

21世紀の計測制御とフィールドバス

工業システム事業部

笹嶋 久
Hisashi Sasajima

キーワード

- ・ FOUNDATION™ フィールドバス, プログラミングパラダイム / コンフィギュレーションパラダイム, パラレルイズム
- ・ 計測制御システムの3大要素 (計測・制御・操作), Heterogeneous Integration (異質要素統合) / Homogeneous Integration (同質要素統合), Producer/Consumer (Publisher/Subscriber) モデル

フィールド計測操作機器のインテリジェント化とデジタルコミュニケーション技術は、従来のプロセス制御システムの問題を大きく変革させようとしている。フィールドバス技術は今実用化の時期を迎えようとしているが、その本質と将来のプロセスオートメーションの姿について考察する。

The future of Fieldbus, and Measurement and Control in the 21st Century

Intelligent sensors, intelligent actuators, and digital networking technologies are trends projecting into the future of process measurement and control systems. Here, we introduce one innovative technology that is already changing the way that such systems are designed. The Fieldbus is now a practical and installed communications and control solution in actual commercial plants.

1. はじめに

長年心待ちにしてきたフィールド機器レベルの情報化 / 知能化が FOUNDATION™ フィールドバス技術によりようやく実用化の段階に入ろうとしている。

私自身は、フィールドバス技術は単なるセンサ / アクチュエータレベルのデジタル通信技術でもフィールド機器のインテリジェント化技術でもない、おそらくプロセス制御の世界に新たな波 / パラダイムシフトを引き起こす可能性すら備えた革新的技術であると捉えている。この技術革新は何もフィールドバスの世界だけでおきているものとは考えにくく、コンピュータ / ネットワーク技術による高度情報化社会とその利用文化の形成が新しい分野でのネットワークの利用を発想し創造的ニーズとなり新しい技術を創造する「技術と文化のスパイラル」がさらなる高度情報化社会の創造に向け回転しつつあることを示していると解釈できる。現在は、コンピュータ技術革新が進み始めて3回

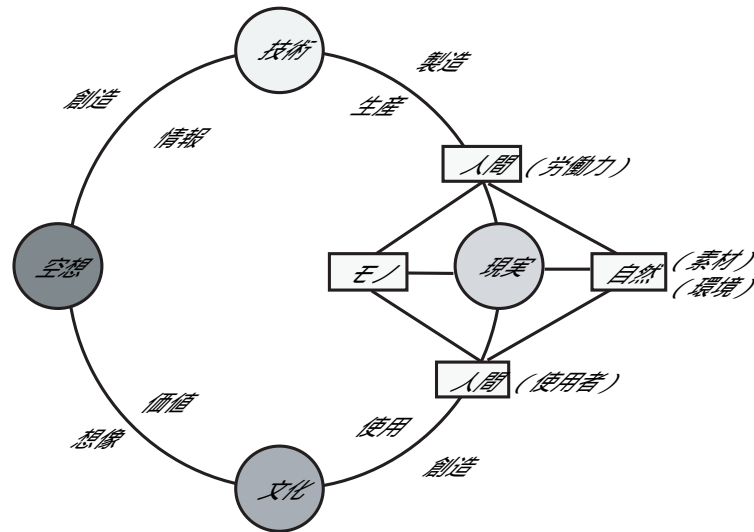
目のスパイラルに入っていると考えられる。21世紀社会において我々の子供たちは今の時代を第4次産業革命による社会構造変革が起きた時代であると教えられるかもしれない。

本稿では、このような社会変革の中で創造されつつあるフィールドレベルのネットワーク文化の社会的背景とフィールドバス技術の設計思想について説明する。

2. コンピュータ技術 / 計測制御システムの発展の歴史とその本質

2.1 デジタル化の波とコンピュータ技術の発展

20世紀の科学技術は、第3次産業革命の引き金となった偉大なるコンピュータ技術を生み出した。その発展が今日の豊かな生活を作り出していると言っても過言ではないだろう。その反面、デジタル化の波は、逐次処理 / 集中化という固定概念を我々に植え付けた。すべてをソフトウェア



引用：オーム社 栗原史郎著「これからの技術哲学」

図.1 文化と技術のスパイラル構造

で解決しようとするアプローチは、システムの大規模化 / 広範囲化の前にソフトウェア・クライシスという問題を引き起こした。その解決策として超集積回路技術とオブジェクト指向技術による分散処理技術が急速に発展し、実世界ではコンピュータに要求する能力は留まる所を知らず今日のような高度情報化ネットワーク社会を形成した。

分散処理実現の手段として考え出された、オブジェクト化（抽象化） / モジュール化の概念は、複雑大規模化するシステムを効率的に組織化し全体として統一的に機能する小規模なサブシステムの合成によりシステムを生成するシステム構築の概念的手法であると言える。コンピュータの世界はこのモジュール化の概念により劇的なイノベーションを成し遂げることができた。

