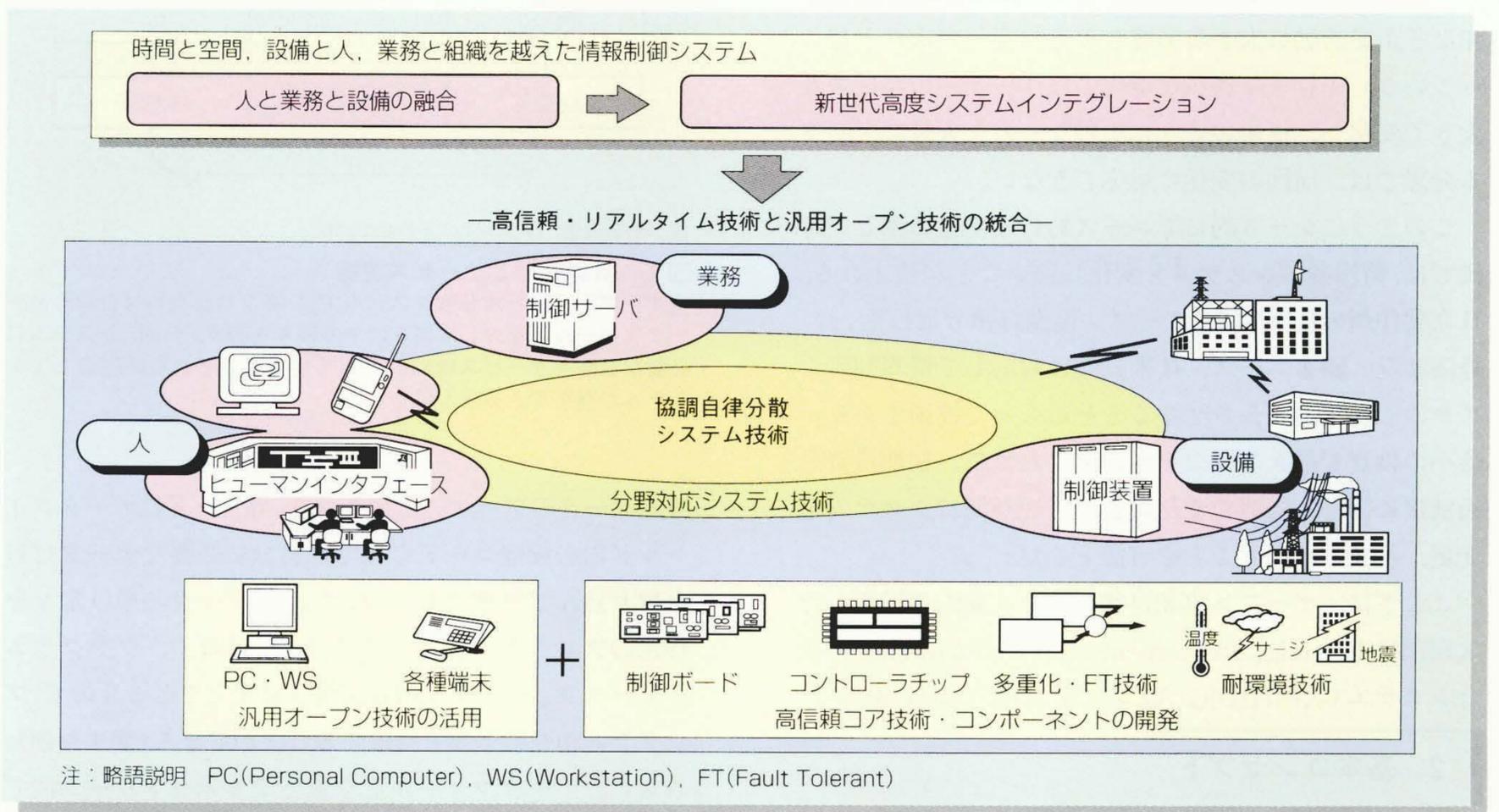


分散・オープン化時代における情報制御プラットフォームの新展開

—次期HIDIC AZシステムによる高信頼・高生産支援—

New Control and Information Processing Platform
Taking a Turn in Distribution and Open Trends

小林 博* Hiroshi Kobayashi 山足公也** Kimiya Yamaashi
綿谷 洋* Hiroshi Wataya 伊藤俊彦*** Toshihiko Itô
黒沢憲一** Ken'ichi Kurosawa



