

多軸機械制御装置「簡単 NC」パッケージ

相田 忠勝 (あいだ ただかつ)

田尻 賢二 (たじり けんじ)

1 まえがき

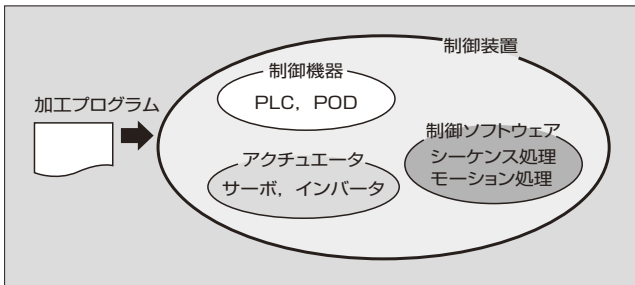
一般産業機械分野の代表的な制御装置として、数値制御装置 (NC) やロボットコントローラ (RC) が挙げられる。また、プログラマブルコントローラ (PLC) やモーションコントローラ (MC) を制御装置としている機械も多い。前者の NC や RC がいわゆる加工プログラムを入力するだけで機械運転ができるのに対し、PLC や MC では制御プログラムの作成が必要である。富士電機の統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」は国際標準言語の IEC61131-3 (JIS B 3503) を採用してメーカーに依存しない普遍的なプログラム環境を提供しているが、このうえで動作する応用システムごとに必要な各種のファンクションブロック (FB) の拡充を行っている。また、各種の機械メーカーと協力して、MICREX-SX シリーズ用制御プログラムの開発支援および提供を行っている。

本稿では、この技術ノウハウを生かして MICREX-SX シリーズとプログラマブル操作表示器 (POD) に加工プログラムを実行する NC 機能をパッケージとして組み込んだ、多軸機械制御装置「簡単 NC」パッケージを開発したので紹介する。

2 多軸機械制御装置の基本構成

多軸機械制御装置の基本構成を図 1 に示す。制御機器 (PLC, POD) とアクチュエータ (サーボ, インバータ),

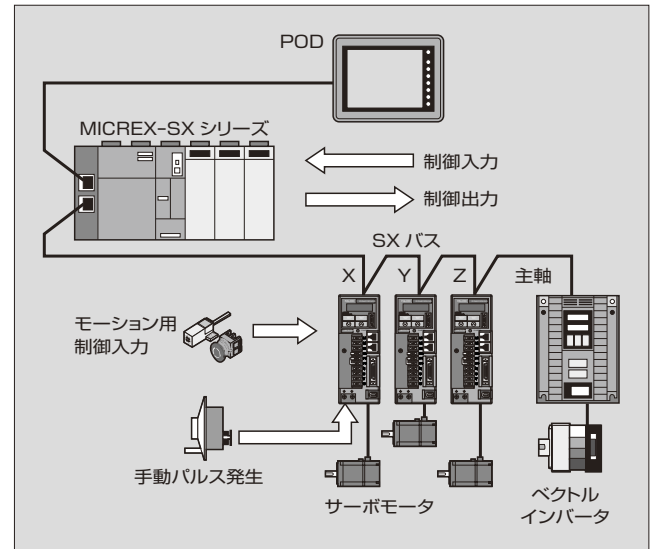
図 1 多軸機械制御装置の構成



および制御ソフトウェアの組合せによる多軸機械制御装置に加工プログラム (目標位置, 移動速度, 軌跡パターンなど) を入力することで各種機械動作が可能となる。簡単 NC は PLC 用の位置決めモジュールに代表される従来装置のマイクロプロセッサの代わりに、MICREX-SX シリーズの CPU モジュールと POD でモーション制御を行う。従来のマイクロプロセッサ方式では制御プログラムがファームウェアとして組み込まれており、機能追加・変更は制御装置メーカーに依頼する必要がある。一方、簡単 NC の制御プログラムは MICREX-SX シリーズのプログラミング支援ツール Expert, および POD の画面編集ソフトウェアを使って作成している。そのため、顧客要求に対し、より柔軟でスピーディなカスタマイズ対応が可能となっている。MICREX-SX シリーズを使った多軸機械制御装置を構築できた最大の要因は下記の 2 点である。