プロセス制御の世界におけるデジタル化の波は、コンピュータが計測と制御の世界に導入されたときから始まった。これは、単なる現象論的なものではなくその背景には本質的な理由があったと考えている。

2.2 計測制御システムの変遷とその背景

1950年代になり、プロセス制御の世界でコンピュータがはじめて実プラントに適用された。コンピュータの演算処理 / 記録能力が、その時代の監視 / 記録機能の集中化と即時化のニーズに適合し、データ収集や収率計算 / 複数ループ制御に用いられた。パネル計器との併存ではあったが、集中監視 / 制御がその後のプロセス操業文化として定着することになった。

この時代のプロセス・コンピュータは万能と考えられ、連続ループ調節制御（定周期）からシーケンス制御までを集中的に処理していた。コンピュータ故障時の対策として、

連続ループ制御はアナログ調節計、ロジック制御はリレー回路で存在していた。この時培われたコンピュータによる同期 / 非同期、定周期 / 非定周期などのスケージュリング技術が、1980年代にはマイクロ・コンピュータ技術の発展により実現した分散形制御システムに広く採用されることになった。従来のプロセス・コンピュータのプロセス入出力処理、制御演算処理（ループ制御 / シーケンス制御）の仕組みは、そのまま分散形コントローラ（DCS）やプログラマブル・コントローラ（PLC）に受け継がれ、今日のようなDCS/PLCなどの目的別 / 応用領域別のコントローラ技術の分化が始まったと言える。

PAの世界では、従来の計装システムの中心であったアナログ調節計はDCSコントローラに、監視操作はCRTオペレーションに置き換えられていき、さらにバッチ・プロセス制御 / 電機制御等機能別の細分化が進んだ。

FAの世界ではディスクリート制御、製造データ管理など、PC / ライン・コンピュータやPLCによるシステム化が進んだ。

システム・アーキテクチャの視点では、以前の集中形プロセス・コンピュータの時代とはあまり変化は見られなかったが、システム構築技術 / 計装技術の面でDCS文化 / ラダープログラミング文化とも言える新しい文化を生み出した。また、コンピュータやDCS / PLCの普及は同時にデジタル双方向通信ネットワークの適用 / 適応も促した。その反面、コントローラの分散化 / 分散制御は、新たな問題“コンカレント問題”を引起こした。異なった場所で同時並列に発生する事象への対応、特定事象発生時の同期処理（データの一致 / 同時並列処理）など本質的な問題を投げかけた。

本来同時並列であるはずの計測制御系の処理が、デジタルコンピュータを用いるがゆえに、逐次順序処理に並べ替えられ、周期スキャン/スケジューリングという方法で擬似的にこの問題の解決を図った。この結果、本質的なパラレルリズムに別れを告げ擬似的なパラレルリズムの世界に入ることになった。この問題の解決には応用分野別に解決策が見出された。タイムクリティカルな制御（高速同期制御）には、スキャン周期の高速化/プロセッサ/通信速度の高速化などの手段が用いられた。

3. 計測制御システムの本質とフィールドバス

3.1 計測制御システムの三大要素（計測・制御・操作）

計測制御システムの原点は、計測・制御・操作の3大要素をどのように組み合わせられるかであり、それにより制御系/システム全体のアーキテクチャ（物理的構造/論理的構造）/機能が決定される。

空気式計装の時代には、計測・制御・操作の3要素が現場で解決されていた。しかもその性能はリアルタイムに近いものであった。計測/操作のための情報表示/人間の意思決定/制御演算/操作が見事に一体化され、計器の役割と人間の役割分担が明確になっていた。

デジタル化の波は、空気式計器や電子式計器の時代には当然のことを当然でなくした点で一種の技術的後退/閉塞状態を生み出したことになる。また、集中管理/監視の社会的ニーズは、フィールド機器（計測器/操作端）と制御機器（機能）を物理的/地理的に分離し現場での計測/操

作と計器室での制御という自然のニーズに反するアーキテクチャを当然のこととして受入れてしまうことになった。

フィールドバス技術は、この計測制御の原点である計測・制御・操作の一元化/現場への回帰とコンピュータ（人間で言えば大脳中枢系）との役割分担により、同時並列に発生する連続制御系の並列処理/イベント事象の処理などを適切に行い、意思決定者である人間に適切な操作情報を提供する、将来の計測制御システム像を示していると考えられる。

3.2 システム論

3.2.1 システムとは？

システム工学では、システムとはいくつかの要素の集合体であり、これらの構成要素間、あるいは要素の持つ属性（Attribute）間に相互関係のあるものをシステムであると定義付けている。ここで属性とは、要素の持つ性質を特性づけるものとしている。

