

産業用コンピュータの現状と展望

山口 太平(やまぐち たいへい)

岡 楯彦(おか たてひこ)

1 まえがき

わが国で制御用コンピュータが製品化されたのは昭和40年代の初めである。以来、制御用の機種は独自の領域を形成し、汎用機以上にわが国の産業・経済の発展に大きく貢献してきたことは周知のとおりであるが、このような歴史と実績をもった産業制御の分野に対しても、最近の技術と市場の急速な変革は、例外なく発想の転換を迫りつつある。

富士電機は富士通(株)との連携のもとに、初期の時代からコンピュータ制御の実用化に取り組み、常に最新の技術を適用して電力・水処理・鉄鋼等の素材産業、加工・組立産業、流通・交通等のサービス産業などのシステム構築に広範な実績を積み重ねてきた。

本特集号は富士電機の産業用コンピュータ技術の現状を整理するだけでなく、次世代への展開方向の一端を紹介することを意図している。以下の解説がこのような意味で、読者のご参考となれば幸いである。

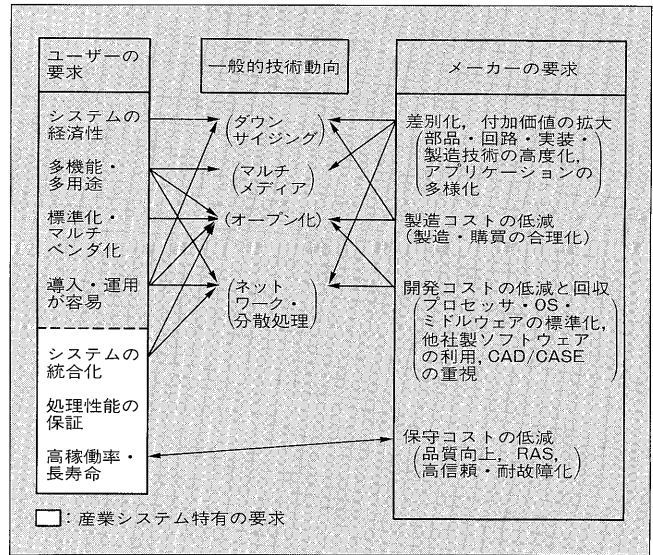
2 一般市場の動向

コンピュータ市場においては図1に示すように、メーカーの技術改良の意志とユーザーの経済的な利益の一致により、一貫して性能価格比の向上が追求されてきた。これはある価格帯の機種が常に上位の機種の市場を浸食し、それにとって代わることを意味する(ダウンサイジング)。

その結果として、下位の機種は従来その機種がもっていた機能以外に、上位機種が果たしてきた膨大な機能を取り込まねばならず、メーカーが独自にその全体を開発し、供給することがきわめて困難となった。この問題を解決する唯一の方法はハードウェアや基本ソフトウェアに業界標準を採用し、開発量を軽減することである(オープン化)。

下位機種の高性能化は、従来の汎用機による集中処理方式の限界を破る手段として、処理機能を複数の下位機種に分散する水平形システムを現実化した。この方式は行政における地方分権制に相当し、現場の利用者にとっては効率が高いが、反面、システム全体の論理的な統制が困難であ

図1 コンピュータ技術の動向



るといふ欠点をもつ。特に産業システムにおいては垂直形分散方式との調和が必要とされる(分散化, ネットワーク化)。

水平形の分散システムでは情報処理の主体は下位機にあるから、従来システムの主人(ホスト)であった上位機は、注文主(クライアント)の指示に従って単純労働をする奉仕者(サーバ)と呼ばれることになる。

これらの状況はまことに革命と呼ぶにふさわしいものであり、その進展が急激であることは、最近の汎用機業界の急速な採算悪化によって実証される。

現時点での勝者であるパーソナルコンピュータとワークステーションはおのそのその成長の歴史は異なるが、いずれも利用者との対話機能を重視し、汎用機に比べて著しい性能価格比の向上を達成した点で共通している。

3 産業用コンピュータの要件

産業用コンピュータの名称には確定した定義があるわけではない。産業分野の典型である製造業の自動化(FA:



山口 太平

昭和39年入社。昭和48年から平成元年まで(株)PFUにおいてコンピュータ関連装置の開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)技術本部本部長代理。