- (1) 高速な演算処理：浮動小数点演算 80 ns
 - (2) IEC 言語の採用：演算式記述に適した ST (Structured Text) 言語
- PLC は「プログラマブルなコントローラ」であるが、

図 2 簡単 NC の基本システム構成



相田 忠勝

サーボシステムの汎用・専用位置決め装置の開発に従事。現在、富士電機機器制御株式会社営業本部システム技術統括部システム技術第一部担当部長。



田尻 賢二

制御機器・可変速駆動機器のシステムエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社営業本部システム技術統括部システム技術第一部主任。

特集 (2)

元来ラダーシーケンス実行の制御機器として進化してきたため、数式の演算処理能力が十分とは言えなかった。また、プログラム言語についてもリレー結線方式のラダー言語を採用しており、複雑な演算式の記述には適していない。MICREX-SX シリーズは演算処理能力が高速であるばかりでなく、IEC の ST 言語対応で複雑な演算式を分かりやすく記述できるので、モーション処理プログラムの開発・実行が容易となった。

③ 簡単 NC の構成と仕様

図 2 は簡単 NC の基本システム構成である。基本システムはサーボ 3 軸 (X 軸, Y 軸, Z 軸) と主軸 1 軸 (S 軸) の構成であるが、サーボ 4 軸 + 主軸のシステムもシリーズ化している。POD と MICREX-SX シリーズ, および駆

表 1 簡単 NC の基本仕様

項目	仕様
ベースボード	6スロット (NP1BS-06)
電源モジュール	2スロット AC100/200V (NP1S-22)
CPUモジュール	SPH300 (NP1S-74R)
デジタル入力モジュール	DC24V 64点入力 (NP1X6406-W) ×2台
デジタル出力モジュール	トランジスタシンク24V 64点 (NP1Y64T09P1) またはトランジスタソース 24V 64点 (NP1Y64U09P1)
操作パネル表示器	UG30シリーズ VH, VS (800×600ドット) SXバスインタフェース付き (UG031-S)
サーボアンプ, モータ (X軸, Y軸, Z軸)	SXバス直結のVタイプ (例: ALPHA5シリーズのVS2タイプ)
主軸用ベクトルインバータ	FRENIC5000VG7シリーズ SXバスインタフェース付き (OPC-VG7-SX)
制御軸数	サーボ3軸+主軸1軸
手動バルサ接続台数	1台 (X軸のサーボアンプへ接続)
モーションプログラム容量	合計2,000ステップ
プログラム本数	最大32本 (62, 125, 187, 250ステップ/プログラム)
動作命令	早送り, 直線補間, 円弧補間 (半径/中心点), 原点復帰, ドウェルタイム
位置管理命令	絶対位置指定/相対位置指定, 円弧平面指定 (X-Y, Z-X, Y-Z)
END命令	停止, 終了, オブショナルストップ, 終了-先頭待機, サブプログラム呼出し, サブプログラム終了
処理制御命令	IF, ELSE, ENDIF, WHILE, ENDWHILE
演算式 (32ビット長の整数演算)	数値演算: +, -, ×, ÷ 論理演算: and, or, xor, not
設定値	直値データ/間接メモリNo.
その他	汎用Mコード, シングルブロック, オブショナルストップ, マシンロック, フィードホールドなど

動装置のサーボアンプやベクトルインバータは高速シリアルバスの SX バスで接続される。POD には操作画面とモニタ画面のほかに加工プログラムの入力・編集画面を用意した。MICREX-SX シリーズのベースボード上には 64 点入力の DI モジュールが 2 台, 64 点出力の DO モジュールが 1 台装着されており, 個々の入出力信号には NC としての特定の機能が割り付けられている。表 1 は簡単 NC の基本仕様, 表 2 はモーション機能の一覧である。簡単 NC の加工プログラム命令は, 下記の 3 グループに分類される。

