モーションコントロールシステムの適用事例

井本　博幸（いもと　ひろゆき）　富永　保隆（とみなが　やすたか）　相田　忠勝（あいだ　ただかつ）

1　まえがき

サーボシステムは当初，金属工作機械に適用されていた特殊なモータであったが，現在では印刷機械や半導体製造装置を含めた幅広い業種で採用されている。これは，サーボシステムの小型化，低価格化，高性能化で適用範囲が広がったことも一因であるが，環境に対する負荷の軽減（機械の軽量化，騒音の低減，廃油対策など）が目的で採用される事例も増加している。

サーボシステムは指令されたとおりに動作する駆動源の一つであるが，サーボアンプ側に1軸位置決め機能を内蔵したタイプ，高速シリアルバス経由で複数のデータを送受信できるタイプなどが開発され，機械に最適なモーションコントロールシステムを選択できる。

本稿では，富士電機の統合コントローラとサーボシステムを組み合わせたモーションコントロールシステムの特徴，適用事例について紹介する。

2　モーションコントロールシステム

統合コントローラ「MICREX-SX」（以下，SXと略す）と高性能サーボシステム「FALDIC-α」（以下，FALDICと略す）を組み合わせることで，3種類のモーションコントロールシステムを選択できる。

これらの主な仕様比較を**表1**，システム構成を**図1**に示す。

2.1　FB方式によるモーション制御

SXのCPUモジュールは32ビット専用OS，32ビット実行プロセッサを搭載し，最小の命令実行時間は20 nsである。FB（Function Block）方式ではCPUモジュールでモーションコントロールを実行する。

(1)　モーションプログラム

IEC規格の5言語の1種，FBの形態でCPUモジュールにプログラムされる。**図2**に1軸直線位置決め用FBの外観を示す。FBの「足」に起動条件の変数（BOOL型），位置指令値の変数（DINT型）を与えることでモーションコントロールが実行される。

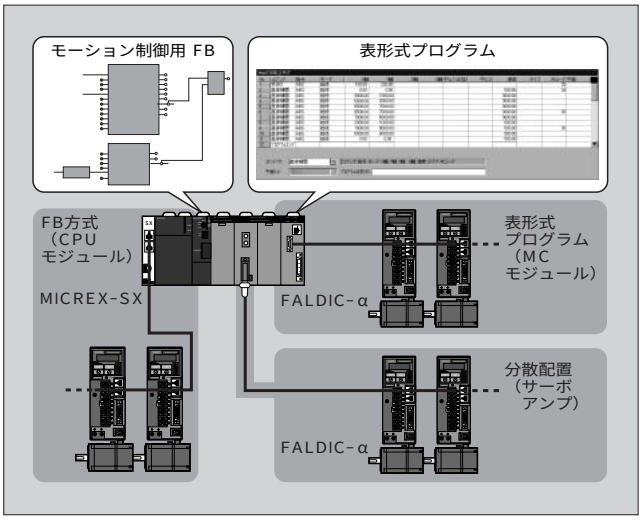
(2)　モーション制御

モーション制御用FBには，PTP（Point to Point）位置決め，位相合わせ，同期運転，電子カム制御などが提供

表1　モーション制御の仕様比較

項　目	FB方式	表形式プログラム	分散配置
モーション制御実行部	CPUモジュール	MCモジュール	サーボアンプ
最大制御軸数	20軸/モジュール	8軸/モジュール	31軸/1系統
マルチタスク	—	最大8タスク	—
プログラムツール	D300win	MC支援系/表計算ソフトウェア	サーボアンプ支援ツール
接続方式	パルス列/SXバス	MCバス	ネットワーク
モーション制御	同期運転，走行切断，PTP	直線補間，円弧補間	PTP
特　徴	○高速応答 ○専用位置決めモジュール不要 ○通信モジュール不要	○4軸直線補間/2軸円弧補間 ○連続軌跡制御 ○サーボシステム専用	○1軸ごとの独立制御 ○専用位置決めモジュール不要 ○分散配置可能

