

工場設備の自動化に貢献するモーションコントローラ

Motion Controller Contributing to Automation of Factory Equipment

久保 隅 創 KUBOSUMI, Hajime

産業用機械・装置で活用されるモーション制御における高速化、高精度化、装置設計・デバッグ・立上げの効率向上などの顧客要求に応えるため「MICREX-SX シリーズ」の CPU モジュールを開発した。本製品は、シーケンス制御やモーション制御を並列実行することにより、アプリケーション実行性能を従来比で 4 倍に向上できる。また、オープンネットワークとして普及が加速している EtherCAT に対応し、顧客の要望に合わせて柔軟にシステムを構築できる。さらに、モーション制御用 FB やロギング機能によって、プログラム開発・デバッグ効率、システムの信頼性を飛躍的に向上できる。

Motion controllers are being increasingly required to increase the speed and precision of industrial machinery and equipment and improve the efficiency of equipment design, debugging, and start-up. To meet these customer needs, we have developed the "MICREX-SX Series" CPU module. By executing sequence control and motion control in parallel, this module can improve application execution performance by a factor of four compared with conventional products. It also supports EtherCAT, which is becoming increasingly popular as an open network, to enable faster and more accurate machines. In addition, it can utilize motion control FBs and logging functions to dramatically improve program development, debugging efficiency, and system reliability.

1 まえがき

モーションコントローラは、産業用ロボットをはじめとする産業用機械・装置のモーション制御を行い、工場設備の自動化に貢献している。産業用機械・装置では、複雑な動作や加工への対応、工程時間の短縮および高精度化の要求があり、モーションコントローラには、より多くの制御軸をより高速に制御できる性能が求められている。また、制御システムを構成する機器として、性能や価格が最適なものを複数のメーカーの中から選んで使いたいというお客さまの要求も強まっており、このようなシステム構成を実現できるオープンネットワークとして、EtherCAT^(注1)が急速に普及してきている。この他に、装置設計・デバッグ・立上げの効率向上、障害発生時の原因究明、対策時間の短縮の要求から、制御情報を取得し可視化するロギング機能が求められている。

富士電機では、これらの市場要求に応じて、制御・操作・監視の統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」の新 CPU モジュールとして、高速かつ高精度な制御性能を実現できる「E-SX バス」対応を特徴とした「SPH5000M」および EtherCAT やロギング機能対応を特徴とした「SPH5000EC」を開発した。本稿では SPH5000EC について述べる。

2 「SPH5000EC」の特徴

EtherCAT に対応した SPH5000EC をモーションコン

トローラとして使用したとき、モーション制御プログラムは従来機種種の「SPH3000D」に比べて 4 倍の速度で実行できる。

SPH5000EC を使用したモーションコントロールシステムの構成例を図 1 に、エンハンスドプロセッサバスによる高速制御の連携例を図 2 に、SPH5000EC の主な特徴を表 1 に示す。また、SPH3000D とのアプリケーション実行性能の比較を図 3 に示す。