- (1) モーション命令グループ
- (2) フロー制御命令グループ
- (3) 演算命令グループ

3.1 モーション命令

簡単 NC ではモーション命令を以下の基本的な 5 種類に限定した。

- (1) 早送り (G00) : 同時起動の独立軸動作
- (2) 直線補間 (G01) : 最大 3 軸の直線補間動作

表 2 モーション機能の一覧

名称	コード	説明
早送り	G00	同時起動の位置決め動作
直線補間	G01	最大3軸の直線補間動作
円弧補間 (CW)	G02	任意2軸の時計方向 (CW) の円弧補間 (半径指定/中心点指定)
円弧補間 (CCW)	G03	任意2軸の反時計方向 (CCW) の円弧補間 (半径指定/中心点指定)
機械原点復帰	G28	早送り実行後の機械原点復帰動作
ドウェルタイム	G04	一時停止タイム (ms単位)
絶対位置 (ABS) 選択	G90	絶対位置 (ABS) の選択
相対位置 (INC) 選択	G91	相対位置 (INC) の選択
X-Y平面選択	G17	円弧補間の平面選択 (X-Y平面)
Z-X平面選択	G18	円弧補間の平面選択 (Z-X平面)
Y-Z平面選択	G19	円弧補間の平面選択 (Y-Z平面)
イグザクトストップ	G09	パルス分配の完了確認 (モータ軸は減速停止) デフォルトではオフ
半径指定/中心点指定	-	円弧補間の設定方法選択 デフォルトでは半径選択
主軸機能	S	主軸の回転速度設定
ワーク座標プリセット	-	原点復帰完了時, 浮動原点にプリセットあるいは間接メモリ設定 (No.240 : X軸, No.241 : Y軸, No.242 : Z軸)
サブプログラム読出し	M98 (CALL)	サブプログラムの呼出し
停止	M00	プログラム停止
オブショナルストップ	M01	オブショナルストップ入力オン時に停止
終了	M02	プログラム終了
先頭待機	M30	自動起動で先頭ステップから再起動
サブプログラム終了	M99	設定回数繰返し後, 呼出し元に復帰
汎用Mコード	Mxxxx	16ビットの汎用Mコード

網掛け部がデフォルトで選択

- (3) 円弧補間 (G02, G03) : 任意 2 軸の円弧補間動作
- (4) 原点復帰 (G28) : 機械原点への復帰動作
- (5) ドウェルタイム (G04) : 遅延タイム
他に動作条件用命令として、下記のものがある。
- (6) 絶対位置/相対位置 (G90, G91) : 座標位置の設定選択
- (7) 平面選択 (G17, G18, G19) : 円弧補間の平面選択
- (8) イグザクトストップ (G09) : 連続補間動作でのインポジションチェック

3.2 フロー制御命令

簡単 NC の加工プログラム実行順序を制御するフロー制御命令グループには、下記のを準備した。

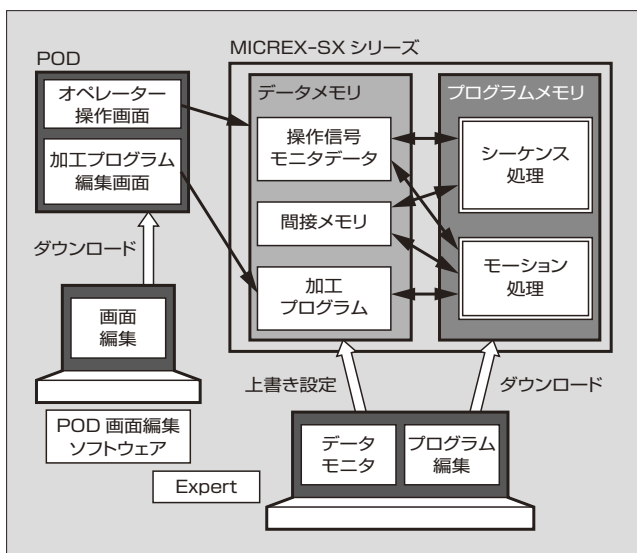
- (1) CALL 命令 (サブプログラム読出して M98) : 読出しプログラム No. と繰返し回数を設定
- (2) END 命令 (G コードの END 命令 M00, M01, M02, M30, M99) : 加工プログラムの END 条件を選択 (G コードの END 命令 : 363 ページの「解説」参照)
- (3) IF, ELSE, ENDIF : IF 文の条件式が成立している場合は IF 文に続く命令を実行し、条件式が不成立ならば ELSE 文以下を実行 (ELSE 文は省略可能)
- (4) WHILE, ENDWHILE : WHILE 文の条件式が成立している間、ENDWHILE 文までの間を繰返し実行

