

# CHOICES

## オートメーションコントロールの 未来

白書-1

### ビジョンと 方向性

「オートメーションコントロールのすべてを展望してみるときにきています。抽象的にではなく、明日の製造業のために何ができるかという観点からそれを振り返ってその将来を考えてみる必要があります」

## 目次

- 1 はじめに
- 3 製造業の将来を握るキーとは
- 6 迅速さへのニーズ
- 7 オートメーションシステムの方向性
  - 新しいテクノロジーの採用を加速
  - きめの細かいコントロールシステム
  - オープンシステムの役割
  - 特定の用途向けのコントロールソリューションの出現
  - 新しい工場労働者
- 20 コントロールシステムの提供 次のステップ
- 21 結論

### はじめに

現場を経験したことのない人からのアドバイスを受け入れるのは危険を伴います。これは、特にオートメーションコントロールの業界で言えることです。雨後の竹の子のように自動化の市場に「救世主」であるかのようにキャンペーン活動を行ない、1つのソリューションだけを売り込んでくる企業が急増してきています。

多くのメーカーは、顧客がそれを求めているからではなく、その技術やその狭い世界へのこだわりで、その製品を世に紹介していることがよくあります。たまたま、それが運良く当たって、市場のニーズに応えることもあります。そうかと思えば、多くの時間と費用を無駄に使っただけの当然の報いを受けるような事態に陥ることもあります。

もちろん、新しい技術は、それはそれでよいことです。しかし、単一の製品だけを取り扱う自動化のメーカーの手になる新技術には、恐ろしいものがあります。それらのメーカーが必死になると、誇大宣伝につながります。そして、それが誤解を生み、それがさらに混乱につながります。

オートメーションコントロールのすべてを展望してみるときにきています。抽象的にではなく、明日の製造業のために何ができるかという観点からそれを振り返ってその将来を考える必要があります。

それが、CHOICESシリーズの目的です。それは、白書と呼ぶこともできます。あるいは、ドキュメント、宣言と呼んでもいいでしょう。どう呼ぶかは重要ではありません。ここで私たちが述べていることに読者の方が賛同してくださることを希望しますが、しかし、それ以上にこれらのドキュメントがこの業界の将来についての知的な議論を引き起こすきっかけになることを希望します。

ところで、CHOICESとは何でしょうか。それは、製造業やテクノロジーやそれを推進するコントロールシステムの将来についてのビジョンを述べたものです。これらの見解は、私たち自身の経験や顧客、研究者、教育機関、業界の仲間たちとの討議などから生まれてきたものです。このシリーズを読み終えられる頃には、製造業はどこへ行こうとしていると当社が考えているか、ロックウェル・オートメーションが顧客のニーズの変化に対応するために何を計画しているかが明確に理解していただけたと思います。オートメーションの世界のお客さまには、新しいオプションを検討する自由があるとともに、これらのオプションがお客さまと同じ業界にいる人間によって供給されていることを知ることで安心感が得られます。

1つだけのソリューションを強制的に推進する、というやり方をCHOICESに求めることはできません。この問題に対しては、私たちにもお答えできないこと、提供できないアイデアがあるかも知れません。どのようなオプションを採用すればいいかのお手伝い、お客さま独自の固有の状況に応じた選択のお手伝いをいたします。

CHOICESのネーミングの由来は何でしょうか。将来の様々なビジョンや人間の進む方向、そして姿を現しつつあるテクノロジーを考えると、すべてに共通するテーマとして「選択肢」-CHOICES-があることがわかります。それは、選択ということです。絶対、というものはありません。その人に有効なものでも、他の同僚には、有効性がないかも知れません。あるアプリケーションには正しいソリューションでも、アプリケーションが変わると、そのソリューションではまったく間違った結果になることもあります。それに対して、製造業のあらゆるレベルには、興奮を覚えるほどの様々な選択肢があり、その結果としてのオートメーションシステムにも色々なものがあり得ます。

CHOICESの内容を曖昧とされる方もおられます。ある意味では、それは正しいかも知れません。曖昧さにも色々なものがあります。製造設備1つをとっても、どこも同じものはありません。また、1つのソリューションだけで誰にも適用できるものがあるとは思えません。問題は、自分たちの状況で正しいものはどれかを選択することにあります。

CHOICESシリーズの第1回目本稿では、将来の製造業の動向を握るものとして特に、台頭していきつつあるいわゆるマスカスタマイゼーションとも言うべきものについて触れてみたいと思います。そして、そこを切り口にして将来のキーを握るものを探り、オートメーションシステムとコントロールシステムがとるべき方向性を見ていくことにしましょう。

お客さまとしては、ビジョンと方向性が見えてきて初めて成果物に対しての話ができるようになるものです。私たちオートメーションシステムの提供者としては、そこで初めて今日そして明日の未来にどのようなお手伝いができるかが明確になってきます。これらは、今後の連載のテーマとなる予定です。どのような選択肢があるかを詳細に論じ、個々の状況に応じて何が最適なのかを述べたいと思います。ネットワーク、コントローラ、ソフトウェア、I/O、ユーザインターフェイス、標準コントロールデバイス、その他関連分野の動向の概要を説明します。私たちが最良と思われる考えを今後述べていくこととなりますが、同時に、ある場合には最良の結果をもたらすことでも、別の場合には、お勧めできないことがあることも認めざるを得ません。顧客主導であるということは、それは、一部では、私たちが常に正しい解決策を持っているとは限らないことも意味します。このシリーズで取り上げて欲しいアイデアやテーマがありましたら、是非お知らせください。

このCHOICESが私たちのこの業界に生じているあらゆる変化を読み取ってその見通しを得るためのささやかなお手伝いができる知的で有効な手段となることを希望するものです。読者の皆様からのご意見をお待ちしております。内容にご賛同であればそれを、またお気に召さなければそれをお聞かせください。何かアイデアがあれば、お知らせください。当社は、お客さまの声に耳を傾け、それに応えてまいります。

繰り返しになりますが、あなたのご意見をお待ちしております。結局のところ、ここで述べていることは、あなたの将来でもあるのです。

### 製造業の将来を握るキーとは

誰が製造業の将来を握っているのでしょうか。コントロールシステムのメーカーではありません。製造業でもありません。それは、お客さまであり、場合によっては、お客さまのお客さまであることもあります。次の世紀の製造業を究極的に左右するのは、お客さまです。そうした顧客のニーズをいかに正確にキャッチし、それに対応する能力があるかどうかを正否の鍵を握ります。顧客がどのように変化したかを見ることは製造業がどのように変わるかの判断をする上に多くのものを教えてくれます。それがひいては、オートメーションコントロールシステムが今後どうなるかを知る手がかりになります。

