

フレキシブル NC装置 CPS3500

FLEXIBLE NC System CPS3500



キーワード

開放型システム, RISCプロセッサ,
トランスピュータリンク, ファイル管理,
表面実装, フラッシュメモリ



電子技術部
伊豆重行

電子技術部
結城由治

電子技術部
土屋秀雄

1. はじめに

従来、工作機械メーカーはマシニングセンタ、旋盤、研削盤など、機械の用途に応じてNCメーカーが提供しているCNC装置を採用してきた。

しかし、特殊機械においては、提供されるCNC装置の機能だけで機械の性能が十分発揮できず、独自の機能を盛り込んだCNC装置を内製化する工作機械メーカーが増えてきた。当社においても例外ではなく、機械の用途に応じて最適な機能を提供するため、1985年よりCNC装置の開発をスタートした。内製CNC装置は社内設備機械をはじめ、外販機として研削盤や開発要素のある機械に搭載し、CNC装置に機械のノウハウを盛り込むことで機能・操作性において優位性を引き出してきた。現在までにNucleus(ニュークリアス)という名称で1軸専用のCNC装置や3軸対応のCNC装置をシリーズ化し、さらにこれらの経験を生かして8軸CNC装置を開発してきた。この8軸CNC装置では、フルデジタルサーボ制御が可能となっている。

内製CNC装置のシリーズ化を進めるなかで、数年前英国クランフィールド工科大学で開発販売されているCNC装置が超精密加工、歯車加工などの分野で先端技術を有していることがわかり交渉を進めてきた。ここで開発されたCNC装置には32ビットのRISC型トランスピュータをはじめ随所に最先端のテクノロジーが導入され、さらに機械固有の機能を容易に引き出すことができる独自の開放形制御システムを提供していることがわかった。現在このCNC装置はCT社*1の一部門であるCPS社*2に受け継がれCT社グループの生産拠点である英国ミッドウェールズにてサーフェスマウント技術の導入と、ISO9002で承認された品質保証体制のもとで量産されている。CT社とは技術開発の短縮および協力関係強化のため双方からの技術者派遣も含めて開発を進め、この間非球面加工機での実機評価を行い良好な結果を得ている。

ここでは、このCT社のフレキシブル(Flexible)NC装置CPS3500(以下FNC装置と呼ぶ)について紹介する。

2. FNC装置の特長

ここではFNC装置のコストパフォーマンスおよびフレ

*1) CT社: Control Techniques

*2) CPS社: Control Techniques Precision Systems

キシビリティ性についてハードおよびソフト面から説明する。

2.1 ハードウェアの構成

FNC装置のハードウェア構成は非常にすっきりしている。高速の32ビットRISCプロセッサをCPUとして、32ビットグラフィックプロセッサおよびオリジナルサーボ制御用のASICの採用、大容量のフラッシュメモリ、DRAM、SRAM（保持型）を基本とする構成になっている。さらにすべての部品を表面実装にすることでコストダウンと小形化を実現している。

また、将来の機能拡張とともにCPUの高速化が要求されてもRISCプロセッサの追加のみで容易に対応可能となっているのが魅力である。ハードウェアの面でFNC装置のコスト、拡張性に関するフレキシビリティがここにある。(図1)

2.2 ソフトウェアの構成

従来、CNCのシステムソフトはプロセッサが実行できるバイナリデータをメーカーが作成しEPROMに焼き込み、製品に取り付けるスタイルをとっていたので制御ソフトが管理するのはメモリそのものであった。NCデータ(プログラム、パラメータ、補正データ、メニューデータなど)も固定領域に割り付けられ、ユーザでは、開放されるNCデータに関してのみ外部機器との接続によって保管・管理できるようになっていた。

