

工場における生産・操業・運転の形態が大きく変わりつつある。工場を構成する設備および運用組織の間の有機的結合による最適な生産が求められる。また、工場内にとどまらず、市場に直結する営業部門や物流部門、企業全体として協調するための本社や関連工場、さらに社会と調和するための周囲環境系との連携が重要となる。

工場生産システムの核である制御システムにおいても、設備の安全確実な運転・監視とプラントの情報の迅速で柔軟な活用が実現されなければならない。このための新しい計測・制御・情報技術の開発と実用化が急速に進んでいる。現場機器から工場情報管理までの操業と情報の統合を可能とする新技術と、当社のCIE統合制御システムCIEMAC™での新展開を述べる。

The paradigm for manufacturing operations in factories is undergoing major changes. It has become highly important for enterprises to ensure optimal production systems through an organic combination of either facilities or operating organizations in their factories. Beyond the target factories, enterprises are also required to create good relations with their marketing and logistic organizations which connect them directly and closely with their customers, as well as with the headquarters and other concerned factories in order to realize harmony of the enterprise's overall activities with the systems in their environment.

Against this background, new features are required for control systems that serve as the core of the manufacturing system in a factory; namely, safe and robust operations, and timely and flexible applications from the plant data and operating information. For this purpose, new measurement, control, and plant information technologies are rapidly being developed and applied to control systems.

This paper outlines these new technological trends, using examples in Toshiba's computer, instrumentation and electrical (CIE) integrated control system, CIEMAC™.

## 工場生産に求められること

21世紀を目前にしている企業活動、とりわけ工場生産システムにおいては次の三つのことが要請される。

- (1) 永続する工場 市場環境、顧客ニーズ、経営資源などの条件が変化しても、事業を継続することや生産する製品を変えることも時には必要となる。
- (2) TCO (Total Cost of Ownership) の削減 設備の導入から、運用、拡張および縮小、変更そして保守に至るまですべてが効率的に安く実現できる。
- (3) 人間重視の操業 プラント情報の入手と、操作のなじみやすさと効果的な意志決定ができる。また、周囲の自然環境保全への対応が十分である。

## 制御システムでは

工場生産のかなめである制御システムも新たな変化が求められる。それは一つの設備の最適操業・運転にとどまらず、原料系から出荷系そしてユーティリティ系を含むすべての設備との有機的結合による最適生産に寄与しなければならない。工場外の顧客、営業部門、本社部門、関連工場、取引連携先などとの迅速な連携にも対応する必要がある。また、環境保全のための排出規制、リサイクルにも十分な考慮が必要となる。

このためには、工場内外の情報管理システムおよび設備管理・保全を含めたフィールド計測システムとの柔軟な結合が必須となる。そのうえで、対象設備の運転・監視を確実に安全に行う基本的役割が確保されなければならない。すなわち、オーブ

ン性の高いアーキテクチャとロバスト性の高い計測・制御コンポーネントの両立が重要である。

## 当社が提唱する生産システム

当社は、常に最新の技術を取り入れた制御システムの開発を継続してきた。特に、1989年に始まる顧客の設備におけるコンピュータ制御(C)、計装制御(I)、電気制御(E)の技術的・組織的統合に対応したCIE統合コンセプトによるCIEMAC™シリーズの提供は、今日の工場生産に対する要請に先駆けるものであった。

さらに、オープン・ライトサイジング技術を大幅に取り入れた中小規模向けのCIEMAC™ 1000/1200(95年発表)、そして大規模向けのCIEMAC™-DS(97年発表)として発展させてきた。

## ■生産システムの体系

前述の工場生産への要請と当社の実績を踏まえた体系を企業活動の最上位に位置するERP(Enterprise Resource Planning)やSCM(Supply Chain Management)などで構成される経営管理のレベルも含めて図1のように考えている。これは、顧客の課題を理解・共有したうえで当社の情報・通信・制御(Computer・Communication・Control)の“3C”を融合したシステムとサービスを提供し、新たな価値を創造することを目指したものである。当社独自技術に国際標準・業界標準技術を組み合わせ、顧客の要望にこたえて当社がシステムインテグレーションを取りまとめるコンセプトとしても提唱する。以下に、各層ごとにCIEMAC™シリーズを含む当社製品での最新の展開も含めて述べる。

