

高速コントローラ・大容量ネットワークによる駆動制御システムソリューション

Drive Control System Solution Utilizing High-Speed Controller and Large-Capacity Network

小田 孝一 ODA Koichi

常盤 欣史 TOKIWA Yoshifumi

大坪 宏輔 OTSUBO Kosuke

近年、プラント制御分野では、製品の高品質化と操業の安定化・高効率化のために、駆動制御システムに対して、制御応答の高速化や膨大な情報の高速処理が求められている。富士電機は、システムコンポーネントの高機能化とネットワークの高速・大容量化により、これらの要求に応えている。適用例として、プレス機械、鉄鋼プロセスライン、条鋼圧延ラインにおけるソリューションがある。鉄鋼プロセスラインでは、保守の合理化のために、インバータの遠隔監視・操作ができるインバータ透過接続機能を用いて保守ツールを統合している。

Recently, in the field of plant control, higher-speed control response and high-speed processing of massive data are demanded of drive control systems for improving product quality and stabilization and achieving efficient operation. Fuji Electric meets these demands by enhancing the functionality of system components and increasing the speed and capacity of networks. Applications include solutions for press machines, steel processing lines and metal rolling mill. In steel processing lines, the maintenance tools are integrated by making use of the inverter transparent connecting function which allows remote monitoring and operating inverters in order to streamline its maintenance.

1 まえがき

金属加工や印刷などの機械制御分野ならびに鉄・非鉄製造や製紙などのプラント制御分野では、製品の高品質化と操業の安定化・高効率化が求められている。このため、制御応答の高速化や膨大な情報の高速処理が必要となる。また、エンジニアリングの容易性を確保しながら、これらの課題に向けて柔軟にシステムを構築できることも重要である。

例えば、機械制御分野の多軸モーション制御では、高精度な同期が必要であるため、複数のアクチュエータ同士を数 μ sの精度で同期させて制御することが要求される。また、プラント制御分野ではプラント全体の入出力点数が数万点に上り、高速かつ大容量の処理を行うために複数のコントローラをネットワークで接続する必要がある。そのため、ネットワークには大容量のデータの高速通信性能が要求される。

本稿では、駆動制御システムを、金属加工や印刷などのアクチュエータを高精度に制御する“機械制御システム”と、鉄鋼や製紙などの大容量のデータを高速に処理する“プラント制御システム”に分類し、各制御システムへの要求と課題に対して高速コントローラと大容量ネットワークの特長を生かしたソリューションについて述べる。

2 駆動制御システムの動向

コントローラやインバータなどの駆動制御装置を主な構成要素とする駆動制御システムでは、“製造品質の向上”“生産効率の向上”“操業の安定化”“保守の合理化”“操業の可視化”といった要求が年々高度化しており、その実現のためにシステムコンポーネントの高機能化とネットワー

クの高速・大容量化が進んでいる。

2.1 システムの構成要素

富士電機は、高速フィールドバスを2系統搭載した「SPH3000MM」と、高速・大容量の制御ネットワーク「SX-Net」を搭載した「SPH3000MG」を開発し、機械制御システムからプラント制御システムまでさまざまな規模や要求に応えるシステムを提供している(図1)。

(1) 高速フィールドバス「E-SXバス」

「E-SXバス」は、従来の「SXバス」の性能を大幅に向上させた高速・大容量のフィールドバスである。E-SXバスとSXバスの機能・性能比較を表1に示す。E-SXバス内のデータ出力タイミングを同期できることから、高精度なモーション制御が可能となる。

(2) 高速・大容量制御ネットワーク「SX-Net」

SX-Netは、ギガビットEthernetをベースとする高速・

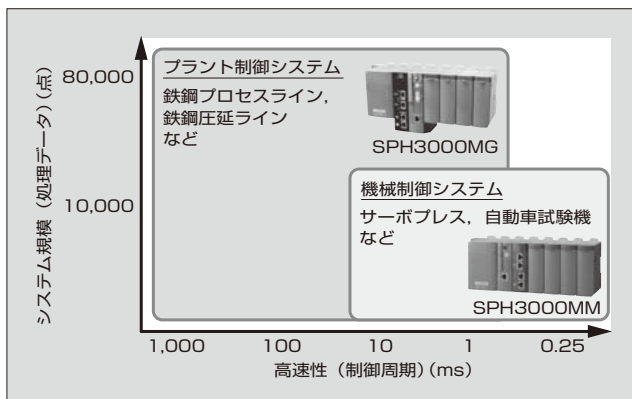


図1 「SPH3000MM」と「SPH3000MG」の適用範囲

〈注1〉 Ethernet：富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標

表1 「E-SXバス」と「SXバス」の機能・性能比較

項目	E-SXバス	SXバス	比較
入出力点数	65,536点	8,192点	8倍
伝送速度	100Mbits/s	25Mbits/s	4倍
タクト周期	250μs～	500μs～	2倍
タクト精度	1μs以下	100μs	100倍超
バス内同期	あり (±1μs以下)	なし	—

