

# パソコンNC “PNC95” の開発と適用

## Development of PC-based NC PNC95 and its application

### キーワード

オープン化、パソコンNC、統合性、汎用性、フレキシビリティ、OS、リアルタイム性

技術開発部電子技術部

中井正信

加藤賢一

朝野浩伸

### ■ 摘要

FAシステムのオープン化の動きに伴いパソコンNCが注目されているが、実用例は少ない。オープン化の目的やパソコンNCの利点と課題および用途がまだ一般的に認識されていないことが大きな要因である。これを明確にするため、オープン化の目的と求められる特性について説明し、それに対応したパソコンNCの開発と、精密測定/精密加工機械等への適用例から、オープン化の効果とパソコンNCの利点および課題を具体的に示した。

### ■ Abstract

The movement of opening FA systems has directed our attention to PC-based NCs. But these are put rarely fit for practical use, because the purpose of the openness, merits, problems and applications of PC-based NCs are unrecognized generally. To make them clear, the purpose of the openness and its required characteristics are explained, and then the effects of the openness, merits and problems of PC-based NCs are given concretely by the examples applied to precision-measuring/precision-processing machines.

## 1. はじめに

最近、FAシステムのオープン化の動きが加速しており、その基幹要素であるNC(数値制御)装置をパソコンを利用してオープン化しようとするパソコンNCが注目を集めている。すでに多くのオープン化対応NCが商品化され適用機で試作評価されるようになってきているが、まだ実用例は少ない。従来からもパソコンを利用したNC装置は木工機械・研削盤用等に実用化されているが、これらのほとんどは専用NCに近く、今日のパソコンNCに求められるオープン化に対応したNC装置とはいえない。

実用化が進まないのは、パソコンNCのオープン化の目的や長所・短所と用途がまだ明確にされていないためである。パソコンNC“PNC95”は、FAシステムのオープン化を目標に開発され、すでに精密加工/測定機械等に適用され効果を上げている。本稿では、まずパソコンNCに求められるオープン性とそれに対応したPNC95開発の経緯について述べ、その適用例から、パソコンNCの長所・短所と効果について検証する。

## 2. オープン化の目的

これまで数社の大手NCメーカーが供給してきたNC装置(以後、従来型NCと呼ぶことにする)は機械の性能向上に大きく貢献してきた。しかし、NC装置の高機能化やFAのシステム化が進むにつれ、NC装置がユーザには中味の見えないブラックボックス化し、NCメーカー間で操作性・インタフェースが合致しないこともあってシステムが複雑化した(図1参照)。このため、ユーザは自身の構築するシステムを理解することが困難になり、NCメーカーへの依存度が高まってしまった。この状況から脱却し、ユーザ主導でユーザにとって最適なシステムを容易に構築できようすることがオープン化の目的である。

ユーザが最適なシステムを容易に構築できるためには、システムの構成要素(モジュール)がユーザに何らかのインタフェースを提供してオープン化されていることが前提であるが、それらを組合わせて統合できること(統合性)、その中に汎用品や独自性を組み込めること(汎用性)、組合せの変更が容易にできること(フレキシビリティ)が必要

である。即ち、オープン化には次のような特性が求められる(図2参照)。

- (1) 統合性  
必要な要素を1つに組合わせて統合制御できる。
- (2) 汎用性  
汎用品を利用でき、ユーザの独自性を組み込める。
- (3) フレキシビリティ  
構成要素の置換え・変更が容易で、他に影響しない。

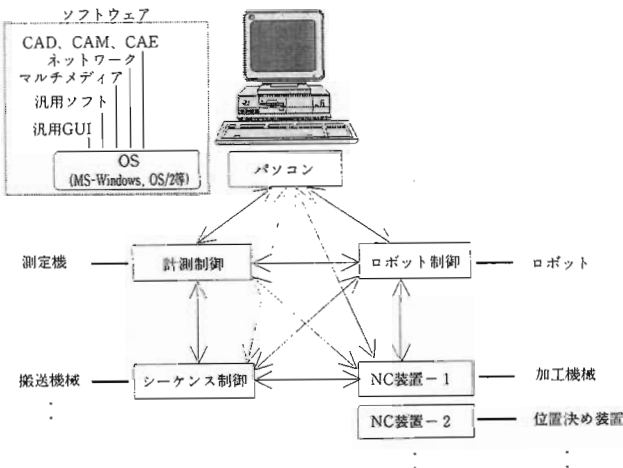


図1 FAシステム構成例(従来型NC)