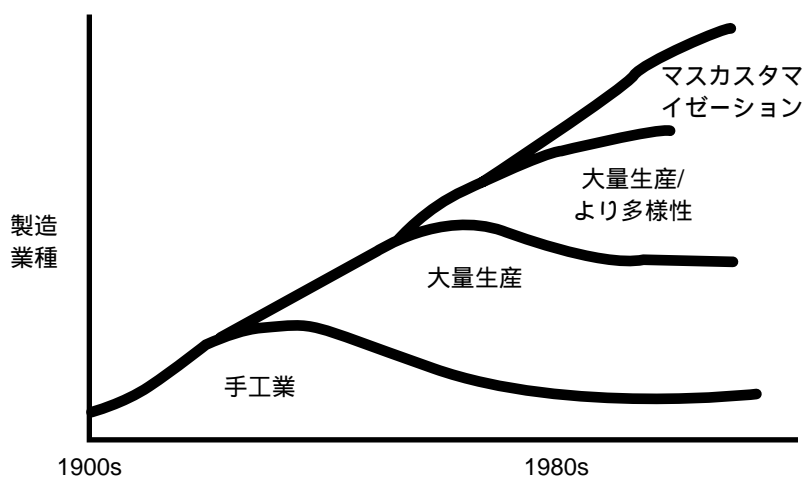
250年前に戻ってみましょう。製造業とは当時どのようなものだったのでしょうか。新しい椅子が欲しいときは、家具屋へ行って、そこで1つ注文したものです(あるいは自分で作ってしまうことがあったかも知れません)。新しい靴は、靴屋にサイズを計らせると1週間で出来上がってきました。これらの椅子や靴は、その人専用に作られたもので、いわばカスタム化されたもので、どれ1つとして同じものではありませんでした。手工業的な制作は、唯一の生活の道でした。それは、顧客の希望に完全に対応したもので、唯一の製品でした。その一方で、バラツキを伴い、長いリードタイムを必要としました。

19世紀初頭に最初の産業革命を経験しました。綿繰り機に始まり、印刷機、組立ライン、その他のオートマチックマシンを経て、ゆっくりとではありませんが、確実に大量生産の考え方へと移行していきます。椅子は、商人から買うことになります。そして、必要に応じて、同じものを3つ、というような買い方もできるようになります。新しい靴を買うときも、ラックからサイズ10のものを取り出してそれを試しにはいてみるができるようになります。時間の経過とともに、製造業者たちは、品質管理や生産方式の改善技術を身につけ、製造工程を完成させてきました。最終的には、低価格で高品質のものを作り出す製造業者が誰の手にも届くようになりました。安い価格で品質が一定で、納期が早ければ、顧客は、カスタム化の程度には目をつぶってきました。カスタム化された製品も当時からありましたが、より高価なものでした。ヘンリーフォードの次のような言葉が伝えられています。「黒ならどんな色もあります」

これは、現在でも多くの製造業で行なわれている姿でもあります。標準オプションの車は、すべてが特注のものよりも安く手に入れることができます。既製品の服は、注文服に比べて低価格ですが、注文服は、品質は高いものの、どの2つをとっても同じものではありません。靴をとってみても、デザインは色々ですが、その個人個人の足のサイズは少しずつ違うはずなのに、同じような靴をはいた人に出くわすことが決して珍しくありません。

しかし、事態は変わりつつあります。高品質、低価格、短い納期だけではなく、自分のニーズにぴったり合ったものを顧客は求め始めています。工場が大量生産とカスタム化とを1つにしたマスカスタマイゼーションを開始するような環境が整いつつあります。これが多くの製造業にとって次の10年の大きなキーとなるでしょう。

図Aは、1900年代から今日までの製造業の発達を示したものです。これが断続のない連続的な進展であることを注意してください。手工業から大量生産に一夜でなったわけでもないように、大量生産からマスカスタマイゼーションに一気に進むわけではありません。事実、マスカスタマイゼーションが確立しても、かなりの量の大量生産方式と手工業的なものが併存することになるでしょうし、同じ工場内でそれが生じることさえあります。



図A 製造業の発展

今日でも、マスカスタマイゼーションが実際に行なわれているのを見ることができます。企業内でも、その社員の顧客向けのグリーティングカードの作成を認めています。衣料メーカーは、顧客のサイズを工場に伝え、完全にフィットするジーンズの製造を行なっているところがあります。自動車メーカーは、スリーデーカーのビジョンを持っています。タイヤメーカーは、顧客の車に応じて、特別仕様のタイヤを製造しています。事実、同じ1台の車に、4種類のタイヤを装備しているものもあるくらいです。MotorolaのBravoというポケベルには2900万種類のバリエーションがあります。注文した自分だけのポケベルがその日に出来上がってくるようになっていきます。Andersen Windowsでは、顧客は、パーソナルコンピュータのウィンドウをカスタマイズすることができ、工場にその仕様を送ることができるようになっていきます。

Advanced Manufacturing ResearchのJim Shepherd氏によれば、「これまでは、メーカーが顧客が購入できるものを指示している状態でした。今は、消費者のほうに力を持っています」(Boston Business Journal, 1995年10月13日号)ということです。

それは、単に家庭製品に限った話ではありません。マサチューセッツ州ローレンスのLawrence Pumps社では、石油およびガス、そして火力発電用のポンプを注文生産していますが、顧客からの注文があってから製品を作り出すのです。事実、フォルクスワーゲンの大きさのチタン製の製品を作ったこともあるそうです。在庫を残さないために、量産したことがないのです。

Ross Controls社(前身は、Ross Valves)も同様のやり方を行っています。同社は、GMに600もの統合バルブシステムを供給していますが、それらは共通のプラットフォームで製造はされていますが、全部違うスタンププレスを使用しており、しかも、代替元の価格の1/3の価格で行なっています(Harvard Business Review, 1995年3月号)。

多様性とマスカスタマイゼーションとは関連はしていますが、混同しないようにしてください。多様性は、これまでも過去数年に渡って家庭製品に見られてきたもので(低塩分、低脂肪、各種サイズ、各種パッケージなど)、顧客のより具体的なニーズに合わせた製品のそれであるのに対して、マスカスタマイゼーションは、さらにそれを一歩押し進め、顧客が求めるものだけを生産し、それ以外は作らないことを意味します。つまり、オーバヘッドなしの多様性を意味します。

手工業から大量生産への移り変わりにも見られたように、すべての製造業がマスカスタマイゼーションになるわけではありません。顧客が鉛筆やトイレットペーパー、ヘアスプレー缶に注文品を要求するのは現実的とは思えません(とは言っても、これらの製品もこれまでになく様々な製品が棚に並んでいます)。さらに同じ工場内で大量生産とマスカスタマイゼーションを組み合わせた設備を整えることも可能です。注文生産の車やトラックを製造する工場は、今後も標準部品を使用し続けることでしょう。今後、大量生産による比較的製品の混合の度合いの少ない製造工程とマスカスタマイゼーションによる少量の、比較的製品の混合の度合いの多い製造工程との差別化が進んでいくものと思われます。それは、製造における新たな哲学とも言えるものです。

