U.D.C. 〔681.323:681.5〕.001.7

最近の情報制御システム技術の動向

Current Trends of the Progress of Information and Control System Technology

舩橋誠壽* Motohisa Funabashi
中尾和夫* Kazuo Nakao
諸岡泰男** Yasuo Morooka
増田崇雄*** Takao Masuda

高度知識社会への突入を背景に，生産活動や生活・社会基盤の運営を支える制御用計算機システムに対して，さまざまな要求が起こっている。この新たな局面を先取りして，HIDICシステムでは国際的な標準仕様化(オープン化)を図るとともに，制御技術と情報処理技術とを融合した情報制御技術を開発し，実用化してきた。具体的には，(1)制御システムの迅速な編成替えを可能とするEIC(Electric, Instrumentation and Computer Control)技術，(2)複数部門間の情報連携をフレキシブルに実現する自律分散技術，(3)組織の中核であるナレッジワーカをパワーアップするAI(Artificial Intelligence：人工知能)技術などの開発である。これらの新技術は，1990年代に望まれる制御・情報処理の中核をなすものと期待される。

1 はじめに

今日の産業社会では，「業際化」，「国際化」といった地殻変動ともいうべき劇的な動きが進行している[1]。制御用計算機システムHIDICは，これまで生産設備や上下水道など都市装置の自動化・監視制御を支えるキーコンポーネントであるとの認識の下に，「リアルタイム性」，「高信頼性」などを重要な指標として開発してきた。しかし，今日ではこれらに加えて，産業社会の新たな動向を先取りした情報制御計算機システムへと成長させ始めている。計算機システムの国際標準化(オープン化)要請に対応することはもちろんのこと，制御の現場，情報のネットワーキング，組織の活性化などでの新たな課題にこたえる情報制御技術の開発である。本稿では，激変する今日の時代要請にこたえるよう開発した新技術の要点について述べる。

2 情報制御システム化の背景とこれにこたえる基本技術

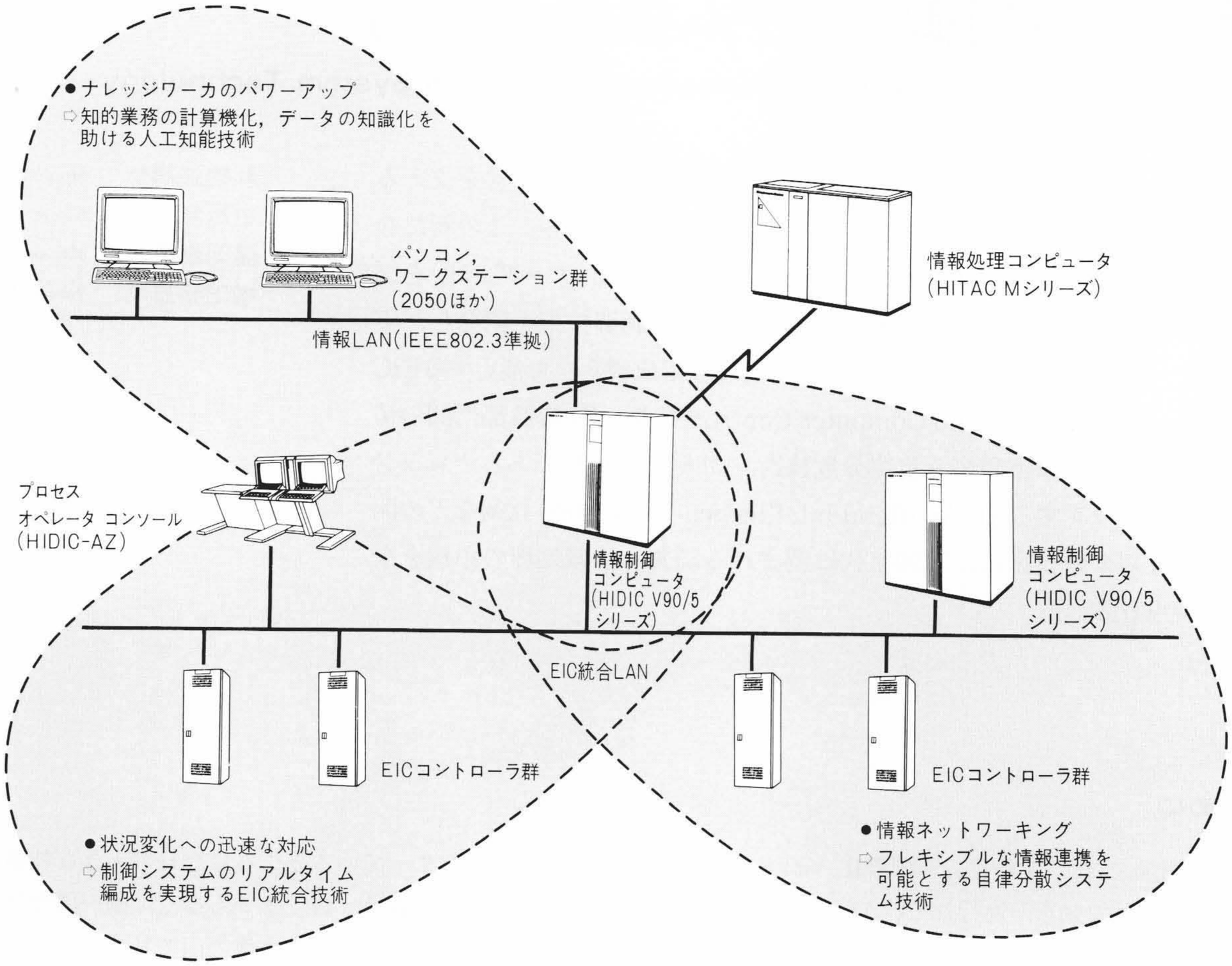
大量生産に代表される規模の経済性(Economics of Scale)の追求から，今日では，多品種生産・事業多角化といった範囲の経済性(Economics of Scope)の追求，さらには，組織・企業のグループ化，ネットワーク化といった連結の経済性(Economics of Network)の追求などへとシフトが起こり，「業際化」ということばに見られるように，産業の枠組みには大きな変容が進行している。さらに，これらの変容が国際的なスケールで起こっているところに今日の大きな特徴がある。

