

市場変化への即応を支える オープン自律分散情報制御システム

—株式会社ブリヂストンにおけるタイヤ生産システムへの適用事例—

Open Autonomous Decentralized System to Meet Changing Markets in
Manufacturing Industry

奥 雅春*

Masaharu Oku

伊藤俊彦**

Toshihiko Itô

溝上 宏****

Hiroshi Mizogami

大村 賢*

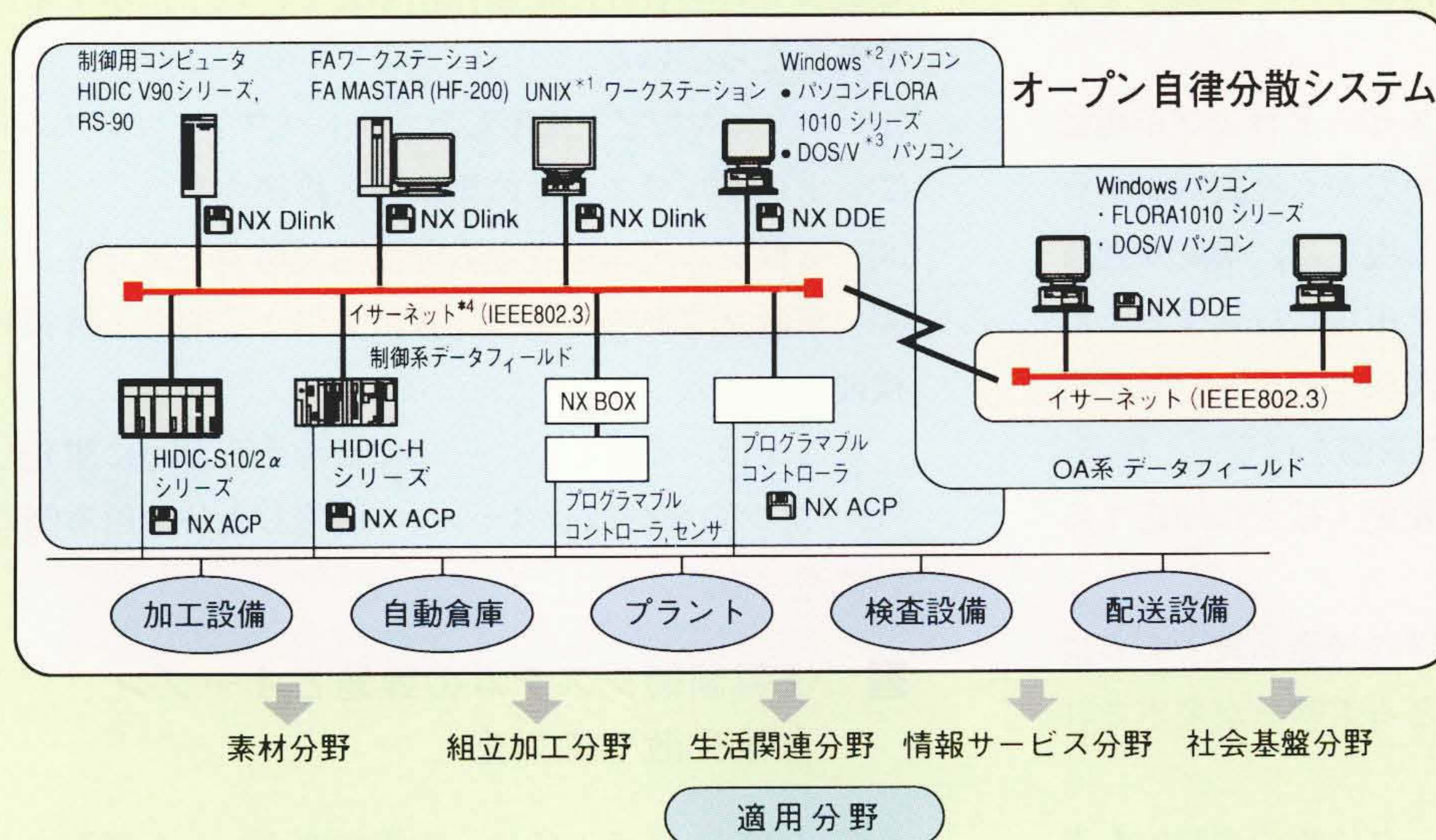
Masaru Ômura

吉沢隆司***

Takashi Yoshizawa

阿部雅樹*****

Masaki Abe



注：NX …(機種別自律分散パッケージ)

