

IoT 技術とモーション制御技術による FA ソリューション

FA Solution That Applies IoT and Motion Control Technology

藤川 泰孝 FUJIKAWA, Yasutaka

吉崎 久之 YOSHIKAZAKI, Hisashi

豊田 謙郎 TOYODA, Kenro

スマートマニュファクチャリング技術の急速な発展を背景に、製造業における FA ソリューションにおいて、さらなる生産性の向上や付加価値の創出・最大化が求められている。富士電機は、IoT 技術を駆使し、自動車製造加工ラインにおける生産性の向上やコストの削減が可能となる品質トレーサビリティソリューションを実現した。さらに、食品工場の包装ラインにおいて、高性能コントローラを駆使したモーション制御技術を開発した。これにより、包装速度に関係なく安定したシーリングが可能となり、包装機システムの最適制御を実現した。

The rapid development of smart manufacturing technologies has created the need to further improve productivity and create and maximize added values as FA solutions for the manufacturing industry. Fuji Electric has made use of IoT technologies to achieve quality traceability solutions, capable of improving productivity and reducing costs on automobile manufacturing assembly lines. In addition, we have also developed a motion control technology that makes use of high-performance controllers for the packaging lines of food factories. Those technologies make it possible to achieve stable sealing regardless of the packaging speed, as well as optimize control for packaging machine systems.

1 まえがき

近年の産業界は、ドイツにおける Industrie 4.0 や米国の IIC (Industrial Internet Consortium) など産業変革への急速な流れの中、日本においても IoT 推進コンソーシアムが設立されるなどスマートマニュファクチャリングに向けた動きが世界的に活発化している⁽¹⁾。

この背景には、IoT (Internet of Things) やビッグデータ解析、人工知能 (AI) などの技術の加速的な発展が挙げられる。製造業における関心が相当高まっているものの、これらの技術を具体的にどのように活用して生産性向上や付加価値の創出につなげるかといった新たな課題に直面している⁽²⁾。

本稿では、この課題解決の事例として富士電機の持つ IoT 技術を駆使した加工ライン向け品質トレーサビリティソリューションと、業界最高レベルの制御性能を持つモーション制御技術による FA ソリューションについて述べる。

2 自動車製造加工ライン向け品質トレーサビリティソリューション

2.1 背景

自動車市場はグローバルに成長を続けている。近年では、電動化と自動運転技術への対応によって開発工数の増大などによる国内外の人手不足、頻発する品質問題への対応など、これまで以上の生産性向上が求められている⁽³⁾。自動車製造現場における生産性向上の課題は、不良撲滅とコスト削減である。表 1 に示すとおり、不良をなくすための品質向上と、不良発生時における問題解決のリードタイム短縮といった要件の実現が急務である。

これらの要件を実現するためには、生産や稼動、品質、

表 1 自動車製造現場における課題解決への要件

項 目	要 件
不良撲滅に求められる要件	良品条件の把握と不良発生メカニズムの明確化による品質向上
	4M (人・機械・材料・方法) の変化点管理
コスト削減に求められる要件	日常点検工数、保全工数、品質チェック工数の削減
	チョコ停止、突発故障停止削減
	ツールリングの寿命向上
	問題解決のリードタイム短縮

表 2 ビッグデータ取扱い時の主な課題

課 題	内 容
必要データの特定	加工中、待ち時間、メンテナンス時間など全ての時間帯でデータを収集するため、データの蓄積が進むほどデータ量が膨大となり、必要データを検索する手間が大きい。
収集データの加工	データ活用方法が明確になっていないことが多く、さらにデータを収集してもフォーマットや収集周期が統一されていない。そのため、分析時にはデータ加工が必要となり、蓄積された膨大なデータの加工がユーザの多大な負担となる。
収集データの選定	収集データの選定時には、トライ&エラーにより収集装置へのデータ追加・削除が必要となる。しかし、収集装置への対象データの追加/削除は簡単にできず、メーカーに頼むと高額な費用が発生する。