このような変容は，言うまでもなく，画一的な社会からきめ細やかな社会へと，知識水準の面で社会全体が大きく前進したことによるものである。この高度知識社会への突入は，「業際化」，「国際化」といった社会の変化のテンポをいっそう加速化するポジティブフィードバックとして作用している。このことは，競争優位に立つ上でのポイントが，ナレッジワーカともいうべき組織の中間層のパワーをいかに引き出すかに置かれ始めていること[2]，すなわち，いわゆるSIS(Strategic Information System：戦略情報システム)の重要性が指摘されていることに端的に現れている。

この新たな環境に適合することを目指して，HIDICシステムも情報制御計算機システムへと発展させてきた。具体的には，**図1**に示すような計算機システム技術の開発である。すなわち，CIM(Computer Integrated Manufacturing)システムに代表してみられるように，今日の産業構造の特質である「状況変化への即応，ネットワーク社会化，ナレッジワーカのパワーアップ」といった要請への対応である。

高度知識社会の突入によってもたらされる目まぐるしい状況変化への即応のためには，第一に制御現場のリアルタイムの編成が不可欠である。また，国際的な規模で，しかも変動の著しい環境下で推進しなければならない範囲の経済性，連結の経済性の追求のために，計算機システムはオープンであ

* 日立製作所 システム開発研究所 工学博士　** 日立製作所 日立研究所 工学博士　*** 日立製作所 機電事業部



注：略語説明　パソコン（パーソナルコンピュータ），IEEE（米国電気電子学会），EIC（Electric, Instrumentation and Computer Control）

図1　情報制御HIDICシステムの構成　　国際標準化（オープン化）に加えて，情報制御の基本技術としてEIC統合，自律分散，AI（Artificial Intelligence：人工知能）技術を開発している。