*1 UNIXは、X/Open Company Limitedがライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標である。

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

*3 Dos/Vは、日本アイ・ビー・エム株式会社の商品名称である。

*4 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。

市場変化への即応に対応するオープン自律分散

自律分散制御システムは、幅広い製造、サービス分野のシステム構築に役立っている。

今日、製造業に代表される産業界では、社会・市場のニーズの急速な変化に迅速に対応できるシステムの構築を目指している。経済状況、需要動向、環境問題や市場ニーズの変化に応じて、生産設備やソフトウェアサービス内容の変更に短期間で対応することが必要である。これらの神経系統である制御システムでも短期間の変更、段階的構築などいっそうの柔軟性が求められている。一方、最近のダウンサイジング、オープン化の浸透は、制御システムにも大きなインパクトを与えている。

この状況を踏まえ、システムの柔軟性、信頼性を備えた自律分散機能に、(1)パソコンや汎用LANなどに対応した汎用性の向上、(2)シーケンサも含めた

マルチベンダ対応を可能とする接続性の実現、(3)システムの分散開発環境の充実を図ったオープン自律分散^{*1)}システムを開発した。このシステムを国内で初めてタイヤ生産FAラインの制御に適用することにより、これまでの階層構造ではもはや市場の要求に対応できなくなってきたシステムの現場での改善がタイムリーに実現できるようになった。

さらに、分散開発環境の充実によってソフトウェア生産性の向上を実現した。今後、周辺環境の充実、オープン化をいっそう進めるとともに、インタフェースの仕様公開によって国際的な情報制御レベルの標準化と利便性の拡大を目指す。

* 株式会社ブリヂストン ** 日立製作所 機電事業部 技術士(電気・電子部門) *** 日立製作所 大みか工場
**** 日立製作所 電機システム統括営業本部 ***** 日立製作所 システム事業部

1 はじめに

産業社会は、国内の低成長時代の競争激化や円高によるグローバル化(ボーダーレス化)の急進展、地球環境問題およびサービス、ニーズの多様化などの大きな変化の中にあり、この変化への即応が重要となっている。このため製造業では、これまでも製品開発期間の短縮化、多品種生産システム、継続的な品質確保などの施策を講じてきた。しかし、最近の急激な変化と先行きの不透明さのために、設備投資を一気に行うにはリスクが大きくなってきている。

これまでは、市場ニーズ変化のスピードおよび市場拡大がさほど速くなく、動向を見極めてから投資判断を行っても相応の回収ができた。しかし現在は、対応が遅れば、開発・設備投資しても製品を市場に投入する時点で需要のピークが終わり、投資を回収するチャンスを失うこともある。そこで、最低限度の設備を投資し、経済、需要、ニーズの変化に応じて設備変更・拡大に即応する方式が必要であると考ええる。

このような背景の下で、生産設備の神経系統である情報制御システムも、変化に即応できる柔軟性が要求されている。

一方、コンピュータ、ネットワーク技術の飛躍的な進歩は、情報制御システムの世界にも大きな影響を与えて

いる。半導体技術の発展と高速化は、パソコンの低価格・高性能化だけでなくシーケンサやセンサレベルでの高機能化も実現させつつある。「ネ・オ・グ・マ」(ネットワーク、オープン、ダウンサイジング、マルチメディア)技術の進歩と国際的な協調・標準化の流れは、情報制御システムの分野でもオープン化・標準化による接続性の向上などを促進し、情報制御システムの構築環境も急速に変化している。

こういった状況の中で今後の情報制御システムでは、これまでの応答性、信頼性に加えて、以下に示す条件が必要となっている。

- (1) パソコンなどを採用したコストパフォーマンスの向上
- (2) トータルシステムの柔軟性と接続性
- (3) 分散システムを支える分散開発環境と保守性
- (4) 市販ソフトウェアや高級言語による開発・情報処理機能の向上