保全に関わる膨大なデータ収集が行われている。しかし、ユーザ自身が効果的に活用と分析を行うことは困難であるため、有効活用されない情報があふれることとなる。このようなビッグデータを取り扱う上での課題の一例を表 2 に示す。

富士電機の加工ライン向け品質トレーサビリティソリューションは、これらの課題を解決するために、各製品の加工中のデータ収集機能、データ分析を前提としたデータ収集機能、ユーザでもできるメンテナンス機能を持ち、

ユーザの生産性向上に貢献する。

2.2 ソリューション概要

富士電機が提供する品質トレーサビリティソリューションの概要を図1に示す。大きくは、製造設備やセンサ類を通信のI/Oで接続して生データを収集するデータ収集部と、これらのデータを蓄積するデータベース用のサーバ部に分けられる。ユーザが設定した必要なデータを必要なタイミングで収集し、蓄積データのトレースが必要になった際は簡単に検索できる仕組みを提供する。

(1) データ収集部

(a) データ収集機能

加工ラインのコンピュータ数値制御（CNC：Computer Numerical Control）やプログラマブルコントローラ（PLC：Programmable Logic Controller）、圧力や振動などの各種センサから、1サイクル（対象ワー

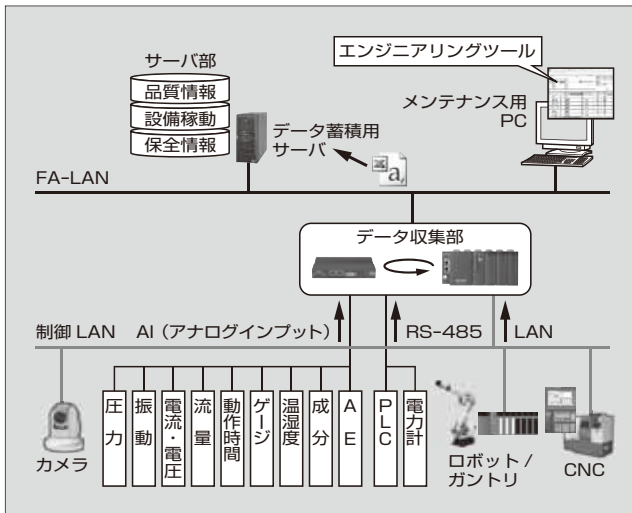


図1 品質トレーサビリティソリューションの概要

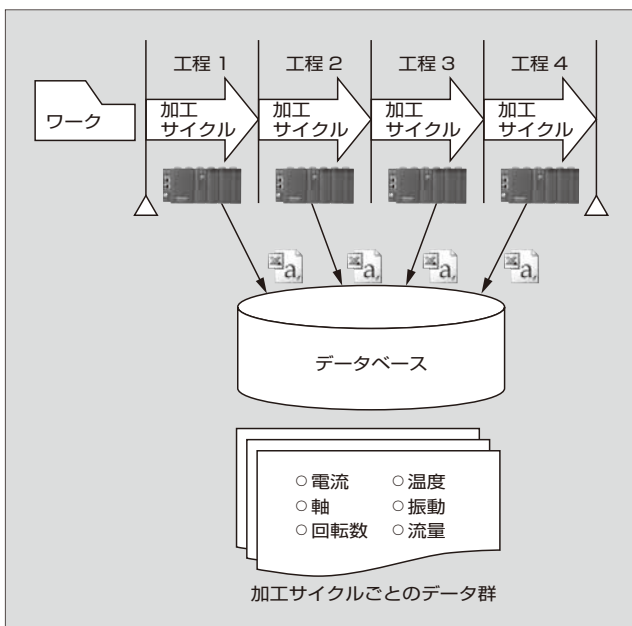


図2 データ収集機能のイメージ

クを加工する開始から完了までの周期）のデータを収集する。そして、図2に示すように1サイクル単位で収集データをひとまとめ（ワンパッケージ）にする機能を持っている。

これにより、データを常時収集する方式と比較すると、必要なデータを必要なタイミングで収集できるためデータ量を減らすことができる。その結果、分析時のデータの特定制や加工の手間が少なくなり、ユーザの負担を大幅に削減できる。

