

三菱ミーリングセンタ用パソコン NC の開発

Development of Personal Computer Based CNC for Milling Center

広島工機工場 上 田 茂 夫*¹ 井 手 健 介*¹
松 村 昭 彦*²

近年、工作機械の NC 比率は高まってきているが、依然として NC の知識が不要、少ロット生産の場合 NC 機よりも効率が良いといった理由から、手動機も数多く使用されている。このような点に着目し、汎（はん）用フライス盤の使いやすさと NC 機であるマシニングセンタの自動化機能を兼備えた機械“三菱ミーリングセンタ V 360”に搭載する NC 装置を開発した。本 NC 装置は、パソコンをベースにし、NC に必要な基本機能と、当社独自の簡単な加工プログラム作成機能をソフトウェアで行い、使いやすさと低コストの両立を実現した。V 360 はすでに多数のユーザに納入され好評を得ている。

In recent years, the ratio of CNC (Computerized Numerical Control) machine tools has been increasing. However, manually operated machine tools are still used because they are unnecessary of knowledge for CNC, or applicability in small lot production. We have developed a PC (Personal Computer) based CNC for Milling Center V 360 which has the following features. (1) As easy to operate as manually operated machine tools. (2) As high productivity as CNC machine tools. We have given them the following functions with software on the PC. (1) Basic CNC functions. (2) Man Machine Interface. (3) Programming aids for machining. The Milling Center V 360 has already been delivered to many customers and has an excellent reputation because it is easy to operate, has high productivity, and is economical.

1. ま え が き

工作機械の NC 比率は年々高まっているが、NC の知識が不要、少ロット生産の場合 NC 機よりも生産効率が良いといった理由から、依然として手動機も数多く使用されている。また、中小企業などでは、高価であるため手が出ない、NC の知識、特に加工プログラムの知識を持った技術者が居ないなどといった問題から、NC

機を導入できない場合もある。

このような現状に着目し、手動機の使いやすさとマシニングセンタの自動化機能を兼備えた新しいコンセプトの機械“三菱ミーリングセンタ V 360”を開発することとなり、この機械に適した制御装置が必要となった。

一方、近年パソコンの高性能化と低価格化及びハードウェアの信頼性の向上により制御装置への応用が急速に普及し、パソコンを工作機械の制御装置として利用する環境が整ってきた。このような背景から、独自の機能を組み込みかつ低価格を実現する目的で、パソコンを利用した NC 制御装置を開発した。本報では、開発したパソコン NC のシステム構成と特徴について述べる。

2. V 360 の概要

図 1 に機械の外観を示す。また、表 1 に機械仕様、表 2 に NC 装置の仕様を示す。三菱ミーリングセンタ V 360 の特徴を次に示

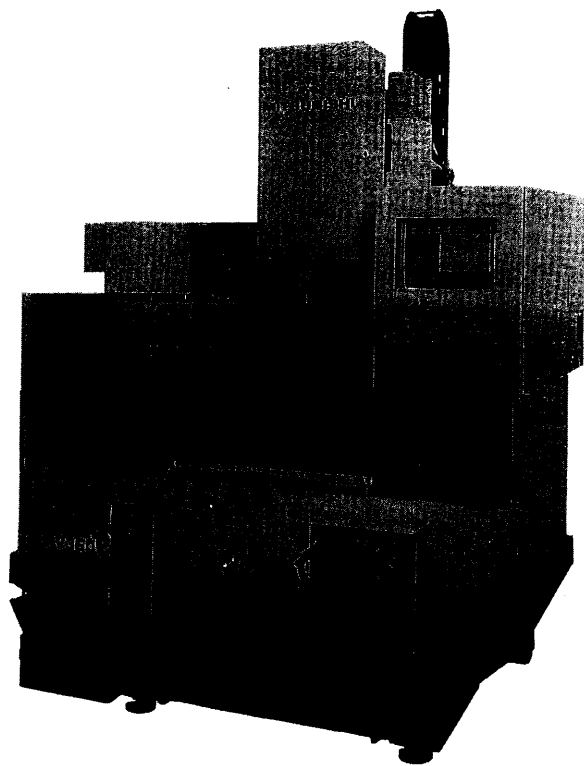


図 1 三菱ミーリングセンタ V 360 制御装置にパソコン NC を採用した。
Mitsubishi Milling Center V 360

表 1 V 360 の機械仕様
Mechanical specification of V 360

項 目		仕 様
移動量	X 軸移動量	510 mm
	Y 軸移動量	360 mm
	Z 軸移動量	460 mm
テーブル	作業面の大きさ	630×360 mm
	最大積載量	250 kg
主 軸	回転速度	60~2 000 rpm
	テーパ穴	ISO/N.T. No.40
	主軸用電動機	AC 7.5 kW (最大定格)
送り速度	早送り速度	10 000 mm/min
	切削送り速度	1~4 000 mm/min
自動工具 交換装置	工具収納本数	12 本
	工具最大径	φ 120 mm
	工具最大質量	7 kg
	工具交換時間	12 s
機械質量		3 800 kg