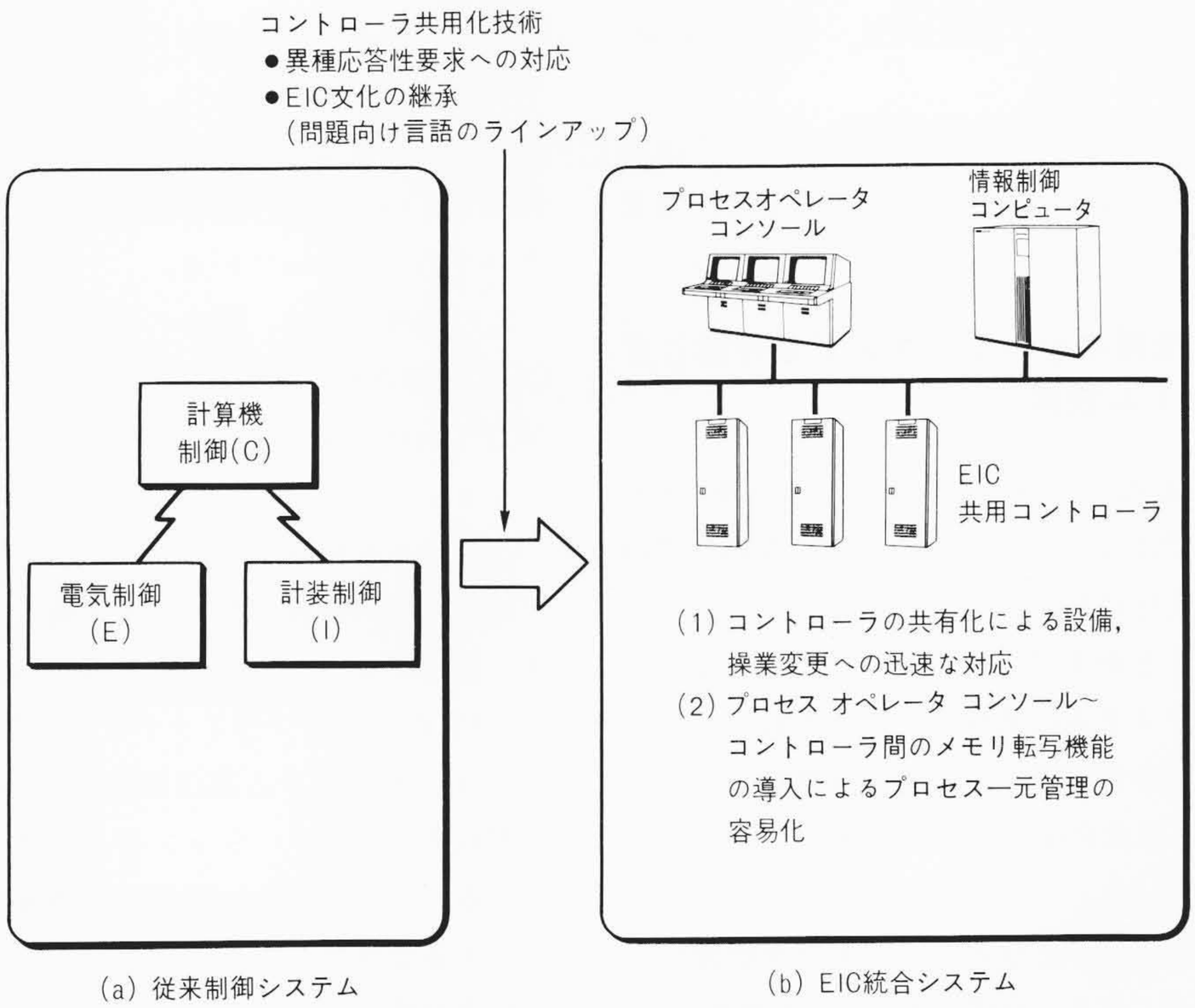
ると同時に，個々のシステムの連携はフレキシブルでなければならない。さらに，競争優位のポイントであるナレッジワーカのパワーアップのためには，エキスパートシステムに代表されるように知的活動を徐々に計算機に移し替えると同時に，制御のさまざまな場面で集められる膨大なデータから意味のある情報を抽出すること，すなわちデータの知識化の支援がきわめて重要になってきている。