### 迅速さへのニーズ

カスタム製品には、メーカーとしてもマーケットのニーズに的確に対応できるためには、相当の迅速さが要求されます。顧客の好みの変化にすばやく対応できるためには、いかに迅速に製造工程の再編成と再利用を行なうかを意味します。多くの自動車工場は、毎年、新機種とそのオプションに対応するための再編成を行なっています。毎日再編成をしなければならないとしたら、そのときの様子を想像してみてください。製品サイクルが短くなり、再編成をすばやくやらなければならないとすれば、それには、柔軟で拡張性があり、再利用可能なコントロールシステムが必要になります。

これは、設計から製造までのサイクルが短くなることを意味します。設計から試作品、さらに最終製品まで数ヶ月あるいは数年も要していたメーカーは、設計と製造とをひとつに融合する必要性を感じるかも知れません。仮の試作品の段階をなくし、製造に重点を置いた製品の設計を検討する必要があります。

また、その製品が必要となる場所に小さな工場が続々と出現するようなことも考えられます。そこは、必ずしも本社をベースにしたものである必然性はなく、あくまでも迅速性をメインにしたものです。近い将来に1つの自動車の組立ラインだけで、いくつものまったく違う車種や車体の車が製造されることは、大いに可能性のあることです。ダイエット・ソフト・ドリンクを製造する工場は、何の苦労もなくカフェインやナトリウムを含まないものも製造することができます。そして、それらの工場は、流通コストを削減するためにあなたの街のすぐそばに建てられることも決してあり得ないことではないのです。

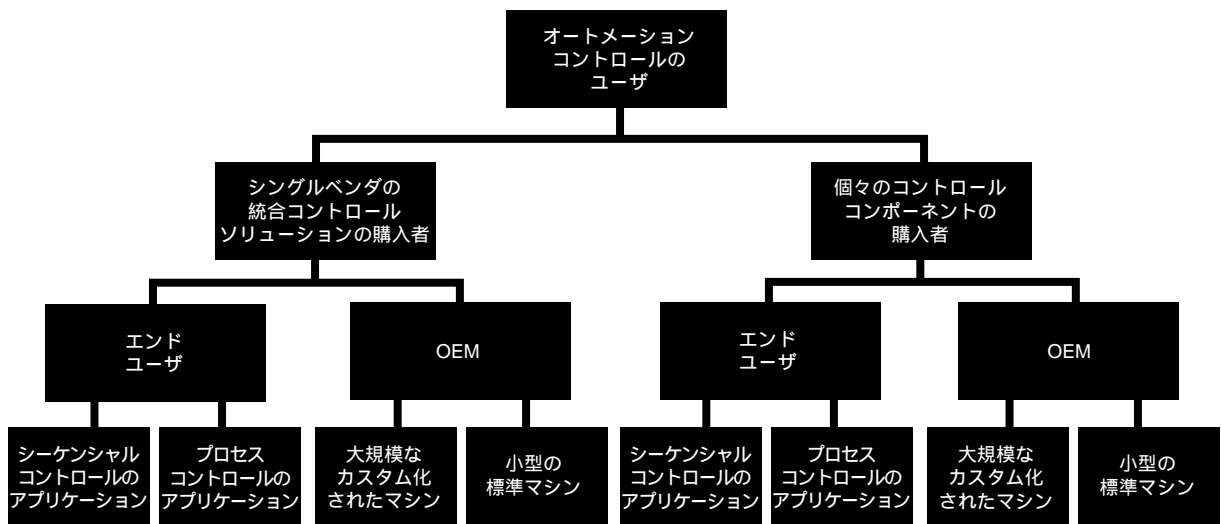
新しいテクノロジーが採算の合うセクタに導入されるのと、それが改良されて産業として市場に入ってくるまでには、通常大きなタイムラグがあったものです。工場レベルではまだ多くのところがDOSからWindowsへは移行していません。しかし、過去に保守的と言われた多くのところが、Windows 95への移行では、一番最初でした。イーサネットが定着するまでには、長い期間を必要としましたが、CAMをベースにした車のためのネットワークが装置レベルのプラント・フロア・ネットワークとして驚くべき早さで採用されつつあります。市販の製品と産業界における採用との間のタイムラグは縮まりつつあり、ほぼ両方の市場で同時に同じ技術が採用されるまでできています。

最終的な製品の注文は、製造と密接に結びついているので、市販製品と産業分野の製造に違いがあるところが議論となるところです。例えば、グリーンディングカードの例を思い出してください。印刷は、まさに店の中で行なわれます。それは、市販品と呼ぶべきでしょうか、あるいは、産業製品でしょうか。

それに、組織の構成員である人の存在を忘れることはできません。工場はそれ自体で運営されているように見えますが、決してそのようなことはありません。高度に訓練、教育された人々、いわばバーチャルチームとでも言うべき権限を与えられた従業員たちが組織を盛り立てているのであり、企業がマスカスタマイゼーションで成功を収めたいと思うのであれば、このような光景が普通にならなければならないのです。その証左を見たければ、オペレーターインターフェイスとしてのハードウェアやソフトウェアがいかにかオートメーションコントロールにとって重要であるかを考えてみるといいでしょう。有効な情報を熟練し、権限を持った人に委ねることがほとんどどのオートメーション工場でも必須になりつつあります。

## オートメーションシステムの方向性

今日でも、様々な業種の製造業があり、それぞれが違ったコントロールシステムのニーズを抱えています。それらは、いずれも大量生産による製造方式のものです。図Bは、コントロールシステムのユーザの全体の構成をある一面から示したものです。階層構造になった一番下のボックスには、1つのコントロールシステムの解決策だけでは対応することのできないニーズがあります。ここにこそ、手工業と大量生産とマスカスタマイズされた製造という将来を目の当たりに見ることができます。

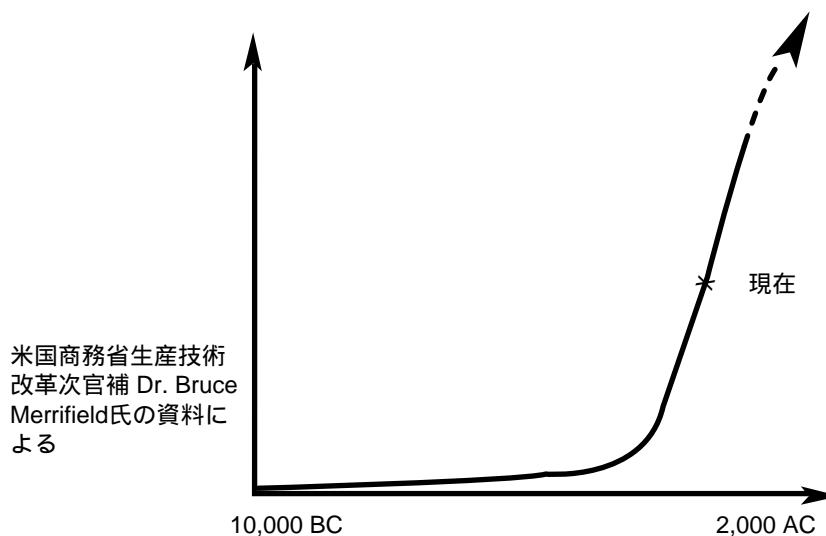


図B コントロールシステムのユーザの構成

製造メーカーにしてみれば、自分たちが製造するもののタイプに応じて、オートメーションとコントロールシステムの選択肢がもっと必要です。大量生産に従事するメーカーでも自分たちがこれまでやってきたことを改善できる戦略的なものがあれば、それを選択することはあり得ます。マスカスタマイゼーションへの移行過程にある企業は、連続性を持った変化に対応する応答ができるようにより大きな柔軟性を取り込むでしょう。