図1　モーションコントロールシステムの構成



井本　博幸

サーボシステムのエンジニアリング業務に従事。現在，機器・制御カンパニー システム機器事業部 事業企画部リーダー。

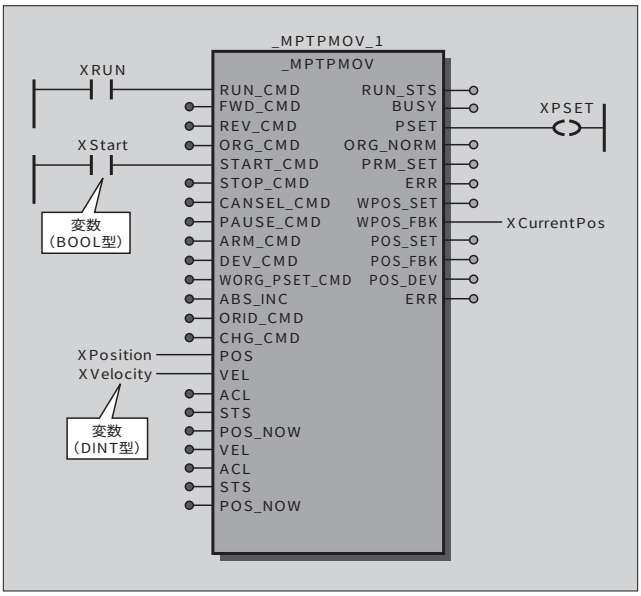
富永　保隆

サーボシステム用の位置決め装置の開発設計に従事。現在，機器・制御カンパニー インバータ開発生産センター 設計部担当課長。情報処理学会会員。

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，機器・制御カンパニー技術統括部システム技術第一部担当課長。

図２　直線位置決め用 FB の外観（_MPTPMOV）



可能である。各種 FB とサーボシステムとを組み合わせることにより，軸ごとに制御内容が変更可能であり，従来は実現困難であったフレキシブルなシステム構築ができる。

2.2　表形式プログラムによるモーション制御

FB 方式ではモーションプログラムが CPU モジュールに内蔵されるため，制御軸数，制御周期およびプログラム容量から制約を受ける。このため，モーションプログラム容量の確保およびマルチタスク処理に特化した専用のモーションコントロール（MC）モジュールである。MC モジュールの詳細は本号の別稿（統合コントローラ「MICREX-SX」によるモーションコントロールシステム）を参照願いたい。概要は次のとおりである。

(1)　モーションプログラム

表形式と呼ばれる表計算ソフトウェアと同様の固定フォーマットで，最大 12,500 ステップのプログラム容量を持つ。

(2)　モーション制御

４軸直線補間/2 軸円弧補間のプログラムを連続して実行する。また，M コードによるインタロックが可能である。

2.3　サーボアンプの分散配置によるモーション制御

サーボアンプ側のネットワーク機能，モーションコントロール機能（直線位置決め，回転割出し機能）を使用し，SX からは位置指令値の転送，起動・停止のレベルで制御を実行する。