このような認識に基づいて，HIDICシステムではオープン性を備えたV90/5計算機シリーズとして，情報処理能力の連続性を保つラインアップを図りながら，新時代に適合した機能群を開発し製品化してきた[3]。すなわち，小形のHIDIC V90/5からV90/25，V90/25L，中形のHIDIC V90/35，V90/45，および大形から超大形のHIDIC V90/65，V90/75と幅広く品ぞろえを図っており，規模に応じた最適な機種を選ぶことが可能である。また，これらの命令体系はモトローラ社のマイクロコンピュータM68000ファミリーのもので統一しており，システムの拡充が円滑にできる構成となっている。

オープン性の要求に対しては，国際標準となりつつあるUNIXオペレーティングシステム※1)をプログラムインタフェースとしたリアルタイムソフトウェア体系RENIX-V（Realtime UNIX for V90 Series）を開発している。この体系は，HIDICシステムのリアルタイム制御ソフトウェアとして20年の歴史を持つPMS（Process Monitor System）の機能・インタフェースを備えることにより，UNIXの標準としてのインタフェースを保ちながら，リアルタイム制御の機能を持たせることに成功している。さらに，ネットワークシステムとしては，従来の制御用のLANに加えて，OA（Office Automation）やEA（Engineering Automation）の世界で広く利用されているIEEE802.3（イーサネット※2)）に準拠した通信機能を完備した。

このような今日の計算機システムが持つべき要件に加えて，

※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社が開発しライセンスしている。
※2)　イーサネットはゼロックス社の登録商標である。



(a) 従来制御システム　　(b) EIC統合システム

図2　EIC統合化技術　　従来，電機制御(E)，計装制御(I)，計算機制御(C)と分散していたシステムを，シングルアーキテクチャ化して経済性を上げると同時に，制御システムのリアルタイム編成を可能とした。

新たな時代要請にこたえる独自技術として，EIC(Electric, Instrumentation and Computer Control)技術，自律分散システム技術，AI(Artificial Intelligence：人工知能)技術などの情報制御基本技術を開発し，実用化している。以下の各章では，これらの新技術の概要について述べる。

3　製造現場のリアルタイム化を実現するEIC統合技術

市場環境の変化のスピードアップ，あるいは新商品や新技術の開発サイクルの短期化に伴って，制御の形態をどこよりもすばやくリアルタイムに変更できることが，競争優位に立つ上でのポイントとなっている。制御の現場にあっては，その指令系統を迅速に変更できると同時に，関連部署との情報連携の要(かなめ)となるプラントデータベースの変更の容易さが，情報処理面での決定的なファクタとなっている。

このためには，(1) コントローラのハードウェアの共通化を図って，あらゆる状況にコントローラを適用可能とすること，(2) 計測制御，ヒューマンインタフェース，データベースのそれぞれについて，目的とするソフトウェアが的確，かつ迅速に構築できることが不可欠である。

従来のプラント制御では，その歴史的な生い立ちから，電気制御(E)，計装制御(I)，計算機制御(C)とそれぞれ独立したシステムの構築がなされてきたが，変動の著しい今日の環境下では，このような機能分担的なシステム構成は適合しなくなってきた。

EIC統合システムは，このような電気制御，計装制御，計算機制御などの諸機能を一つのシステムアーキテクチャとしてまとめ，制御の場面で要求される情報処理機能を迅速に再編成可能とするものである[4]。このためには，電気制御，計装制御，計算機制御のそれぞれで異なる制御情報処理の応答性の要求を普遍的に満たすことが必要である。同時に，それぞれの分野で培われた制御論理やプラントデータベースのプログラミング方法などの諸文化を継承してゆくことも重要である。

多様な応答性の要求のためには，プロセッサレベルではプロセッサの並列化によって，システムレベルではプロセッサ間で数ミリ秒オーダのメモリ転写を可能とするサイクリック伝送機能と，多量のデータ伝送に適したメッセージ伝送機能を併置することによって対応可能とした。これらの情報伝送が，コントローラとプロセス オペレータ コンソールの間で実現されることは言うまでもなく，この結果，オペレータはプラントに対して迅速，的確な判断や操作を行うことができるようになっている(**図2**)。