これによってオートメーションとコントロールの業界にいくつもの大きなトレンドを産むこととなります。これらのトレンドは、グループとして見ると、製造業が成功するためにはどのようなタイプのコントロール製品を提供しなければならないか、というアイデアを提供することとなります。

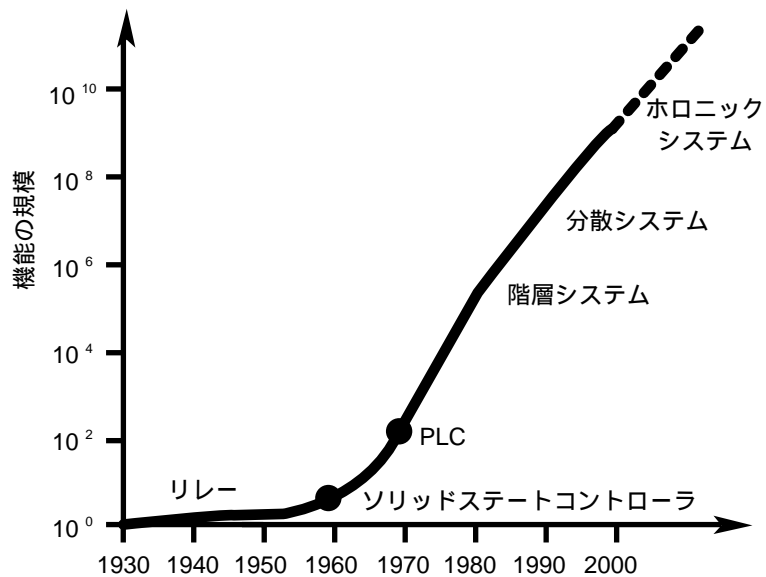
新しいテクノロジーの採用を加速 マイクロプロセッサ、センサ、ネットワーク、ソフトウェアの世界では新しいテクノロジーがこれまでにないピッチで取り入れられつつあります。過去75年間は、それ以前の期間を全部合わせたよりも多くの新しいテクノロジーが出現していると言われます。



図C テクノロジーの爆発

米国政府の研究によるとテクノロジーの開発は、爆発的な段階に入ったことを示しています。それは、私たちのまわりを見渡してみても分かります。主要な発明は、初期にされていても、その幅と深さにおいては、ここ100年に勝るものはありません。しかもそれらにかかわる科学者や技術者のほぼ90%が現在も存命中であることは驚くべきことです。

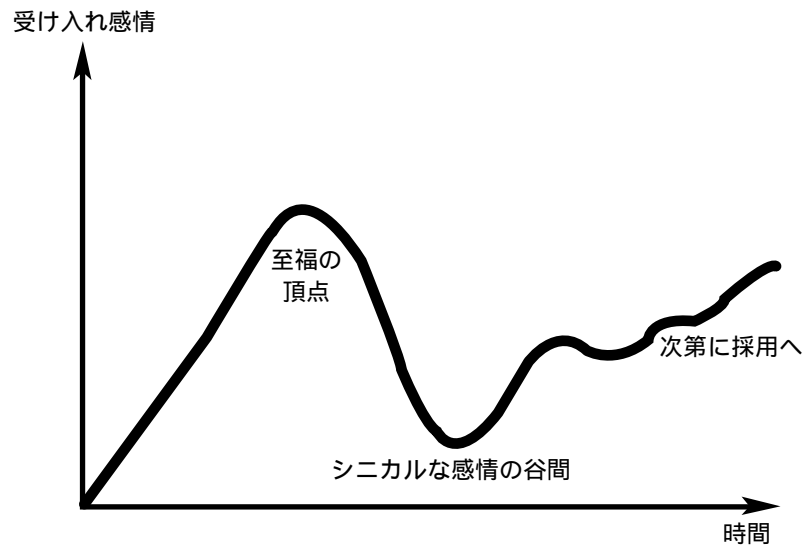
図Dは、1930年代から2000年までのコントローラテクノロジーの指数級数的な成長を示したものです。これらは、同時にオペレータインターフェイス、ネットワーキング、ソフトウェアなど他のテクノロジーにも恐らく該当することでしょう。図の中央に位置する1970年は、最初にプログラマブルコントローラが導入された年を示します。このPLCには、論理命令セット、128個のI/O、1KBのメモリが組み込まれていました。それから10年後のプログラマブルコントローラには、これの100倍の機能が組み込まれています。



図D コントロールテクノロジーの発達

テクノロジーの発展の速度が増大してくると、一定期間における主要なコントロールテクノロジーの支配力は高まりますが、その持続期間はより短くなります。この傾向は次第に顕著なものとなりつつありますが、しかし、決してリスクを伴わないものとは言えるものではありません。製造システムを購入したり、それを運用する立場の人たちは、それらの新しいテクノロジーを評価するに当たって客観的にならなければなりません。これまでになく進歩の度合いが大きいと、最新の技術に便乗したいという欲求がより高まるのも無理のないところです。

図Eは、新しいテクノロジーがどのように受け入れられるかを示したものです。導入時は、通常、至福の状態があり、そこでは、その技術は、万能薬のような感じで仰ぎ見られます。そのテクノロジーが実際に適用され始めると、その限界や制約が次第に明らかになるとともにその反動が生じて、至福の雰囲気急速にシニカルなものとなります。しかし、時間の経過とともに、そのテクノロジーで可能なことと、それによる最適な役割を理解するようになると、その技術も落ち着くべきところに落ち着き、それを生産に役立つように使えるようになります。



図E テクノロジーの受け入れサイクル

インターネット、具体的には、WWWなどもよい例です。Webによって顧客を戸口にまで連れてくることができると考えた企業によってインターネットのホームページを作成することがトレンドになりましたが、今やそれは、どこかに打ち付ける釘はないかと探し回っている巨大なハンマーであると企業は認識し始めています。いくつかの企業は、Webページが所定の成果をあげることができなかったため、それらの努力を止めてしまったところもあります。しかし、多くの企業は、最終的には、いくつかのアプリケーションでWebが有効であると判断し、次の10年にそれらを重要なビジネスツールとして生かすべく努力を続けています。

コントロール業界において、このサイクルの非常に参考になる例は、ニューラルネットとファジーロジックです。人工知能の一種であるニューラルネットワークは、数年前に強力に促進されましたが、その現実が認識されるに伴い、下降線をたどっています。ファジーロジックもコントロール業界においては、同様のサイクルをたどりましたが、現在は、動作制御、高精度で複雑なコントロールシステムにおける組込み技術に使われています。