岡 楯彦

昭和42年入社。産業制御システムの企画、開発に従事。現在、制御システム事業本部技術企画統括部主席。

表1 ISOのFAモデル

レベル	機能	適用機種
6	企業管理 (Enterprise)	汎用機, オフィスコンピュータ
5	事業所管理 (Facility/Plant)	
4	部門管理 (Section/Area)	産業用 コンピュータ
3	セル管理・制御 (Cell)	
2	端末制御 (Station)	PLC, CNC
1	端末装置 (Equipment)	センサ, アクチュエータ, 各種機器

Factory Automation) システムについては、表1に示すISOの6層モデルがよく知られている。このモデルに含まれるすべての機種を産業用と呼ぶこともできるが、上位のレベルは汎用機的な性格が強く、産業システム固有の性質は下位のレベルになるほど明りようになるから、おおむね第3と第4レベルに適用可能な機種を「産業用コンピュータ」と呼ぶのが妥当と思われる。

ISOモデルが示すように、産業システムは人間を対象とする上位階層の機能と、製造設備や機械系を対象とする下位層の両方を包含していることで特徴づけられる。

産業用コンピュータは互いに異質な人間と機械の二つの系の中に位置して、これらを仲介し、調整する役割を果たさねばならない。そのために満たすべき要件として、次のような項目を挙げる事ができる。

3.1 実時間処理能力

外部の事象の発生から一定時間内に情報処理を終了し、結果を応答できる能力である。事象はふつう一定時間ごとに繰り返されるから、この時間を制御周期とも呼ぶ。制御周期はプロセスごとに異なるが、一般に下位のレベルほど要求が厳しく、ミリ秒単位が必要とされる場合もある。

コンピュータでこのような能力を実現するには、演算が高速であるとともに、オペレーティングシステム(OS)が緊急度の高いプロセスの処理を優先的に実行する機能をもたねばならない。またこれに付随して、プロセス間通信、故障時の復帰などの機能も必要となる。システムの応答性能を高めるためには、システム内の通信時間を極力短縮する必要があり、下位層の通信には簡略化された通信制御手順が用いられることが多い。

3.2 信頼性と保守性

製造現場の環境は事務所よりもはるかに厳しく、また、しばしば無人の状態24時間稼働に耐えることが要求される。このため、産業用の機種は機械的な構造を強化して温度、じんあい、振動などの許容範囲を汎用の機種よりも強化している。また、防じんと操作の簡易化を兼ねて、フラットキーボードやタッチスクリーンが採用されることが

多い。このような耐環境性に関しては、例えば米国のNEMA (National Electrical Manufacturers Association) が標準規格を定めている。

万一システムが故障した場合には、直ちに故障原因を特定して、修理を行わなければならない。そのためには故障の発生を操作員に通知し、状況を記録・解析する機能や装置交換を容易にする構造上の工夫を必要とする。最近は通信回線を利用した遠隔診断・保守も実用化されている。予防保守や迅速な対応が可能な保守体制の提供、保守部品の確保も、以上に劣らず重要な要件である。

これらの特性はまとめてRAS (Reliability, Availability, Serviceability) と呼ばれることが多い。

3.3 プロセス入出力の制御機能と拡張性

下位レベルの機器に対する制御インタフェースとして、フィールドバスやデジタル・アナログ入出力など、一般分野とは異なる周辺制御機能が必要である。

これらの周辺機能はシステムごとに規模が大幅に異なり、増設も頻繁に行われるから、実装に柔軟性を与えるためにラック搭載の構造が必要となる。また場合によっては、制御対象の内部への組込み形態が要求される。

以上は現在も産業用コンピュータの基本要件であるが、例えば現場機器の直接の制御をプログラマブルコントローラ(PLC)に分担させる分散形制御システム(DCS)を採用すれば、条件をかなり緩和することができる。

これらの古典的な要件の外に、最近重要性の認識が高まってきた条件として、次のようなものがある。これらの項目はすべて、必ずしも産業システムに限定されない一般性を持ち、またその実現には、高度なハードウェア・ソフトウェア資源の存在を前提とする点が共通している。

3.4 高度なマンマシンインタフェース

産業システムにおいては、前述のように機械系と人間との情報交換を仲介し、相互補完させる手段として、マンマシンインタフェース(MMI/HCI)や、AI的な機能の存在が不可欠である。