3.3 演算命令

演算命令は間接メモリ間、および間接メモリと直値データでの演算を行い、演算結果を間接メモリに出力する。

- (1) 転送 : DINT 型 (32 ビット長の整数)/DWORD 型 (32 ビット長) の直値データ、あるいは間接メモリ内データを間接メモリに出力
- (2) 数値演算 : DINT 型の四則演算 (+, -, ×, ÷)
- (3) 論理演算 : DWORD 型の論理演算 (and, or, xor, not)

図 3 簡単 NC のソフトウェア構成



4 簡単 NC のソフトウェア構成

簡単 NC のソフトウェア構成を図 3 に示す。POD 画面は「操作・モニタ画面」と「加工プログラム編集画面」に大別される。どちらの画面でも MICREX-SX シリーズのデータメモリに対しての書込み・読出しを行っている。MICREX-SX シリーズのメモリは「プログラムメモリ」と「データメモリ」で構成されており、処理プログラムは「シーケンス処理」と「モーション処理」に機能分割してプログラムメモリにダウンロードされている。データメモリは「操作信号とモニタデータ」「加工プログラム格納領域」および「間接メモリ」領域に分割されており、シーケンス処理からは加工プログラム領域を直接アクセスしない構成とした。

簡単 NC は、機械制御用の PLC を別置することで簡単に使えることが特徴であるが、顧客側で簡単 NC にシーケンス処理を追加したいとの要求も多い。このような場合には、富士電機がカスタマイズのためのエンジニアリング支援サービスを提供する。

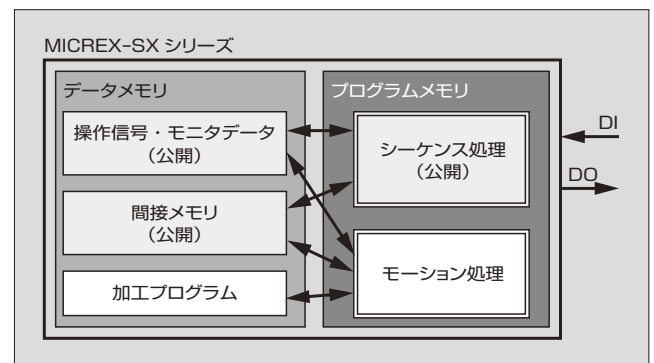
図 4 はシーケンス処理を追加・変更する場合の例である。シーケンス処理からは間接メモリを介してモーション処理の目標位置や移動速度などのデータをモーション処理部に指令することができる。加工プログラムの目標位置や移動速度の設定は直値データだけでなく、間接メモリ No. を選択することによって間接メモリ内のデータを参照できるようにした。

POD 画面データと画面制御機能は、POD 画面編集ソフトウェアで作成し POD 本体にダウンロードされる。加工プログラム編集の機能は、POD のマクロ命令を使用してプログラミングされており、マクロ命令によるプログラミング機能も標準の画面編集ソフトウェアに含めて提供している。

5 簡単 NC の加工プログラム編集

図 5 および図 6 は、簡単 NC 加工プログラム編集の POD 画面である。簡単 NC では各命令のアイコンと、そ

図 4 シーケンスアプリケーションの組み込み方法



れに対応したパラメータウィンドウからのデータ入力加工プログラムを作成する。入力した加工プログラムの表示方法には下記の2種類がある。

(1) ビジュアル表示：アイコンで表示 (図5)

IF文やWHILE文のネスティングレベルでアイコンの表示けたが切り替わるのでプログラムの流れが分かりやすいという特徴がある。

(2) Gコード表示：Gコードのテキスト表示 (図6)