つまり、こういうことが言えます。指数級数的に発展しているテクノロジーでは、客観的なベースでそれらを評価することが最重要であり、しかも、具体的なアプリケーションニーズとの関係でそれらを評価する必要があります。自分の工場がうまく運営されるようなテクノロジーを利用すべきではありませんが、シニカルな目でテクノロジーを見ないことも重要です。

きめの細かいコントロールシステム ある意味では、オートメーションコントロールには、これまでの推移がすべて反映されています。オートメーションの初期には、多くの動作はリレーをベースにしたもので、I/Oの比率がほぼ1対1でした。コストと複雑さのために産業界はプログラマブルコントローラへとシフトし、メモリ、電源、通信機能が大きくなるにつれ、集中制御が台頭してきました。

大量生産の方式が成熟してくるにしたがい、製造工程をコンポーネントやセルに分解する必要が生じてくるようになりました。そうすると、今度は、分散制御の考え方が出てきました。より小さな同レベルのコントローラが個々のセルを担当し、これらのコントローラは、それぞれがネットワークに接続されるとともに、「監視」コントローラにも接続されて、それが製造工程の動きをすべて監視し、それがさらに情報システム環境へも接続されるようになります。この考えをうまく説明するために、アレン・ブラドリー社は、「生産性ピラミッド」モデルというものを発案し、それが70年代および80年代を通じて製造業に寄与しました。

しかし、この生産性ピラミッドはいつまでも適用されるものではなくなりました。ピラミッドモデルで十分成功する工場もまだたくさん存在しますが、それが適用できないところもあります。ピラミッドとともに始まった分散の考えは、新しいレベルに達したのです。それは、共通の流れとしてのモジュールの考え方です。場合によっては、監視コントローラは省略され、個々のコントローラが直接上位のコンピュータシステムとやりとりします。コントローラに内蔵されていたI/Oシステムは、今は離れた位置に設置されており、それは、制御対象となるマシンそのものに取り付けられていたり、装置そのものに内蔵されていたりします。ネットワークは、コントローラ同士を接続するだけでなく、オペレータ端末、マシン・ビジョン・システム、その他のインテリジェント機器を動作させます。過去に法外なコストがかかったり、コントローラを使用することが実際的ではないところには極めて低価格のコントローラが使われています。これらのコントローラは、製造環境によって、ネットワークに接続されることもあれば、スタンドアロンで使われることもあります。それと、80年代のPCの革命により、90年代にはいよいよ工場に活路を見いだすこととなります。アプリケーションによっては、コントロールシステムにおけるオプションとして大きな位置を占めるようになっていきます。

このような経緯があるため、現在では、信じられないくらいに様々な多様性とモジュールが存立し、1つの工程でコントロールする方法が3~5つ、あるいはそれ以上にもなることがあります。どれも悪くはないのですが、特定の状況では、うまく動作するものとそれほどでもないものが出てきます。

このモジュール方式と分散コントロールは、今後も続きそうです。電子部品、ネットワーク、ソフトウェアのテクノロジーは今後も伸び続けるため、コントロールシステムをさらに基本的な構成要素にまで分解する必要があるそうです。

私たちは、今、コントロールシステムが進展している、絶好の時にいます。図Fは、今後進展していくと思われるオートメーションシステムを示したもので、過去のダム端末やハードウェアをベースにしたモデルからルールをベースにした自律システムに至るまでを図示したものです。

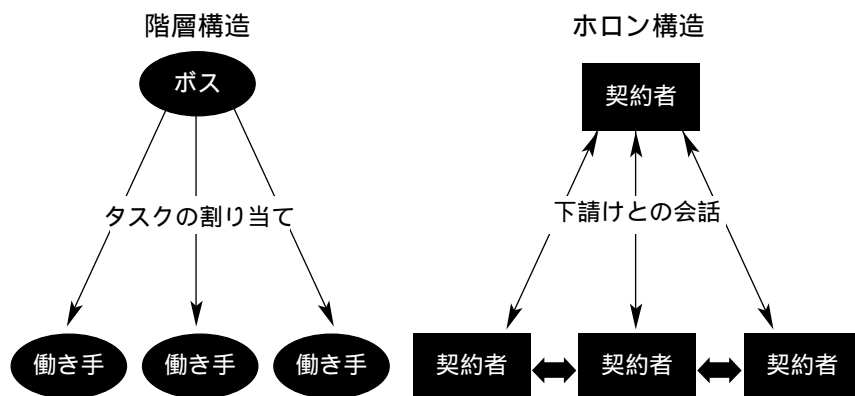
専門家が予測する今後数十年のオートメーションシステムは、ほとんど生物学的な様相を帯びてきて、アレン・ブラドリー社のOdo Struger博士が言うところのホロニックな製造システムになるであろうとされています。ホロンとは、自律的、インテリジェントで、分散的、協力的な装置を指します。それには、製造工程の中のロボット、モータ、人、あるいはその他のコンポーネントなどが考えられます。ホロニックシステムは、生物学的な有機体をモデルに考え出されたもので、知性や自律性、協調性などをもちます。

動機付け/ルールをベースとする	生物学的システム 「生命のフォーム」
自律性、協調性、インテリジェンス	ホロニック・コントロール・システム
人工知能ルールをベースとする/ニューラル	学習システム
コマンドで実行するソフトウェアをベースとする	プログラマブルコントロール
ダム端末ハードウェアをベースとする	リレー I/Oモジュール

図F オートメーションシステムのインテリジェンスの発展

あらゆる製造システムの中で、最も複雑なマスカスタマイズされた環境を考えてみます。このようなシステムでは、中央で決定しなければならない情報があまりにも多すぎて階層的な環境では、システムがうまく機能しない可能性が非常に高いと思われます。例えば、人体では、T細胞は、脳からの命令とは独立してバクテリアと戦います。脳は、呼吸器全体や運動システムの制御は行ないませんが、細部の重要なものは、ホロンに任せています。

図Gは、階層的なシステムとホロニックなそれとを比較したものです。階層的なシステムでは、ボスあるいは管理者は、働き手にタスクを割り当てます。これらの働き手には決定権がほとんどないかまったくなく、ボスから独立して行動することはできません。ホロニックシステムでは、「契約者」が独立行動のできる下請けと「交渉」をするとともに、下請けは、お互いが協力しあう契約者とも協調関係にあります。下位における機能では、行動はより活発になります。これにより、契約者のやりとりや処理によるボトルネックが改善されます。

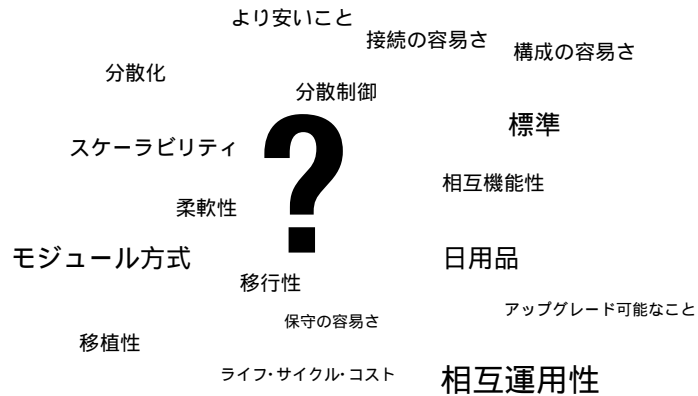


図G 階層構造とホロン構造

企業によっては、ピアツーピアのネットワーキングをホロニックなオートメーションシステムとして押し進めようとしています。真のホロニックな製造システムはあと10年は経たないと登場しないでしょう。