「システムは人間によって人工的に作られ、システムのすべての構成要素は、与えられた入力から最適の出力を生み出すという共通の目的に寄与する統一性を持ち、多種多様な部分（要素）から構成され、大規模で複雑である。システムのある一つの要素あるいは変数が変化すると、他の多くの要素あるいは変数に影響を与え、その影響の起きかたは非線形的である」と説明されている。

システムの全体の機能が先に与えられるトップダウンのマクロシステム論では、十分に説明できない例が自然界に

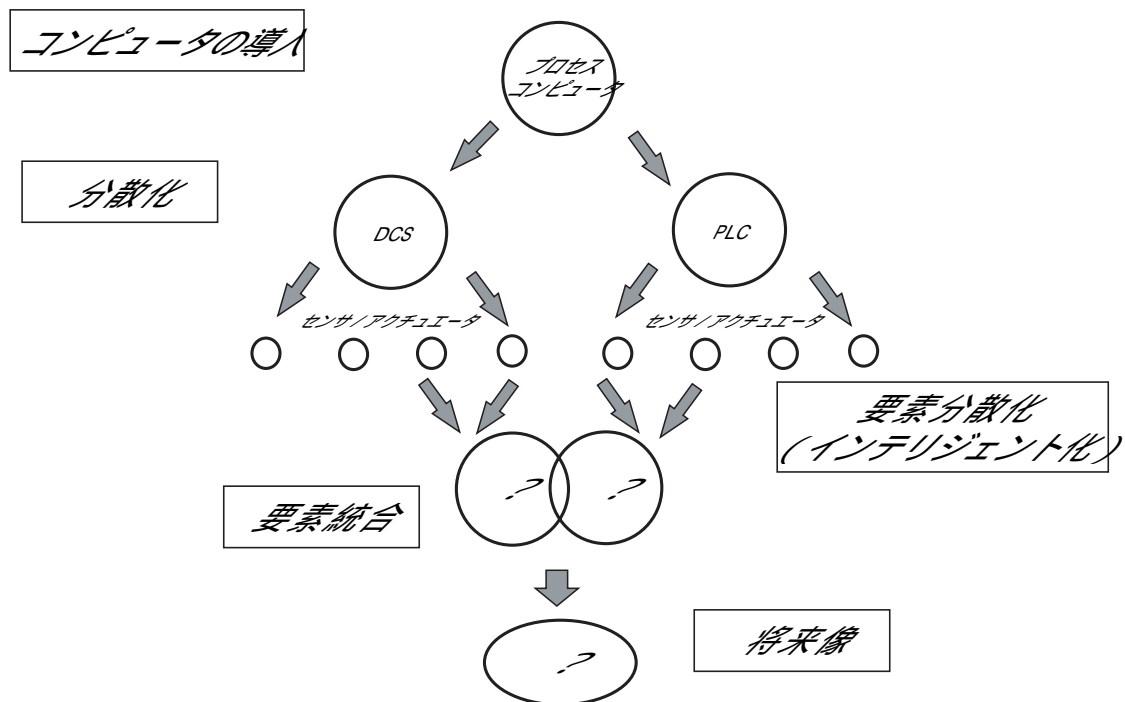
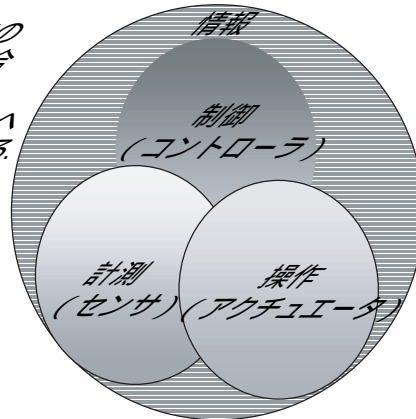