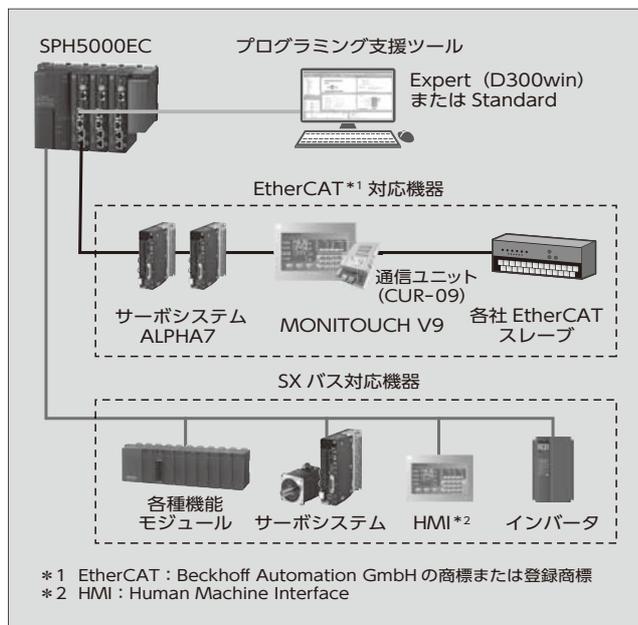


図 1 「SPH5000EC」を使用したモーションコントロールシステムの構成例

〈注 1〉 EtherCAT : Beckhoff Automation GmbH の商標または登録商標

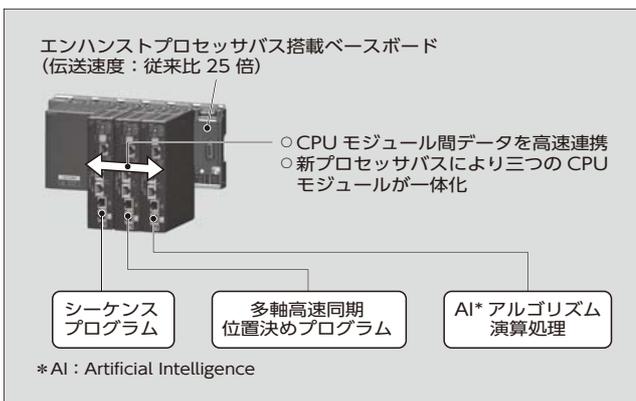


図2 エンハンスドプロセッサバスによる高速制御の連携例

表1 「SPH5000EC」の主な特徴

項目	特徴
アプリケーション実行性能	マルチコアマイコンにより従来機種SPH3000Dに対して4倍高速化
大容量メモリ	プログラムメモリ：512Kステップ データメモリ：5,120Kワード
データバックアップ	バッテリーレスデータバックアップ方式によるバッテリーのメンテナンスフリー化
情報ネットワーク	Gigabit Ethernet* ¹ による高速通信
モーションネットワーク	EtherCAT* ² をサポート
マルチCPU間データ伝送	エンハンスドプロセッサバスにより従来比25倍の伝送速度高速化 SPH5000ECの3台並列実行による高速制御が可能
ロギング機能	制御に影響を与えずにコントローラ内部のデータを収集し、SDカードに保存、PC上で表示・再現することが可能 (対象形式：NP1PA1C-256E、NP1PA1C-512E)

*1 Ethernet：富士フイルムビジネスイノベーション株式会社の商標または登録商標

*2 EtherCAT：Beckhoff Automation GmbHの商標または登録商標

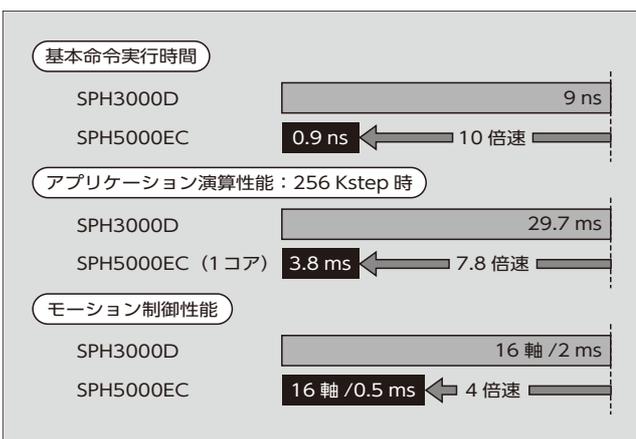


図3 アプリケーション実行性能の比較

③ 高速化とシステム構築コスト低減を支える技術

3.1 EtherCAT 通信技術

SPH5000EC は、モジュール前面に高速かつリアルタイム性能を兼ね備えた EtherCAT 通信ポートを搭載することで、オープンネットワークを構成可能とした。

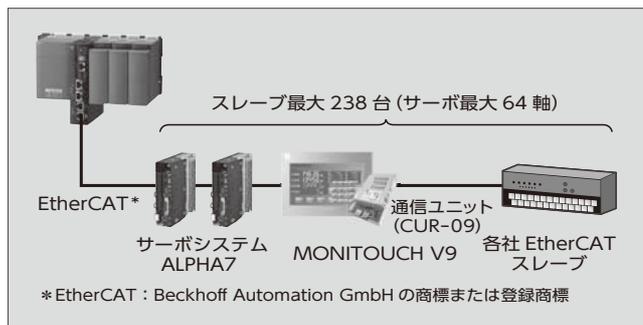


図4 EtherCAT システム構成

図4にEtherCATシステム構成を示す。SPH5000ECは、EtherCAT マスタとして、各種 EtherCAT スレーブと接続することが可能であり、富士電機のサーボシステム「ALPHA7」やプログラマブル表示器「MONITOUCH V9」、他社機器など、最大 238 台のスレーブ機器を組み合わせることで顧客の要望に合わせた柔軟なシステムが構築可能である。

加えて、エンハンスドプロセッサバスを搭載したベースボードと組み合わせることで、SPH5000EC を最大 3 台まで制御周期を同期して動作させることができる。

例えば、制御周期を最小 0.5 ms としたときは、最大 48 軸（EtherCAT1 回線当たり 16 軸で 3 台の SPH5000EC を使用）、2 ms としたときは、最大 192 軸（EtherCAT1 回線当たり 64 軸で 3 台の SPH5000EC を使用）までの多軸モーション制御が可能である。