オープンシステムの役割 コントロールシステムに関して、この1週間でどれだけ「オープン」という言葉を耳にされたことでしょうか。この言葉は誰もが使いたがり、便乗したがる考えのようですが、誰も正確にその意味するところを知らず、また、その今後の方向性も分かりません。

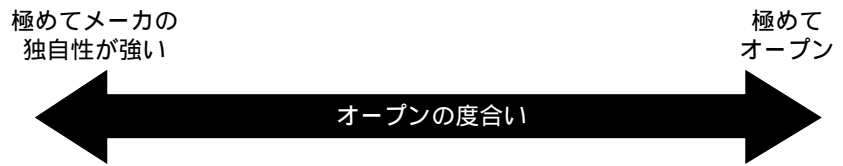
「私には芸術は分からないけど、何が好みかは分かります」というような言い方をよくします。オープンシステムにもこのようなことが言えます。私たちは世界中のお客さまと話をする機会がありますが、そのときにオープンシステムをご覧になりたいと思いませんか、といつもお客さまに尋ねるようにしています。彼らの答えは決まって「ええ、もちろん」です。しかし、彼らがオープンシステムに何を求めているかをさらに聞いていくと、その答えは、驚くほど多様性に満ちています。ある人には、それは、プラグ・アンド・プレイであり、別の人には、上位レベルのコンピュータシステムとの統合であり、また、さらに業界標準の遵守であったり、あるいは、Microsoft WindowsやNT上で実行させることであったりします。



図H オープンシステムとは？

オープンシステムを別の観点から見てみる必要があります。オープンシステムをある特定の時間のそれとして見たり、特定の目的と見るのではなく、連続体、しかも、多次元の連続体として見る必要があります。

図Hは、コントロールシステム内のオープン度の程度を示したものです。一方は、メーカー独自のシステムで、もう一方がオープンな標準規格をベースにした一般的なシステムです。両端に矢印があり、しかも、具体的な時系列が示されていないことに気がつかれると思います。オープンシステム側では、活発な製品開発が行なわれていると同時にメーカー独自のシステムの側でも活発な活動が繰り広げられています。事実、多くの高度な新しいテクノロジーは、メーカー側で行なわれ、その後オープンシステム側に移行してきます。このようなことは、ネットワーキングやビデオ会議システム、HDTVを始め多くのテクノロジーで見られています。



図I 連続体としてのオープン性

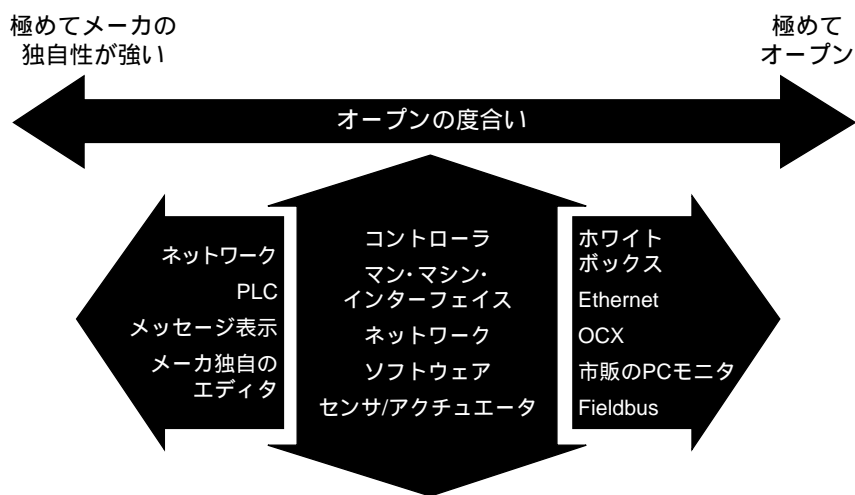
図Jは、これをコントローラに適用したところを示したものです。左端は、「ブラックボックス」コントローラで、OEMやインテグレータによって特定の用途向けに設計されることの多いものです。これらのコントローラは、プラスチック射出機、洗濯機、ガレージドア開閉機などを制御するのにOEMによって設計されたカスタム化したハードウェアやソフトウェアを使用しています。1つおいて右は、それらを簡単にしたプログラマブルコントローラで、そのさらに右は、サードパーティ製I/Oモジュールを使用したプログラマブルコントローラです。そのさらに右がラックに搭載したタイプのパーソナルコンピュータで、コントロールエグゼクティブを実行するものです。その右側が強化されたパーソナルコンピュータで、右端が市販されているホワイトボックスとも言えるPCで、Windows NTを実行しています。



図J 連続体としてのコントローラのオープン性

コントローラを購入しようとする方が「オープンな」コントローラを指定するからといって、それが直ちに「ホワイトボックス」としてのパーソナルコンピュータを意味するのでしょうか。断じてそんなことはありません。事実、フォード、クライスラー、ゼネラルモータースなどのトップ技術者による Open Modular Architecture Controller (OMAC)の文書では、受け入れることのできるオープンソリューションとしてこれらとは別のいくつかのハードウェアバスの選択肢を挙げています。同報告書では、「コントローラハードウェアのバス構造は、市場におけるデファクトスタンダードでなければならない。VMEバスあるいは、ISA, EISA, PCIなどのPCバス構造が好ましい」としています。

オープンであることの中には、幅とともに奥行きもあります。標準ハードウェアバス上で動作するためにコントロールシステムを「オープン」と称するのは、ちょうど4輪であることから車を自動車と呼ぶようなものです。確かに、オープンと言えば、簡単なセンサから最も複雑な製造監視システムに至るまですべてのものにかかわってきます。システムのキーとなる構成要素に目を転じると、コントローラ、バス構造、I/O、ネットワーク、オペレーティングシステム、プログラミング方式、マン・マシン・インターフェイスそして装置そのものにさえもオープンであることに幅があります。



図K 多次元なオープンシステム

I/O構造の一部としてデファクトスタンダードであるデバイスネットワークを使用したメーカ独自のプログラマブルコントローラがあったとすると、それは、オープンソリューションなのでしょうか。あるいは、ライセンス供与されたサードパーティのサプライヤの装置にそれが接続されているとしたらどうでしょうか。メーカ独自のI/O構造を使用したパーソナルコンピュータを使用しているとしたら、それは、オープンソリューションなのでしょうか。工場全体では、プログラマブルコントローラを使用している場合、オペレータインターフェイスのソフトウェアがWindows 95やWindows NTをベースにしたものあるいは、そのコンポーネントソフトウェアであれば、それは、オープンソリューションといえるのでしょうか。これらはすべて、「時と場合による」と言えるでしょう。