ここでは、こうしたニーズにこたえるために開発した「オープン自律分散システム」の機能および適用事例について述べる。

2 情報制御システムの課題とオープン自律分散での対応

情報制御システムでは、設備やプラントを制御する神経系統であるとの位置づけから、高速オンラインリアル

表1 情報制御システムに対するニーズとオープン自律分散での対応
生産システムのさまざまなシステムニーズに対してはオープン自律分散での対応が期待できる。

生産システムに求められる課題	システムニーズ	オープン自律分散での対応
新しくシステムやプラントを作りたいが、市場の動きが見通しにくく、現段階で全体を見た投資計画が困難	拡張性 柔軟性	●システムの稼動中に、ハードウェアおよびソフトウェアの拡張が容易 ●システム規模に応じて、段階的拡張が可能
市場の変化に即応しながら、システムの変更コストを抑え、停止時間を短縮	保守性	●システム稼動中に、オンラインデータを用いたテストが容易
運用開始後も重要度と予算に応じて部分的に信頼度を向上	信頼性	●部分故障がシステム全体の停止を防ぐ自律可制御性 ●重要度に応じたサブシステムの多重化が容易
できるだけオープンな環境で最適な機器を使って、ライトサイジングシステムを構築	接続性 汎用性	●WS、PCイーサネットなどの汎用コンポーネント上でのシステム構築 ●異なるシーケンサ間での情報制御レベルの標準接続化 ●流通ソフトウェアのリンケージ標準化
●ソフトウェアの開発設計段階、保守段階での工数削減 ●分散開発環境(ビルディングブロック設計手法)	開発環境 ソフトウェア環境の可視性	●PC上の開発ツールによる分散開発環境の実現 ●データ駆動型を生かした可視性の強化
●分散システムが必須の中での接続機器、ソフトウェア、ネットワークのトラブルの可視性が必要	分散システムの管理性	●PC上の保守・監視ツールにより、ネットワーク環境の接続機器、ソフトウェアの実行状態を監視

注：略語説明 WS(Workstation), PC(Personal Computer)

※1) 自律分散は、日立製作所の登録商標である。

タイム性や多様な制御対象との接続インタフェース装備、監視・操作を行うためのMMI (Man-Machine Interface) 機能および設備を安全に運転するうえでの信頼性が不可欠であった。しかし、最近の半導体、通信ネットワークなどの技術革新とシステム規模・機能の拡大に伴って分散システム化が主流になり、それとともに要求される機能も新たに発生してきている。主なものを以下にあげる。

(1) 分散システム管理

ハードウェアは分散しても、システム管理が従来のままの集中構造であると、ネットワークの一部に異常が発生した場合、システム全体の機能の停止を招くなどの状況が発生する。これを防ぐ構造

(2) 同一ネットワーク上の異機能・異機種接続

パソコンやシーケンサなどを単にハードウェアのまま接続するのではなく、共通の規定での汎用的接続を実現することにより、制御システムを構築するうえで最適な機種、ソフトウェアが選択でき、かつシステムとしての最適化を実現

(3) 分散ソフトウェア開発環境

時々刻々変化する生産設備、システムを稼動したままで保守、拡張、変更するとともに、従来のようにすべてが決まってからソフトウェアを開発するのでなく、決まったところから必要な人数で開発できる環境