(b) カメラサーバ連携機能

4M（人・機械・材料・方法）の変化点管理のため、カメラで撮影した動画を振動や電流などのアナログデータとともに一元的に管理したいというニーズがある。しかし、カメラは主にカメラ用システムで管理されており、センサから収集されるアナログデータとは管理システムが異なるため、一元的に管理できないという課題があった。

本ソリューションでは、データ収集端末とカメラサーバを連携することで、図3に示すように現場の発生事象をカメラによる録画映像とアナログデータの推移を同期させてモニタできる仕組みを提供している。

(c) エンジニアリングツール

エンジニアリングツールは、システムのマスタメンテナンスやデータの追加、削除を行うものである。本ソ

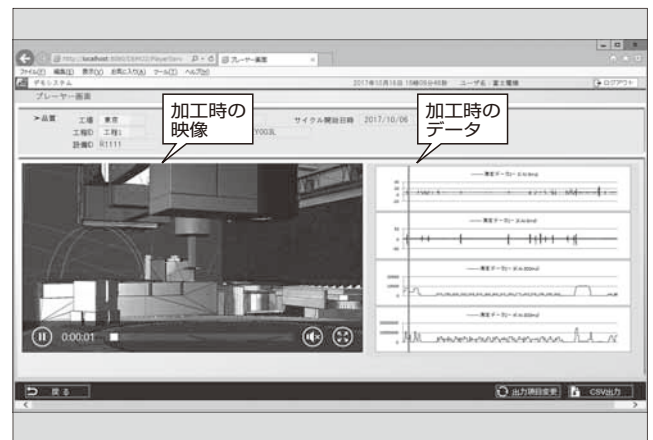


図3 カメラサーバ連携機能の画面例

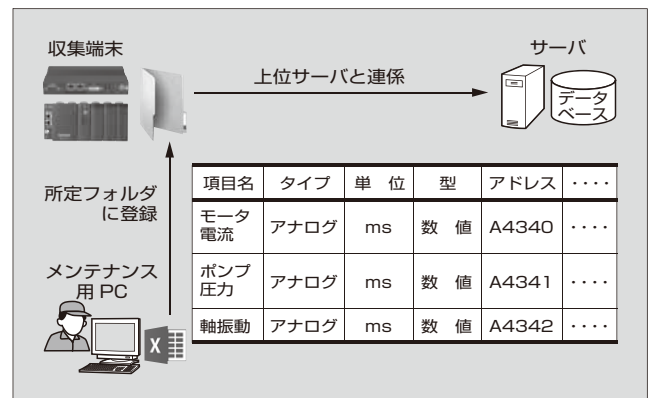


図4 エンジニアリングツールの概要

ソリューションでは Excel^{〈注〉} を活用したエンジニアリングツールを用意しており、その概要を図 4 に示す。メンテナンス用の PC 上に準備したエンジニアリングツールから、収集データの項目名、データタイプ、格納アドレスなどを定義し、収集端末の所定フォルダに登録するものであり、課題であったユーザによる収集データの追加や変更を簡単に行うことができる。

(2) サーバ部

(a) トレーサビリティ検索機能

製造設備の稼動情報と製品の品質情報は、密接に関連している。そのため、ユーザは生産ラインの問題発生時、稼動情報と品質情報を同時に確認することが多い。しかし、品質情報は製品単位で、稼動情報は設備単位で管理されており、情報の検索に手間がかかっていた。本ソリューションでは、設備軸とワーク軸の両方から検索可能な仕組みを提供して、ユーザの情報検索作業を軽減している。

(b) データサマリー機能

蓄積されたデータ量が膨大であるため、異常要因の追跡に多くの手間が必要とされた。本ソリューションでは、計測値が保全しきい値を超える異常や計測項目の最大値、最小値、平均値をサーバのアプリケーションを用いて検出し、その上でトレーサビリティ検索画面上に表示する。これにより、ユーザのデータ確認作業の軽減を支援する。