表2 「SX-Net」の主な仕様

項目	仕様	
接続台数	126台	
伝送速度	1Gbits/s	
伝送方式	コモンメモリ、メッセージ通信	
最小スキャン周期	500μs	
コモンメモリ	データ領域サイズ	128Kワード (64ワード×2,048ブロック)
	リフレッシュ周期	8Kワード/1ms (16局時)

大容量の制御ネットワークであり、コントローラ間を±80μsで同期することが可能である。コントローラ間の同期制御によって、プラント制御の高精度化を実現する。表2に主な仕様を示す。

(3) 高速・高精度コントローラ「SPH3000MM」

SPH3000MMは二つのCPUを搭載し、それぞれのCPUにE-SXバスを実装した高速・高精度のコントローラである。二つのCPUで並列処理を行うことで演算の高速化を実現し、シンプルで拡張性のある制御システムを構成できる。二つのCPUは±3μsの精度で同期して運転できるので、多軸モーション制御などの各アクチュエータを高精度に同期する制御に適している。

(4) 高速・大容量ネットワーク対応コントローラ「SPH3000MG」

SPH3000MGは、SX-NetとE-SXバスを実装した高速・大容量ネットワーク対応のコントローラである。従来のシステムでは、ネットワークで接続された複数のコントローラを同期させることは不可能であったが、SX-Netによって接続されたSPH3000MGのシステムでは、コントローラ間の同期が可能である。SPH3000MGは演算処理を高速化（最小命令実行時間：5ns）しており、コントローラ間の同期制御と高速処理によるプラント制御の高精度化を実現する。

(5) データ収集・解析支援パッケージソフトウェア「f(s) NISDAS 7」

「f(s) NISDAS 7」は、コントローラやインバータの内部データを高速で収集することが可能なデータ収集・解析支援パッケージソフトウェアである。最速で1Kワード/msの高速収集を実現し、大規模かつ複雑なシステムの“操業の可視化”に貢献する。図2に、f(s) NISDAS 7を搭載したシステムの適用例を示す。

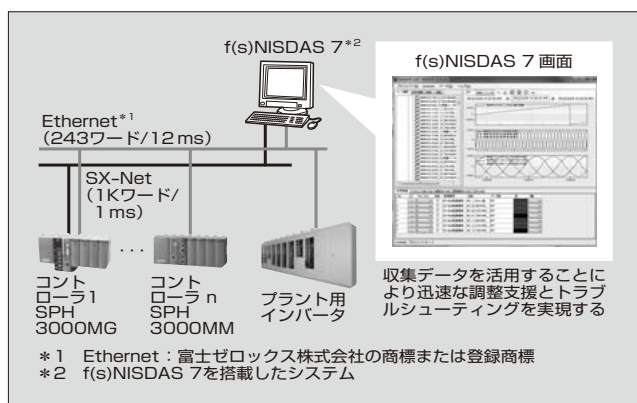


図2 「f(s)NISDAS 7」の適用例

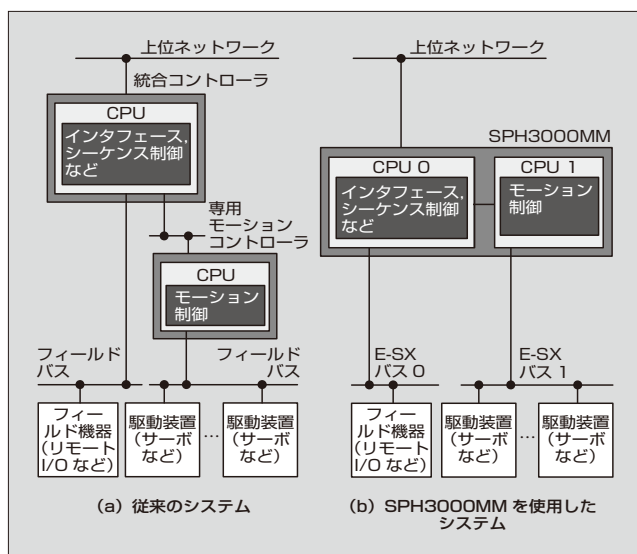


図3 従来システムと「SPH3000MM」システム

2.2 機械制御システム

機械制御システムにおいては、複数のセンサやアクチュエータを使ってシーケンス制御やモーション制御を行っている。特に、生産性や品質の向上のために、高速・高精度のモーション制御が要求される。