制御情報系のリアルタイム再編成のためには，上に述べた多様な応答要求への対応力に加えて，プログラミングの容易さを兼ね備えていなければならない。このために，電気制御，計装制御それぞれの文化を尊重したマルチラダー，DDC (Direct Digital Control)，さらには多品種プロセス管理制御

処理をビジュアルに記述できるMSCR(Master Sequnce Controller)言語などの制御用問題向け言語(POL：Problem Oriented Language)を備えている[5]。

これらの技術を備えたEIC総合システムは，今日では鉄鋼，化学プラント，さらには公共プラントの運転など，さまざまな場面で実績をあげはじめている[5]。

4 フレキシブルな情報ネットワーキングを可能とする自律分散システム技術

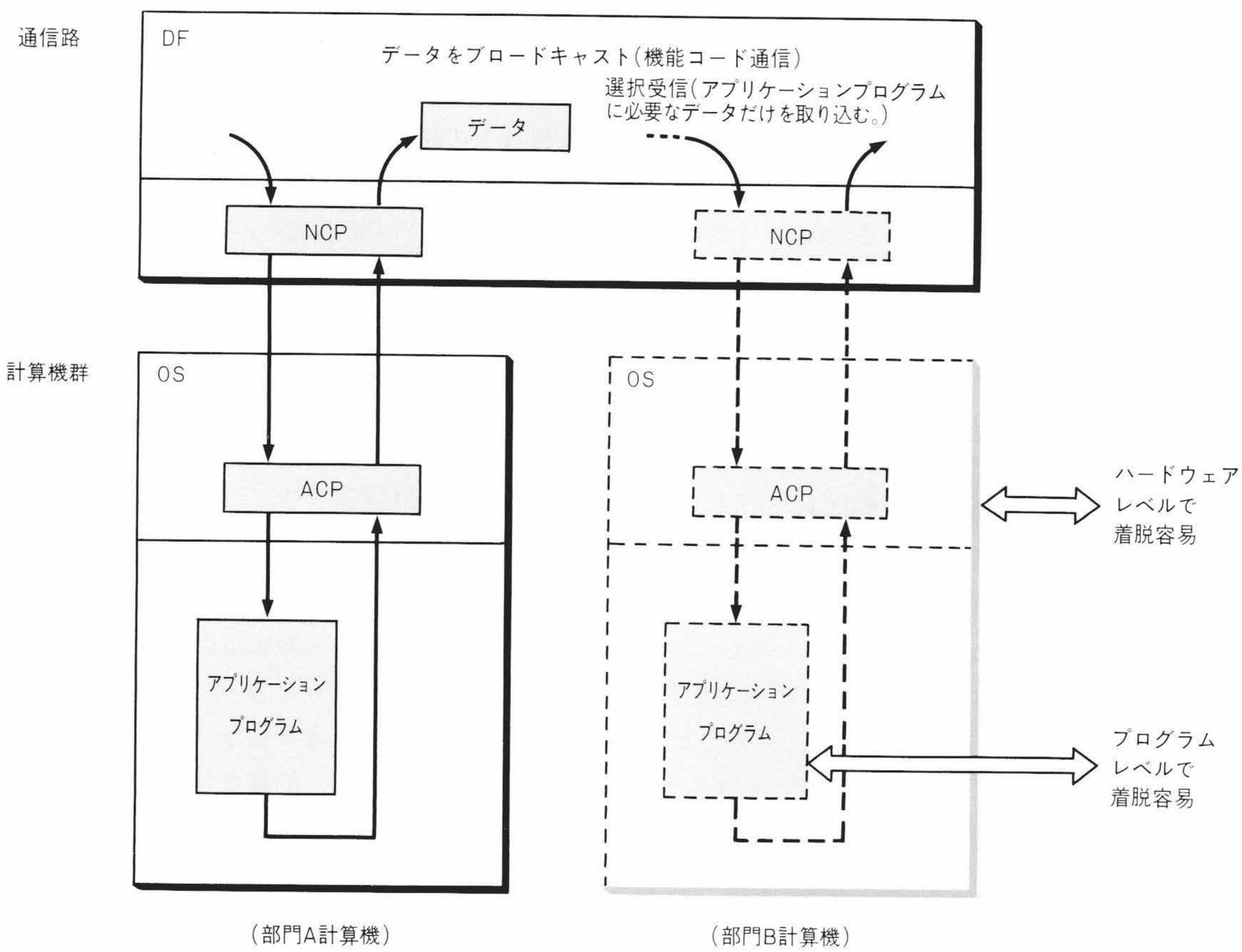
「業際化」の進展は，組織の内外との情報連携を必要とするが，この連携は固定的ではなく状況に応じて常に変動している。このような組織の変化に対して，計算機システムもフレキシブルに追従できることが不可欠である。このようなフレキシビリティを計算機システムに実現することをねらいとして，環境変化への高い適合力を持つ生物的な現象を手本とした「自律分散システム」概念を提案し[6]，計算機システム構成技術として展開してきている。