複数ステップの座標位置や移動速度を表示し、NCの経験者にとっては慣れている言語表示である。

簡単NCには最大32本の加工プログラムを登録でき、各プログラムの容量仕様は以下のとおりである。

○No.1～31：62ステップ/プログラム

○No.32：250ステップ

No.1～31のプログラムで、62ステップを超える場合には、最大4個を連続させて最大250ステップまで加工プログラム容量を拡大することができる。

○62ステップ以下の場合：1個の領域

○63～125ステップ：2個の領域

○126～187ステップ：3個の領域

○188～250ステップ：4個の領域

図5 簡単NCの加工プログラム編集画面 (ビジュアル表示)

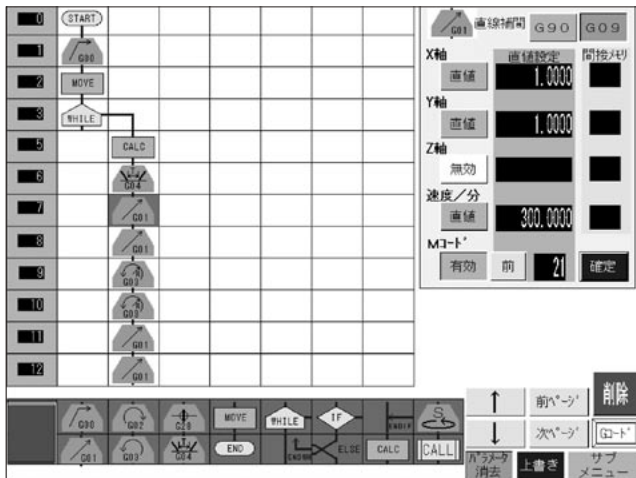
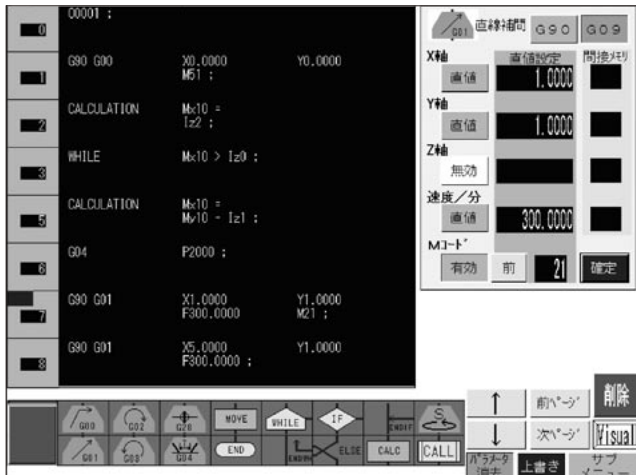


図6 簡単NCの加工プログラム編集画面 (Gコード表示)



CPUモジュールにコンパクトフラッシュ(CF)メモリを装着すると、CFメモリに96フォルダ×32個の加工プログラムをバックアップすることができる。バックアップした加工プログラムを簡単NCのCPUモジュールのデータメモリへ読み出し後、モーション処理が可能となる。

6 簡単NCの適用事例

6.1 オペレーター操作画面の登録

固定の運転パターンで動作する専用機械では、機械メーカーで加工プログラムを組み込むケースが多い。エンドユーザー側では製品寸法や動作の繰返し回数などのデータ設定だけを行う。簡単NCでは機械メーカーが加工プログラムとPODのオペレーター操作画面を用意することで対応する。図7はオペレーター操作画面の例であり、オペレーターはX軸の送り量、Y軸の送り量、Z軸の切込み量、および切込み回数などの設定で製品加工を行っている。加工プログラムの編集が不要の場合は、簡単NC用PODを取り外して操作機能だけのPODを機械に搭載することも可能である。

