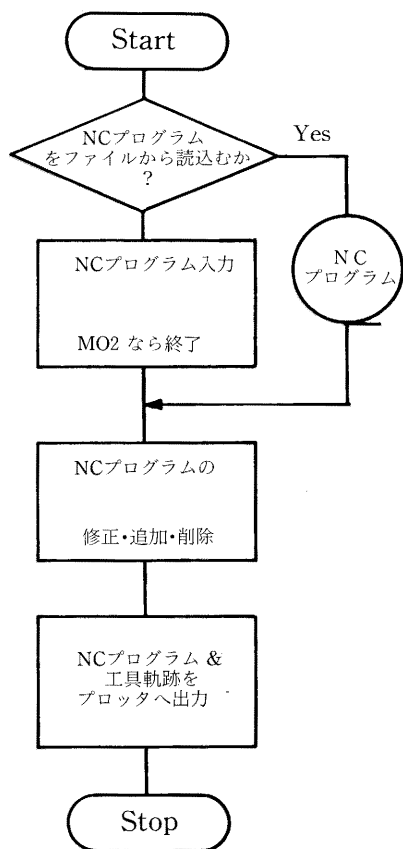


図-3 シミュレーションプログラムの
フローチャート

NC プログラムに誤りがないと判断されると、次のプ
ロッタを作動させるステップへと移ることができる。

NC 指令に基づく工具の運動(工具軌跡)を書く前に望
むなら用紙に枠とタイトル、および NC プログラムを描
かせることもできる。

工作物の加工前の状態をプロットした後、図-4に示す
フローチャートに従って工具軌跡が描かれ始めるが、そ
れに先立って、工作物と工具の動きの最大値が用紙内に
納まるかどうかチェックし、スケール・ファクタを決定
する。工作物の左端を原点にするように座標系を指定す
るとしたので、工具の動きの最大値を判別すればよく、
これは“G50”に続くX, Zの値によって定まる。用紙内
に実寸法が入るならば、スケール・ファクタは1とし、
拡大はしない。すなわち、スケール・ファクタは常に1
以下である。

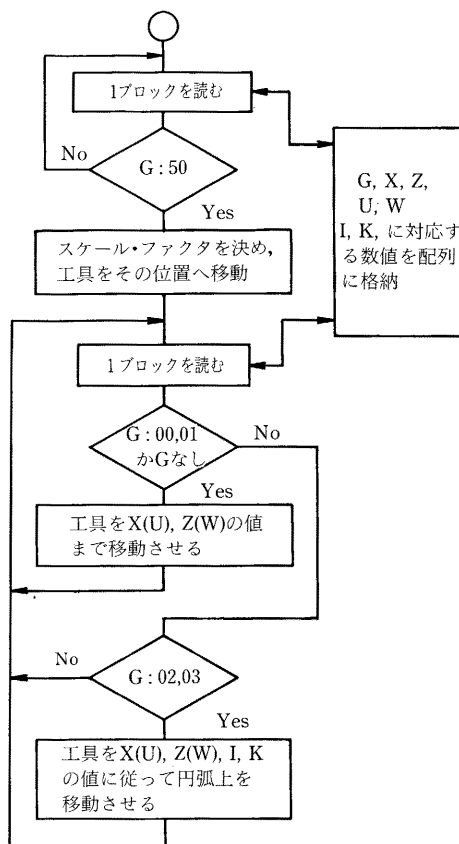


図-4 工具軌跡プロットのフローチャート

シーケンス番号に従って、1ブロックずつ NC 指令が読まれる。そのブロック中に各機能を示す文字があるかどうかを判定し、あればそれに続く数字を数値として対応する領域に格納する。ブロックは、Gが50になるまで読み飛ばし、50になって初めて工具の出発点が定まり、それに伴って原点も指定されることになる。さらに、ここでスケール・ファクタも計算される。

次のブロックからは、G 0 0 か G 0 1 があると工具は指定された位置まで動く。また、G 0 0 あるいは G 0 1 が現われた後は、その指定が持続されるので、X、Zなどが存在すればその数値の指定する個所まで工具は移動する。