オープン協調自律分散システムの概要

日立製作所の自律分散技術を核として汎用製品に取り込んだオープン技術やオープン協調自律分散技術は、標準インタフェースのサポートや標準インタフェースへの接続を可能とした。

情報と制御を融合する情報制御システムを取り巻く環境は、何回かの経済危機を乗り越え、安定成長時代への移行が進む中で大きく変化した。産業分野では、安定成長時代の下に設備投資の抑制・重点化の一方で、PL (Product Liability: 製造物責任)法やリサイクル法などいっそうの安全性や環境保護、製品責任が求められている。計算機分野ではダウンサイジング・オープン化の浸透が著しく、PCを中心に小型・低価格化が進んでいる。これら周囲環境やニーズの変化に応じた製品・サービスを提供するためには、生産設備や製品仕様・品ぞろえを

随時変えていかなければならない。

日立製作所はこれらニーズにこたえるため、オープンコンポーネントを取り込みながら段階的システム拡張が可能な「オープン協調自律分散技術」を提案してきた。これをプラント直結デバイスから情報処理のレベルまで統一的にサポートするため、生産現場と経営管理を直結して生産管理・経営活動が迅速に行えるようにした。また、他社コントローラやPCへの適用、各種の標準インタフェースへの接続をサポートし、より柔軟な計算機システムの構築を可能とした。

*日立製作所 大みか工場 **日立製作所 日立研究所 ***日立製作所 機電事業部 技術士(電気・電子部門)

1. はじめに

計算機技術の進展が著しい。Windows 95^{*1)}の発売、インターネットの拡大、マルチメディアパソコンの浸透など、最近の変化だけでも枚挙にいとまがない。これらは、プロセッサの高性能化、メモリの大容量化、マルチメディア技術の具体的な製品化といったコンピュータ技術の革新的進歩に支えられている。

一方、産業社会でも、円高、バブル経済崩壊、規制緩和など企業活動に大きな影響を与える変化が次々と起きている。先行き不透明な時代ではユーザーのニーズも大きく変化し、従来のように均質なものを大量に生産する発想では、周囲の変化に対応できない。

このようにシーズ的にもニーズ的にも変化の激しい時代では、情報制御システムも変化に強いことが望まれる。日立製作所の提案する「オープン協調自律分散技術」は、経済状況、顧客ニーズ、技術動向に対応して情報制御システムも変化、成長させることをねらった技術である。最小の投資で最大の効果を産み出すために、初期投資を最低限に抑え、周囲の変化に応じて短期間にシステムを変更、拡大していくことを可能とした。

ここでは、オープン協調自律分散を全面的に採用した次期EIC(Electric, Instrumentation and Computer)統合システム(次期HIDIC AZシステム)について述べる。

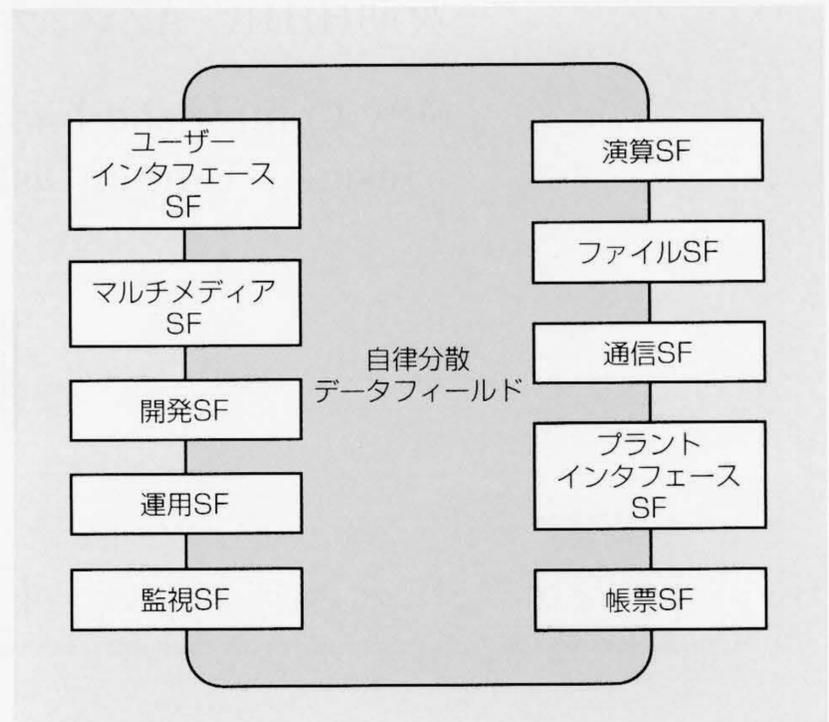
2. 基本コンセプト

2.1 オープン協調自律分散技術

2.1.1 自律分散とは

情報制御システムでは、たくさんの小さなプログラムが連携しながら一連の処理を実行していく。そのため、個々のプログラムの結び付きが強く構造が複雑になり、改造やトラブル時の解析を困難にしている。これがシステムの変更・増設を阻害している要因の一つである。自律分散技術は、この複雑さを排除しシステムの成長を実現するものである。