*1 技術部電子制御課主務

*2 技術部電子制御課

表2 V 360 の制御装置仕様

Control system specification of V 360

項目	仕様
制御軸	制御軸数 3 軸
	同時制御軸数 早送り 3 軸
	切削送り 2 軸 (X-Y 補間)
	軸名称 X, Y, Z
CRT	最小設定単位 0.001 mm (0.0001 in)
	14 インチフルカラー CRT
手動送り	ハンドル送り
	早送りオーバライド 0, 25, 50, 100 %
	切削送り速度設定
	切削送りオーバライド 0 ~ 200 %
特殊手動送り	直線加工
	円弧加工
	リミット加工
主 軸	主軸速度設定
	主軸オーバライド 50 ~ 200 %
座標系	ワーク座標系 1 座標系
	相対座標系
座標値と寸法	小数点入力
	インチ/メトリック切換え パラメータで切換え
工具機能	工具登録 12 個
	自動工具交換
工具補正機能	工具長補正
	工具径補正
	工具補正個数 12 個
補助機能	クーラントスイッチ
	シングルブロックスイッチ
	ハンドル割込みスイッチ
	主軸工具緩めスイッチ
	ソフトスイッチ
ティーチング機能	動作記憶
	登録プログラム数 100 個
プレイバック機能	記憶動作の再現
自動運転	自動起動ボタン
	一時停止ボタン
表示と設定	時計機能
	工具使用時間表示
安全に関する機能	非常停止
	ストロークリミット設定
	インタロック機能

す。

- (1) 各軸独立したハンドル操作により手動機と同じ感覚で使用できる。
- (2) 円弧、穴加工工程などを NC の知識なしで簡単に行える。
- (3) 1 個目の加工をティーチングすると、2 個目以降のワークを自動で加工できる。

3. パソコン NC の分類

通常、工作機械の NC 装置は、送りモータを含め NC メーカーから購入し機械に組込む形を採る。このため、プログラムを使った自動運転に最も重点が置かれ、V 360 のコンセプトを満たす独自の機能を盛り込み難い。

しかし、近年パソコンの高性能化に伴い、パソコンを制御装置に利用するケースが増えてきた。図 2 に、従来の NC とパソコン NC の構成を示す⁽¹⁾。

今回開発した NC は、低コストと独自機能の自由な組み合わせという目的から、下記(3)の②の構成を採用した。

(1) 従来の NC

従来の NC は制御装置、アンプ、モータとも専用ハードウェア

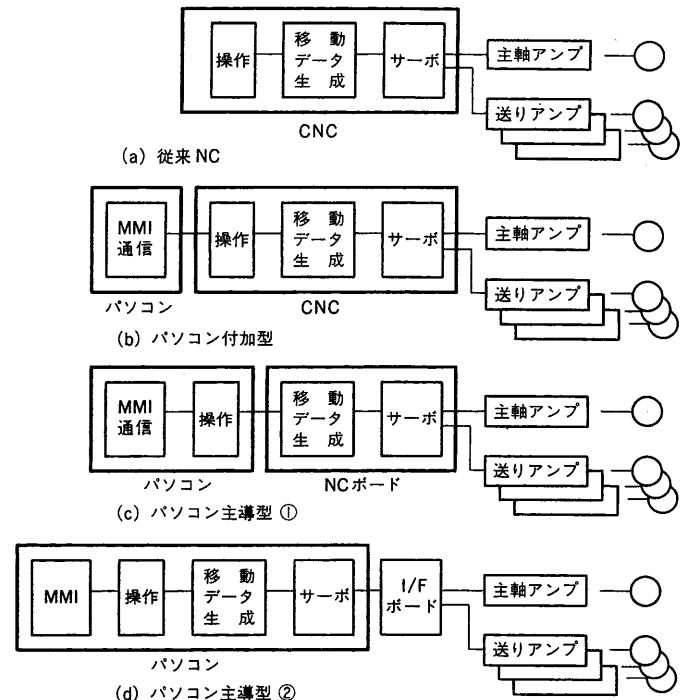


図2 パソコン NC の分類 パソコン NC は構成により三つに分類される。

Classification of personal computer based CNC

アで構成され、ソフトウェアも固定化されている。このため、独自の機能を盛り込み難い。

(2) パソコン付加型

高級機指向で、従来の NC 装置にパソコンを付加する。NC の機能はそのままで、MMI (Man Machine Interface) や通信機能を付加することができる。一方、NC 制御内部まで立入った機能付加は実際上できない。