### 3. パソコンNC PNC95の開発

PNC95はオープン化に対応した実用的なパソコンNCとして開発された(図3~5, 表1~3参照)。

#### 3.1 PNC95のオープン化対応特性

- (1) 汎用マルチタスクOS(マイクロソフト社: Windows95)採用

これにより、パソコン用の汎用アプリケーションの利用や汎用言語・ライブラリ等を利用したユーザ独自の制御の継承が容易にでき、これらを1台のパソコン上で同時実行(マルチタスク)させることができる。

- (2) モジュール構造とAPI

補間部・サーボ制御部とNC演算部はそれぞれ独立した処理機能をもつモジュール構造とし、各モジュールにはAPI(Application Programming Interface)が提供されて

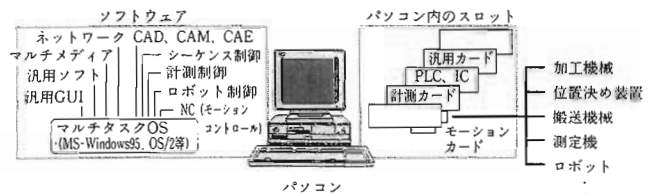
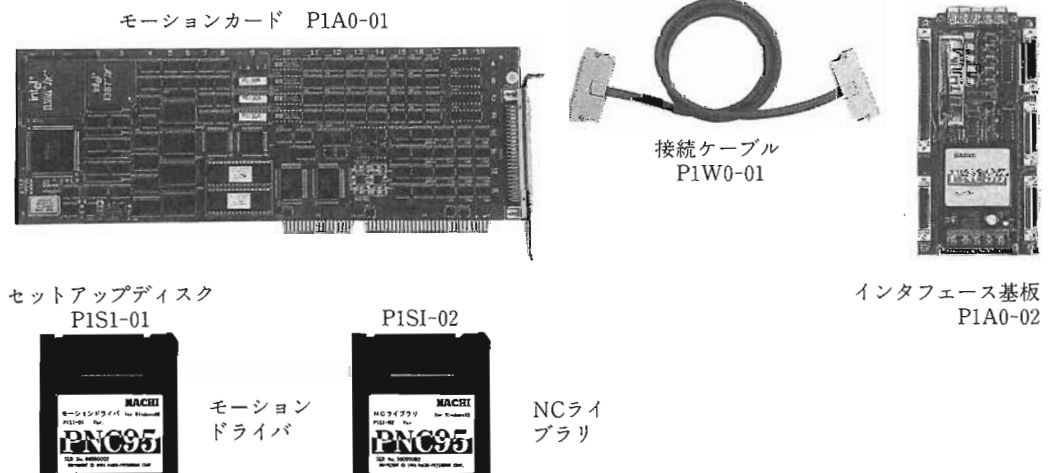


図2 FAシステム構成例(オープンなパソコンNC)



名称	形式	概要	備考
モーションカード	P1A0-01	4軸サーボ軸制御	ISAバスフルサイズ
インタフェース基板	P1A0-02	サーボ接続用中継	絶対値エンコーダ用電池付属
接続ケーブル	P1W0-01-◇	モーションカード、インタフェース基板接続	標準(2m)、オプション(3m)
モーションドライバ セットアップディスク	P1S1-01	基本制御ソフト	モーションドライバ: PNCDRV MS-Windows 95対応
NCライブラリ セットアップディスク	P1S1-02	NC互換操作サポートオプション	NCインタプリタ: PNCIPT NCマネージャ: PNCMGR

図3 PNC95の基本構成

表1 PNC95の基本仕様 (モーションドライバ)