MMIは初期の時代から産業システムの重要な課題であり、主として表示の高速性が要求されてきたが、最近ではコンピューター一般の性能・機能の発展を反映して、マルチウィンドウ、三次元表示、動画像表示などを高速・高精細度で実現することが当然視されるようになってきた。さらにMMIの手段を拡大するマルチメディア化も求められている。

従来の専用表示装置でこれらのすべてに対応することは困難であり、汎用的なGUI(Graphical User Interface)に基づいた機能の提供が必要となりつつある。

3.5 ネットワーク・データベース機能

産業システムは物理的に広範囲にわたるから、本質的にシステムの分散化を必要とする。下位レベルにおいては、以前からPLCを分散設置するDCSが広く普及しており、

富士電機の納入システムでは6割以上がこれに該当する。

一般に分散システムを構成するためには、処理形態が垂直形であるか水平形であるかにかかわらず、プロセッサ間の相互通信機能と、管理・制御情報を一元化するためのデータベース(DB)機能が最低限必要である。

産業システムにおいては、上位レベルで用いられる汎用的なインタフェースと、下位レベルの実時間的な制約を両立させなければならず、一般のシステムよりも複雑な論理構造を必要とする。データベース自体を分散化する分散DBや、応答時間の保証が可能な水平形通信プロトコルなどの実現が今後の課題と考えられる。

3.6 耐故障性と協調分散

故障が発生してもシステムの機能が維持でき、障害には至らない性質を耐故障性(fault-tolerance)と呼ぶ。

このような能力は産業システムだけでなく、すべての基幹システムが満たすべき要件であり、従来は二重(dual)系、待機予備(duplex)系など、主としてハードウェアに冗長性を与える方法により実現されてきた。

水平分散処理システムにおいては、その機能と資源が複数の処理装置に重複して配分されているから、本質的に冗長性を持っているとみなすことができる。したがって、ソフトウェアが故障の発生を認識し、システムを再構成する機能をもてば、耐故障性が実現される。

このような技術はまだ完成されたとは言えない段階にあるが、原理的にはシステム構成の自律的変更を伴う負荷分散処理(協調分散)も同じ技術の延長線上にあり、早急に解決されるべき課題である。

3.7 システム開発の効率性

産業システムにはOA系の機能と実時間系の機能が包含され、かつシステムの更新が頻繁に行われることが多い。このため、システムの開発や変更には大きな労力を必要とするから、ソフトウェア開発環境の良否はそのシステムの構築や運用の経済性に重大な影響を与える。

したがって産業用コンピュータにおいては、①実時間系とOA系の応用プログラムを共通の言語や手法で開発できるツールが準備され、②安価で表示能力の優れた機種上で開発作業ができ、③作成プログラムの動作や実行性能の検証が可能でなければならない。④既存のアプリケーションやミドルウェアが利用できれば開発工数は著しく軽減される。

最も技術的に困難な③を実現するためには、開発機と実行機はできるだけ類似の方式と特性を持っていることが望ましい。

④ 専用機からオープン形機種へ

従来の産業用コンピュータの主流は、実時間処理を実現するために専用の実時間OSとプロセッサを装備したミニコンピュータ、あるいは小形の制御専用機であった。

前章の3.1節から3.3節の要件だけを満たすためには、現在でも専用機は優れた特性をもっている。ハードウェアやOSの最適化と、機能の絞り込みが可能であり、メーカー独自の改良を容易に実施できるからである。

しかし、次のような諸点を考慮すると、このような独自(proprietary)方式の専用機が次世代の産業用コンピュータとしても最適であるとは言えなくなった。

(1) 汎用のOSでも実時間制御が可能になった。

開放形OSの典型であるUNIX^{〔注1〕}は以前、実時間的な分野に向かないことで有名であり、制御用途には内部構造と機能を変更したりリアルタイムUNIXが各社から提供されてきた。富士電機のAファミリーにおけるSX/A、FAS MIC-GシリーズのGOS-I/Dなども、このような性格のOSである。

しかし、UNIXの最新版であるSystem V. Release 4(SVR4)以降では実時間処理機能が実現されるとともに、高速プロセッサ(RISCなど)採用による高性能化により、産業用としての実用に耐える性能を提供できるようになった。

パーソナルコンピュータのOSにおいても、従来の主流であったMS-DOS^{〔注2〕}やMS-Windows^{〔注3〕}とは異なり、OS/2^{〔注4〕}やWindows NTは本格的なマルチタスク処理が可能であり、実時間システムへの適用も考慮して設計されている。