図3に、従来システムとSPH3000MMを使用したシステムの比較を示す。従来は、モーション制御は専用のコントローラで行い、設備全体の制御は統括コントローラで行っていた。これに対しSPH3000MMを使用すると、一方のCPUでモーション制御を行い、他方のCPUでシーケンス制御や他システムとの通信制御を行うことができるので、1台で構成できる。また、両方のCPUでモーション制御を行えば、制御周期250μsで8軸を制御することができる。このように、SPH3000MMを使用することにより拡張性のある機械制御システムを構成できる。

2.3 プラント制御システム

プラント制御システムは、複数のコントローラや操作・監視装置を制御ネットワークで接続し、数十から数百台のインバータやセンサなどをフィールドバスで各コントローラ

特集 産業・社会に貢献する計測・制御ソリューション

ラに接続する。プラント制御システムでは、生産の効率化や操業の可視化に伴いプラントデータが大容量化していることから、制御ネットワークはこれまで以上に高速かつ大容量であることが要求される。また、製造品質を向上するためには分散して配置したコントローラを同期して制御することが望ましい。

これに対して SPH3000MG と SX-Net を使用すると、高速・大容量のコントローラ間通信が可能となるだけでなく、これまで困難であったコントローラ間の同期制御が実現できる。さらに、SX-Net は共通メモリ方式を採用していることから、各コントローラはネットワーク上のメモリを容易に参照できる。このように、SPH3000MG と SX-Net を使用することにより制御ネットワークの高速・大容量化と、コントローラ間同期によるプラント制御システムの高精度化が実現できる。

3 適用事例

SPH3000MM の適用事例として、プレス機械の機械制御システムについて述べる。また、SPH3000MG の適用事例として、鉄鋼プロセスラインおよび条鋼圧延ラインのプラント制御システムについて述べる。

3.1 プレス機械の機械制御システム

自動車鋼板用の大型プレス機械は、ボディやドアといった自動車の各種パネルを成形する機械であり、パネル成形性の向上と省エネルギーが求められている。機械式プレスにおけるパネルの成形は、フライホイールとメインモータで駆動されるスライドの下降エネルギーによって行われる。従来、そのエネルギーの大部分はクッション装置を構成するエアクッションとロッキングシリンダで吸収され、熱として放出していた。また、エアクッションのため、パネル成形性に影響を与えるクッション荷重を高速かつ自在に制御することが困難であった。

富士電機は、これらの課題を解決するためにクッションの制御に適した大容量サーボシステムを開発し、パネル成形性の向上とプレス工程の消費電力の削減を実現した。

(1) システム構成

図 4 に、自動車鋼板用大型プレス機械の機械制御システムの構成を示す。全体を統括するコントローラには SPH3000MM を、インバータには E-SX バスに接続が可能な高性能ベクトル制御形インバータ「FRENIC-VG」を、クッションを動かすモータには新しく開発した大容量低慣性サーボモータを採用した。サーボモータの仕様を表 3 に、外観を図 5 に示す。

本システムは、高価で複雑な専用のモーションコントローラを使用せず、SPH3000MM と汎用インバータで高速・高精度の同期制御を実現しており、次の特徴を持つ。

- (a) ネットワークの種類を問わず上位コントローラや他社製コントローラとの接続が容易である。
- (b) システムの変更や I/O の増設が容易である。

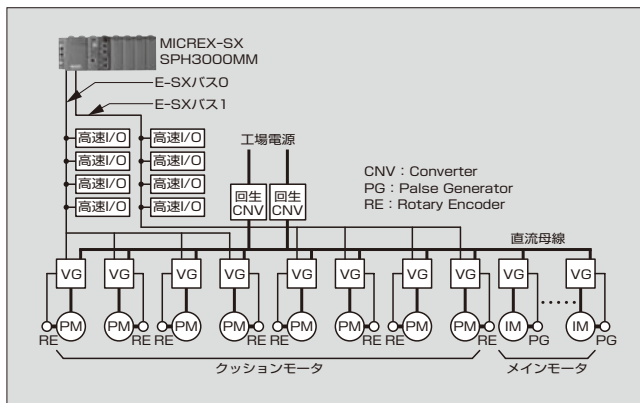


図 4 自動車鋼板用大型プレス機械の機械制御システムの構成

表 3 サーボモータの仕様

項目	仕様
形式	屋内全閉水冷式永久磁石形同期電動機
定格	110 kW, 1,600 min ⁻¹
過負荷耐量	300%, 10 s以上
慣性モーメント	0.19 kgm ²