図.2 デジタル化の波と計測制御システムの変化

インテリジェントフィールド機器とデジタルフィールド通信の普及が、
将来のオートメーション・システムの姿を大きく変えようとしている。

計測・制御・操作の
3大要素の密な結合
と
フィールドレベルへ
の回帰を可能にする。

自律的単位で
の超分散を可
能にする。

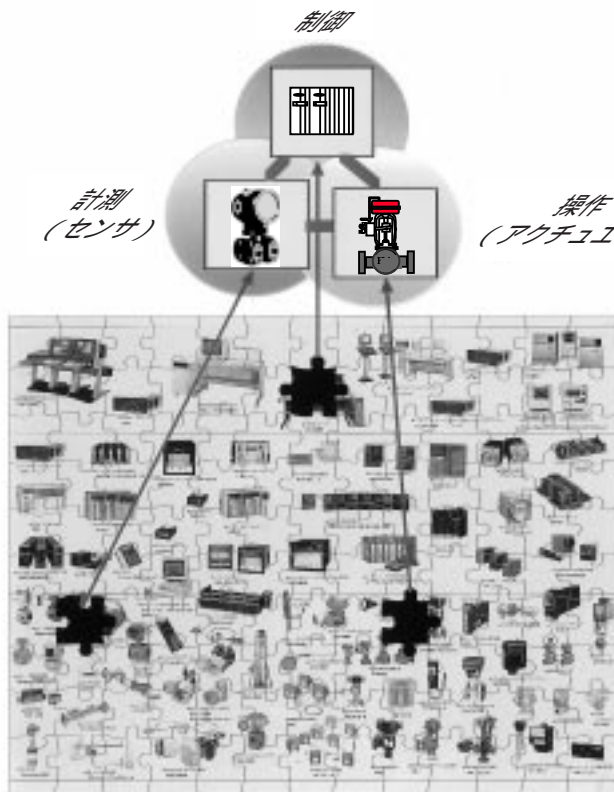


情報の一元化
と
多面的利用を
可能にする。

図.3 計測制御の3大要素

は多く存在することが知られている。個々の要素の結合 / 組み合わせによりシステム全体の動作 (出力) を予測できても、個々の要素がどのように全体に関与するかが明らかではない場合である。個々の要素と全体は線形 (Linear) な関係にある場合には、システム全体は決して個々の要素の集成的能力を超えることはないはずである。最近のインターネットのようなシステムの例では、個々の要素の組み合わせが全体 (要素の集合体) を越える能力を持ち、個々の

要素と全体システムが非線形 (Non-Linear) な関係を持っている。その全体システム形成の過程は、従来のシステム形成とは根本的に異なっていると考えられる。従来のマクロシステム論に代わり、「システムの要素間の局所的相互作用が大域的な秩序を生み出し、その秩序が個々の要素の環境となる」というような個々の要素間の相互双方向の過程を通じてシステムが形成されるボトムアップのシステム論が「人工システムの新しいパラダイム」として論じられている。



システムは、
いくつかの要素の
集合体であり、
各要素間、属性間には
相互関係がある。

計測・制御・操作
の各機能は、
本来一体である。

図.4 システムとは？

3.2.2 人体システム

人体の神経系が自律神経系と中枢神経系により構成され、さらに運動中枢系と末梢系に別れているように、センサー/アクチュエータのインテリジェント化とデジタル通信/コンピュータ技術が、プロセス制御システムを人体の構造/機能に近づけることを可能にした。人体においては、末梢神経系と運動中枢系や大脳の機能との役割分担/相互関係は明確に区分されている。

人間の情報処理系/制御系は、最高速のコンピュータに比較すれば演算スピードが圧倒的に劣っており、また神経ニューロン間で交換される信号はまったくデジタルとは縁のないアナログ信号(パルス状)で動作しているにもかかわらず、コンピュータを遥かに凌ぐ処理能力を持っている。このような現在の技術を超越した能力の原点は、生体の中に潜むパラレルリズム(分散処理/並列処理)にあり、神経ニューロンの相互接続関係の複雑さ(FAN-IN/FAN-OUTの数の多さ)に関係している。

フィールドバス技術は、モジュール化とパラレルリズムの概念のフィールドレベル計測制御への応用と言えるかもしれない。

3.2.3 フィールドバスにおけるシステム感

フィールドバス技術を広い意味で解釈すると、人工システムの要素であるセンサやアクチュエータ機器に“知能”を埋め込み、その行動が環境(プロセス)に作用することにより何らかの結果を得、その情報から次の行動パターンを選択する適応的システム形成の具体化と解釈できる。そのような観点では、21世紀に向けて大きなパラダイムシフトの可能性を残すことになる。

逆に、フィールドバス技術を従来の延長線上で狭い意味で解釈すると、単なる双方向デジタルネットワークの導入であり、従来のマクロ的システム形成論と変化はなく、システムの要素であるフィールド機器は、単に全体の要素となるサブシステムの標準化でしかない。

このフィールドバス技術に対する評価は、トップダウン的なシステム形成論とボトムアップ的なシステム形成論のどちらで解釈するかにより大きく評価が異なり、本質的な議論をせざるを得ない。

広義のフィールドバスとしてその本質とコンセプト(哲学)を理解するならば、その技術的可能性と将来のパラダイムシフトを予測することが可能になる。すなわち、プロセスオートメーション特有の顕在化した計測制御ニーズと将来の潜在的ニーズ/シーズへの対応としての通信制御技術、生体をモデルとした超分散/並列処理システム化、センサ/アクチュエータのインテリジェント化/標準モデル化と解釈した場合、その可能性は大きく広がることになる。