(3) パソコン主導型

パソコンを制御装置の主体としたもので、NC 制御を専用の CPU により処理するか、パソコンの CPU 自体で処理するかにより次の二つに分類される。

① 専用 CPU による処理

パソコンに専用 CPU を持つ NC ボードを組込むタイプ。

パソコンは MMI の部分を受け持ち、NC 制御は NC ボードが行う。このタイプは NC ボード、アンプ、モータに汎用品を選ぶ、構成の自由度が高い。

また、独自機能の組込みもしやすい。

② パソコンの CPU による処理

パソコンに NC 制御の一部または、ほとんどを受け持たせるタイプ。安価なインタフェース用のボードを接続すればよいことから、最も安価に構成できる。

ただし、パソコンの CPU 性能により持たせる機能に限界があるので機能の絞込みが必要である。

4. ハードウェア構成

本 NC のハードウェア構成を図 3 に示す。パソコンと I/F ボード、DI/DO ボード、各軸の送りモータとサーボアンプ、主軸モータと主軸アンプから成る。

(1) パソコン

NC 制御のほとんどを処理する。世界標準となっている ISA バス仕様の IBM PC/AT 互換機を採用した。キーボードは使用環

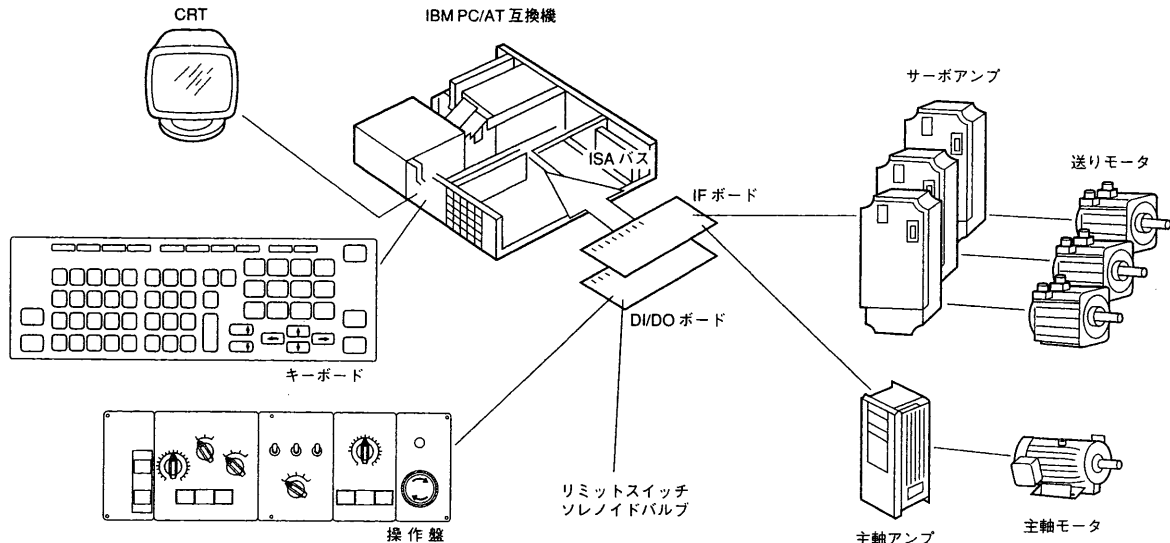


図3 ハードウェア構成 IBM PC/AT 互換パソコンに、2 枚の ISA バス仕様ボードを装着している。
Control system hardware configuration

境が厳しいことから専用のシートキーを作成した。主要仕様は次のとおりである。

- CPU : Pentium 75 MHz
- メモリ : 8 Mbyte
- ハードディスク : 625 Mbyte

(2) I/F ボード

パソコン内で処理した移動データを±10 V の速度指令に変換する。また、フィードバック信号を受けて座標位置をカウントするカウンタを持つ。本ボード内で位置ループ制御も行っている。

(3) DI/DO ボード

操作スイッチやリミットスイッチ・ソレノイドバルブなどの信号の入出力を行う。

(4) サーボアンプ/送りモータ

I/F ボードからの速度指令を受けて各軸を動作させる。速度ループ制御をサーボアンプで行っている。サーボアンプ/送りモータは汎用品を採用できるので選択肢が広く安価なものを使うことができる。