名称	機能
制御軸数	4軸 最大8軸 (モーシヨンカード2枚)
同時制御軸数	4軸
設定単位	位置: mm (小数点設定可) 速度: mm/min (小数点設定可) 時間: 秒 (小数点設定可)
最大指令値	± 8桁 (小数点可)
補間送り	直線, 円弧
早送り	送り速度任意設定
ジョグ送り	送り速度任意設定
ステップ送り	設定単位×0~1000
手動ハンドル送り	設定単位×0×1000
送りオーバーライド	×0~999% (1%毎)
自動加減速	直線型/COS型
ドウェル	任意時間設定
原点復帰	あり
座標指定	機械座標系, ワーク座標系
主軸指令	回転速度 (rpm) 指令
サーボオフ	任意軸指定
マシンロック	任意軸指定
スキップ機能	あり
非常停止	あり
ストアードストローク チェック	あり
勾配式ピッチ誤差補正	あり
自己診断機能	システム異常, サーボ異常, 電圧異常他
状態出力	位置, 速度, 異常, オーバートラベル, 停止状態, 動作状態, 動作モード, サーボ制御状態他
デバッグ機能	シミュレーション
ヘルプ機能	オンラインヘルプ
その他	非常停止, ソフトストロークリミット他
ホストシステム	PC: IBM PCAT または互換機 CPU: 80486 DX 2 以上, RAM: 16 MB 以上 HDD あき領域: 10 MB 以上, バス: ISAバス FD: 3.5インチ 1.44 MB, OS: MS-Windows 95
サーボ指令出力	速度電圧指令, パルス列出力
結合可能位置検出器	エンコーダ, 光学スケール, レーザスケール 絶対値エンコーダ (安川電機, 松下電器, 三洋 電気他)
環境条件	温度: 運転時 0~60°C 輸送時 -20~85°C 湿度: 10~95% (非結露)
電源仕様	DC+5V±5%, 4A DC+12V±5%, 0.1A DC+12V±5%, 0.1A DC+24V±10%, 1A (外部供給)

表2 API

モーションドライバ関連API

種類	関数名	数	内容
初期化・終了 /データ設定	Pnc***	4	API関数のオープン /クローズ /パラメータ等の初期データ 読み込み
移動指令	PncMv***	11	位置決め, 補間送り, ドウ エル, ジョグ/ステップ/ハ ンドル送り, スキップ送り, 原点復帰等の実行
状態設定 /モータル指令	PncSv***	22	動作状態, 必要データ等の 設定 /モダルの場合次の指令ま で保持
状態取得	PncRv***	22	モーシヨンドライバの状態 情報取得
デバック /シミュレーション	PncDebug /PncSim***	4	デバックモードを設定 /シミュレーションモードを 設定

MS-Windows上で動作するアプリケーションソフト (Visual Basic, C, C++等) からAPIを用いて直接制御ができます。  
上表の他, NCインタプリンタ, NCマネージャ関連APIもあります。

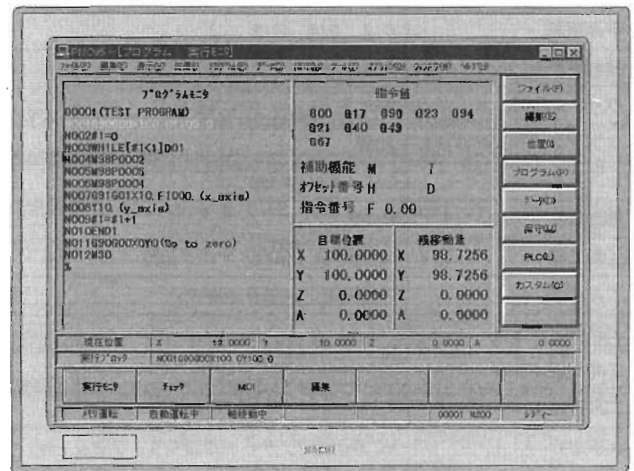


図4 PNC95画面表示例

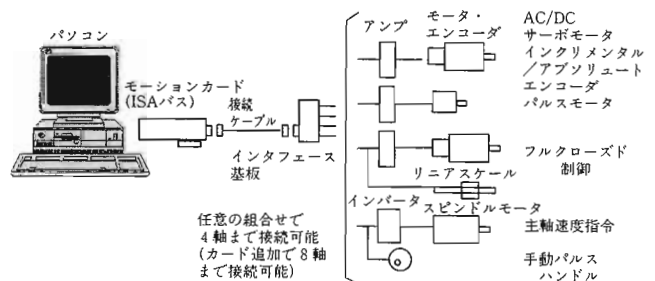


図5 PNC95の接続例

表3 NC機能 (NCライブラリ)