3.2.4 フィールドバスとシステム統合論

近年のプロセス制御システムは、社会環境の変化/技術環境の変化により応用領域別に多様化し、内容も規模の大小に関わらず複雑化する傾向にある。このような環境の中でフィールドバス技術は我々の世界にどのような刺激をもたらすのかについて考えてみる。

前述のシステム論の中で、システムは統一性を持ち複雑な性質を持っているとの解釈があげられている。従来のシステムには統一性という点の共通の解釈が存在していたかについては個人的に大きな疑問を感じている。確かに、特定のDCSシステムのみを議論するのであれば、それは統一的思想でそれぞれのサブシステムが設計されて、その思想が過去25年間包含的に発展してきたといえる。しかしながら、実際の現場ではそれぞれの用途に応じた様々な制御機器/情報管理機器がネットワークを通じて統合され全体のプラント操業システムが構築されている。必ずしも特定の1社の統一的思想で設計されたものではない機器が複雑に絡み合っており、その挙動を一つ一つ丁寧に検証して全体を作り上げてきた。システムの統合という観点では異機種/異思想の統合であり、Heterogeneous(異質要素統合)な統合のために多くの労力を割いてきた。フィールド機器レベルにこの統一性を反映させ、かつ異なるシステムにおいても統一的思想が貫ける形にシステム自身の性質を変えようとする試みがいわゆるオープン化/標準化という活動の中で行われてきた。フィールドバスの国際規格化とオープン化をこのような視点で捉えると、また新たな希望が湧いてくる。すなわち、システムの同一機種/同一思想での統合である。これを従来のHeterogeneousな統合と区別してHomogeneous(同質要素統合)な統合と呼ぶことにする。

Homogeneousな統合は、システムの構成要素の統一的思想による抽象化に他ならない。この抽象化をオブジェクトモデル化と呼ぶならば、システムの中で用いられている計測・制御・操作に関する要素機器はかなり単純化できることになる。フィールドバスでは、これらの要素機器を、流量計測(Flow)、液位計測(Level)、温度計測(Temperature)、圧力計測(Pressure)、操作弁(Valve)、演算制御(Function Block)に分類し、さらに計測/操作原理別に各機器の性質をデバイスプロファイルとして表現した。その統一的思想を得る手段としてフィールドバス協会(Fieldbus Foundation)が設立され、多くのエキスパートの協力によりFOUNDATIONフィールドバス技術が確立された。もちろん各フィールド機器間の双方向相互関係を統一的に規定する方法論が通信規約として提供された。