Gが0 2、0 3のときは、X、Z、I、Kなどの値に従って工具は円弧上に動く。このとき、各パラメータのもつ意味は図-5に示されるとおりである。

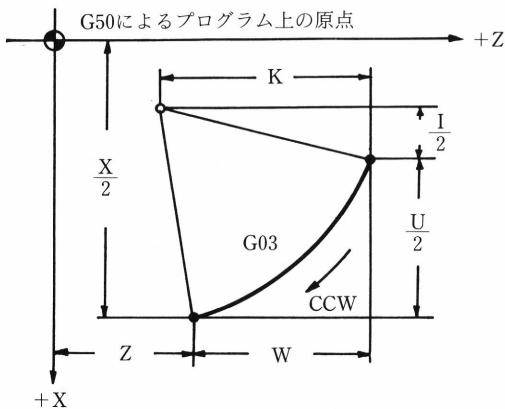


図-5 円弧指令に関する座標値、移動量

最後のブロックまで、この手順が繰り返され、その結果、プロッタに工具軌跡が描かれる。

このプログラムでは、F、S、T機能に関する情報をすべて無視している。プロッタの出力結果から判断できるのは、工具軌跡が予定していたものであるかどうかだけで、切削条件の適・不適は判別できない。また、工具軌跡は、工具先端の動きを示すものであり、加工の方向すなわち、外周旋削か中ぐり加工かによっては工作物との相対関係から工具と工作物が現実には衝突する場合もあるが、そのようなチェックはプログラムでは行なっていないので、使用者が出力結果から判断しなければならない。

NC 指令中にアブソリュート値を示す X、Z とインク

レメンタル値の U、W を混在させても本プログラムは対処できる。このプログラムは BASIC 言語で記述されており、約500ステップの大きさである。

4. システム構成

システム全体を写真-1に、その構成ブロック図を図-6に示す。マイクロコンピュータは、SORD M223MK-II (64KB) で2個のミニフロッピーディスクユニットを有している。これに、BASIC でコントロール可能なデジタル入出力装置 (8bit 各4ポート) を介してプロッタ (渡辺測器製 WX 4671) が結合されている。プロッタは写真-1からも分かるように、フラットタイプで A 3 用紙の大きさまで作図可能である。



写真-1 システム概観

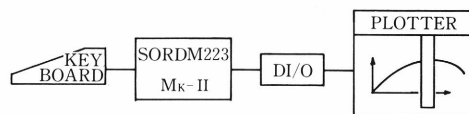


図-6 システム構成ブロック線図

プロッタへの出力は ASCII コードで行ない、その手順は次のようになっている。

作図命令としてのコマンドは、L、B、D、M、I、R、X、H、S、Q、D、Nの12種の命令があり、その内容は表-1のようになっている。パラメータは数値で与えられ、最大で10進数4桁で記述する。それは移動量、または座標値を0.1 mm を1単位として表わす。

文字は、英大小文字、数字、その他の計98種類が使用可能となっている。

表-1 作図命令の種類

作図命令	入力命令	機能
LINE TYPE	Lp	P=0で実線, P=1で点線
LINE SCALE	Bl	点線のピッチ指定
DRAW	Dxi, yi	現在位置からxi, yiに線を引く
MOVE	Mxi, yi	現在位置からxi, yiにペンを上げたまま移動
RELATIVE DRAW	IΔx, Δy	現在位置からΔx, Δyの線分を引く
RELATIVE MOVE	RΔx, Δy	現在位置からΔx, Δyだけペンを上げたまま移動
AXIS	Xp, q, r	座標軸を書く、P=0でY軸, P=1でX軸
HOME	H	ペンを上げたまま原点へ復帰
ALPHA SCALE	Sn	文字の大きさの指定
ALPHA ROTATE	Qn	文字の方向の指定
PRINT	Pci	Ciで指定される文字を連続して描く
MARK	Nn	nで指定されたマークを描く

マイクロコンピュータには、これらの命令をコントロールするためのサブルーチンが入っており、BASIC中でCALLできる

5. システム使用例

本システムを使用して描いた工具軌跡を2例に示す。図-7(a)は、外周旋削を施す工作物の例で、この部品を得るためのNCプログラムとそのときの工具軌跡が図-7(b)である。

図-8(a)は、チャック仕事を主体とする部品の例で、同様にして得られた工具軌跡を図-8(b)に示す。これらの図より所望する部品形状が形成されているかどうか直ちに判別できる。