NC ライブラリにより基本機能+下表の機能がNC 機能としてサポートされます。

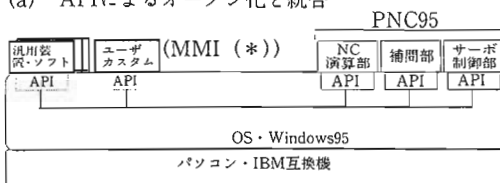
名称	機能
軸名称	X, Y, Z, U, V, W, A, B, C, S から 任意の組合せ (S : 主軸)
メモリ運転	
MDI 運転	
プログラム番号サーチ	1~9999
ドライラン	
シングルブロック	
手動リファレンス点復帰	
手動ハンドル割り込み	
位置決め	G00
直線補間	G01
円弧補間	G02, 03
ドウェル	G04
スキップ機能	G31
多段スキップ機能	G31, 1~31.4
リファレンス点復帰	G28
第2リファレンス点復帰	G30
毎分送り	G94
毎回転送り	G95
イグザクトストップ	G09
平面選択	G17, G18, G19
機械座標系	G53
ワーク座標系	G92
サブプログラム呼び出し	32重
カスタムマクロ	G65, #0~#999
補助機能	M4桁
主軸機能	S2桁指定, S5桁アナログ出力
工具機能	T4桁指定, ATC分割指令
工具補正メモリ	
工具位置オフセット	
工具径補正	
状態出力	NC 準備完了, サーボ準備完了, リセット中, 異常, 警報, 分配完了, 自動運転中, 自動運 転実行中, 自動運転休止中, リセット中, 切 削中, インポジション中

いる。APIとはVisual Basic, C, C++等で記述されたアプリケーションプログラムからある特定のシステム (モジュール) にアクセスする手段となる関数群である。これによりNC内部がオープン化され、ユーザが直接制御できるとともに、APIを媒体として他のパソコン用アプリケーションと1台のパソコン上で統合することができる (図6 (a)参照)。

(3) 各社・各種サーボ方式対応

アンプ・モータ部とのインタフェースはフレキシビリティの面から、標準化されていることが望ましいが、現状では各メーカーに共通な標準インタフェースがないため、複数メーカーの各種サーボ方式とのインタフェースを同時に持つ

(a) APIによるオープン化と統合



(\*) MMI=Man Machine interface : 操作者と機械間のインタフェース (操作・表示など)

(b) 従来型NC互換インタフェース

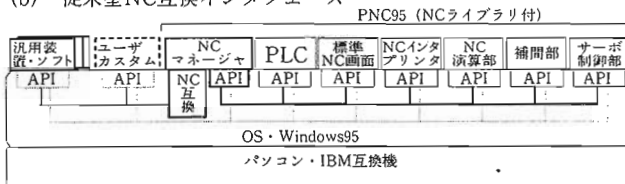


図6 PNC95のオープンモジュール構造

ことに対応している (図5参照)。

3.2 実用性

(1) リアルタイム性

NCは加工・位置決め、周辺機器とのインタフェース等を実時間で処理しなければならない。実時間処理は短周期の定期割り込み処理や緊急時の割り込み処理を高速で実行することで実現する。このため、NC用のOSには割り込み要求に対して割り込み処理実行に短時間で切替えること、即ちリアルタイム性が要求される。

Windows95のような汎用OSは従来型NCで一般的に使用されている専用リアルタイムOSに比較するとリアルタイム性がかなり劣る。PNC95ではNCの基本性能 (加工・位置決め精度・速度等) に影響するような補間部・サーボ制御部の処理や緊急時の処理を専用カード・専用OSで実現することにより従来型NCと同等の性能を得られるようにしている。また、NC演算部はOSのマルチタスク機能を利用した並列処理で、高速処理できるよう工夫されている。

(2) ユーザ負担の低減

モジュール構造とAPIの提供はシステム構築の自由度を広げるが、同時にユーザは各モジュールとAPIの内容を理解して自らの力でシステムを構築することを要求され、ユーザにとって大きな負担となる。しかし、実際の用途では、NCの大部分を従来型NCに準じて標準的に使い、一部のみオープン性を活かしたユーザ独自のシステム構築をしたい場合が多い。これに対応して、PNC95では従来型NCとの互換機能をもったNCライブラリをモジュール化して提供している。ユーザはこれを利用して、負担の小さい従来型NCの置き換えから必要に応じて段階的にオープ

性を活用することができる (図 6 (b)参照)。

## 4. PNC95の適用

当社の製品から2つの例を取り上げる。

1つは視覚装置とNC装置を統合した精密測定/精密加工機械であり、もう1つは内面研削盤である。どちらも、従来型NC(当社製Nucleus80)を用いたもので多くの実績がある。PNC95を用いたものについては、精密測定/精密加工機械ではすでに製品に採用され客先で使用されている。内面研削盤では、後述するパソコン用汎用OSのリアルタイム性の問題から、まだ実際の製品へは採用していないが、問題が解決すれば広く普及すると考える。これらの適用例からPNC95がどのような用途に適するか次に説明する。