図 5 大容量低慣性サーボモータ

(2) パネル成形性の向上

パネル成形性を向上させるためにはクッション荷重を高速かつ自在に制御することが必要である。そのためには、クッションを動かす 8 台のサーボモータを高精度に同期させ、瞬時に正確なトルクを出力することが求められる。

SPH3000MM と 8 台の FRENIC-VG を E-SX バスに接続することで、8 台のサーボモータのトルクを制御周期 500 μs, ±3 μs 以下の同期精度で高速かつ自在に制御することが可能となった。また、温度などの影響によって発生するトルクの誤差やエンコーダの偏心によって発生するトルクの脈動は、FRENIC-VG に搭載した各種トルク補正機能（オプション）により低減し、トルク制御精度を大幅に高めている。

(3) プレス工程の消費電力の削減

メインモータを駆動する FRENIC-VG とクッションモータを駆動する FRENIC-VG は共に直流配電方式とし、

両者の直流母線を共通にして電源回生コンバータと接続した。これにより、クッションモータが回収するエネルギーを力行運転しているメインモータへ直接供給することや工場の電源へ回生することが可能となり、プレス工程の消費電力の大幅な削減を実現した。

3.2 鉄鋼プロセスラインのプラント制御システム

鉄や非鉄材料の加熱、酸洗、めっき、塗布などの処理を行うプロセスラインは、数百台のモータ、インバータ、バルブおよびセンサで構成される。この制御システムの入出力点数は40,000点を超える。このような大規模なプロセスラインでは、保守の合理化と操業の可視化が重要であり、その要求はますます高度化している。富士電機は、これらの課題を解決するために新しいプロセスライン制御システムを構築した。

図6に、新しいプロセスライン制御システムの構成例を示す。各セクションを統括するコントローラとインバータを制御するコントローラ(DMC: Drive Master Controller)にはSPH3000MGを適用し、コントローラ間を接続するネットワークにはSX-Netを適用した。DMCはプロセスライン用に開発した標準パッケージで、次の特徴を持つ。

- (a) E-SXバスとSX-Netに接続できる。
 - (b) 最大64台のインバータを制御できる。
 - (c) プロセスラインに必要な速度主幹制御、張力制御、ダイヤ演算などを標準で装備する。
- (1) 保守の合理化

本システムでは、DMCとインバータをE-SXバスで接

続した。1台のDMCは最大で64台のインバータを制御することができ、これによりインバータを制御するコントローラの台数を削減した。

また、インバータの保守ツールを搭載したPCとDMCをEthernetで接続することにより、コントローラとフィールドバスを経由してDMC制御下にあるインバータの遠隔監視・操作を行うことができる。このインバータ透過接続機能により、インバータの保守用回線や専用端末が不要となり、制御パラメータの設定、故障時のトレースバック、制御データのリアルタイムトレースを遠隔のPCに統合できる。

(2) 操業の可視化

各セクションを統括するコントローラとDMCを接続するSX-Net上に、f(s) NISDAS 7を搭載したシステムを接続した。これにより、プラント内の膨大なデータを1台のシステムで高速収集することができ、プラントの状態を詳細に可視化することが可能となった。

3.3 条鋼圧延ラインのプラント制御システム

条鋼圧延ラインは、建材や橋梁(きょうりょう)などに使用する鉄鋼製品の生産設備であり、生産性の向上や製品品質の向上のために、高速制御性能を必要とするプラントである。その制御システムは、多数のセンサやアクチュエータと、これらを制御する制御装置、操作器具および監視システムで構成されている。条鋼圧延ライン制御システムの構成例を図7に示す。このラインにおいてSPH3000MGの高速制御性能を生かした例として、分割シャの切断制御がある。

分割シャは、圧延機の出側に設けられ圧延材の分割切断を行う設備である。その切断精度は、製品の歩留りに影響し、20m/sを超える仕上げ圧延速度においても数十mmの切断精度が要求される。