表 3 「MICREX-OnePack」の概略仕様

項 目	概略仕様
電 源	単相AC100～240V
外形寸法(mm)	W275×D130×T90 (従来品に対して体積95%低減)
IO	AI* ¹ ×16ch, DI* ² ×1ch, DO* ³ ×1ch
通 信	Ethernet 100Mbps/s 2ch (上位機器, 設備) Ethernet 1Gbps/s 1ch (表示) 汎用通信 (RS-232C 1ch/422 2ch/485 1ch) 計4ch増設ポート
内蔵プロトコル	三菱PLC, FOCAS II
データ保存	SDHC規格カード対応 (32GB対応)

*1: AI (アナログインプット)

*2: DI (デジタルインプット)

*3: DO (デジタルアウトプット)

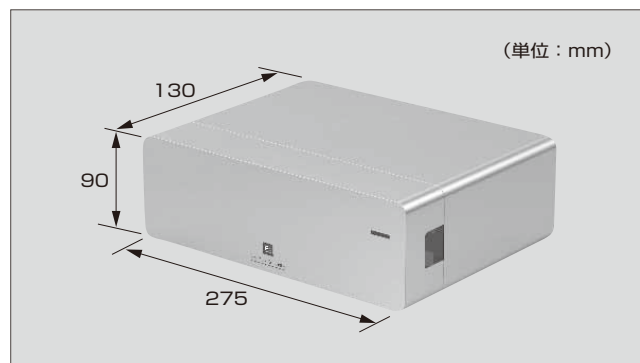


図 5 「MICREX-OnePack」

〈注〉 Excel: Microsoft Corporation の商標または登録商標

2.3 設備情報収集システム「MICREX-OnePack」の開発

富士電機はデータ収集部の小型化や低価格化を行うため、2.2 節で述べた機能を集約した設備情報収集システム「MICREX-OnePack」を開発している。従来の富士電機製品の収集装置部に対して、体積を 95% 低減する。概略仕様を表 3 に、外観を図 5 に示す。

③ モーション制御技術による包装機制御

3.1 背景

中国やインドをはじめとしたアジア地域では人口増加に伴って食料品の需要が増え、それに従い食料品を包装する機械の需要も大きく伸びている。この地域では単位時間当たりの包装能力を向上させるため、機械式からサーボ式に変更するなどして各包装機メーカーが性能改善を進めている。