### 4.1 精密測定/精密加工機械

精密測定機械と精密加工機械には計測のための視覚装置と位置決め・加工のためのNC装置が用いられる。

精密測定器械では、被写体を写し出すカメラや光学機器の位置決めNC装置が使用され、カメラの位置決めデータと被写体の画像情報からその形状や寸法を計測するために視覚装置が使用される。

精密加工機械では、被加工ワークの位置決め誤差を視覚装置を用いて計測し、そのデータをNCにフィードバックすることによって高精度の加工を実現する。

これらの機械ではNC装置と視覚装置の間で頻りに数値データやタイミング信号の送受信が行われる。

従来型NCを用いた機械では、NC装置と視覚装置は独立した制御装置で、その通信媒体としてRS232CやパラレルI/Oを利用している(図7参照)。この場合、両装置間のインタフェースを調整してデータの送受信を高速化しているが、調整は複雑である。

PNC95を適用した機械では、NC、視覚装置、PLC(Programmable Logic Controller) および操作画面をパソコン上で一つのコントローラとして統合し、前述の図2のようなシンプルなシステム構成にしている。装置間のインタフェースはパソコン内部の共有のデータ領域を介して簡単にできる(図8参照)。

#### 4.1.1 統合システムの性能評価

PNC95適用により、システムは非常に簡略化され、トータルコストは大幅に低減できるが、システムとしての性能を評価する必要がある。本適用例では、加工/計測精度とサ

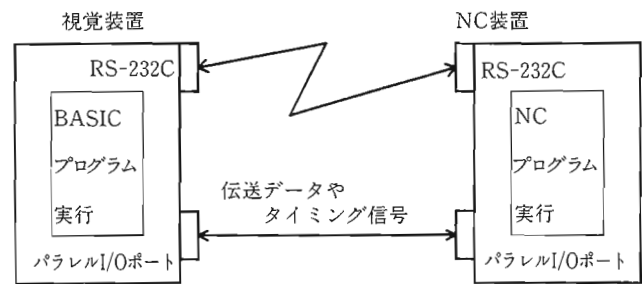


図7 NC装置と視覚装置とのデータ通信 (従来型)

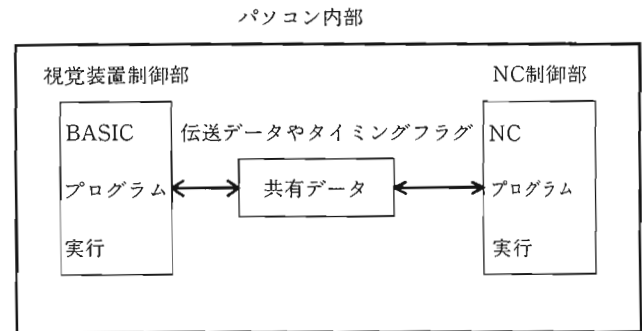


図8 パソコン統合システムのデータ通信

イクルタイムが重要であるが、加工/計測精度については個々の制御装置の性能に依存するもので、統合化したことには関係しない。ここでは、最も一般的である次の計測動作を繰り返し実行させて(図9参照)、サイクルタイムを評価した。

視覚装置からNC装置の転送要求のタイミングで計測データが転送される。NC装置はNCプログラムのマクロ実行でそのデータを受信し、それに基づいて軸移動を行う。視覚装置は転送完了した後再び計測を行い、次の計測データを算出し、NC装置からの転送要求を待つ。この動作中、NC装置の軸移動速度の時間経緯を測定する。

測定した結果(図10参照)、両システムの1回の移動時間はほぼ同じであるが、PNC95を用いたシステムでは従来型NCを用いたシステムに比べて、移動から移動の間に要する時間が約1/5に短縮されている。統合化により、性能面でも大きな効果が出ている。

#### 4.1.2 汎用品の利用と独自性

従来のシステムではNC装置と視覚装置にはそれぞれ個別の専用表示・操作コンソールが必要であった。カメラ、テーブルの位置決めや加工条件などのデータを設定する場合はNC画面を操作し、視覚装置を調整する場合はその専用操作画面を操作していた。