自律分散では、どのノードも他のノードと同じ情報を受け取り、そのノードにとって必要な情報を選択的に使って自律的に処理を行う。これを実現するための基本的な機構として機能コード通信と呼ぶ方式を使う。機能コード通信は、データとその内容がどのようなものかを表す識別子(機能コード)と対になって、データフィールドと



注：略語説明 SF(Service Function)

図1 自律分散とサービス機能

オープン協調自律分散システムでは、各プログラムは自律分散データフィールドを介して情報のやり取りを行う。今回、システムに必要な機能をサービス機能SFとして定義し、それらの組合せでシステムが構築できるようにした。

呼ぶデータのプールに送出される。各ノードはデータフィールド内の機能コードを見て、自分に必要なデータだけを取り込んで処理する。これにより、データのやり取りを特定のプログラム相互の結び付きではなく、プログラムとデータフィールドとの結び付きに変えてしまうので、プログラム相互の干渉を排除することができる(図1参照)。さらに、データフィールドを核とするネットワーク間で互いに連携をとりながら、全体が一つのシステムとして動作する特徴をとらえ、協調自律分散システムと呼ぶ。

2.1.2 協調自律分散のオープン化

オープン協調自律分散技術では、柔軟性の高いシステムを構築することができるよう日立独自の製品だけでなく標準品・他社品をサポートした。従来の制御用LANに加え、オープンなネットワークとして広く普及しているイーサネット^{*2)}をサポートし、他社のPCやコントローラ・シーケンサにも自律分散支援ソフトウェアを搭載し、自律分散ネットワークへの接続を可能とした。今後は、標準インタフェースとの接続だけでなくこの技術そのものを広く活用してもらうために、技術情報を積極的に公開し、さらに搭載機種を増やしていく考えである。

2.2 サービス機能

*1) Windowsは、米国Microsoft Corp.の登録商標である。

*2) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

表1 各サービス機能の分類と内容

システム設計を容易にし、建設コストの低減を図るSFにはさまざまな機能がある。

サービス機能名	内 容
演算	個別分野ごとのアプリケーション演算機能を提供する。
ファイル	システム内のデータ保管機能を提供する。
通信	システム内外との通信機能を提供する。
プラント インタフェース	制御対象プラントとのインタフェースを提供する。
監視	プラントの状態を監視、制御する機能を提供する。
帳票	システム内のデータを各種の帳票としてプリント出力する機能を提供する。
運用	システム内の障害監視や各種リソースの管理機能を提供する。
マルチメディア	ITVや大型ディスプレイの制御、音声認識機能を提供する。
開発	システム内のプログラム・データを開発、作成する機能を提供する。
ユーザー インタフェース	ユーザー(オペレータ)とのインタフェースを提供する。

次期HIDIC AZシステムを開発するにあたっては、新技術をすばやく取り込み、容易にシステムが成長できることを目指した。そのためには、システム設計・構築のコストを徹底的に低減すること、つまり、新しい製品や交換品をあたかもコンセンツに差し込むようにシステムに組み入れられるようにすることが必要である。今回、システムで必要な機能をオープン協調自律分散でのデータフィールドにアクセスするプログラムとして実現し、サービス機能SFと呼ぶことにした。そして、これらを組み合わせることによってシステム設計を可能とし、その建設コストの低減を図った。SF間の通信は機能コード