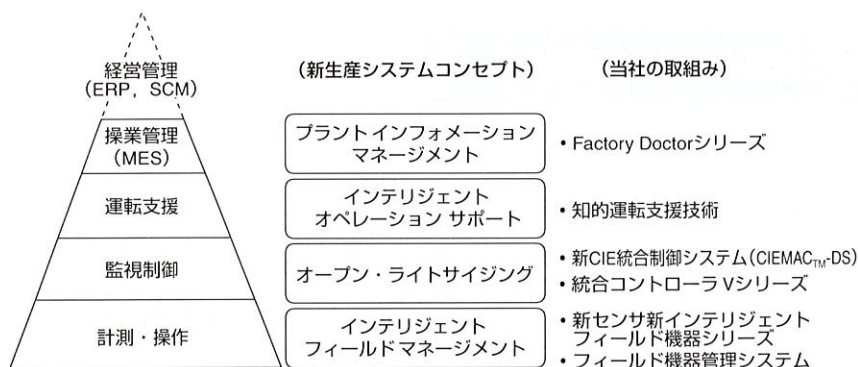


図1. 工場生産システムの体系 工場生産システムの全体的な最適運用のためには、各層間の透過的・有機的な情報の連携が必要である。  
Layer model for total manufacturing system

## ■フィールド計測の進化

工場の目や手足としてのフィールドではセンサとアクチュエータのインテリジェント化が進み、加えて現場まで降りてきたLANであるフィールドネットワークによる上位システムとの有機的結合が可能となった。その結果、単なるインテリジェント化からフィールドシステムとしての高度化が実現しつつある。

一方、フィールドセンサそのものにも、新しい原理による計測を安価に実現できるような展開も見られる。

## ■流量センサの動向

プロセス計測の大きな部分を占める流量計測を例にとりて考えてみる。これまでは絞り機構(オリフィス)による差圧伝送器での流量計測が主体であったが、渦流量計やコリオリ式の質量流量計の実用化で、多様化が進んでいる。このようななか

で、確立した測定原理と可動部のない簡単な構造を特長とする電磁流量計に新たな注目が集まっている。

当社は、電磁流量計の分野で常に主導的な技術開発を続けているが、ライニングや電極にくふうを加えた検出器、高度なインテリジェント機能を備えた発信器をもつ新機種を新インテリジェントフィールド機器シリーズとして市場投入して大きな評価を得ている。

## ■マイクロ波応用センサの拡大

新しく実用化が進んでいる計測方式も増加しつつある。その一つであるマイクロ波の応用については、これまで測定対象中の不純物・異物などの影響による精度や再現性の課題と製品が高価となる問題があった。

当社ではこれらの課題を解決し、機械的可動部がなく、かつ気泡などの影響を受けずに測定が可能なマイクロ波濃度計を製品化している。各分野での厳しいフィールド試験結果も良好で、機械式や消泡式の従来型からの更新・置換えを含み、全世界での採用が急速に広がっている。

## ■新しいフィールド管理システム

デジタル双方向通信によるスマート伝送により、上位システムからのセンサのパラメータ設定や自己診断情報の読出しなどが可能になり、

センサの知能を引き出す技術が確立された。また、標準フィールドバスの開発進展によって、n:nフィールドネットワークの本格的な実用化が現実となってきた(囲み記事参照)。

このような背景から、上述した単なる通信機能の活用のレベルから、フィールド機器を重要な設備資産と考えるシステムが注目されている。これは、フィールド機器の稼動運用履歴を含めたカルテ管理であり、新しい設備管理の一環としてのフィールド機器管理システムである。当社のセンサ群もこのシステム化に対応するように考慮されている。

## ■監視・制御システムのオープン化

情報技術の監視・制御システムの活用が一段と進んでいる。当社の産業用コンピュータFA3100シリーズに代表されるWindowsNT®(注1)ベースプラットフォームの急速な普及がこの傾向にますます拍車をかけ、現在開発されているシステムは、ほとんどが本格的クライアント/サーバ型となっている。さらに新しいプラットフォームがもつオブジェクト技術とWeb技術の活用が新しいシステム構築手段をもたらしつつある。

(注1) WindowsNTは、Microsoft社の商標。

## 計測・制御関連標準技術

### 標準フィールドバス

現場まで降りてきた標準 LAN である。従来はコントローラとフィールド機器間のプロセス入出力信号伝達は 1:1 のケーブルハードワイヤリングで、信号伝達は 1 方向であった。80 年代から n:n 双方向デジタル通信の適用が始まり、フィールドのインテリジェント化に寄与している。国際標準では IEC が策定中の Fieldbus があり、主に計装制御用に用いられる。これを実装面から推進する国際非営利団体 Fieldbus Foundation の活動が活発である。欧州では DIN 規格である Profibus も普及している。