図7 オペレーター操作画面の例

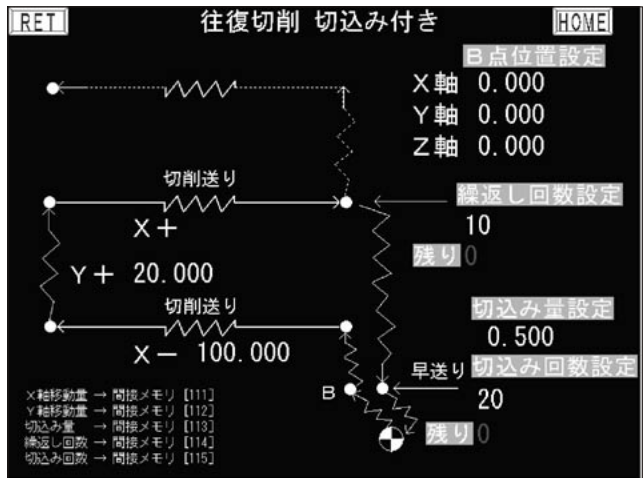
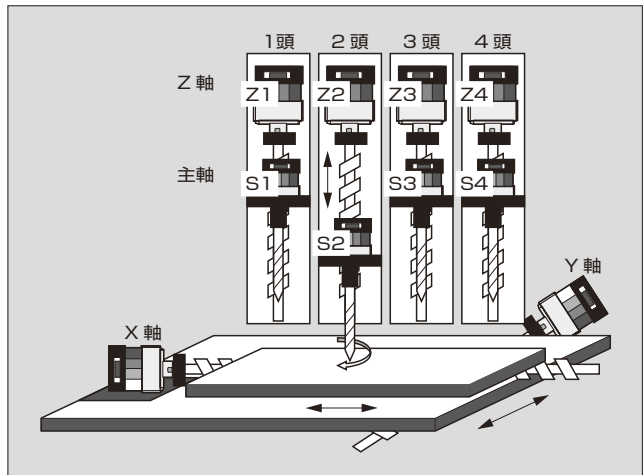


図8 4頭フライス盤の構成



特集(2)

6.2 4頭フライス盤への適用

図8は長い製品の加工を行うための4頭フライス盤の構成である。4頭フライス盤のZ軸と主軸4セットを簡単NCで対応している。加工プログラムではMコードで頭の切替を行っている。

7 あとがき

「MICREX-SX シリーズ」とPODによる多軸機械制御装置「簡単 NC」パッケージについて紹介した。汎用 PLC

と汎用 POD の組合せによる多軸機械制御装置では浮動小数点演算精度など性能の制約があるが、汎用ツールを使ったプログラミングにより柔軟に、かつコストパフォーマンスよく適用できるようになってきた。各種機械に装備する制御装置の実現手段が広がり、その選択に対して本稿が参考になれば幸いである。

参考文献

- (1) 日本工業規格 JIS B 6315-2. 機械の数值制御—プログラムフォーマット及びアドレスワードの定義—第2部：準備機能 G 及び補助機能 M のコード，2003.

解説 GコードのEND命令

工作機械用の数值制御装置（NC）で使用される加工プログラム言語 G コードは、JIS B 6315-2 で規定されている（「準備機能 G 及び補助機能 M のコード」）。NC では元々、紙テープで加工プログラムを読み込んでいたため、END 命令は紙テープ読み込み器を制御する機能が含まれている。

- (1) プログラム停止 M00：紙テープの読み込みを停止する。再起動では停止している位置から紙テープ読み込みを実行する。
- (2) プログラム終了 M02：再起動には次の加工プログラム No. 検出まで紙テープの巻戻し、あるいは送り操作が必要である。
- (3) 先頭待機 M30：紙テープを実行した加工プログラ

ムの先頭位置まで自動巻戻しをする。再起動で現在の加工プログラムを再実行する。

自動運転準備の「加工プログラム読出し」操作は選択されたプログラム No. を検出するまで紙テープ送り動作を意味する。また、加工プログラムの文法も紙テープと関連している。モーダルな G コード（G コードをグループ分けし、同一グループの G コードを再選択するまで前回の設定値を保持する機能）での省略は、決められた長さの紙テープに効率的にモーション動作をプログラミングできる反面、先頭から加工プログラムをチェックしないと動作がチェックできないため、初心者には分かりにくい構成になっている。