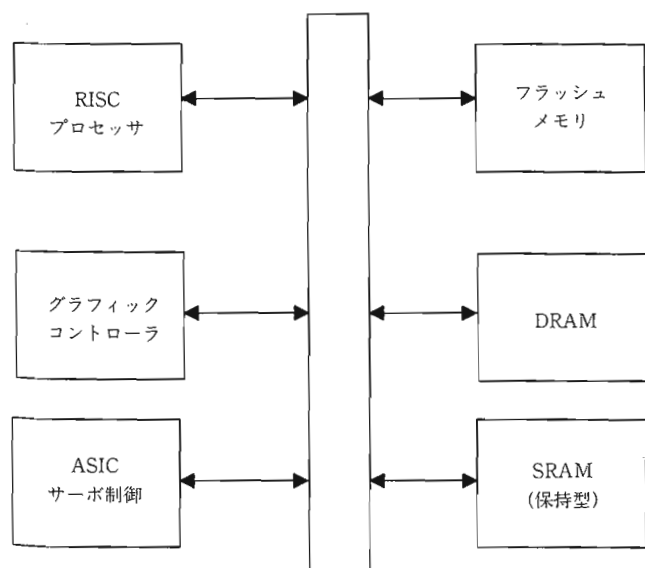
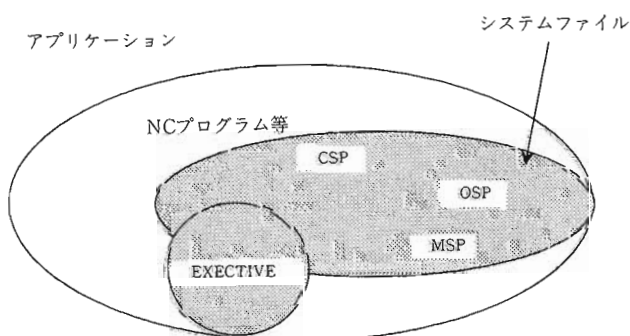


図1. FNC装置のハードウェア構成

ユーザに対話マクロを提供することで機械固有のマンマシンインタフェースを実現可能としたCNC装置が流行しているが、実行できるバイナリデータをEPROMに焼き付けるのがCNC装置メーカーではなく機械メーカーであることを除けば同じスタイルである。したがって、ユーザが機械の動作を変更するような場合に開放されているのはNCプログラムだけである。

ところが、FNC装置は実行できるバイナリデータをフラッシュメモリに書き込めるだけではなく、通常開発者が行っているCNC装置のコンパイラ/リンク/ロケートの工程作業をFNC装置上で自動的に行うことができる。つまり、開発環境と同じ状態をFNC装置上で実現しているのである。このことは従来のCNC装置とは異なり、システムがメモリ管理だけでなくファイル管理も行えるようにすることで独自の開放形制御システムをユーザに提供しようとした開発背景があったことを意味している。

FNC装置のソフトウェア構成は図2に示すように、システムの大部分が開放されている。ブラックボックスとなっているのはEXECUTIVEとよばれる部分で、パソコンのOSとドライバに相当する。ドライバの部分にNC固有のサーボ制御やPLC制御の部分が追加されていると考えれば理解しやすい。したがって、Cライクな言語でプログラムが作成でき、制御に必要な豊富な関数が用意されている。システムのファイルは、実行できるバイナリデータでもソースファイルでも持つことが可能で、このファイルをメモ리카ードに格納すればシステムのバージョンアップが容易である。ソフトウェアの面でFNC装置が機械制御を開放してくれるフレキシビリティがここにある。具体的なシステムプ



上図はNCプログラムからシステムファイルやEXECUTIVEがアクセスできることを意味する。例えば、システムファイルで定義された関数をNCプログラム上で直接コールするなど、開放されたしくみになっている。

図2. FNC装置のソフトウェア構成

プログラムの構成を以下に示す。

- (1) 操作システムプログラム (OSP)

応用設計技術者に開発・修正・変更などのすべての開発環境を提供する。したがって、ウィンドウ、プログラムエディタ、グラフィック表示のすべてを機械に適合するように変更できる。
- (2) 制御システムプログラム (CSP)

機械メーカーでM、Gコードに対するシステムの動作を、ユーザでは個別の機械仕様に合わせて固定サイクルを作ることなどができる。
- (3) 機械システムプログラム (MSP)

ラダーおよび外部通信 (DNCあるいはコンピュータ通信) などの複雑な機械機能を容易に取り扱えるように支援する。工具交換、パレットチェンジャ、ロボットとの同期制御、ホストコンピュータとの通信がこれにより制御される。

2.3 その他の主な機能

- (1) 電子ギヤボックス (EGB機能)

この機能は本システムがスタンダードでもっている補間機能の1つであり、従来のようにメカニカルなギヤボックスを介さず任意の軸間、任意のギヤ比でマスタ/スレイブ軸を構成できる。