図8に従来システムとSPH3000MGを使用したシステムの比較を示す。従来は、要求される切断精度を実現するために、フィールドバスによる速度設定とI/Oによる

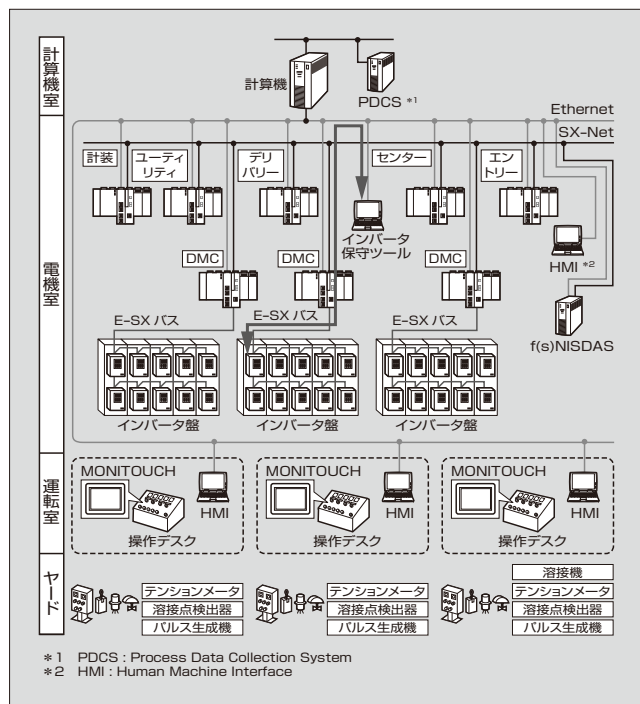


図6 新しいプロセスライン制御システムの構成例

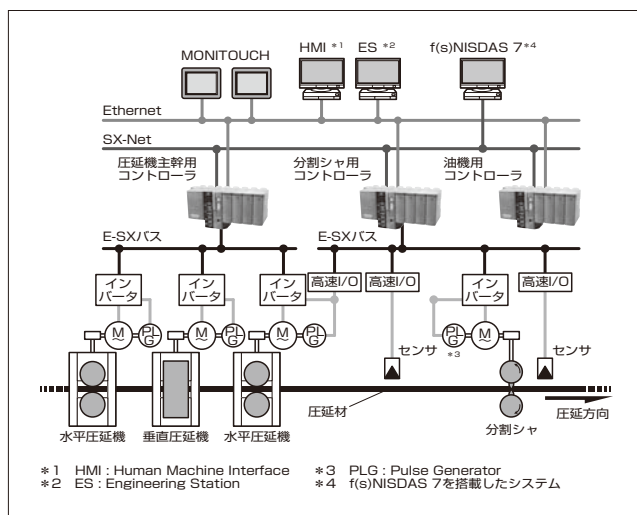


図7 条鋼圧延ライン制御システムの構成例

<注2> 力行：モータの動力を機械に伝えて加速すること

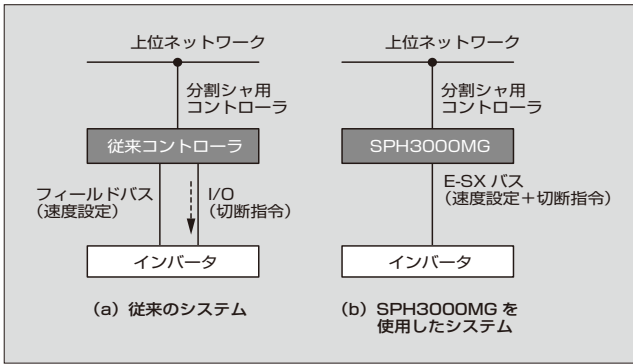


図8 従来システムと「SPH3000MG」システム

切断指令を別々にインバータに出力していた。これに対し SPH3000MG と、高速フィールドバス伝送機能を備えた E-SX バス対応インバータを採用することにより、インバータに対する指令を E-SX バスに集約した。

また、E-SX バス対応の高速 I/O を採用することにより、センサによる圧延材の検出からインバータへの指令出力までのスループットを高速化することも同時に実現した。

4 あとがき

本稿では、高速コントローラ・大容量ネットワークによ

る駆動制御システムソリューションについて述べた。機械設備や各種プラントシステムで要求される高品質な製品製造、ならびに操業の安定化・効率化に貢献できるものと考えている。今後も、製造現場の課題解決に向けて、コントローラ・ネットワークの適用拡大を図っていく所存である。



小田 孝一

鉄鋼・一般産業プラントのエンジニアリングおよび企画に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部機電システム事業部駆動システム技術部課長。



常盤 欣史

産業プラント用電動力応用システムの企画・設計およびエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部システム技術部。



大坪 宏輔

鉄鋼・一般産業プラントのエンジニアリングおよび企画に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部機電システム事業部駆動システム技術部。





*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。