(2) 汎用的な機能の比重が増大している。

産業用コンピュータに要求される条件の大半は3.4節以下に示すように、産業システムに限定されない一般性をもっている。また処理能力に余裕ができれば、制御と業務処理の機能を兼ねることも要求される。

一般に効率のよいシステムを構成するには、できるだけ各構成機の機能インタフェースが統一されていることが望ましい。最良の形態は、例えば表1の第2レベル以上の機能がすべて同一方式の機種で実現されることである。

富士電機はこのような動向を考慮し、次のような開発方針のもとに、次世代の統合的で高度な産業システムの構築に耐えうる産業用コンピュータの提供をめざしている。

- (1) 素材として、最もオープン性の高い機種を選択する。
- (2) 産業用としての要件を満たすため、オープン性の維持を前提として、必要な機能・構造の付加と改良を行う。
- (3) 豊富な実績に基づく産業制御機能の充実と、多様な汎用ソフトウェアの品ぞろえにより、広範な用途に対応する。

〔注1〕 UNIXオペレーティングシステムは、UNIXシステムラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。

〔注2〕 MS-DOS：米国マイクロソフト社の登録商標

〔注3〕 MS-Windows：米国マイクロソフト社の登録商標

〔注4〕 OS/2：米国IBM社の商標

⑤ コンピュータとコントローラ

ISOモデルのレベル2, 3に用いられるPLCは便宜上、本特集では割愛しているが、その原理と機能はコンピュータと本質的に同じである。むしろ、より上位の産業用コンピュータが解放形の世界に移行した後に残る、最後の制御専用機と考えるべきであろう。

この分野においても、以上に述べたものとは多少異なる意味ではあるが、制御方式のオープン化と、歴史的に個別に発展した電気制御(E)、計装制御(I)、コンピュータ制御(C)の統合が以前から叫ばれている。これらのうち、シーケンス制御から発展したEと、フィードバック制御を基本とするIとの統合はおおむね実現されたが、最も困難な課題は上記のように広範な機能を獲得したCとの効果的

な統合であり、富士電機を含めてさまざまな試みがなされつつある。

PLCに要求される応答性能は上位のコンピュータに対するものよりもはるかに厳しく、CがE/Iを単純に包含するためには、高速処理に関する多くの技術課題が解決されなければならない。

⑥ あとがき

コンピュータ市場は現在、革命的ともいべき状況に置かれている。しかしこのような変化は、それがユーザーの利益に一致するものである限り、今後ますます加速されることが確実である。富士電機はこのような観点に立って、今後の産業システムを提供していく所存である。

最近公告になった富士出願

〔実用新案〕

公告番号	名 称	考 案 者	公告番号	名 称	考 案 者
実公平 5-39502	放射線検出装置	武智 俊明 河野 悦雄	実公平 5-40684	三相誘導電動機	片野 敬二 栗本 正士 生川 喜代一 東 紀泰
実公平 5-39503	放射線検出装置	武智 俊明 河野 悦雄			
実公平 5-39504	ホールボディカウンタ	武智 俊明 武内 信義	実公平 5-41423	多レンジ放射線測定器	竹内 祥高
実公平 5-39505	物品持出モニタ	河野 悦雄 柳嶋 良平	実公平 5-41438	原子炉燃料通路のナトリウム除去装置	浦入 重人
実公平 5-39533	扉付きショーケース	酒井 克広	実公平 5-41562	半導体素子用冷却体	早乙女 英夫 馬場 謙二
実公平 5-39544	インターロック装置を備えた開閉器	富岡幸太郎	実公平 5-42543	自動販売機の制御装置	稲波 勝彦 指川 好宏
実公平 5-39637	ショットキー・バリア・ダイオード	篠原 良平	実公平 5-42544	商品連続搬出禁止コラム設定可能な自動販売機	田中 幸博
実公平 5-39700	オゾンによる空気浄化装置	北出 弘 嘉藤 相平 西川 孝也	実公平 5-42547	自動販売機のコンベア式商品搬送棚装置	宮尾 哲也
			実公平 5-42618	燃料電池	近藤 香 広田 俊夫 鴨下 友義 山本 修 氏家 孝
実公平 5-40075	側方荷役用のリフト	新保 茂 池野 吉広 小池 康示	実公平 5-42993	紙幣鑑別装置	大江 勝己
実公平 5-40680	逆相防止リレー	市川 治雄 石川 雅英			



*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。