しかし、それでは、気休めでしかありません。私たちは、なにかにつけ、絶対的なものを求めてきました。長い間「完全にオープンな」ソリューションを求め続け、仮にそれを見つけても、オートメーションシステム全体のほんの一部だけにしか価値がないものである公算が非常に高くなってきています。

それでは、どうすればいいのでしょうか。オープンシステムなどはなかったことにしてしまいませんか。もちろんそうではありません。単にそれがオープンであるか、メーカ独自のものであるかを基にするのではなく、今日および将来の製造のニーズに基づいてコントロールシステムを評価、選択するのです。適切なコントロールシステムを選択するには、パフォーマンス、使いやすさ、製品寿命全体のコスト、柔軟性、信頼性、保守のしやすさ、稼働率、現在の投資に対するレバレッジなど多くの要素がからんできます。これらの目的にオープンソリューションが寄与するのであれば、それを使うべきですし、もしそうでなければ、そのアプリケーションへの適用には疑問があることとなります。

*特定の用途向けのコントロールソリューションの出現* 製造システムにおけるマスカスタマイゼーションへの動きは、コントロールシステムのカスタマイゼーションともなりました。既成の1つのソリューションだけで市場全体のニーズに対応できる時代は急速に過去のものとなりつつあります。それに代わって分散コントロールシステム、オープンシステムのオプションと新しいソフトウェアツールを組み合わせたものが特定の用途や産業に合わせてきめ細かくコントロールシステムを作り上げていく機会ができています。

車のスタンププレスに最適なコントロールシステムを考えてみます。このシステムを仕様を作成する技術者は、冗長構成のPLCを使用することになる厳格なOSHA安全基準を採り入れることとなります。Windowsをベースにしたオペレータインターフェイスのソフトウェアを実行するパーソナルコンピュータを使用してシステムを監視したいという場合があるかも知れません。PLCに密に統合されているメーカ独自のI/Oがいい場合もあります。工場全体に張られたEthernetネットワークによってコントロールシステムは、データを経営陣が見ることができるようにすることができます。

ここで、OEMが使用する包装機械のコントロールシステムを考えてみます。そのOEMには、独自のコントロールアルゴリズムが組み込まれていて、パーソナルコンピュータで動作するようになっています。設計者は、オープンデバイスネットワーク上の全装置を接続して、小型低価格のメッセージ表示を簡単な画面に出すことができるものとしします。

この2つのコントロールシステムは、大変違うように見えるかも知れませんが、いずれも間違ったやり方ではありません。事実、スタンピングプレスの2社のユーザや包装機械の2社のユーザがどちらも別のシステムを考え出すことも考えられます。そして、どれもが正しいことが考えられます。コントロールシステムのきめ細かい機能とオプションとしてのオープンシステムが1つになって、既製品のコンポーネントを使ってカスタムコントロールシステムを構築できるような柔軟性と選択の幅ができるようになったと言うべきでしょう。

コントロールシステムのメーカーは、これらの操作を簡単にするために、アドオンツールをさらに提供しようとしています。例えば、特別なアプリケーションソフトウェアとモジュールをプログラマブルコントローラに追加して、プラスチック射出成形コントローラに特化したものにすることができます。ソフトウェアのアドインを標準オペレータインターフェイスのソフトウェアパッケージにインストールすることによってそれをパッチコントローラにすることができます。運動制御モジュールをラックをベースにしたパーソナルコンピュータに挿入することによってそれをロボットコントローラにすることができます。無線通信を小型PLCにインストールすると、たちまちSCADA RTUになります。コントロールシステムのユーザには、アプリケーションに何が最適かを選択する自由がなければならないと同時に信頼性や拡張性に関して、知っておく必要があります。

*新しい工場労働者* 最近、インターネット上でコントロールシステムのユーザやサプライヤのフォーラムで将来の工場労働者はどうなるか、ということに対してアンケートをとりました。それに対して、興味ある回答が見られました。ベテランの工場労働者は、将来の工場労働者は、今のマクドナルドの労働者ようになるであろうとの次のような回答を寄せられました。これは決して、お世辞のつもりで言ったものではないのです。

**「すべての仕事に対して、じり貧状態が続くだろう。特に製造業においては、数年もすれば、事実上どの仕事も最低賃金、非熟練労働者、パートタイム労働のそれとなる。いわば、アメリカのマクドナルド化である。熟練を要する仕事は、すべてメーカーの外に出すことになるだろう」**

別の回答者は、次のようにも述べています。

「未来の技術があれこれ開発されていることを耳にします。コンピュータの世界にもいくつか恐ろしい話があります。HALがあれこれ私たちに指図したり、それを誰も止めることができないような日はきて欲しくないものです。」

しかし、いくつか楽観的な回答もありました。次の回答は、ソフトウェアメーカーの方からです。

「最近ある製造メーカを訪ねました。驚いたのは、監視装置がないことでした。一人一人に権限が与えられていて、誰もが一人の独立した請負業者として機能しているのです。仕事が完成できなければ、給料がもらえないのは本人なのです。」

そして、最後に次のような回答もありました。コントロールシステムのメーカーの方からの回答です。

「戦略的なオートメーションは、人間の能力を拡張するように機能します。スピード、大きさ(非常に小さいもの、あるいは、非常に大きいもの)、温度、その他の物理量において人間では対処仕切れないものを以上のものやってくれます。人間の能力というとき、そこには、ループ(個々の小さいループに対して、もっと大きなバッチ/トレンドのループ)を描くように繰り返し人間の判断力が働いているような気がします。このような判断を不要にしてしまうことも可能な場合もありますが、それによるコスト的な可否は、直ちに計上することができないことが多いようです。」

「つまり、人間は、本来的に素早く対応することができ、自己矯正力があり、間違いの犯し方もソフトなものです。プロセスの改善を考え出すときも人間は、ご都合主義的にやりがちです(ソフトウェア的には信頼性の点で再現することができなくても、一段高いレベルのことを想定することができます)。観察結果から複雑な情報を効率よく抽出してそれが必要な者に伝えることができるのが人間です。ソフトウェアは、それのお手伝いをすることはできますが、極めて重要な情報の部分をプログラムの予測するのに必要な深い知識を期待することはできません。」

ここにご紹介した意見は、将来も製造技術が広い範囲の技術やモデルをカバーし続けるのであれば、正しい側面があるかも知れません。しかし、工場の業務がすべて非熟練労働者や動機付けが十分に行なわれていない労働者の手によって行なわれるようになるとは思えません。事実、ファーストフード業界の従業員を見ていると、彼らの多くは、極めて熟練度が高く、動機付けも十分で、顧客の満足を得るために、判断を行なう権限が与えられています。

非熟練労働者のニーズはまだあるとはいえ、マスカスタマイズによる製造が増えてくると、そのニーズも減少していくことでしょう。そのことによって、工場労働者の動機付けや教育の度合いも比率が上がるようになります。オートメーションコントロールの使用方法がもっと簡単になる必要性、よりフィードバックが具体的で明確なものとなる必要性はあるのですが、それは、オペレータがより複雑なことを理解するのに熟練していないからではありません。システムをそのように設計することによって経験豊かなオペレータが必要な判断を素早く行なうことで、生産性を向上させるためです。