(1)　モーションプログラム

サーボアンプに内蔵された位置制御機能に依存するが，１軸単位の独立した PTP 制御である。

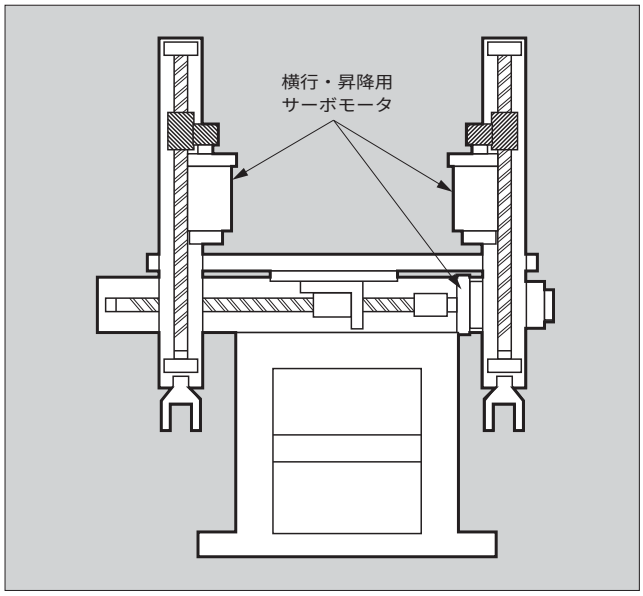
(2)　モーション制御

サーボアンプ側が位置制御を実行するため，制御軸数が増加しても SX の CPU の負担が少ない。このため軸の拡張が容易である。**表２**にネットワークの特徴を示す。

表２　ネットワークの特徴

名　称	特　徴
DeviceNet	制御機器間接続用オープンネットワーク
RS-485	汎用通信ネットワーク
Tリンク（富士電機）	総配線長1,000mのプライベートリンク
SXバス（富士電機）	25 MHzの高速シリアルバス

図３　搬送用ロボットの構成



3　適用事例

3.1　搬送用ロボット

搬送用ロボットは対象となる部品などのハンドリングを行う機械である。搬送用ロボットの構成を**図３**に示す。各軸は繰り返し同一の動作を行う場合が多く，高速な動作が要求される。軸制御は PTP 位置決めであり，目標とする位置は変更されるが PTP 以外の制御（同期運転や割込み位置決めなど）と混在することはない。このため，プログラムが高速，かつ，単一動作に最適な FB 方式を適用する。

SX システムは，他のプログラム開発用言語と同様に FB をコンパイルして実行するため高速制御が可能である。特定用途の搬送用ロボットでは１マシンサイクルで 200 ms 以下を要求されるが，SX のバスタクトは 1 ms 単位であるため十分に適用が可能である。

3.2　フィルム切断機

巻き取られたロールから連続して送られるフィルムを一定寸法に切断する機械を紹介する。従来はフィルムの送りロール，切断用ロールは機械的に連結されていたため，切断寸法を変更する場合には機械的な変速装置を必要としていた。

すべてのロールを独立したサーボモータで駆動し，位相合わせ，電子カム，同期運転 FB を適用しマーク付きの

フィルム定尺切断を可能とした。これは複数のモーション制御用 FB の中から必要な機能を抽出し，FB の「足」の接続を変更することで実現している。機械の構成を**図 4** に示す。

切断刃のロール径は一定であるが，切断時にはフィルム速度に同期，それ以外では正弦波状に変速して切断長を調節している。切断精度を向上させるため，複数のサーボアンプの制御周期を調節する高精度同期制御方式を採用している。また，フィルムの延びをマークセンサで検出し，切断長を自動補正する機能も搭載している。

図 4　フィルム切断機の構成

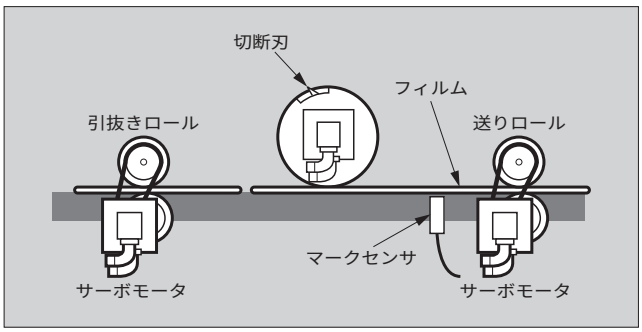
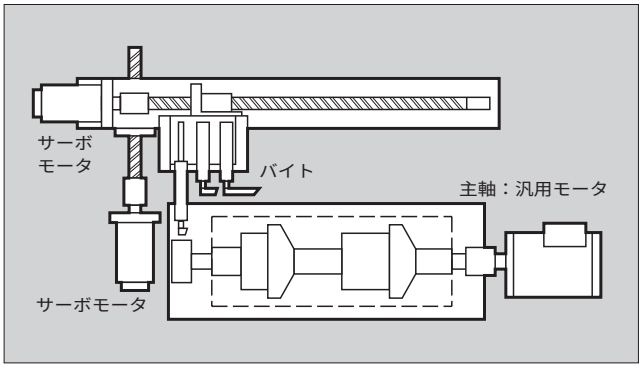