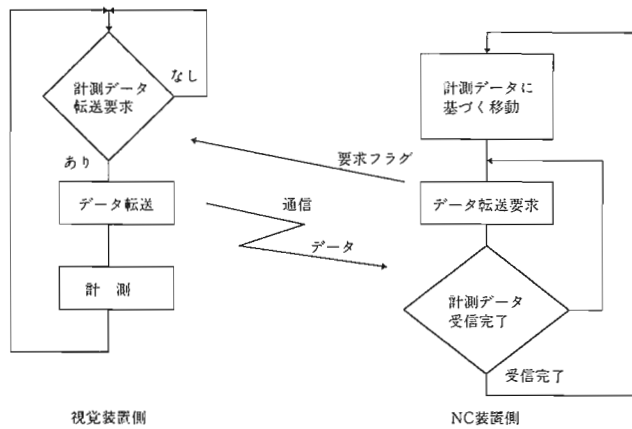


図9 計測データの通信のフロー

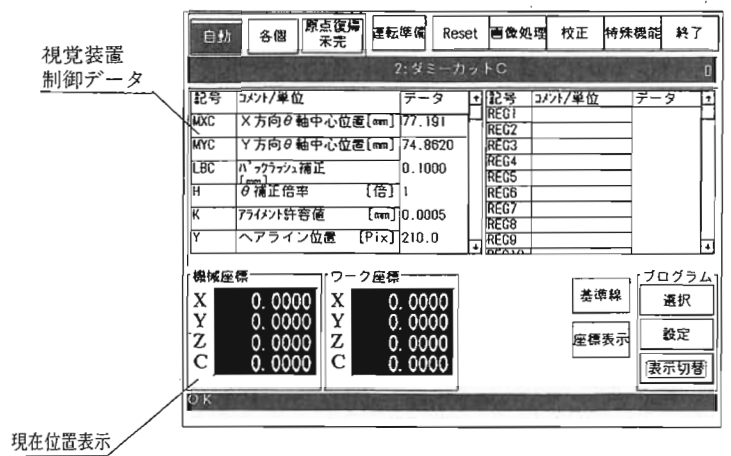


図11 NC装置と視覚装置の統一操作画面

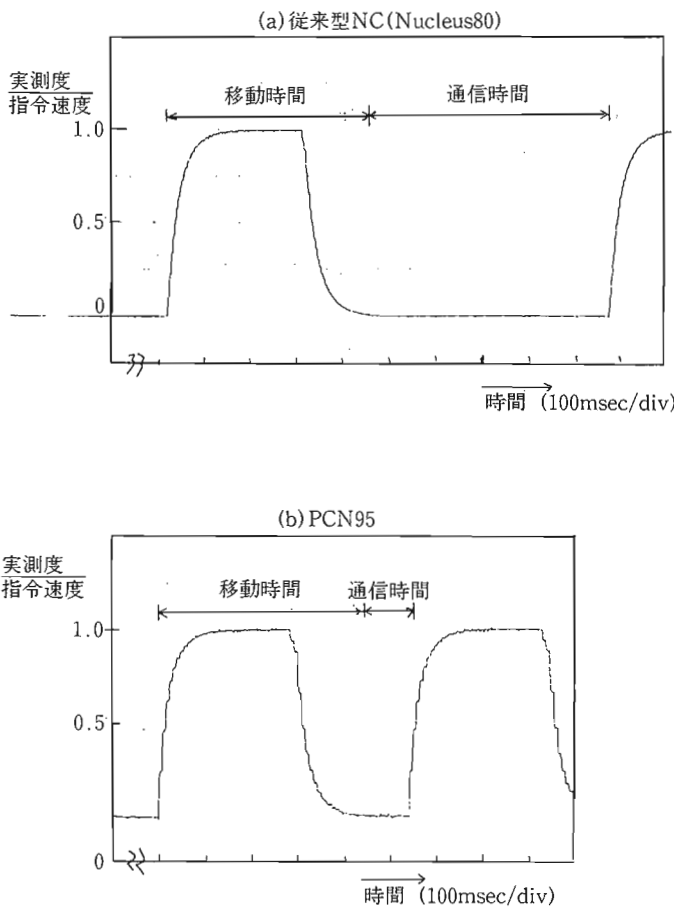


図10 計測サイクル測定結果

PNC95を用いたシステムではパソコン用の汎用言語(マイクロソフト社: Visual Basic)を利用して表示操作画面を統一し、共通の操作性で使いやすくしている(図11参照)。システム設計者は目的や能力に応じた汎用言語を使い、APIを活用して、このような画面を簡単に短期間で作成することができる。