ソフトウエアクライシスとの関連では、ソフトウエア(アプリケーションプログラム)により構成要素の機能を記述するという方法から、各構成要素を機能要素ごとに抽

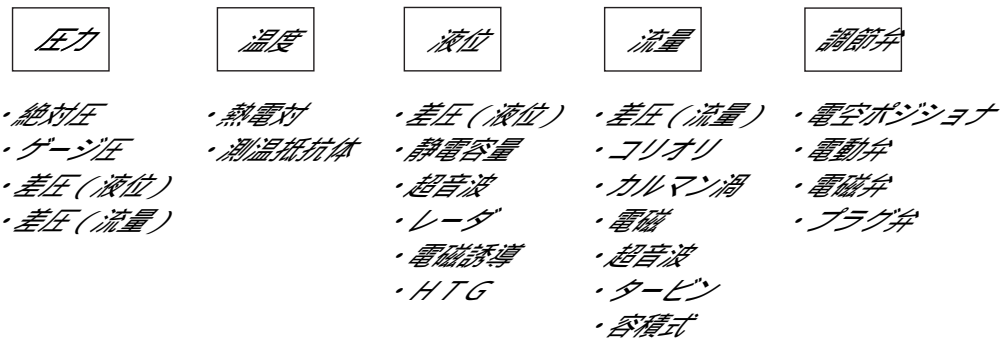


図.5 計測・制御・操作デバイスの標準化

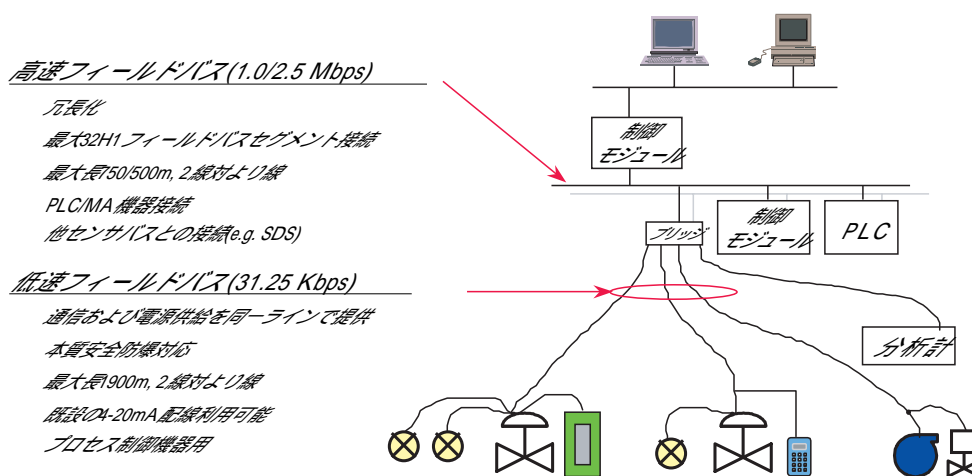


図.6 FOUNDATION フィールドバス

象化(モデル化)し, デバイス・オブジェクトとして表現する手法で, プログラミング要素を最小限に抑え, 各デバイス/ファンクション(計測制御機能)の組み合わせで制御系を構成するコンフィギュレーション手法によりシステム全体を構築するアプローチが用いられている。プロセス制御の世界ではこのコンフィギュレーションが従来から用いられているが, フィールドバスによりその範囲がフィールド機器レベルまで体系的に包含されることになった。ディスクリート制御の世界でも同様なアプローチでIEC61131-3の導入により, コンフィギュレーションパラダイムへのシフトが起きつつある。IEC61499では, プロセス制御からディスクリート制御までを統一した概念で抽象化しコンフィギュレーションによりシステムを構築する試みが進んでいる。この点で, 従来のプログラミングパラダイムからコンフィギュレーションパラダイムへのシフトが地道ではあるが着実に進んでいると言える。将来要素機器の知能化が進み, 自己創発的なシステムの時代へと変化しコンフィギュレーションパラダイムから合成(Synthesis)パラダイムへとシフトする可能性がある。

3.2.5 プロセス制御用フィールドバス(FOUNDATION フィールドバス)の特長

フィールドバス協会の仕様は, いわゆるミッション・クリティカルな環境にあるプロセス制御特有の機能要求/ユーザ要求を満足すべく開発されたものであり, 本質安全防爆, 危険な環境, 非常時のプロセス, 厳しい法的規制などへの対応を前提とした将来のインテリジェント・センサ/アクチュエータの普及と分散計測制御の時代を見据えたデジタル通信ネットワークである。通信制御仕様の標準化に加え, ユーザの計測制御機能のオープン化の要求に応え, 利用者層(ユーザ層)のファンクション・ブロック(制御アルゴリズム)標準化, フィールド機器(発信器/調節弁)などの計測制御機器の標準モデル化(デバイス・プロファイル), マルチベンダ環境でのインターオペラビリティ(相互運用性)の確保など多くの特長を備えている。

分散制御環境におけるコンカレント問題について前に紹介したが, フィールドバスは同期制御のメカニズムとしてProducer/Consumer(Publisher/Subscriber)モデルを採用し, 一つの解決策を提供している。分散オブジェクト環境におけ

る、オブジェクト間の揺らぎのない相互接続関係を成立させる重要な技術である。以下にその特長を挙げる。

・ 制御と通信の同期 (タイムクリティカル)、および時刻同期

周期 / 非周期通信, Publisher/Subscriber (発行 / 引用) のメカニズムにより分散制御演算の実行と演算結果の送信 / 受信は、最少1ms分解能で揺らぎのない伝送が正確に行われる。また、連続制御ループの定周期処理がヒューマン・インターフェース / アラーム・イベントのような非定周期イベント処理によって乱されることのないよう考慮されている。フィールド機器間は時刻同期が図られており、分散処理環境にありながらアラームの発生時刻 / 順序整理, 制御演算実行の同期等機器間の相互同期が図られている。また、アラーム・データ / 計測演算データなどにはタイムスタンプが添付されている。

計測制御の実行管理とスケジューリングに優先度を置き、大量の短いメッセージを伝送するのに適した定周期 / 非定周期伝送制御方式を採用している。その伝送能力 / 効率も、他のネットワークの十倍以上である。

・ 計測制御機能の実行順序制御 (実行スケジューリング)

連続制御ループの制御演算順序は入力処理 / 制御演算 / 出力処理の順序で処理されるようネットワーク上で管理されている。制御ループの演算機能追加 / 削除などの変更に対しても柔軟に対応できるよう配慮されている。

また、実際の設置環境では既設の計装システムの部分更新, 新設システムへの設置など、様々な設置条件に対応できるよう、フィールド配線方式 / 既設計装ケーブルの使用など多くの選択肢が設けられている。配線本数 / コストの削減だけでなく、本質安全防爆バリアの設置コスト, 中継端子設置スペースの削減など多くのメリットを享受できる。フィールド機器レベルでの分散制御のループ単位の安全性を配慮し、トポロジーも目的別に最適な組み合わせが実現できるよう数種類準備されている。