### OPC

FA、PA におけるプロセスデータ交換のソフトウェアインタフェースの業界標準である。米国マイクロソフト社の OLE をはじめとするオブジェクトコンポーネント技術を基盤技術としている。WindowsNT® プラットフォーム間でのマルチベンダデータ交換の実現とソフトウェア部品化によるアプリケーション構築を目指す。200 社以上が参加する国際非営利法人 OPC Foundation の活動により実用化が進んでいる。当社はこの法人のアジア代表企業である。

### IEC61131-3 標準制御記述言語

コントローラで動作するアプリケーション記述のための国際標準規格である。当初は PLC 用途として検討され、ラダーダイアグラム(LD)、シーケンシャルフローチャート(SFC)が中心であったが、ファンクションブロックダイアグラム(FBD)、ストラクチャードテキスト(ST)、インストラクションリスト(IL)などのデータ処理、テキスト言語も標準化され、すべてのアプリケーションに対応可能である。また、グローバル変数とローカル変数の双方を考慮した分散オブジェクト構成への考慮もなされている。

当社の CIEMAC™ シリーズでの新技術の適用を例にとって述べる。

### ■クライアント/サーバシステム

制御システムを構成する各コンポーネント間の接続用ネットワークとして、当社が95年に業界に先駆けて採用した Ethernet<sup>(注2)</sup> が主流になりつつある。この結果、おのおの間でのデータの交換は標準的なクライアント/サーバ通信によって行われる。また、データベース、グラフィカルユーザーインタフェース(GUI)、演算、帳票なども市販パッケージソフトウェアの使用が拡大している。従来の DCS(分散型計装制御システム)と比較して非常に使いやすいものになっている。

### ■新ソフトウェア技術の活用

また、WindowsNT®の普及は、米国マイクロソフト社のオブジェクト技術である OLE<sup>(注3)</sup> (Object Linking & Embedding)、COM<sup>(注4)</sup> (Component Object Model)、ActiveX<sup>(注5)</sup> などの全面的活用を可能とする。OPC (OLE for Process Control) の採用

が進み、監視・制御のデータの標準的でオープンな交換が実現できる(囲み記事参照)。ソフトウェア部品の組合せによりアプリケーションの構築が進展する。さらに、イントラネット技術の活用が画面表示情報の Web アクセスによるリモート表示を可能にする。

従来の DCS などに比べてアプリケーションの構築の生産性が大きく改善される可能性が開ける。また、上位情報系システムとの情報統合も容易に実現できるようになる。

### ■運転支援の高度化

以上の計測・監視・制御レベルの高度化によって、定常状態時の頑健かつ柔軟な運転が可能となろう。

しかし、新しい生産システムでは、製品変更、原料変更、負荷変動に伴うスタートアップ、シャットダウン、エマージェンシーなどの非常状態でも最適な操業が求められる。

### ■これまでの運転支援

生産、操業、設備条件の変化に対応して人間系でデータを収集、通知

し、個々のオペレータのノウハウに基づく判断を行い、ほとんどを手動操作で対応している。これには、次のような課題がある。

- ・習熟オペレータの複雑な操作
- ・習熟オペレータの減少への対応
- ・操作ミスの影響大

非定常運転時でも熟練オペレータ以外で安全・確実に対処することが求められる。

### ■知的運転支援システム

上記の課題に対して、コンピュータによる運転支援の高度化を進めることが研究されている。すなわち、知的判断処理機能を持ち、オペレータからのプラントオペレーション全般に関する各種問合せ、指示に対して、最適な回答とガイダンスを提供する。さらに、使い込むほど知的になる学習・推論機能が必要となる。

当社は、このための映像・音声マルチメディア制御、データベース構築・サーチエンジン、知的アルゴリズム・学習エンジンなどの高度技術の蓄積があり、近未来の実用化に向けて研究を進めている。