また、精密測定/精密加工機械で用いる顕微鏡カメラのオ

ートフォーカスは専門メーカーに依存していたが、視覚装置の画像処理機能とNC装置の軸制御機能のオープン性を活かして独自のオートフォーカス制御を実現している。

## 4.2 内面研削盤

内面研削盤などの従来型NC用途へ適用する場合、サイクルタイム、加工精度等の基本性能を同等以上とする必要がある。一般的に加工精度を向上しようとするとき、サイクルタイムが長くなるといったように両性能は相反する。両性能を同時に維持・向上するための最も基本となる特性が高速性である。PNC95では補間・サーボ制御部については、従来型NCと同様に専用ボード・OSを用いているので、同等の高速性があると考えてよい。ここで問題とする高速性はパソコンで処理される部分(NC演算部、NCインタプリタ、NCマネージャ等:以後、NC処理部と呼ぶこととする)の処理速度である。

NC処理部ではNCプログラムを解釈(NCインタプリタ)し、他のアプリケーションや外部からの入出力信号とインタフェース(NCマネージャ)しながら、実際の軸移動を制御する補間部・サーボ制御部へ移動指令(NC演算部)している。例えば次のような場合にNC処理部の高速性が問題となる。

### (1) ゲージサイクル

加工中のワークの寸法を自動計測する定寸装置からの信号に同期して送り速度を制御する場合、NC処理が遅いと切り込みすぎが発生し、加工精度が低下する。

### (2) 機械制御部とのデータ交信

補助機能を使用して機械制御側(PLC)とデータ交信を行う場合、相互間のデータの通信時間が長いとサイクルタイムが増大する。

### (3) 連続送りによるワーク加工

連続した送りのNCブロックで構成されるNCプログラムでワーク加工を行う場合、ブロック間で指令の途切れが発生すると速度変動が発生し、加工精度が低下する。

#### 4.2.1 高速性評価

一般に、短ピッチの切削送りを指令するNCプログラムブロックの連続実行で、送り速度をある限界値よりも大きくすると、各ブロックの送り時間がNC処理部(特にNCインタプリタとNC演算部)の処理時間より小さくなって、プログラム通りの一定送り速度で軸移動できなくなる。そこで、NC処理部の高速性の尺度として、この短ピッチ送りの限界速度での実際の軸移動速度を評価してみた。

図12(a)は従来型NC(当社Nucleus80)で短ピッチ送りの限界速度を越えたときの実際の送り速度を測定したものである。送り速度が指令速度より小さくなって変動するのは、NC処理部の処理時間が送り時間より大きいことを示す。

PNC95について同じ条件で測定した結果を図12(b)に示す。図12(a)のようなブロック間の速度変動はないが、別の速度変動が出ている。ブロック間の変動がなくなったのはパソコンの高速処理能力によりNC処理部の処理が速くなったためである。ここで出ている速度変動は、パソコンがNC処理部以外の他のアプリケーションの処理や切替に時間を要し、NC処理部の処理が一時的に止まったためである。これは先述したパソコン用汎用OS(Windows95)のリアルタイム性が専用リアルタイムOSに比べて劣ることによる。

図12(b)で用いたパソコンのCPUはi486DX4-100MHzであったが、同じ条件で、CPUをPentium-133MHzに高速化して測定した結果を図12(c)に示す。途切れはなくなり、指令通りの一定速度で送ることが可能になった。パソコンの処理がさらに高速になり、他のアプリケーションの処理に起因するNC処理遅れがなくなったことを示している。

#### 4.2.2 パソコン性能とPNC95

NCの性能はサーボ制御部の性能が同等であった場合、NC処理部の処理能力に左右される。上述の測定結果は、パソコンの性能向上がそのままPNC95のNC性能向上につながり、従来型NC(Nucleus80)以上の性能を引き出せることを示している。しかし、パソコン用汎用OSのリアルタイム性の問題から、パソコン性能が格段に向上しても、他のアプリケーションがパソコンを占有する割合によって