図 5　成形機の構成



3.3　成形機

成形機には各種の機械制御の方法があるが，一例としてバイトを移動させて切削する機械を紹介する。**図 5** に成形機の構成を示す。円筒の形状を回転させながらバイトを移動させ，傘が複数重なった形状に成形する。一般的に削り出しを行う機械では，プログラムステップの間で軸がいったん停止することは許されない。これは，速度継続または等速制御と呼ばれ，成形機では必須の機能である。

バイトの移動には 2 軸の直線補間と円弧補間を速度継続の状態で実行する。この形状の生成には数百ステップに及ぶ連続したプログラムが必要である。

表計算ソフトウェアで作成したプログラムを MC モジュールに格納し，CPU からの起動信号でプログラムの実行を開始する。また M コードを使用することで，バイトの変更指示をモーションプログラム側に記述することが可能である。

3.4　製本機械

製本機械は，束ねた用紙の背を削り，接着，後工程で表

図 6　製本機械の機構例

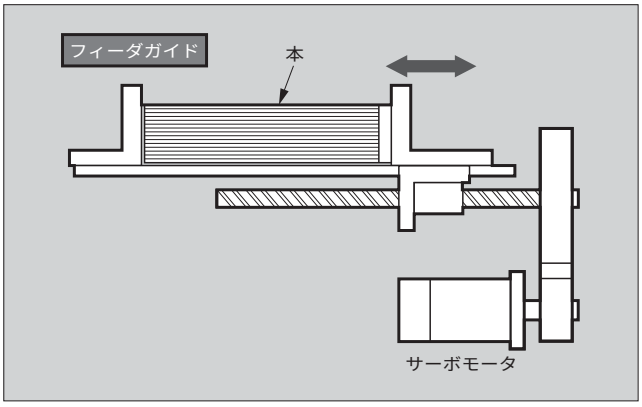
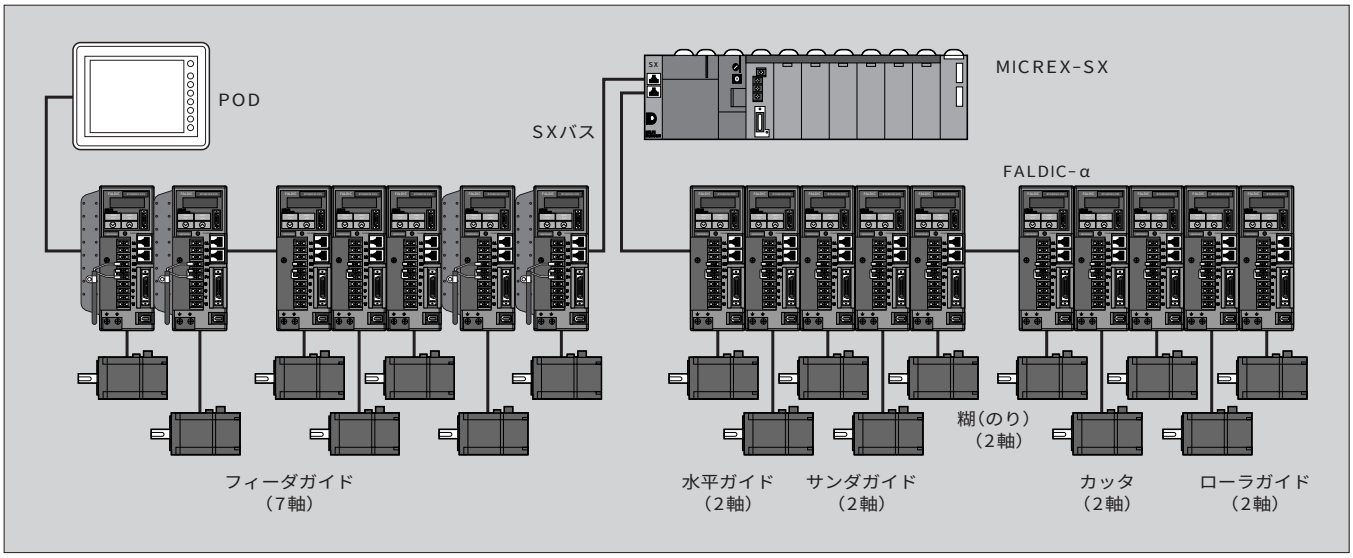