(5) 主軸アンプ/主軸モータ

主軸アンプには汎用インバータ、主軸モータには汎用の誘導モータを使用している。また、主軸に位置センサを付けて位置制御をすることにより、工具交換時に必要な定位置停止を実現している。

5. ソフトウェア構成

ソフトウェア構成を図4に示す。NC 制御に必要な機能のほとんどをソフトウェアにより実現するためマルチタスクで処理を実行する必要がある。OS にはリアルタイム OS を採用した。この OS 上で、NC の基本処理や、MMI、本 NC の特徴であるティーチング/プレイバック機能のアプリケーションが動作する。

5.1 ソフトウェア機能

(1) MMI

画面表示や、データの入出力、画面で設定されたデータから加工プログラムを作成する処理を行う。従来の NC にはないカラーグラフィックスによる見やすい画面を提供している。

(2) プログラム解析/自動運転

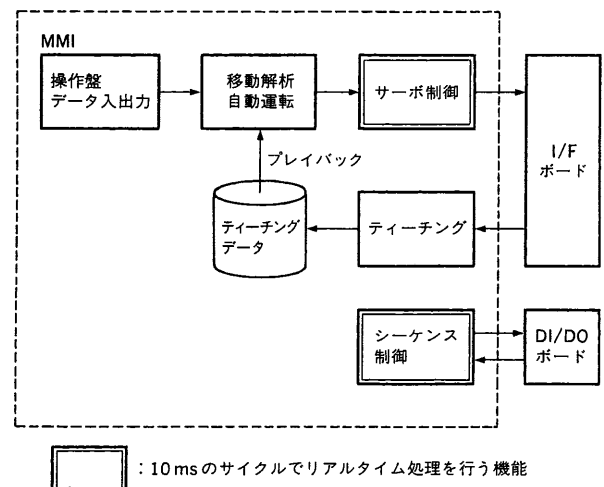


図4 ソフトウェア構成 サーボ制御とシーケンス制御は 10 ms のサイクルで処理され、その他は、残り時間で処理される。
Software block diagram

MMI で作成されたプログラムを解釈し、工具径、工具長補正を加味した機械の移動データへ変換する処理を行う。

(3) サーボ制御

移動データに対して、補間、加減速、パルス分配の処理を行い、I/F ボードに単位時間当りの移動量を出力する。本機能を NC 機能を持ったボードに処理させることも可能であるが、本 NC では、手動ハンドルで円弧加工を実現する等の特殊処理が必要なため、ソフトウェアにより処理を行った。

(4) シーケンス制御

操作スイッチやリミットスイッチの信号を検出し、工具交換などの補助機能の動作をシーケンス制御する。この機能は、通常外部にシーケンスコントローラを接続し処理するが、本 NC では、独自にパソコン上で動作するシーケンス制御ソフトを開発した。

(5) ティーチング機能

手動操作や加工パターン、工具交換など加工動作のすべてを記憶する処理を行う。ただし、加工動作の種類により記憶データの処理を分類し必要最小限のデータ量となるように工夫して

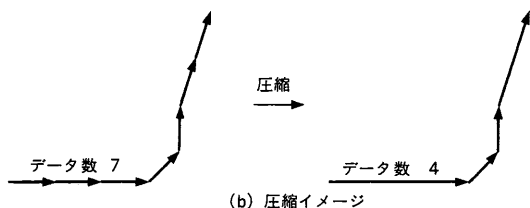
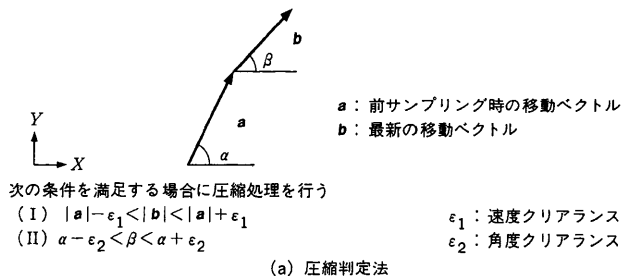


図5 ティーチングデータの圧縮 (a)圧縮判定法は、移動ベクトルの大きさと、角度を比較し、クリアランス以内なら同一データと判定する。(b)圧縮イメージは、データを圧縮することにより記憶データ量を少なくする。
 Compression of teaching data

いる。特に、ハンドル操作については、オペレータが操作した軸の方向、速度を忠実に再現するため、10 ms ごとに各軸の相対移動量をサンプリングし、各時刻における移動ベクトル（座標値及び速度）を計算し記憶している。