また、図5に示すように EtherCAT のホットコネク機能に対応させ、EtherCAT マスタである SPH5000EC の稼働中にスレーブの接続と取外しが可能となった。ネットワークの末端または途中に未接続スレーブを含む構成が可能のため、必須スレーブとオプションで追加するスレーブが混在したシステム構成が可能である。

これに合わせて、柔軟なシステム構成を効率よく構成可能な EtherCAT コンフィグレータを開発した。

図6に示すようにプログラミング支援ツール「Expert (D300win)」から EtherCAT コンフィグレータを起動することによって、EtherCAT ネットワークの構成が可能

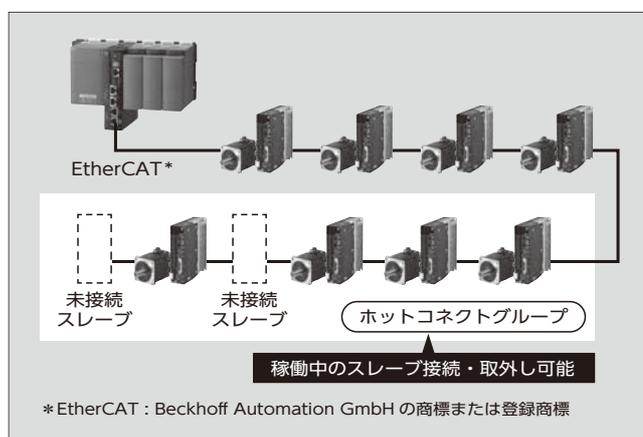


図5 ホットコネク機能

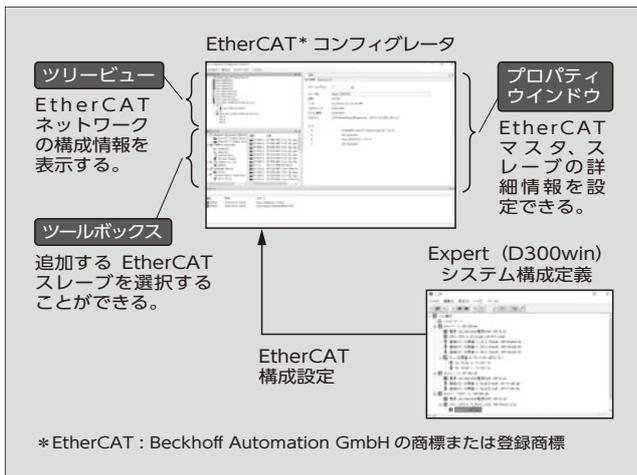


図6 EtherCAT コンフィグレータ

である。ツリービューから簡単な操作で EtherCAT マスタ・スレーブ構成を一括で管理することができ、Expert (D300win) と EtherCAT コンフィグレータを組み合わせ、富士電機のオリジナルネットワーク (SXバス、E-SXバス、T-Link など) を含めた柔軟なシステムが構成可能となった。

3.2 多彩なモーション制御ライブラリ

ユーザーのシステム構築コストを低減させる各種の機能ソフトウェアとして、富士電機オリジナルのモーション制御用 FB (ファンクションブロック) に加えて、PLCopen^(注2)仕様に準拠したモーション制御用 FB を開発した。

富士電機オリジナルのモーション制御用 FB を使用することで、PTP (Point to Point) 位置決め、直線補間、円弧補間、割込位置決め、同期運転など、多彩なモーション制御を簡単に実現することが可能である。また、PLCopen 仕様に準拠したモーション制御用 FB を用いることで、ハードウェアの依存性を減らし、ユーザプログラムの再利用性を高めることが可能となる。さらには、トレーニングやサポートにかかるコストを軽減することも可能となる。

これら多彩な FB を組み合わせることで、大規模システム用のモーションプログラムを短時間で構築でき、機械に必要な機能を 1 軸ごとに自由に設定可能とした。図 7 にモーション制御用 FB の適用例を示す。機能ブロック化した FB の再利用により、プログラム開発効率、デバッグ効率、システムの信頼性を飛躍的に向上させることが可能である。

3.3 ユーザデータロギング技術

SPH5000EC の CPU モジュールに、新開発となるロ

〈注 2〉 PLCopen : PLC プログラミングの国際標準 IEC 61131-3 の普及活動と、ベンダに依存しない標準ファンクションブロックの仕様策定および認定を行う第三者機関をいう。また、PLCopen 協会の商標または登録商標である。