(2) グラフィックシステム

グラフィックでのプログラム診断機能によりワークを加工する前にプログラムチェックし、加工物が要求通りの形状に加工されるかどうかをあらかじめ確認することができる。また、立体形状や円筒形状の描画もできるので工具の干渉チェックが容易に行える。表示画面は通常3平面部と立体部の4画面に分割されているが、任意の平面部 (または立体部分) をフル画面表示したり一部分を拡大表示させることで、より詳細なチェックが可能である。各工具軌跡に対する色と表示/非表示の指定をすることで、任意の工具における軌跡の確認が容易に行える。また、指定された画面領域内で加工ワークの描画を最適にする自動スケール機能と一度描画した図形の移動、回転、拡大/縮小、および高速再描画機能もある。

さらに、加工中の軸移動に同期して工具軌跡をリアルタイムに描画できるので、外部から内部の加工状態が見えない場合には有効である。

(3) CAD/CAMシステム

オプションにてLicom社のCAD/CAMシステムをFNC装置に搭載することで、与えられた材質や形状から主軸回転数、送り速度を含む加工プログラムが容易に作成できる。

3. FNC装置の適用分野と応用例

これまで述べたようにFNC装置の最大の特長である開放形システムをうまく利用することで、工作機械メーカーだけでなく、エンドユーザでも容易に機械に最適な操作環境を創り出すことができる。なかでも超精密な加工が要求される非球面加工機、レーザ加工機や精密測定器、特殊な加工技術を必要とする歯車研削盤、工具研削盤、ホブ盤には最適と思われる。

3.1 超精密非球面加工機への応用

FNC装置が超精密加工に適していることを非球面加工機での実機評価で確認できた。超精密加工に適している理由は、フィードフォワード制御を行って追従誤差を限りなく零に近づけることと停止時のビット振動を検出単位以下に抑えている工夫とにある。その原理を図3に示す。

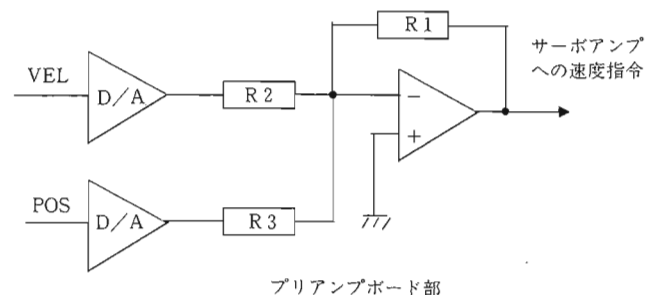


図3. FNC装置の速度指令出力部

り大きければ問題はないが小さいと、D/Aコンバータの分解能を上げる必要がある。FNC装置ではD/Aコンバータの分解能を上げる代わりに同じD/Aコンバータ分解能を持ったフィードフォワード用速度指令 (VEL) と追従偏差から得られる速度指令 (POS) を外部に出力させることで、アナログ指令電圧の分解能を外部で向上させることが可能である。具体的な数値で説明して見よう。16ビットの分解能をもったD/Aコンバータ1個で、速度指令を生成とする。この場合のデジタルデータは-32767~32767となり、仮にフルスケール値で±10V出力する回路であれば、 $10/32767=0.0003$ (V) がアナログ指令電圧の分解能となる。サーボAMP側の入力指令電圧の分解能がこの値以上であっても、速度制御性能は0.0003V以下を保証するものではない。フィードバック制御において偏差にゲインを乗じて速度指令とし、D/Aコンバータを介して外部出力する方法は一般的であるが、定常状態 (停止時、一定速度) においてこの指令電圧の分解能は高ければ高い程よい。そこでD/Aコンバータ分解能を上げるのだが、現状では16ビット以上のものは需要も少なくコストアップとなり、無理である。というより、16ビットで十分な機械の方が需要も多く、あえて16ビット以上のD/Aコンバータを標準採用する必要性がないからである。

しかし、超精密分野になると話が違ってくる。FNC装置においては、指令電圧の分解能の向上を需要が多い16ビットのD/Aコンバータを2個採用することで解決している。つまり、第一のD/Aコンバータ (VEL) で指令速度を出力し、第二のD/Aコンバータ (POS) でフィードバックによる偏差速度を出力してやるわけである。例えば、外部に簡単な加算器でVEL入力に対してPOS入力が1/10となって加算されるようにした場合、およそPOS入力の速度制御性能は0.0003Vの1/10に向上されることになる。実際にその2出力をプリアンプボードを介してサーボAMPに速度指令を与えた結果は、30mm/minの送り速度で追従偏差が±数十ナノメートル (nm) であったものが±2.5nmの検出単位まで向上した。