3.2 縦型ピロー包装機の制御

(1) 縦型ピロー包装機のシステム構成

縦型ピロー包装機の基本的なシステム構成を図 6 に示す。

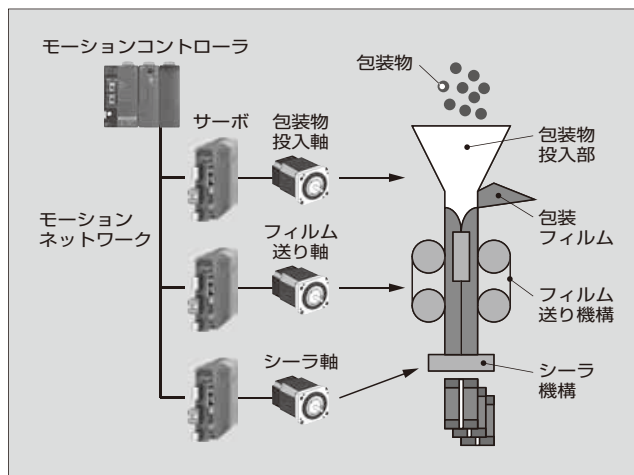


図 6 縦型ピロー包装機のシステム構成

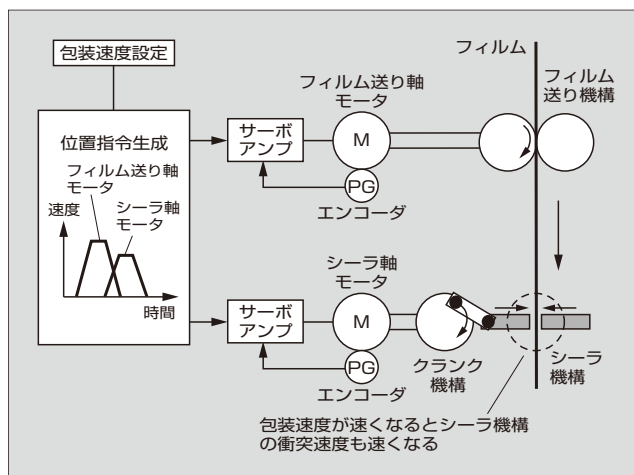


図 7 従来制御方式の概略

縦型ピロー包装機とは、包装フィルムをフィルム送り機構によって上から下へ縦方向に送り、主に重力を利用して包装物をフィルム内に投入したのち、加熱したシーラ機構によって袋の口を密閉し包装する装置である。

(2) 従来制御方式の課題

従来制御方式の概略を図 7 に示す。フィルム送り軸モータとシーラ軸モータは、一般的に台形加減速により位置が制御されており、各軸の回転速度は包装速度に応じた比率で決定されている。包装速度を上げるとシーラ機構の衝突速度も速くなり、衝撃が大きくなる。そのため、機械全体が振動して安定した品質のシーリングができなくなるという課題があった。

(3) モーション制御の応用

富士電機の PLC「SPH シリーズ」とサーボシステム

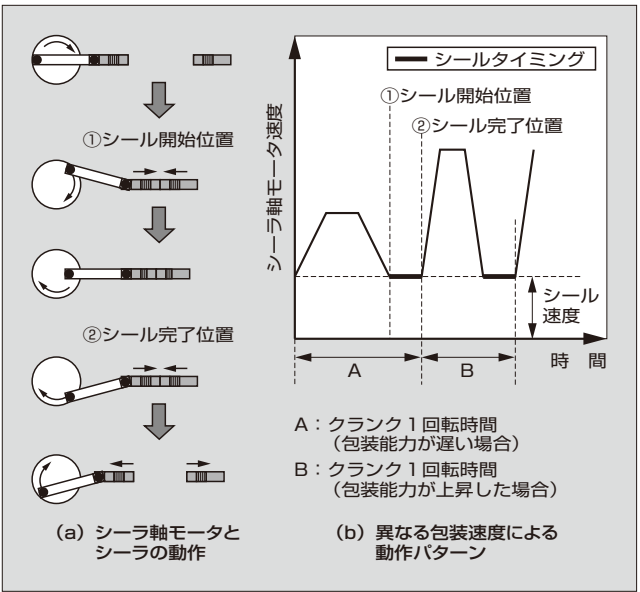


図 8 モーション制御の概略

「ALPHA5」を使用した包装機制御を、図 8 に示す。
このモーション制御では、フィルムをシールするときのシーラ軸の回転速度を一定とし、それ以外の区間の速度を変化させることで包装速度を変更し、包装速度に関係なく安定したシーリングを可能とした。

この制御を導入することにより、インド地域の包装機メーカーでは、従来に比べて包装速度を大幅に改善している。

3.3 モーション制御ファンクションブロックと「SPH3000D」

(1) モーション制御ファンクションブロック

前述のようなモーション制御プログラムを多くのユーザーに使用していただくため、富士電機では SPH シリーズに適用できるファンクションブロック (FB) を開発し、アジア地域のユーザーを中心に展開を図っている。表 4 にモーション制御の FB 一覧を示す。

表 4 モーション制御 FB の一覧

No.	FB名称	制御内容
1	VM00_VM	同期制御のための仮想主軸、外部PG予測演算のための用FB
2	VM01_PTP	一般的な位置決め（ポイントtoポイント制御）用FB
3	VM02_INTP	2軸直線補間および2軸円弧補間制御用FB
4	VM03_PSYNC	比率同期制御用FB
5	VM04_RSYNC	回転型区間同期制御FB 主にロータリーシャー制御に適用
6	VM05_FSYNC	往復型区間同期制御FB 主にフライングシャー制御に適用
7	VM06_CAM	電子カム運転制御用FB
8	VM07_CAMPTN	電子カム運転の運転パターン作成用FB
9	VM08_VEL	速度制御用FB
10	VM09_TRQ	トルク制御用FB