自律分散システム技術で基本となるのは，データが流れる場であるDF(Data Field)である。自律分散システム技術では，各アプリケーションプログラムはDFに論理的に接続されており，これらアプリケーションプログラムの間の情報交換は，完全なデータフローの形で達成される。すなわち，各アプリケーションプログラムは，DFを流れるメッセージの中からみずからに必要なメッセージを拾いだして(機能コードによって実現している。)これに処理を施し，この結果をDFに送り出すという方式をとっている。

この処理構造は，**図3**のような形となっており，標準的なOSに付加されるACP(Autonomous Control Processor)とNCP(Network Control Processor)によってDFとアプリケーションプログラムとの関連づけがなされる。

このような処理方式の採用によって，(1)アプリケーションプログラムの着脱に発生する手直しを局所化させることができ，他のプログラムへの影響度合いを大幅に減らすことができる(さらに，オンラインテストを容易に混在させることができる。)，(2)システム高信頼化のための多重化の度合いを，それぞれのアプリケーションの必要度に応じてきめ細かく設定できる，というように部門間の情報連携をフレキシブルに実現できるようになっている[7]。

自律分散システム技術は，鉄鋼制御分野を先導として実用化が進みその効果が認識され始めている。具体的には，計算



注：略語説明 DF (Data Field)，ACP (Autonomous Control Processor)，NCP (Network Control Processor)

図3 自律分散システムでの情報処理構成 アプリケーションプログラム間のデータ交信が，機能コードに基づいてなされる。このため，プログラムの独立性が高く，システム変更への追従性に優れている。