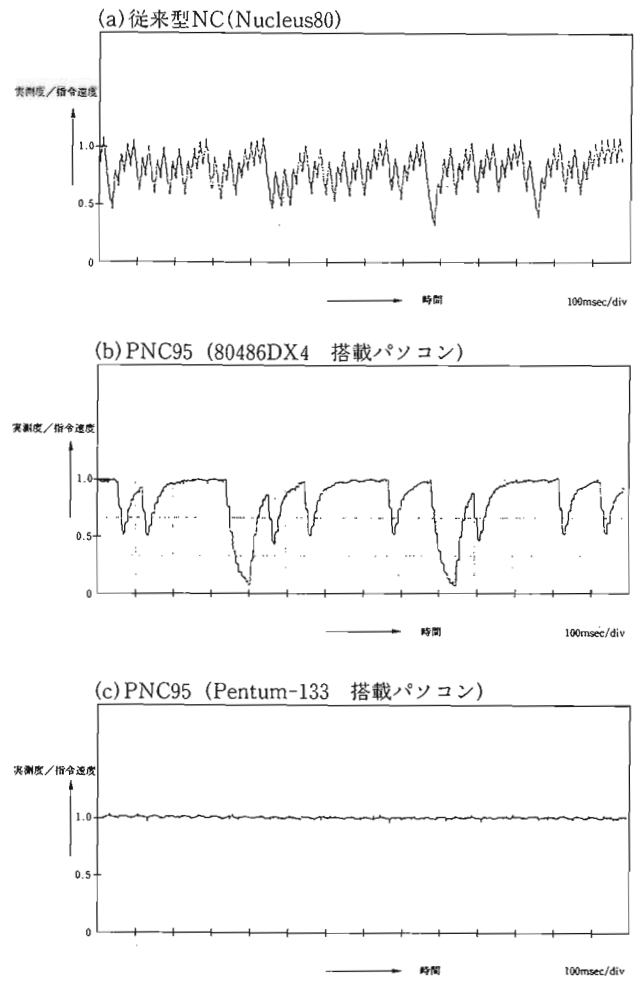


図12 短ピッチ連続送り測定結果

はNC処理部の処理に影響し、性能低下する可能性も暗示している。

このことから、内面研削盤のような加工精度や速度といったNCの基本性能を追求する機械にPNC95を適用する場合は、他のアプリケーションとの処理時間の占有率を調整する必要がある。しかし、ユーザが任意のアプリケーションの占有時間を調整をすることはほとんど不可能である。従って、アプリケーションとその用法を限定した、専用コントローラのような使い方をしなければならない。

### 4.3 パソコンNCと従来型NCの使い分け

適用例からもわかるように、パソコンNCは適用用途・目的に応じた使い方が必要であり、従来型NCと使い分ける必要がある。

先述した精密測定/精密加工機械のような単純な位置決め・加工用途ではNC処理部の処理能力が仮に低下したとしても、統合化による通信時間短縮の効果に比べれば問題にならない。このようなシステムとしての総合的な性能を追求する用途には、オープン化のメリットが大きく、パソ

コンNCが適していると考える。

一方、内面研削盤のようにNCの基本性能が機械性能を左右する用途では、専用化したパソコンNCを使用するか、従来型NCを適用しなければならない。前者はパソコンを利用しているが、専用化しているために、オープン化の重要特性である統合性・汎用性が失われる。また、NCを専用化するのであれば汎用のパソコンを使用するよりも、全て専用に設計された従来型NCの方が最適化しやすい。従って、このような用途では従来型NCのほうが適していると考えられる。

しかし、近い将来、パソコン性能の向上とともに、汎用OSのリアルタイム性が向上すると考えられる。これに伴い、パソコンNCのNCとしての基本性能が向上し、従来型NC用途への適用も広がると考える。

## 5. おわりに

ここでは用途に対するパソコンNCの適性について主に性能面に絞って論じた。一般によく議論されているような、価格や信頼性等も検討すべき重要な要素ではあるが、パソコンNCの本来の目的に関わるような本質的な面での検討がもっと必要であると考えからである。パソコンNCを従来型NCの単なる置き換えと考えてしまえば、価格・信頼性が最も重要であり、それ以上の効果は期待できない。パソコンNCはFAシステムを構成する基幹要素としてオー

ブン化を推進することでもっと大きな効果を生むものである。

今後、オープンシステムの各構成要素（モジュール）間のインタフェースが標準化されれば、オープン化の有効性は飛躍的に拡大する。また、パソコンやパソコン用汎用OSは急速な進歩を続けており、基本的な性能面でも向上が期待できる。

我々は、オープン化の普及が標準化やOSの進歩を促し、それによりオープン化が有効性を増大し、更に普及すると考え、今後もオープン化を推進していきたいと考える。

(注)・Windows, Visual Basicは米国マイクロソフト社の登録商標です。

・OS/2, IBMは米国IBM社の登録商標です。

・i486DX4, Pentiumは米国インテル社の登録商標です。



中井正信

1986年㈱不二越に入社。技術開発部電子技術部にて、NC装置のソフトウェア開発に従事。Nucleusシリーズの商品化を担当、現在に至る。



加藤賢一

1982年㈱不二越に入社。技術開発部電子技術部にて、NC装置Nucleusシリーズの開発に従事。現在に至る。



朝野浩伸

1980年㈱不二越に入社。ロボット部を経て1984年より技術本部(現、技術開発部)にて、NC装置の開発に従事。現在に至る。