図 7　製本機械のシステム構成



紙を追加して，１冊の本に仕上げる機械である。各軸は本が通過するガイドとなる部分を主として位置決めするが，本のサイズが変更となるまで動作しない。この機械の機構例を**図６**に示す。本の仕上りサイズは各種あるが，POD（プログラマブル操作表示器）のボタン一つですべての軸が動作する。この機械では，SX バス直結タイプのサーボアンプ（直線位置決め機能内蔵）を約 20 台接続した。このため，一般的な位置決めモジュールなどは存在せず，配線作業の大幅な省力化を図ることができる。**図７**にシステム構成を示す。

大型機械に多いオプションとなる機構部分の追加およびモータの容量変更は，サーボアンプを追加・変更することで容易に可能である。

FALDIC シリーズでは，サーボアンプに電池を実装するだけで ABS（絶対位置管理）システム（479 ページの「解説」参照）を構成できる。

ABS システムを適用することで電源投入時に全軸とも原点復帰動作を行う必要がなく，機械の即時稼動が可能である。

4　あとがき

以上，SX システムをベースとしたモーションコントロールの適用事例について紹介した。SX システムでは複数のモーション制御方式を任意に組み合わせることができる。機械の処理能力アップ，セットアップ時間の短縮化などに伴い，モーションコントロールの適用分野はさらに拡大すると考える。富士電機では高速モーションネットワークの開発，サーボシステムのさらなる高速化，高分解能化でこれらの要望に対応していく所存である。

参考文献

(1)　相田忠勝ほか．コントローラのモーションコントロールシステムへの適用．富士時報．vol.75, no.12, 2002, p.677–682.

解　説　ABS（絶対位置管理）システム

停電時や瞬時停電時にもサーボモータの現在位置情報を失わないサーボシステムが ABS（absolute）システムと呼ばれる。現在位置情報が失われるのは INC（incremental）システムである。

「FALDIC-αシリーズ」ではサーボモータに ABS/INC 共用エンコーダが搭載され，サーボアンプに電池を装着すると ABS システムになる。従来は ABS エンコーダと INC エンコーダは別のものであり，サーボモータを入手するときに区別していた。モーションコントロールで現在位置情報を失わない ABS システムは優位性が高い。

ABS システムで現在位置情報を失わないことは有用であるが，回転量に制限がある。16 ビットエンコーダでは 65,536 回転以上移動させることができない。これは 1mm のボールねじを直結したと仮定すると 65,536 m に相当するので，機械の大きさ的には十分である。

INC システムでは電源の遮断で現在位置情報が失われるが，「原点復帰」動作を行うと座標系を再現できる。１軸あたりの原点復帰に必要な時間は 10 秒ぐらいなので 28,800 秒（8 時間）に比較すると 0.03 %である。また，INC システムでは回転体の駆動などで無限にモータを回転させることが可能である。

復電時に現在位置情報を再現できる ABS システムだが，上位コントローラの制御はやや複雑になる。各軸（機械）の位置は瞬時に取得できるが，他の油空圧機器の状態，複数軸の機械的干渉の有無などを１台の機械の中で判断しなければならない。その機械の前後に 10 台の別の機械がラインを構成していると，前後のハンドリング部分まで機械的干渉を考慮する必要がある。

復電時に機械を動作させないで現在位置を取得できることは，安全上重要である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。