通信を用いた。これによって各SF間の結合が疎となり、より柔軟な組合せを可能とした。

次期HIDIC AZシステムでのSFと自律分散データフィールドの概念を図1に、SF一覧を表1にそれぞれ示す。

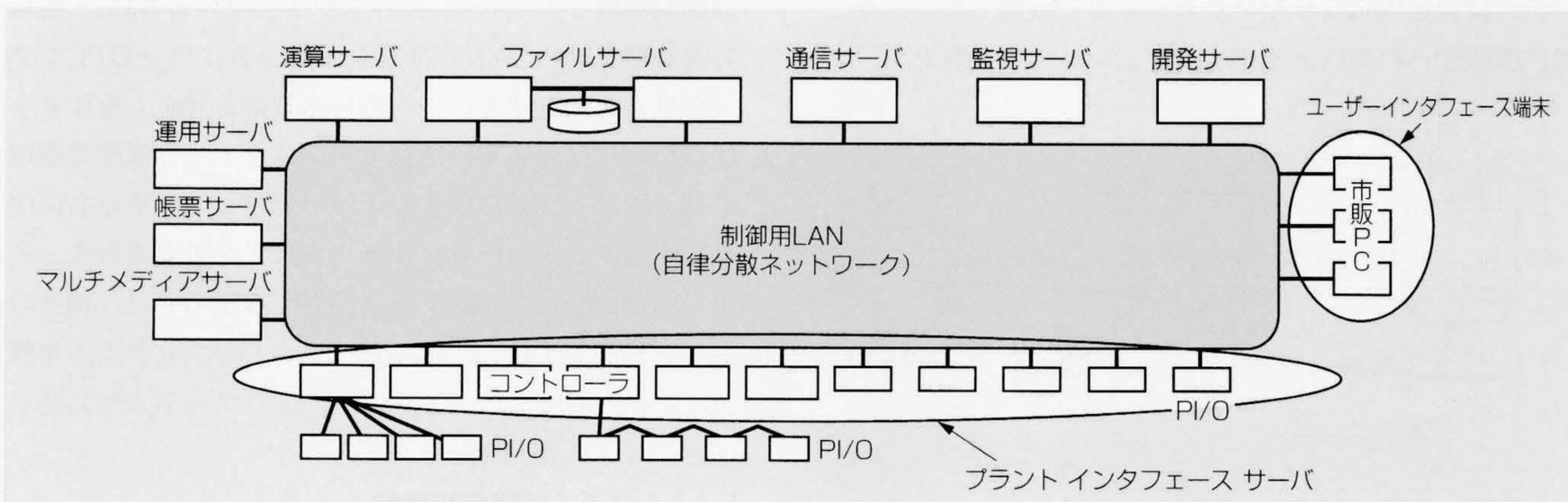
3. サービス機能の定義

3.1 機能コードとサービス機能の対応づけ

従来、計算機が高価であったため、その汎用性を活用して、1台の計算機にすべての機能を搭載するオールインワンタイプが一般的であった。しかし、計算機がPCを中心に急速に小型化、低価格化され、スペース面や経済面での制約が緩和されると、今までのようなオールインワンタイプを選択する必要が薄れてきた。つまり、1台の計算機を単機能化して使うことにより、内部のプログラム数や構成を単純化することができ、性能チューニングやソフトウェアの高品質化が容易になる。この場合、単機能コンポーネントをいかに作るかというコンポーネント設計と、それらをどう組み合わせるかというシステム設計を明確に分離することができる。そして、どのシステムでも使える共通的な機能コンポーネントが用意できれば、最終的にはコンポーネントを組み合わせただけでシステムが構築できる。次期HIDIC AZシステムでは、この機能コンポーネントとしてSFを定義し、この各SFごとに機能コードを割り当てることとした。

3.2 システム固有機能の局所化

自律分散システムでは、各計算機を自律分散ネットワークで接続し、抽出した各機能を計算機と1対1に対応させることができる。自律分散システムの場合、プログラム一つ一つが切り離された形で実現できるため、この



注：略語説明 PI/O(Process Input and Output)

図2 オープン協調自律分散によるシステム構成例

情報制御システムに必要な機能を物理的な計算機に1対1に対応づけ、各計算機の役割を単機能化して構成するためにシステム構築が容易になる。

ような形で各機能を独立に搭載できる(図2参照)。次期HIDIC AZシステムでは、この特徴をさらに生かして、システムごとに異なる機能とどの分野でも汎用的に利用できる機能とに分け、システム固有部分を演算SFと制御監視SFに限定した。これにより、システム設計の負担を削減し、構築後の性能トラブルやシステム拡張にも柔軟に対応できる。また、一つのSFが障害を起こしても他のSFがバックアップできるように設計している。このシステムでは、各SFを物理的な計算機と1対1に対応させているが、システムに対する要求性能や負荷、予算などに応じて複数のSFを1台の計算機に組み込むことも簡単にできる。