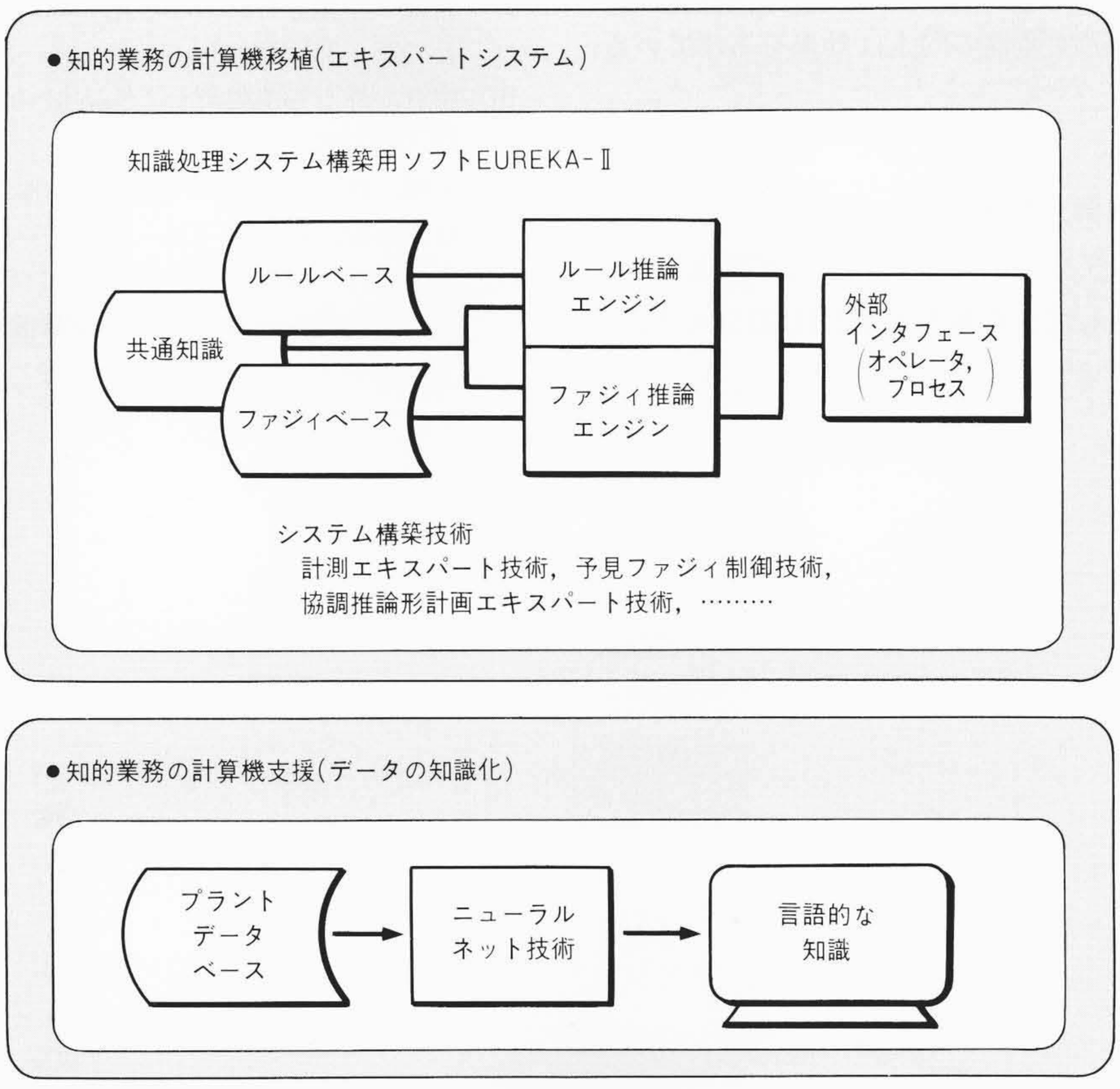
機システムの段階的建設にかかわるさまざまな課題，例えば，ハードウェア資源の段階的拡充，分散的なソフトウェア開発，オンラインテストの容易化といった事項で高い評価を得ている[7]。また，分散計算機システム時代を先取りした先端技術として，米国の大学からも評価され，わが国のソフトウェア技術としては例の少ない米国への輸出品となっている[8]。

5　ナレッジワーカのパワーアップに貢献するAI技術

今日の高度知識社会では，ナレッジワーカとも呼ぶべき組織の中間層のパワーアップが大きな課題となっている。このためには，ナレッジワーカの計算機への肩代わりを進めるとともに，知的業務の計算機支援化を図ることが必須(す)である(**図4**)。

ナレッジワーカの計算機への肩代わりの代表的な手段は，エキスパートシステムの実現である。HIDICシステムでは，早くからこのエキスパートシステム技術の重要性を認識して，リアルタイム制御の分野で世界に先駆けてこれを実用化した。さらに，リアルタイム環境下でも適用できる高速推論処理性能を備えた知識処理システム構築用ソフトウェアEUREKA-Ⅱ(Electronic Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-Ⅱ)を開発し，産業・公共プラントの診断，制御，運用計画などの業務のエキスパートシステム化を図ってきている[9]。さらに，最近ではこのソフトウェアにファジィ推論機能を搭載し，感覚的な知識も計算機で取り扱うことを可能としたり，数千個のルール知識ベースをリアルタイムに活用するための大規模推論機能を開発するなど，エキスパートシステムの適用範囲の拡大に努めている。これまでのAI技術の適用経験から生まれた計測エキスパート技術，予見ファジィ制御技術などエキスパートシステム構築技術と構築ソフトウェアEUREKA-Ⅱとが一体となって，知的な業務の計算機化に貢献している[10]。