表 5 「SPH3000D」の概略仕様

形 式		NP1PU-048EZM	NP1PU-096EZM	NP1PU-128EZM	NP1PU-256EZM
実行制御方式		ストアードプログラム、サイクリックスキャン方式（デフォルトタスク）、定周期タスク、イベントタスク			
入出力接続方式		直結入出力方式（SX バス） リモート入出力方式（DeviceNet、OPCN-1など、リモートI/Oリンク）			
入出力制御方式		SX バス上：タクト同期リフレッシュ			
		リモートI/Oリンク上：リモートマスタによる定周期リフレッシュ（スキャンに非同期）			
CPU		32ビットRISCプロセッサ			
プログラミング言語		IEC 61131-3 準拠 IL言語（Instruction List）、ST 言語（Structured Text）、LD 言語（Ladder Diagram）、 FBD 言語（Function Block Diagram）、SFC 要素（Sequential Function Chart）			
命令実行時間	シーケンス命令	9 ns/命令～			
	応用命令	8 ns/命令～			
入出力点数		8,192（点）			
ユーザメモリ		545（Kワード）	1,409（Kワード）	1,473（Kワード）	2,753（Kワード）
	プログラムメモリ	98,304（ワード）	196,608（ワード）	262,144（ワード）	524,288（ワード）
		49,152（STEP）	98,304（STEP）	131,072（STEP）	262,144（STEP）
	データメモリ（高速領域）	459,776（ワード）	1,246,208（ワード）	1,246,208（ワード）	2,294,784（ワード）
		229,376（ワード）	229,376（ワード）	229,376（ワード）	229,376（ワード）



図9 「SPH3000D」

(2) SPH3000D

SPH シリーズの最新 CPU モジュールには FB がシステム命令として搭載されており、モーション制御用に特別な CPU を追加しなくてもサーボシステムを制御することができる。図9にSPH3000Dの外観を示す。

また、従来はモーション制御 FB をユーザ FB としてライブラリに登録してから使用する必要があったが、SPH3000D ではシステム命令として搭載しているため、この必要がなく、容易にモーション制御システムを構築できるようになった。

さらに、SPH3000D では従来製品に対して制御速度を上げるため、次に示す工夫をしている。

- (a) モーション制御 FB のプログラムコードを C 言語化し、プログラム容量をできる限り小さくした。
- (b) データメモリ領域のうち、高速領域の容量を従来機種種の 32 K ワードから 229 K ワードに拡大した。表5にSPH3000Dの概略仕様を示す。

結果として、従来機種と比較して2倍の速度でモーション制御を行うことができ⁽⁴⁾、包装機などの高性能化に貢献している。

4 あとがき

IoT 技術とモーション制御技術による FA ソリューショ

ンについて述べた。今後ますます進歩していくこれらの技術により、製造業のニーズは、より高度化・複雑化していくことになる。現在の取組みをより発展させ、さらなる付加価値を創出し、ユーザのニーズに応えていく所存である。

参考文献

- (1) IoT推進コンソーシアム. “「IoT推進コンソーシアム」の設立について”. <http://www.iotac.jp/news/establish/>, (参照 2017-12-14).
- (2) “製造業を巡る現状と政策課題”. http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/005_01_00.pdf, (参照 2017-12-14).
- (3) “自動車産業を巡る構造変化とその対応について”. http://www.meti.go.jp/policy/economy/keiei_innovation/sangyokinyu/GB/04.pdf, (参照 2017-12-14).
- (4) 福島幸治ほか. 「MICREX-SXシリーズ」のモーションコントローラ「SPH3000D」. 富士電機技報. 2016, vol.89, no.4, p.296-298.



藤川 泰孝

産業分野向け FA システムの企画・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部 FA システム技術部主席。



吉崎 久之

モーション制御システムの国内外エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部ドライブ・モーション技術部課長。



豊田 謙郎

産業分野向け FA システムの企画・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部 FA システム技術部主任。





＊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。