4. システムの高信頼化支援

4.1 自律分散技術による無停止運転の実現

自律分散システムでは、データフィールドを介して通信することによってプログラム間での相互干渉を排除し、段階的なシステム構築を可能とする。物理的なシステム構成に依存しない自律分散システムのこの特徴を利用して、システムの高信頼化を図ることができる。自律分散通信の特徴である機能コード通信により、同時に複数の計算機に同じ情報が伝達できる。ある1台の計算機が障害でダウンしても、同じ情報を受信している別の計算機がその処理を肩代わりする。これにより、特別な高信頼化機構を用いなくても高信頼システムが構築できる(図3参照)。

4.2 無停止コンポーネントの開発

次期HIDIC AZシステムでは機械を制御対象としており、高いレベルの確実性・信頼性が要求される。このため、自律分散システムでは各コンポーネントの高信頼化が重要である。特に、演算サーバ、ファイルサーバはシステム機能を停止させないために重要な機能である。今回、演算サーバやファイルサーバといった重要コンポー

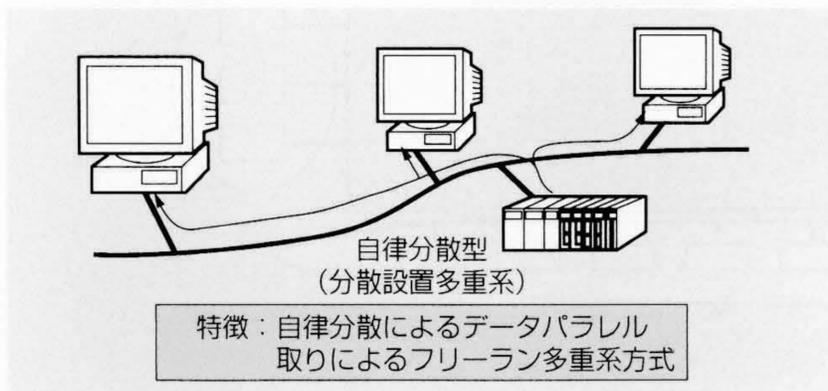


図3 自律分散型(分散設置)多重系

自律分散を用いたデータパラレル取りによるフリーラン多重系方式を示す。

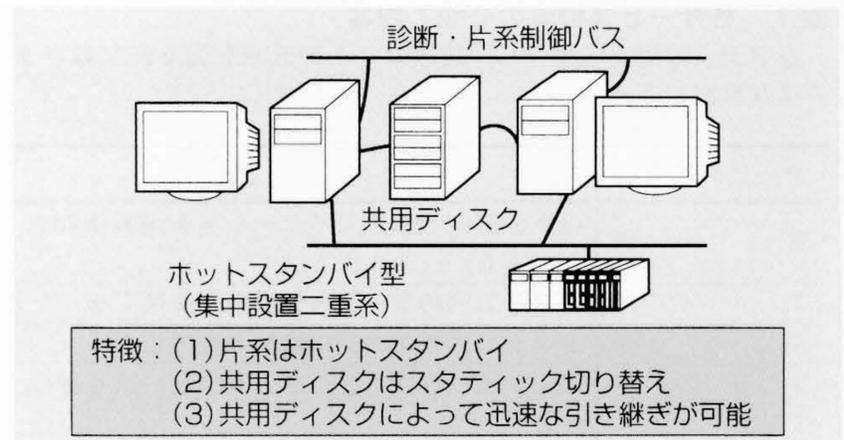


図4 ホットスタンバイ型(集中設置)二重系

片系はホットスタンバイ・スタティック切り替えの共用ディスクによる迅速な処理引き継ぎができる。

ネットに適用するために、自律分散機能を搭載したFTC (Fault Tolerant Computing) コンポーネントとして“HIDIC RS90/FT”を開発した。このFTCを用いることにより、いっそうの高信頼化を図ることができる。また、コンポーネントを二重化し、さらに高信頼化を図ることもできる。計算機・ディスク・LANの二重化によって障害時のバックアップが可能となり、無停止運転を実現した(図4参照)。この二重化構成の切り替えも基本機能の中で自動的に行うので、プログラムの中では構成変更を考慮する必要がない。