知的業務の計算機支援については，制御現場の生情報に基づいて，設備操業の水準を高めるための知識を集める手法として，ニューラルネット関連技術を開発している。今日では，大量の操業実績データがプラント データベース マシンである制御用計算機に蓄えられ，エンジニア，さらにはマネージャがこの生データを直接的に観察するというようなハードウェア的な環境が整いつつある。しかし，このようなハードウェア環境を生かすためには，大量のデータからいかに意味のある部分を取り出してくるか，という一種の知識獲得の問題が解決されねばならない。この問題に対して，時系列データをパターン認識する技術[11]を開発している。この技術は，模式



注：略語説明　EUREKA-Ⅱ(Electronic Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-Ⅱ)

図4　ナレッジワーカのパワーアップに貢献する人工知能技術　　エキスパートシステム構築，データの知識化の2面から知的業務の生産性向上を目指している。

的に与えたプロセス状態の変化パターンを，パターン的な類似度に基づいて操業実績データベースから検索するもので，大量のデータの中から意味のある情報を引き出す効果的な手段として実効をあげはじめている。

知的業務の計算機支援について欠くことのできない課題として，ソフトウェア生産性の向上があげられる。このためには，ソフトウェアの開発・保守を一貫して助けるCAD/CAM/CATツール(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Testing Tool)と，RDB(Relational Data Base)，グラフィックシステム，プロセスデータ インタフェースなどのパッケージソフト群の完備を進めてきている[12]。具体的には，従来のCAD/CAM/CATツールからResolve I (Realtime System and Software Solutions with Visual Environmet I)と呼ぶソフトウェア開発支援システムへと体系化を図ってきている。このシステムは，従来のプログラミング言語レベルでのソフトウェア開発作業から脱却して，設計仕様レベルでのソフト開発・保守を支援するもので，(1)設計から保守までを統合データベース上で，高レベルインタフェースで支援する，(2)複雑化するソフトウェアの構造，動態をビジュアル化し，わかりやすくすること，(3)分散開発環境下での多人数による開発を，高度な対話環境と統一的な操作インタフェースによって支援すること，を基本思想として開発したものである。本体系は，鉄鋼，FA(Factory Automation)などのアプリケーションシステムの開発に実用化され，ソフトウェア生産性の向上に効果をあげている。

6 おわりに

1990年代を迎えて，制御と情報処理とが融合した新たな計算機システムが要求されている。この新たな時代を先取りすることを目標として開発してきた情報制御HIDICシステムの基本技術について述べた。ここで述べた諸技術の具体的な適用，さらにはシステムインテグレーションについては，本特集に収録されている各論文を参照していただきたい。この特集にみられるような，情報制御という新たな技術の領域が形成できたのは，日ごろからのユーザー，関係各位多数のご指導，ご協力に負うところが大きい。ここに厚くお礼申し上げる。

参考文献

1) 宮沢：業際化と情報化，産業社会のインパクト；有斐閣(1988)
2) R. L. Nolan：Managing the Advanced Stages of Computer Technology, in F. W. McFarlan(ed.)：The Information Systems Research Challenge, Harvard Buisiness School Press(1984)
3) 林，外：情報制御システムの核「HIDIC V90/5シリーズ，日立評論，**73**，8，787～794(平3-8)
4) 天日，外：EIC総合システム“HIDIC-AZ”，日立評論，**73**，8，807～814(平3-8)
5) 川口，外：プロセス分野向け多品種管理・制御パッケージ(MSCR)の開発，日立評論，**73**，8，781～786(平3-8)
6) 森，外：自律分散概念の提案，電気学会論文誌，104-C，12，303～310(1984)
7) 鈴木，外：情報制御システムのニーズ動向と自律分散システムにおける実現，日立評論，**73**，8，765～768(平3-8)
8) 日刊工業新聞，1月5日号(1990)
9) 舩橋：産業分野におけるAIの動向；電気学会論文誌D，110，4，325～332(1990)
10) 中野，外：知識処理システムとその構築支援ツール，日立評論，**73**，8，769～774(平3-8)
11) 小河，外：時系列データの記号化によるプロセス状態変化検出，日立評論，**73**，8，775～780(平3-8)
12) 高橋，外：情報制御システム向けソフトウェア開発，保守支援システム“Resolve I”，日立評論，**73**，8，795～800(平3-8)