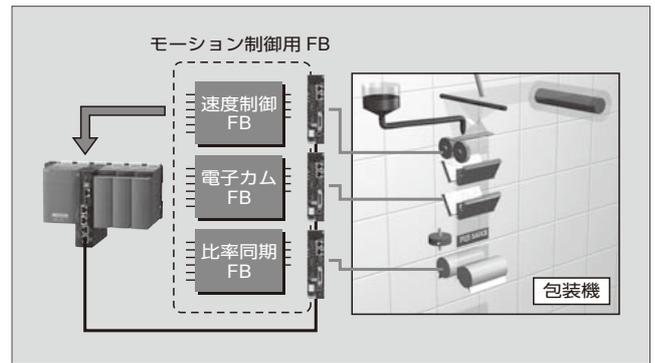


図7 モーション制御用 FB の適用例

ギング機能を内蔵した。ロギング機能を使用することで、CPU モジュール内の任意のユーザデータを、任意のタイミングで、アプリケーションのスキャンタイムに影響せずに保存することが可能である。

同時開発したユーザプログラム表示と波形表示ツールを用いることで、保存した時系列のユーザデータを波形表示やプログラムモニタ表示として可視化し、ユーザプログラムのデバッグやトラブル要因の解析などに使用することが可能となる。

図 8 にユーザデータロギング機能の収集モードを示す。

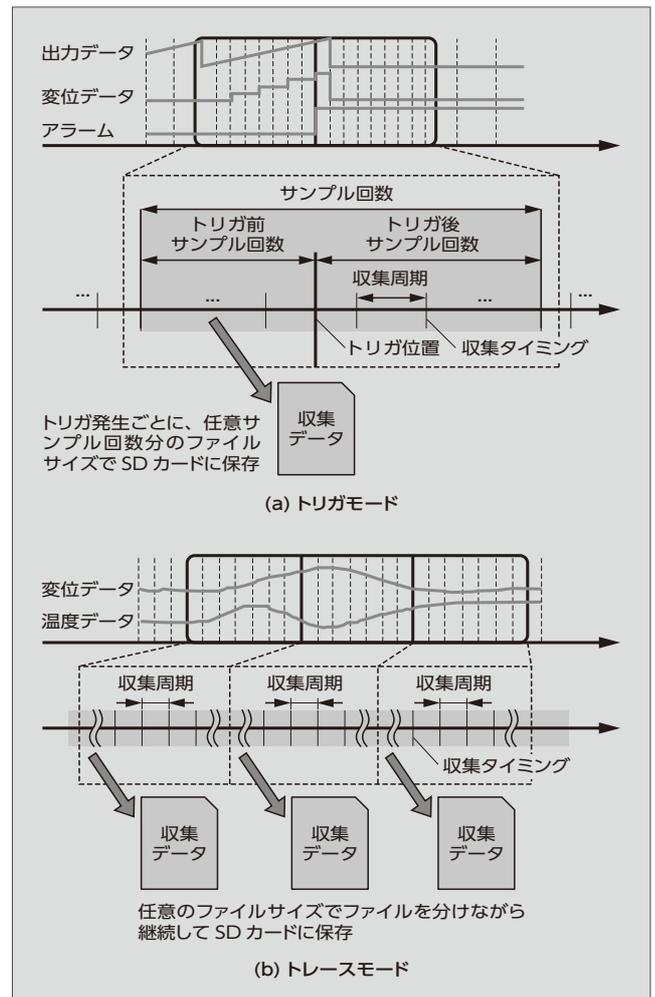


図8 ユーザデータロギング機能の収集モード

SPH5000EC は、ユーザデータをロギングするモードとして、トリガモードとトレースモードを持つ。

トリガモードは、ユーザーが指定する任意のトリガ条件の前後のユーザデータを指定サンプル回数分収集し、SDカードに保存することができる。FB などのエラー端子がオンしたタイミングなどで前後のアプリケーションがどのような挙動だったのか把握する場合や、1 製造サイクルごとに前後の品質情報を保存する場合などで活用できる。

一方、トレースモードは、ユーザーの指定する任意の収集タイミングで継続してユーザデータを収集し、ユーザーが指定する一定サイズごとに、SD カードに保存することができる。決まったタイミングに継続して収集したデータの変化から、品質特性などを把握することが可能となる。

図 9 に SX モニタと波形モニタの連携機能を示す。アプリケーションのデータ全体をスキャンごとに保存し、SX モニタと波形モニタを組み合わせ、机上でアプリケーションの挙動を再現する場合などに活用できる。SX モニ