5. システムの運用支援

システム高稼働のために運用SFを定義し、ソースプログラム管理と配布機能、およびシステム障害監視機能をサポートした。

5.1 ソースプログラム管理と配布機能

PCは低価格で使い勝手に優れている。このシステムでは、PCをソフトウェア開発環境に積極的に取り込み、分散開発環境を実現した。設計室や事務室にあるPCと現場の計算機を構内LANで接続し、開発者は自分のPCでプログラムを開発する。一つの情報制御システムを作り上げるためには、多くの開発者が関係する。分散開発環境では、開発者間での競合や干渉を管理し、円滑な共同開発を支援するいわゆるグループウェアが必要である。各担当者が同時にプログラムを開発する環境では、種々のトラブルが発生するが、だれがいつどのプログラムを修正したかを管理することにより、トラブルを未然に防ぐことができる(図5参照)。

5.2 システム障害監視機能

システム内で発生する各種の異常を検出し、操作員の手もとの画面に集約、表示することにより、操作員が迅

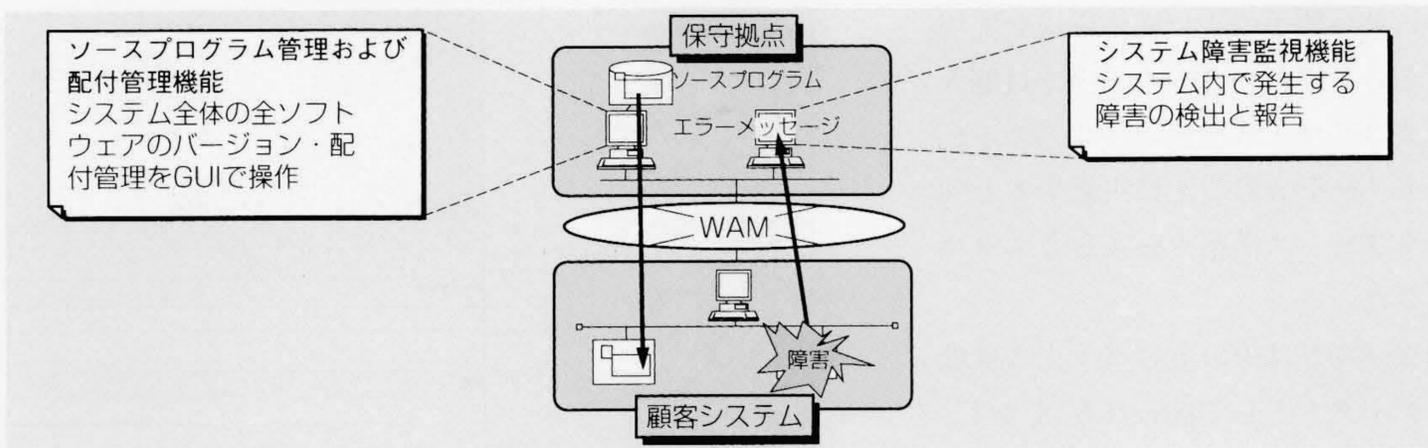


図5 保守拠点からのシステム集中監視・ソフトウェア配布管理

システムを運用していくにあたって必要な情報を集中して管理し、運用効率向上を図ることができる。インターネットなどのWANを利用したサービスも受けることができる。

速に対応できるようにした。

6. システムのオープン化支援

6.1 ネットワーク

自律分散システムの核となるコンポーネントは、ネットワークである。オープン化が進む中で、従来の制御用LANに加え、イーサネット、FDDI(Fiber Distributed Data Interface)の標準LANをサポートした。通信プロトコルはTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol), OSI(Open Systems Interconnection)環境を提供し、さらに、これをベースに自律分散通信機能を搭載した。これにより、WS・PCといったオープンコンポーネントも接続可能とし、WS・PCに自律分散機能を搭載することにより、これらの機器を自律分散コンポーネントとして接続できるようにした。

6.2 ヒューマンインタフェース

イーサネットを使った自律分散システムでは、PCの流通プログラムと制御系の情報が簡単に交換できるように、自律分散システムの仕掛けの中で標準のOLE^{※3)}

(Object Linking and Embedding)部品機能をサポートしている。この機能により、コントローラの情報にPC上に表形式やグラフ形式で表示するときも、ユーザーは表示ソフトウェアを自分でプログラミングしなくても、例えば表計算ソフトウェアであるEXCEL^{※4)}を使って簡単に表示することができる。

音声入出力やITV(Industrial Television)制御などマルチメディア機器制御も部品化し、簡単な操作でマルチメディア環境が構築できる(図6参照)。

システム全体の使い勝手を向上し、運転員の安全で確実な操作・判断を手助けすることはシステムの高信頼化・生産性向上にとって重要である。産業分野は電力・原子力・鉄鋼・上下水・化学・交通など対象範囲が広く、分野固有のヒューマンインタフェースを持つ。使い勝手の向上を図るためには、使用者の事情に応じて計算