従来、当社の非球面加工機においては、非球面形状を生成するためにパソコンを自動プログラミング装置として使用していた。FNC装置では、本装置のファイル操作機能を使って自動プログラミングを内蔵したシステムの開発を行った。パソコンが不要となるコストダウンのほか、プログ

ラム転送の手間が省けるなど、その効果は大きい。(図4)

3.2 計測装置への応用

FNC装置はパソコンと10Mbpsの高速通信で接続できるので、この機能を利用した計測装置を開発した。このシステムはパソコンを経由して当社開発の視覚センサNV6000

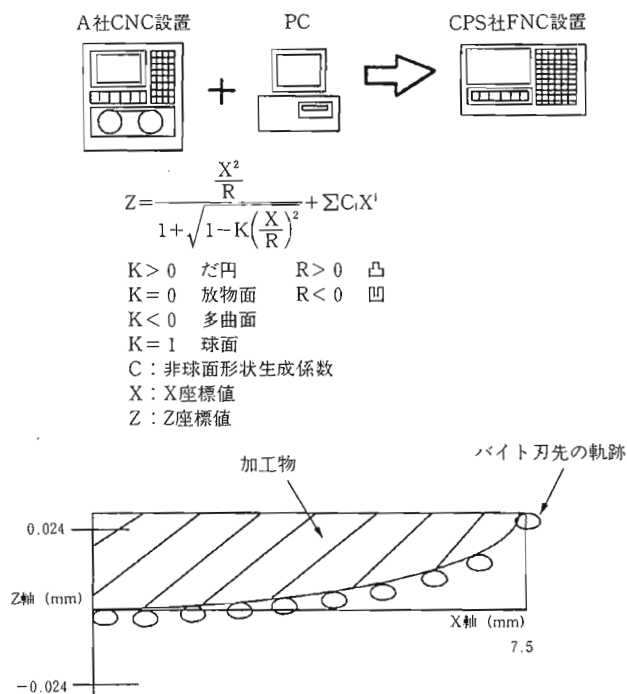


図4. FNC装置の非球面形状生成自動プログラミング

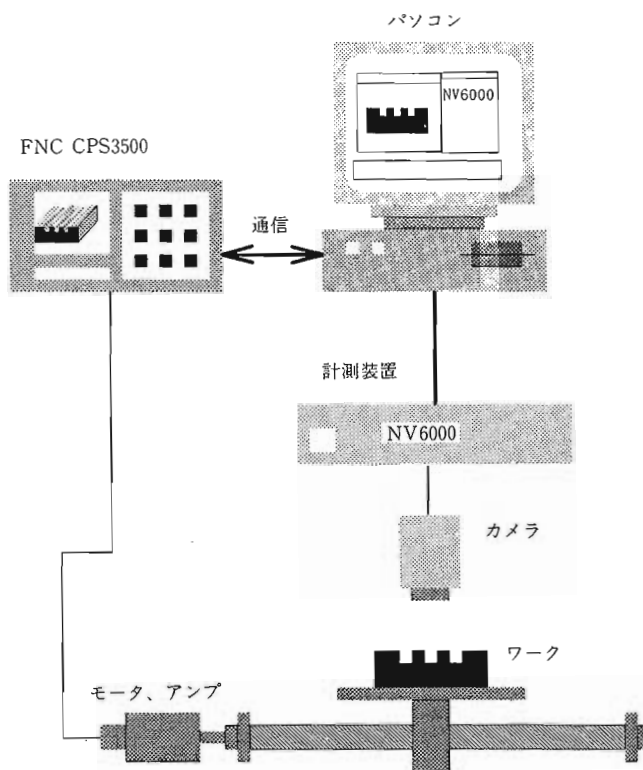


図5. 計測システム

とデータの交換ができるようになっており、I/Oを使用せずにNV6000に対するコマンド発行やデータ取得が可能となっている。このコマンドとデータのやり取りは内製のCNC装置を使っていた場合と比較して非常に簡単になった。

4. FNC装置のシステム構成と外観、仕様

FNC装置は表1に示すようにモジュール構成になっているため、機械の仕様に応じてモジュールを自由に組み合わせ、コストパフォーマンスの高い最適なシステムを構築することができる。例えば、1軸仕様の機械でプログラムの容量が小さく、外部インターフェース用のI/O点数がそれぞれ20点前後の場合、マザーボード(C80000)、電源モジュール(C80021またはC80020)、I/Oとサーボが一体になった複合入出力モジュール(C80036)、一番小さなメモリ容量をもったメモリモジュール(C80011)および表示装置(C80201またはC80202)がそれぞれ1台の組み合わせになる。