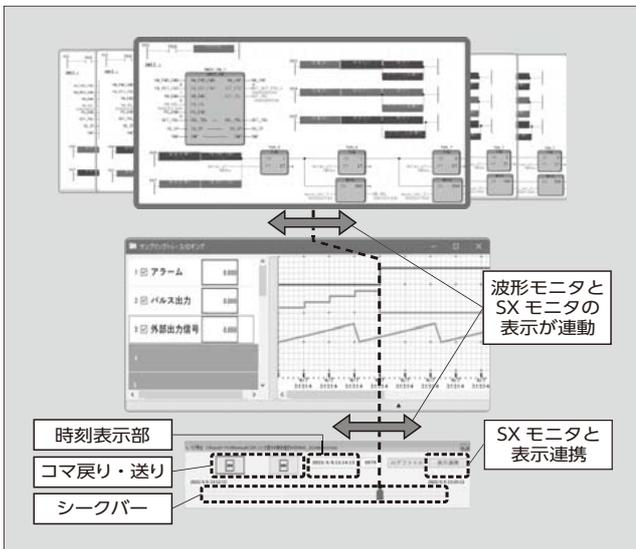


図 9 SX モニタと波形モニタの連携機能

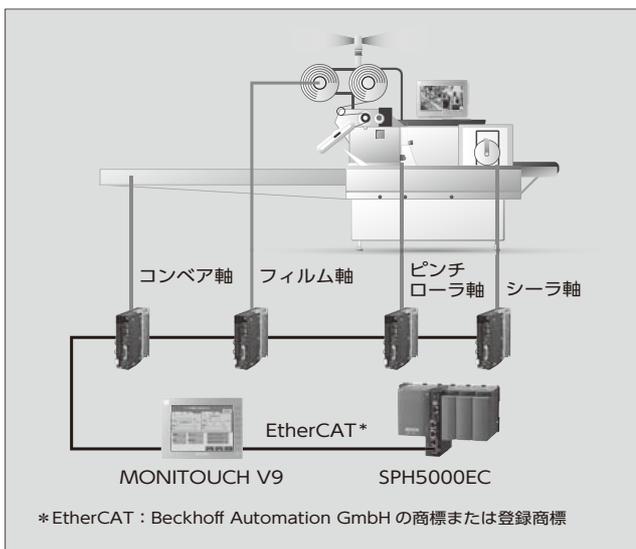


図 10 「SPH5000EC」を使用した包装機システムの適用例

と波形モニタの表示を連携させ、コマ送りやコマ戻しを可能とすることで、1 スキャンごとにアプリケーションの挙動をデバッグすることが可能である。

その他に、毎日、毎時、毎分、毎秒などの定時や、タクト周期の整数倍で定周期に継続してデータを取得し続けることも可能で、設備状態の稼働状況や、生産状況を収集する際に活用できる。

4 適用事例

SPH5000EC を包装機システムに適用した事例について述べる。

包装機システムは、複数のセンサやアクチュエータを使用してシーケンス制御やモーション制御を行っている。特に、生産性や品質を向上するために、高速かつ高精度のモーション制御が要求されている。

従来の SPH3000D を使用した包装機システムではシーケンス制御とモーション制御を一つのシングルコアマイコンで行う必要があり、これ以上の高速化は難しかった。

SPH5000EC では、マルチコア演算実行エンジンを活用したシステム構成とした。図 10 に SPH5000EC を使用した包装機システムの適用例を示す。

一方の演算実行エンジンでシーケンス制御を行い、もう一方の演算実行エンジンでモーション制御を行うことで、従来と同様のシーケンス制御とモーション制御の一体化を実現することが可能である。

5 あとがき

工場設備の自動化に貢献するモーションコントローラについて述べた。

「MICREX-SX SPH5000EC」をモーション制御に適用することで、シーケンス制御と多軸高速同期制御の高性能化による機械のさらなる高速化・高精度化が実現し、生産効率を向上できる。さらには、MSPC（多変量統計的プロセス管理：Multivariate Statistical Process Control）などの AI（Artificial Intelligence）アルゴリズムを組み込むことで FA システムの不具合予兆診断にも適用できる。

今後も、製造現場の課題解決に向けて、コントローラの適用拡大を図っていく所存である。

参考文献

- (1) 下川孝幸ほか, モーションコントローラ「MICREX-SX SPH5000M」. 富士電機技報. 2020, vol.93, no.1, p.21-25.



久保 創

制御システム、プログラマブルコントローラの開発業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレインダストリー事業本部開発統括部 計測・制御開発センターコントローラ開発部主査。



*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。