プログラム準備時間は人により違ってくるが、プロッタに出力するのに要する時間は、上の2例で約10分である。

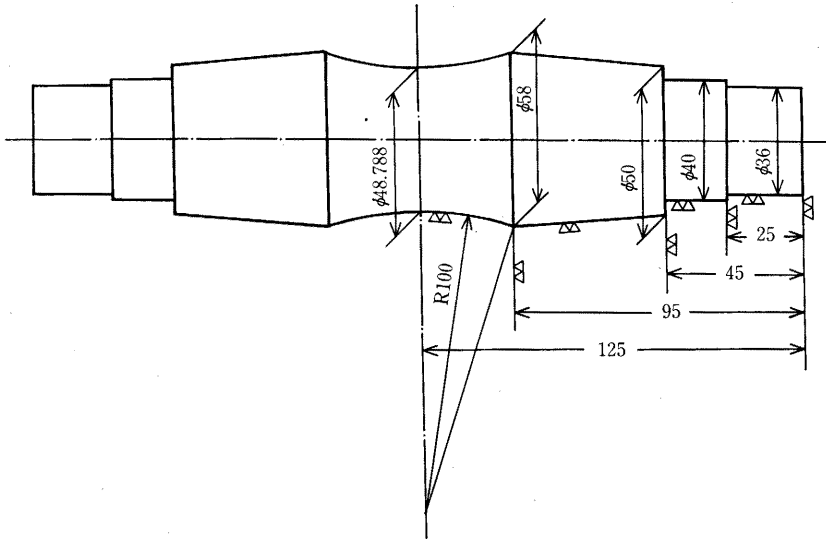


図-7(a) 工作物形状

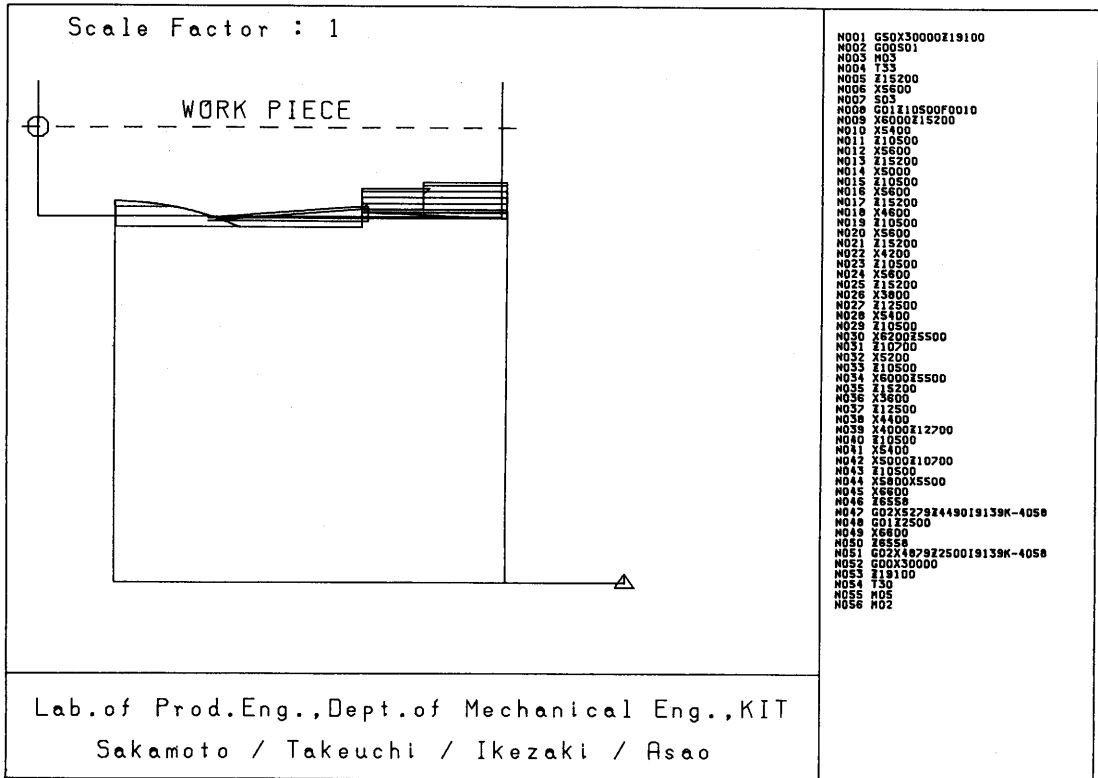


図-7(b) 工具軌跡とNCプログラム

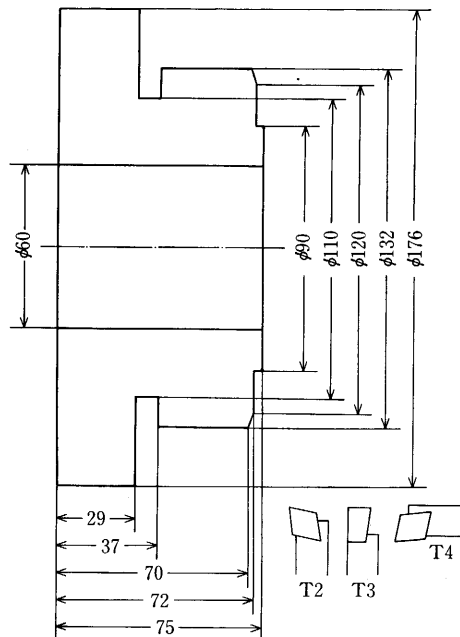