・ インターオペラビリティ (相互運用性)

フィールドバスにおけるインターオペラビリティ (Interoperability) とは、異なるメーカーの機器、異なる機能を持つ機器などが相互に通信可能で所定の機器機能が動作可能な状態のことを示す。その目的は、同一種統合 (Homogeneous Integration) をフィールド機器レベルで実現することにある。異なるメーカーの機器がまったく同一の機能を持ち逐次交換が可能なインターチェンジャビリティ (相互互換性) とは異なる意味を持っている。ユーザが求める環境は、基本的な機能は可能な限り同一にしたうえで各メーカーの創意工夫が生かせるマルチベンダ環境での相互運用性である。

インターオペラビリティのインフラストラクチャが整

備されマルチベンダ機器によるシステム構築が可能になると、システム構築技術のオープン化 / 計装エンジニアリング業務のオープン化が進み、現在の計装業務の進め方に変化がもたらされる。何よりもシステム構築の選択肢が増加しその主導権はメーカよりユーザ側に移行すると予想される。最終的にはシステムのライフサイクル全般でユーザの計装システム / プラント設備との関わり方に変化が起きることも考えられる。

3.2.6 ユーザニーズとフィールドバスの関り

プロセス制御におけるユーザニーズはマクロ的なニーズとミクロ的なニーズがある。フィールドレベルから情報管理レベルまで、安全性 / 環境保全に関するニーズ、プロダクションマネージメントに関するニーズ、法的規制に対応するためのニーズなど様々な視点でニーズが生まれてくる。

本質的 / 潜在的ニーズについて考えてみる。現在のプロセス制御は、何故フィードバック制御 / 定値制御が原則となっているのか? 本来プラント操業の経済的目的 / 品質管理から考えれば、フィードフォワード制御 / 追値制御が基本となるべきではないか。もしフィードフォワード系として捉えることができれば、いわゆるFA分野のディスクリート制御と同じ概念で制御システムを構築できるのではないかと、等々色々な疑問とアイデアが湧いてくる。我々は、基本的にプロセスの状態を把握できていない、すなわちプロセスモデルが正確に把握できていないことが原因にあると推察できる。プロセスモデルをより確実に把握するためには何が必要か、または何ができるのか。こう考えると、現在のプロセス計装では明らかにセンサの数が不足している。プロセスの状態をうまくセンシングできていない。したがって、プロセスの状態変化に対して適切な意思決定がなされていないことになる。かと言って、これ以上センサの数を増やせば情報の嵐となり人間は忙しくなる、忙しければ判断ミスの確率が増加し安全性の観点で好ましくない。したがって、センサの数を増やすと同時に信号処理部分の知能化を進め人間の意思決定を必要とする要素のみ伝達するような仕組みを導入することになる。プロセスを安定的に制御し、最適な品質を確保し、安全性 / 環境保全を維持することは、プラント操業 / プロセス制御の本質的なニーズであり、社会的ニーズでもある。こうして考えると今までに述べてきたプロセス制御システムへのコンピュータの応用, DCS文化の創出, インテリジェントフィールド機器 / デジタルコミュニケーションの導入, オープンな環境でのシステム構築などの現象論的事象の発生に十分な説明を加えることができる。フィールドバス技術に期待を寄せるのは当然の帰結であると考えられる。

しかしながら、システムを構築 / 維持 / 運転するのは人間であり、システムの形態が表面上ドラスティックに変化

するのは避けたいという本能的なニーズも忘れてはならない。したがって、革新的技術の導入 / 新しいパラダイムの導入は気付かれないうちに各製品に組込まれて使いこなされるのが望ましい。ではどうすれば良いか？それはメーカーとしての責任でもあり、製品開発の哲学である。

4. 将来のプロセス制御システム像

以上のような論点から、欧州のユーザグループが導き出した将来のプロセス制御システム像は図.7に示すとおりであり、あえてキーワードをあげるなら以下のように想像できる。