しかし、10 ms ごとのデータをすべて記憶してはデータ量が膨大になるため、図5に示すように、ベクトルの方向と、ベクトルの大きさを比較し、方向の変化が許容範囲内であれば同一データとして扱うことによりデータ量を圧縮している。

5.2 リアルタイム処理

本 NC では、MMI や自動運転など複数のタスクを同時に実行しているが、サーボ制御とシーケンス制御のタスクは、機械の制御に直結した処理を行っているため、高速な応答が要求される。したがって、画面表示など他の処理実行によりサーボ制御、シーケンス制御の処理が待たされることは許されない。このため、OS により 10 ms 周期で必ず実行されるように優先順位を高く設定してある。他の MMI やティーチングの処理は残りの時間で処理される⁽²⁾。

6. 使いやすさの評価

本パソコン NC の開発目的である“簡単に加工できる”ことを確認するため、手動機、マシニングセンタ、V 360 で図6に示すワークを5個加工し、その加工の所要時間を比較した。加工に掛かった時間のグラフを図7に示す。

手動機は、斜め加工ができないためインデックステーブルによりワークの位置を回転させながら加工する必要がある。また、自動工具交換装置を持たないため、複数の工程がある場合は、工具を手動で交換しなければならない。さらに、同じワークを複数個加工する場合でも毎回同じ加工時間が必要であり、非常に時間が掛かる。

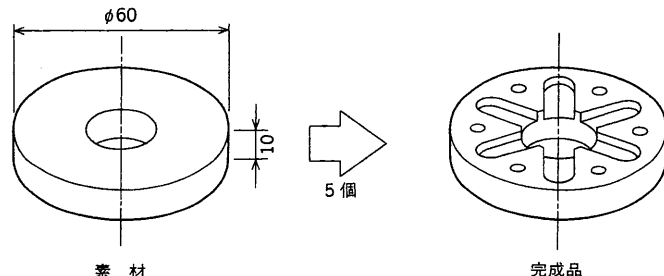


図6 評価ワーク 左の素材から右の完成品へ、5個のワークを加工した。
 Work piece evaluated

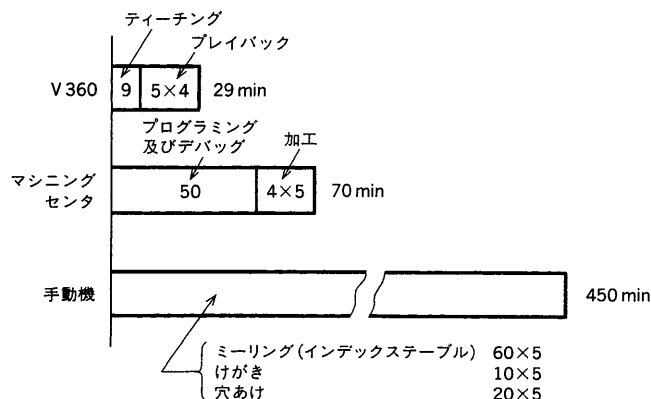


図7 加工所要時間の比較 V 360 での加工時間が手動機だけでなく NC 機よりも短く、効率が良いことを確認できる。
 Comparison of time for production

マシニングセンタは、準備作業として加工プログラムの作成が必要で、このプログラム作成とデバッグに時間が掛かる。いったんプログラムができれば高速な自動加工が可能となる。量産加工の場合は、ワーク1個当りのプログラム作成等の準備時間を減らせるが、少量の生産の場合は、準備時間を減らせないため効率が落ちる。

V 360 は、加工プログラム作成の必要がなく、1個目からすぐに加工を開始できる。しかも、1個目の加工をティーチングすれば、後は自動加工ができ、加工に必要な時間を短縮できる。量産加工の場合は、マシニングセンタには及ばないが、少量生産でははるかに効率の良い加工ができることが分かる。

7. む す び

ミーリングセンタ V 360 に搭載するパソコン NC を開発し、使いやすさと、自動化の両立を実現した。特に少ロット生産には、手動機だけでなく、既存の NC 機を上回る効率を確認できた。

また、V 360 は発売以来好調な売行きを維持しており、本 NC 装置はさらに上位機種である V 500 にも搭載した。

参 考 文 献

- (1) 山崎和雄ほか、次世代 NC 装置の開発とパソコン活用の現状、機械と工具 第39巻 第2号 (1995) p.18~30
- (2) 多賀直久、FA パソコンとリアルタイム OS、工学社 (1990)