図-8(a) 工作物形状

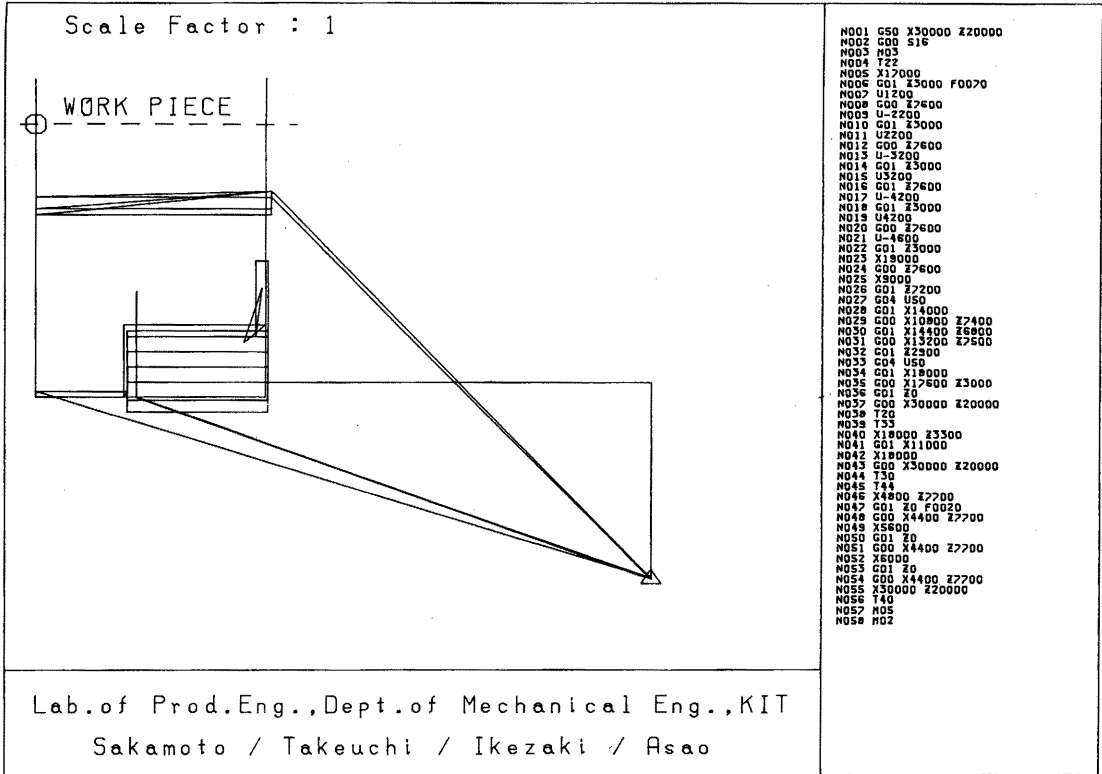


図-8 (b) 工具軌跡とNCプログラム

6. 結 論

NC プログラムの理解を促すために、そのシミュレーションプログラムを開発し、実習・実験に用いたところ、非常に効果があり、機械加工の自動化に興味を持たせることができた。

本研究を進めるにあたり、協力された浅尾晃通技官に感謝する。