FNC装置の外観および仕様をそれぞれ図6、および表2に示す。

表1 FNCシステムの構成

名称	型式	仕様
マザーボード	C80000	5スロット、CRT出力、RS232X2、MPG、RS422X2、RS485X2、スピンドル出力、トランスピュータリンク
電源モジュール	C80021	入力：AC115V、DC24V 出力：DC+5V、+12V、±12V
	C80020	入力：AC230V、DC24V 出力：DC+5V、+12V、±12V
メモリモジュール	C80011	フラッシュ1.5M、SRAM 0.25M、DRAM 2M 320m
	C80010	フラッシュ1.5M、SRAM 0.5M、DRAM 2M 640m
	C80016	フラッシュ2M、SRAM 2M、DRAM 4M 2560m
入出力モジュール	C80031	ハーフI/O 48/24点
	C80032	フルI/O 104/48点
	C80030	フルI/O + アナログ 96/48 + 8点
サーボモジュール	C80042	ノーマル : 2軸タイプ
	C80043	高精度対応 : 2軸タイプ
	C80044	ノーマル : 4軸タイプ
	C80041	高精度対応 : 4軸タイプ
複合入出力モジュール	C80036	ノーマル2軸サーボ I/O : 48/24点
	C80035	高精度対応2軸サーボ I/O : 48/24点
CRT/MDIユニット	C80201	10"モノクロCRT
	C80202	10"カラーCRT

図5はこのソフトを応用したワークの溝幅計測システムで、FNC装置がワークを移動させながらNV6000に計測コマンドを発行し、同時にNV6000からの計測したワーク形状の結果を画面上に3次元表示することができる。(図5)

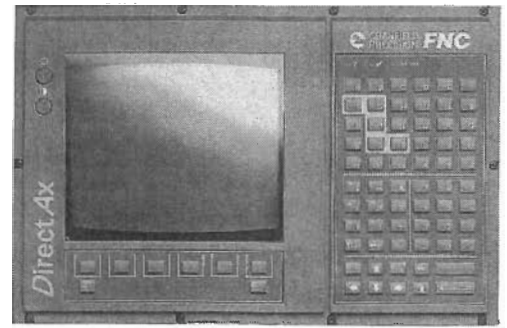


図6.(a) システムの外観

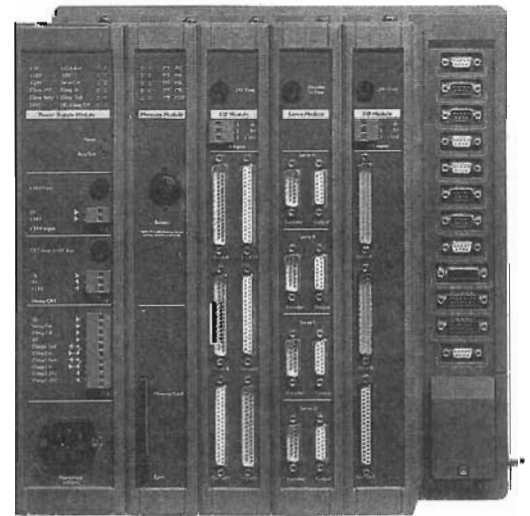


図6.(b) システムの外観

表2 システムの仕様

項目	仕様
プロセッサ 制御部 グラフィック	32ビットRISC型トランスピュータ (T805) 専用32ビットプロセッサ
処理速度 浮動小数点演算 命令処理速度	2.5MFPS (64ビット演算) 20MIPS
切削速度	240m/min (設定単位0.001mm) 30m/min (設定単位0.0001mm)
制御軸 制御軸数 同時制御軸数	最大13軸 (スピンドル1軸含む) 4軸
PLC ステップ数 I/O点数	16000 208/96 (4軸使用時), 256/120 (2軸使用時)
サーボ部	CPS社開発のASIC
通信機能	シリアルリンクポート RS232C, RS485 各2ch トランスピュータリンクポート (10Mbps)
電源	AC115Vまたは230V 50/60Hz
動作温度	0~50°C
寸法 (H×W×D)	コントロール部 380×350×225mm 表示部 270×410×310mm

5. おわりに

現在では日本語への対応と当社内製CNC装置が持っているオリジナル機能（カスタムメニューなど）を盛り込んだシステム開発を完了し、さらに、FNC装置の特長を生かしたマニュアルのオンライン化も完了している。今年2月には機能、性能、コスト面でさらに改善を行った後継機がCPS社から発売されている。