※3) OLEは、米国Microsoft Corp.が開発したインタフェース規約である。

※4) EXCELは、米国Microsoft Corp.の商品名称である。

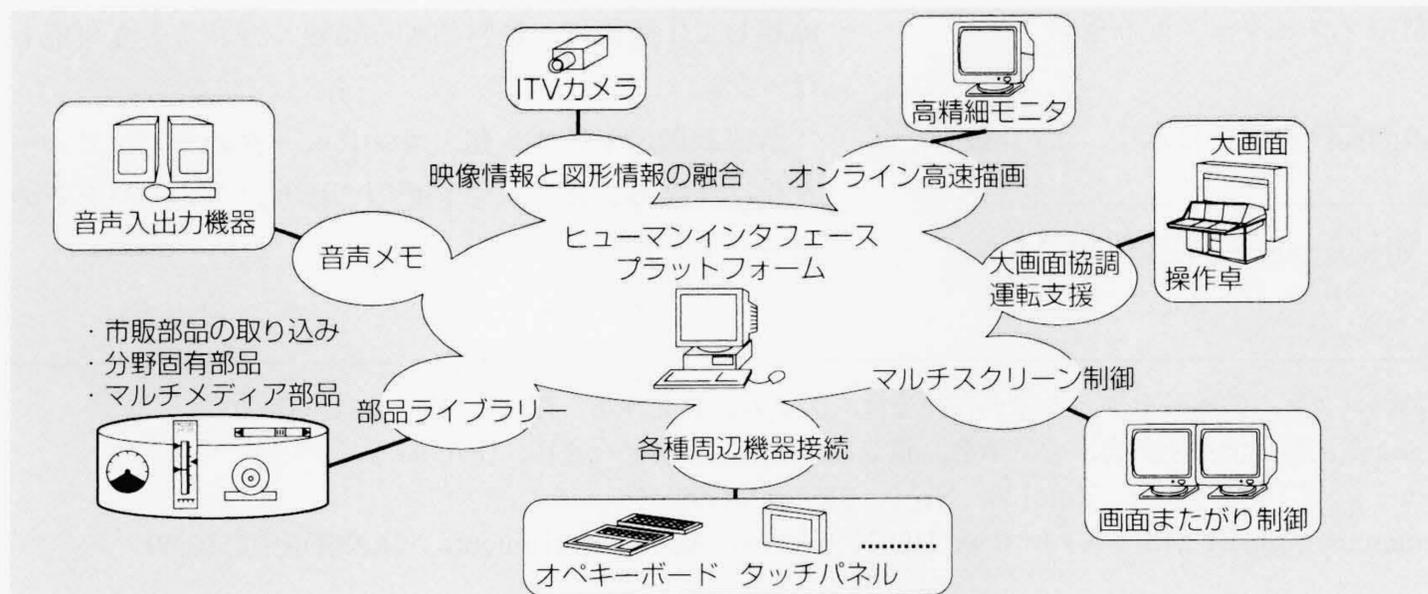


図6 ヒューマンインタフェースのマルチプラットフォーム展開

ヒューマンインタフェースのデバイスは、WS・PCをはじめ携帯端末、カメラ、音声入出力と多種多様である。これらを統一インタフェースで扱うヒューマンインタフェースプラットフォームをサポートした。

機とのヒューマンインタフェースを自由に構築できる必要がある。さらに、真に使い勝手のよい構築環境を実現するためには、分野ごとの事情だけでなく、操作員個人の好みや慣れに応じたカスタマイズ機能が必要である。そのため、部品レポトリを分野ごとに用意すると同時に、ヒューマンインタフェース構築ツールをカスタマイズできる機能を用意した。

例えば、一般の作画ツールでは線の上のボックスは線とは独立した表示オブジェクトとして扱われる。しかし、鉄道の路線図で駅のボックスを移動したときに線路もいっしょに移動すると便利である。このように、表示オブジェクトの意味まで含めたふるまいを定義できるようにした。また、使い慣れた市販ソフトウェアで作成した絵をそのまま監視・制御画面に利用できるように、市販ソフトウェアの描画データを取り込めるようにした。

次期HIDIC AZシステムでは、運転員だけでなく保守員、スタッフなど複数の部門の人々が連携してシステムを運用している。システムの効率的な運用を実現するには、これらの人が制御情報をリアルタイムに共有・参照できるようにする必要がある。