### コントロールシステムの提供一次のステップ

過去75年の間、コントロールシステムのメーカーは、大量生産の環境のニーズに応じてオートメーションコントロールのシステムを提供し続けてきました。これらの製品のほとんどは、なんらかの形で品質の向上、生産性のアップ、コストの削減を行なうために採り入れられたものです。

CHOICESシリーズの第1回目として、製造業の将来の展望とそれによる製造業とオートメーションシステムの方向性に与えるインパクトについてその概要を述べてきました。今後のシリーズでは、この展望と方向性が今後10年のコントロールシステムの業種にどのようなインパクトを与えるかについて考えていきたいと思えます。さらに、お客さまのアプリケーションの流れの中でシステムの評価を行なう客観的な方法についても述べていきたいと考えています。

初期の自己完結型のコンポーネントをベースにしたシステムから、各種のプログラマブルコントローラを通して、現在の「ホワイトボックス」とも言えるパーソナルコンピュータに至るまでに色々なコントローラが出現してきたか、ということの詳細に論じていく予定です。DCS, PLC, CNCシステムの境界がぼやけてきていること、それぞれの分野で使われているテクノロジー、コントロールシステムのアプリケーションにこれらを導入するに当たってのそれぞれの可否、さらには、分散コントロールへの傾向についても概略を述べていきたいと考えています。

この業界がハードウェア中心からソフトウェア中心のものに移行しつつあることを説明するとともに、そのソフトウェアがオペレータインターフェイスだけではなく、コントロールシステム全体にどのようにインパクトを与えているか、ということについても論じていきます。業界標準についても触れ、この市場におけるMicrosoftの新しいIOSの意味についても考えていきたいと思っています。

多くのI/O製品がプログラマブルコントローラとは別に生産されてきましたが、新しいコントロールシステムの中でのそれらの役割と、プラント・フロア・ネットワークとの融合の意味についても述べていきたいと思えます。

また、ネットワークについても時間を費やし、3層のプラント・フロア・ネットワーク・モデルの展望についても概略を述べます。各層の説明をするともに、各層のネットワークが効率よく機能するのに必要なことについても述べていきます。

オペレータインターフェイスについてもハードウェア、ソフトウェアの両側面から詳細に論じたいと思います。このシリーズでは、各プラントフロアの担当者が効率よく判断を下すのに必要な情報の種類について検証し、その情報を提供するための選択肢にはどのようなものがあるかを挙げていきます。

センサやアクチュエータについてもスペースを取り、極めて簡単な低価格のセンサを求めている顧客がいるかと思えば、同時に極めてインテリジェントなネットワーク化することができて自動化製品に近いようなものを求めている顧客もいる、というようにこの業界がいかに両極に分岐しつつあるかということについても述べます。現在使用されているテクノロジーと台頭してきつつあるテクノロジーについて述べ、明日の工場に適用することのできるものは何かについて考察していきたいと思います。

オートメーションシステムには多くのコンポーネントの選択肢があるにもかかわらず、それらはいまだにシステムとして設置されています。私たちがシステムインテグレーションやトレーニング、サービス、サポートを行なう必要があるのもそこに理由があります。明日の工場労働者についても論じるとともに、どのようなタイプの人材が製造システムに求められ、それによっていかに効率よく、一生懸命仕事をしてもらえるようにするかについても考えていきたいと思います。また、このシリーズでは、コントロールシステムの製品寿命全体に渡ってそれを最大限に管理するにはどのようにすればいいかについても論じていきます。

## 結論

マスカスタマイゼーション、大量生産、手工業的な生産方式が共存することによってこれまでにない様々な製品が幅広く提供されるという未曾有の新しい生産の時代に突入しつつあります。技術の進歩によりこの新しい時代のオートメーションコントロールにも信じられないくらいの多くの選択肢が得られるようになりました。自社の製造システムを今後10年においてどこに位置付けるか、ということから始めて、そこに至るまでにどのようなコントロールシステムを選択するかということがテーマになってきます。未来は、興奮に満ちています。一緒に一步を踏み出しましょう。

### *Acknowledgments:*

*Background material for this installment was received from a number of sources, including those mentioned below.*

*“Do You Want to Keep Your Customers Forever?” Harvard Business Review, March-April 1995.*

*“Let Customers Have It Their Way,” by Jeff Moad, DATAMATION, April 1, 1995.*

*“Customers Demand Made-To-Order Perfection,” by Andrew McCloy, Boston Business Journal, October 13, 1995.*

*“Newton Company Bought By Levis; Firm Created Custom-Fit System For Jean Maker,” by Chris Reidy, The Boston Globe, October 6, 1995.*

*“Custom Manufacturers Suit Up With Technology,” by Kathleen DesMarteau, Bobbin Magazine.*

*“Facing Change or Changing Face?” by David Bottoms, IndustryWeek, May 1, 1995.*

*“Ninth Annual Control Industry Outlook,” by John Ham, Intech Magazine, January, 1996.*

*“Mass Customization or Mass Confusion?” by John Teresko, IndustryWeek, June 20, 1994.*

*Agile Manufacturing Emerges Out of Chaos, by Lawrence Gould, Managing Automation, September, 1995.*

*TechnoTrends – 24 Technologies That Will Revolutionize Our Lives. Daniel Burrous with Roger Gittines, HarperBusiness, A Division of Harper Collins Publishers.*

*Toppling the Pyramids – Redefining the Way Companies are Run. Gerald Ross and Michael Kay, Times Books, A Random House company.*

*Mass Customization – The New Frontier in Business Competition. B. Joseph Pine II. Harvard Business School Press.*

*Special appreciation also to Dr. Odo Struger, Mr. Richard Morley and members of the Internet Automation Forum sponsored by Ken Crater of Control Technology Corporation.*





Allen-Bradley, a Rockwell automation business, has been helping its customers improve productivity and quality for more than 90 years. We design, manufacture and support a broad range of automation products worldwide. They include logic processors, power and motion control devices, operator interfaces, sensors and a variety of software. Rockwell is one of the world's leading technology companies.

## Worldwide representation.



Argentina • Australia • Austria • Bahrain • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China, PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia • Cyprus • Czech Republic • Denmark • Ecuador • Egypt • El Salvador • Finland • France • Germany • Greece • Guatemala • Honduras • Hong Kong • Hungary • Iceland • India • Indonesia • Ireland • Israel • Italy • Jamaica • Japan • Jordan • Korea • Kuwait • Lebanon • Malaysia • Mexico • Netherlands • New Zealand • Norway • Pakistan • Peru • Philippines • Poland • Portugal • Puerto Rico • Qatar • Romania • Russia-CIS • Saudi Arabia • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa, Republic • Spain • Sweden • Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • United Arab Emirates • United Kingdom • United States • Uruguay • Venezuela • Yugoslavia

Allen-Bradley Headquarters, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204 USA, Tel: (1) 414 382-2000 Fax: (1) 414 382-4444