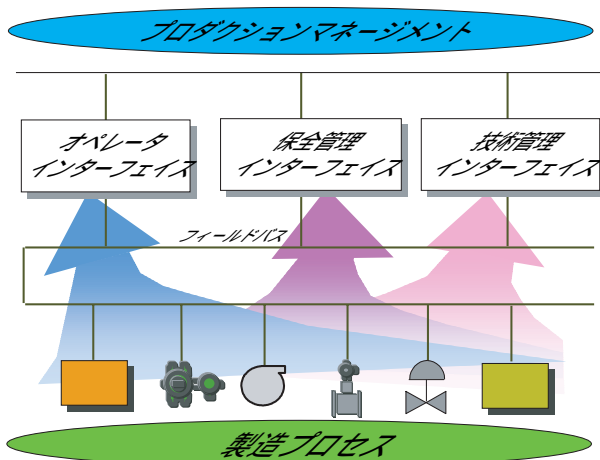


図.7 ユーザから見た将来システム

1) アーキテクチャ

ドメインオリエンティッドな可変階層（情報ドメイン / 制御ドメイン）構造

目的別の情報利用構造 / 計測制御機能構造

スケーラブル / フレキシブルアーキテクチャ（適応アーキテクチャ）

ネットワーク非依存型オープンアーキテクチャ

2) 制御構造

スキャンレス / スケジューリングレス（イベント駆動）

ファンクションブロック

3) 情報構造

情報サーバ構造

4) エンジニアリング

プログラミングレス、コンフィギュラブル

ここではあえて説明は加えないが、このシステム像が現状のシステムを否定しているものではないことを強調したい。また安全性 / 信頼性に対する配慮も従来以上にスケーラブルに、フレキシブルに適應できるシステムとなることは容易に想像できる。現在のシステムからこの将来像にどのような進化の道を歩むかがそれぞれのメーカーの力量が発

揮できる所であり、フィールドバスや他のオープン化技術がこれに貢献することは間違いないと言える。また、これらの技術は計装エンジニアリングやシステム構築パラダイムに大きな変化をもたらし、使いやすい / 安全なシステム感を浸透させると予想できる。実用化段階に入ったフィールドバス技術そのものの現状を認識し、ユーザのフィールドバス利用文化の形成と共に将来の創造的發展を展望することができるであろう。

5. 国際規格の意義と目的

フィールドバスの国際規格化活動は、1986年より十数年の歳月を要している。何故そのような長い時間をかけて国際的コンセンサスを得る必要があるのか、その点についてあえてここで議論をしておきたい。

国際規格に対する欧米社会の哲学は、消費者（ユーザ）の自由な選択を許し、消費者に様々な危害が及ばないようにするために作られるものであり、あくまでもその対象と目的は顧客満足（CS: Customer Satisfaction）にある。決して技術者やメーカーのエゴイズムで定められたものではない。その原点は、使いやすさ / 安全 / 安心を追求した顧客満足にある。

国際規格化活動の場は、世界という単一市場において企業活動を進めようとする企業が、国際的視野で物事を捉える絶好の機会である。IEC / ISOなどの国際規格は、企業経営のツールでありどの業種 / 応用領域においても共有すべきもの作りのルールである。国際規格とは、そのもとで企業の自由な競争と技術の発展を促す経済発展のための手段であり、企業活動 / 技術の発展 / 自由競争を制限するものであってはならない。地球規模のビジネス展開に対する知的投資であることを忘れてはならない。将来の有るべき姿を議論し、「まず製品ありき」から「まず規格ありき」のパラダイム転換である。

オープン化は、技術の単なる共有化であってはならない。国際規格は実質的には紙に書かれた静的な成果物であり、規格書だけでは何も生み出さない。規格を実用に供する形に解釈し実用化することこそオープン化の意義であり、オープン化されるものは実用化の技術そのものである。その目的はあくまでも顧客満足であり、規格化と顧客満足が同時に実現されてこそ真のオープン化を果たすことができる。

フィールドバスでは、国際規格化の役割をIEC / ISAが果たし、オープン化の役割をフィールドバス協会がなっている。フィールドバス協会の会員（メーカー / ユーザ）は、そのことを肝に銘じ今日まで献身的な努力をしてきた。単なる通信制御仕様の規格化だけではなく、プロセス制御分野の計測制御機器 / 機能の標準化でもあり、フィールドバス

協会の果たした役割は大きい。この点、日本の企業は狭い範囲で経済を考えて来た時代が長く、国際規格に対する理解が十分でないことが伺える。

技術の発展が利用者の利用者文化を生み、利用者文化が創造的技術を生み出す“技術と文化のスパイラル”となり新たな発展が生まれる。フィールドバスは、今利用者の創意工夫による利用者文化の形成時期に入ったと言える。

6. おわりに

山武のフィールドバス哲学とその背景について様々なことを述べてきたが、計測・制御・操作の3要素にデジタル技術が用いられることにより、現在までのフィールド機器の姿が一変する可能性すら考えられる。山武は、計測・制御・操作の3要素を従来から手掛け、デジタル技術/システム技術/ソリューション技術を持つ数少ないメーカーの一員として責任を持って計測と制御の原点への回帰を積極的に進めている。

山武がフィールドバス・イネーブラ™(Fieldbus Enablers™)として通信制御ソフトウェアやLSIをあえて自社で開発した背景をご理解いただけたと信じている。将来計測制御機器がどのような姿になるうとも柔軟に対応できる要素技術を持つ必要性を強く感じたからであり、ユーザと共に新しい文化の創造に努力して行く所存である。