(注2) Ethernet は、富士ゼロックス(株)の商標。

(注3)、(注4)、(注5) OLE、COM、ActiveX は、Microsoft 社の商標。

## 工場を健全に保つ操業管理

以上で、現場(フィールド)から運転室レベルまでの新技術の展開を述べた。しかし、工場全体を最適にかつ健全に運用するためには、さらに上位のMES(Manufacturing Executing System)を含めた操業管理系での革新が欠かせない。すなわち、現場から工場管理者までの垂直方向、そして、原料から製品出荷およびユーティリティなどの工場内設備での間の水平方向両面での透過的かつ整理された情報処理が重要である。

生産活動全体をロスなく行うには受注から出荷に至るまでの生産計画と連携した、製造に関する情報、設備の稼働状況に関する情報、そして品質に関する情報などを収集し、解析・加工・統合を加え、生産管理、品質管理、設備管理、保全などの情報システムにつなぐ必要がある。

当社は、総合的な操業管理システム体系を整備しつつあり、工場生産にかかわる実際的な臨床医の役割を果たす Factory Doctor シリーズとして製品化を進めている。代表的なものに以下のような機能がある。

- ・ AI(人工知能) 応用操業計画
- ・ ニューラルネット応用品質計画
- ・ AI応用異常予測システム
- ・ マルチメディア応用設備保全

## 新しいコントローラ

### ー制御システムのかなめー

工場生産システムの基本的要件は確実・安全に操業を行い、設備と製造プロセスデータを柔軟に各構成サブシステムに伝達することである。この役目は、制御システム、とりわけその重要な構成要素であるコントローラが担うことになる。これまでの仕様数値面での技術的優位性の議論ではなく、頑健で柔軟な制御システムを実現するためのコントローラ

への期待が高まっている。これに対応する技術の動向を、当社が新しく開発した統合コントローラVシリーズへの展開を例にとって述べる。

## ■多目的コントローラ

従来のDCSのコントローラによる連続系計装制御、PLC(Programmable Logic Controller)による離散系シーケンス制御、そしてローエンド組込み型コンピュータによるデータ処理系演算制御などの多様なアプリケーションに対応できる真の統合が求められている。また、これを計装制御(Loop)、シーケンス制御(Sequence)、コンピュータ制御(Computer)のおおののモジュール構成で実現できることが望ましい。

当社のVシリーズはこれに基づいて開発され、かつ大型、中型、小型モジュールを用意することで広いスケラビリティも確保した、まったく革新的なコントローラである。

## ■標準対応コントローラ

アプリケーションの簡単で柔軟な構築と資産の再利用・継承性による生産性の向上も大きな課題である。この観点での標準化の波がコントローラにも押し寄せてきている。代表的な国際標準規格として制御記述言語に関するIEC61131-3が注目されている(囲み記事参照)。

当社のVシリーズは、この規格の言語仕様だけでなく変数の取扱いにも準拠した画期的なものである。また、コンピュータ制御モジュールではWindowsNT®を採用しており、前述のOPCをはじめとするオブジェクト技術にも対応可能である。

## ■統合エンジニアリング環境

工場生産に求められる持続性、TCOの削減、人間重視のいずれの観点からもアプリケーションソフトウェア構築・維持の大幅な革新は必

須である。生産システムの全ライフサイクルにわたり、各種コントローラモジュールを統合的にサポートし、生産性の向上および品質の確保が確実に保証されるエンジニアリング環境が提供される必要がある。

当社のVシリーズのエンジニアリングツールは、すべてのモジュールと標準言語IEC61131-3を統合的にサポートし、オブジェクト指向・カプセル化技術を採用してソフトウェアの内部構造を意識しないプログラミングができる。また、コンカレントエンジニアリングやリモートエンジニアリングが可能でユーザーフレンドリーな環境を実現している。

## ■真の統合システムに向けて

この論文では、ERPをはじめとする経営管理システムやSCMとの連携については割愛したが、工場生産の革新には必須の課題である。当社は企業活動のビジネスプロセス全般にわたるソリューションを提供する一環として、情報・通信・制御の各分野の技術を結集した真の生産統合システムの実現を目指していく。



村山 忠義

MURAYAMA Tadayoshi

情報・社会システム社 産業・電機・計装システム事業部 電機・計装プロダクトマーケティング部部長。計測制御システムのマーケティング業務に従事。電気学会会員。

Industrial Systems Div.



島貫 洋

SHIMANUKI Yoh

情報・社会システム社 産業・電機・計装システム事業部 電機・計装プロダクトマーケティング部主幹。制御システムの商品企画業務に従事。電気学会、計測自動制御学会、ISA会員。

Industrial Systems Div.