オープン協調自律分散ベースの次期HIDIC AZシステムでは、イントラネット・インターネットなどのWAN (Wide Area Network) とシステムとをつなぎ、WWW (World Wide Web) ベースリアルタイム情報共有を実現した。特に、このシステムでは、リアルタイムな制御情報の自動更新が必須であり、自動的に自律分散ネットワークから制御情報を取り出して最適に表示する“Intelligent Applet”を開発した。Appletは、Java^{※5)}言語で書かれたミニアプリケーションである。ユーザーは、汎用WWWブラウザを用いて、制御システムからAppletを含んだウェブページをダウンロードすることにより、どこからでもリアルタイムに制御情報が参照できる。同時に、サーバ・クライアント型のソフトウェア配布管理も実現できる。

現場保守用携帯端末の画面例を図7に示す。この画面

※5) Javaは、米国Sun Microsystems, Inc.の商標である。

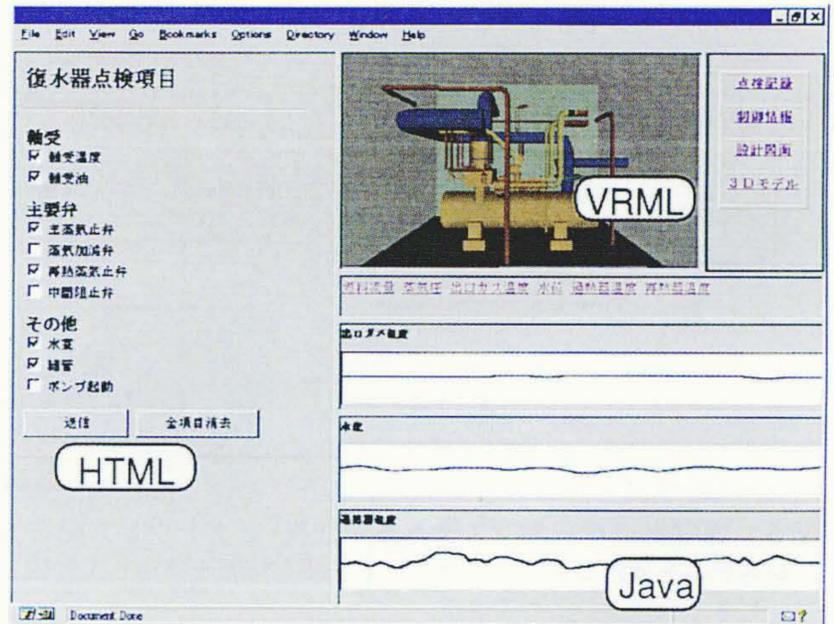


図7 WWWベースの保守端末画面例

チェックリストはHTML(Hypertext Mark-up Language)で、CAD画面はVRML(Virtual Reality Modeling Language)で、制御情報はJavaでそれぞれ表示する。

上のチェックリストは、次期HIDIC AZシステムから無線LANを介してHTMLの形式で送られている。保守員は、このチェックリストに従って点検し、点検結果をオンラインでシステムに入力できる。必要であれば、VRMLを用いた保守現場の三次元CADや二次元の設計図面も保守現場からオンデマンドで入手できる。さらに、Appletにより、関連機器の制御情報を自動的に自律分散ネットワークから受け取り、リアルタイムにシステムの状態を把握しながら保守点検が行える。

7. おわりに

ここでは、オープン協調自律分散を採用した次期EIC統合システムの概要について述べた。このシステムによってシステム設計の負担が削減でき、構築後の性能トラブルやシステム拡張にも柔軟に対応できるようになった。また、運転員、保守員、スタッフなど複数の部門と直結して生産管理・経営活動を迅速に行うことも可能となった。

情報制御のオープン化、コンピュータの非コンピュータ化は今後のシステムでも必須であり、この開発をその第一歩としたい。

参考文献

- 1) 林, 外: 産業用情報制御システムの成長を支える協調自律分散システム, 日立評論, 77, 7, 459~464(平7-7)
- 2) 綿谷, 外: 自律分散による制御と情報の結合, 電気学会, 産業電力電気応用研究会資料, IEA-96-2
- 3) 相田: 通信とコンピュータ, 情報処理学会, Vol.136, No.9, 815~817(1995-9)
- 4) L.D.Gibson: Autonomous Control with Peer-to-Peer I/O Networks, Action Instruments, SENSORS(1995-9)