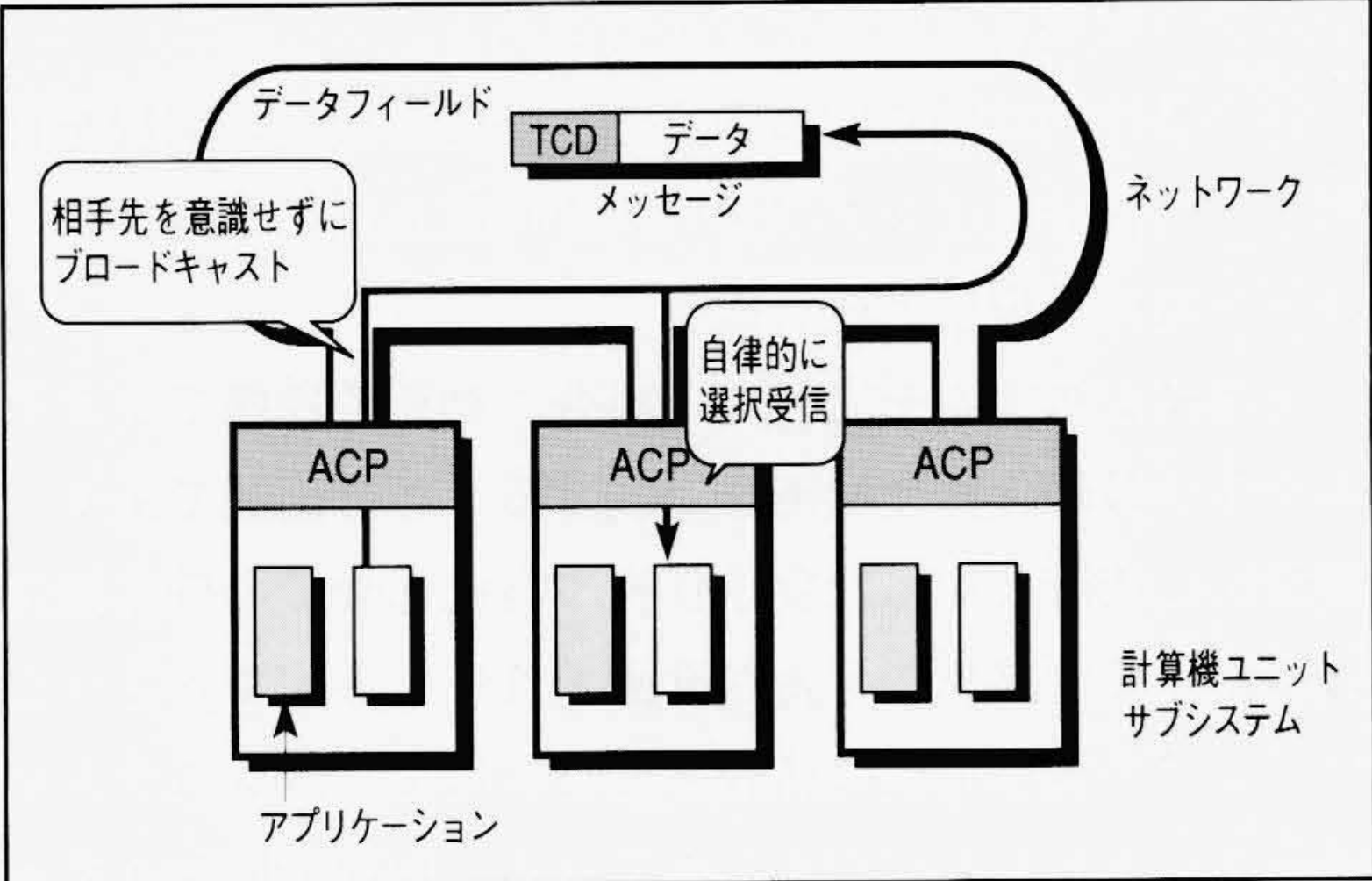
これらを実現する手法として日立製作所は、これまで制御用計算機の「HIDICシリーズ」で提供してきた自律分散システムのオープン化および機能拡充を図った(表1参照)。

自律分散システムは、自律的に稼動する個々のコンピュータをネットワーク化して構成する。各コンピュータでは従来のアーキテクチャやCSS(Client Server System)方式と異なり、相手を特定しないでデータを送り出し、一方、各サブシステムでは、データの内容に基づいて必要な情報だけを取り込み処理する仕組みになっている。このため、分散した個々の情報処理系統を自律的に稼動させることができるので、1か所の異常が他に影響を及ぼさないだけでなく、システムの稼動中の保守や全体システムを停止させないで個々のコンピュータのハードウェア・ソフトウェアの追加、変更や試験が可能となる(図1参照)。

オープン自律分散の新たな特徴について以下に述べる。

(1) ライトサイジング対応

パソコンやワークステーション、シーケンサや制御サーバなどシステムの用途、規模、使い勝手に応じたミドル



注：略語説明 TCD（トランザクションコード）
ACP（Autonomous Control Processor）

図1 自律分散システムの概念

システムを構成する各端末で相手先を意識せずに情報をデータフィールドにブロードキャストし、各アプリケーションでは自律的に選択受信を行う。

ルウェアパッケージを開発し用意した(表2参照)。

(2) 異機種接続性

オープン化といっても、従来の独自システムや独自ハードウェアに汎用のインタフェースを付けて情報をやりとりするといった形やパソコンを接続可能とするといったレベルだけでなく、シーケンサも含めて最適なシステムが構築できることが重要となる。このため、汎用ネットワークや標準と言われているOS上で稼動するほか、シーケンサ、サーバなど独自性の強いハードウェア、OSに

表2 主な自律分散ミドルウェアパッケージ

多様な機能に応じたオンラインパッケージのラインアップとシステム構築、監視に対応できるパッケージを用意している。

パッケージ名称	概要	対応マシン
NX DDE	パソコンに自律分散環境を提供するミドルソフトウェア	パソコン (IBM/パソコン 100%互換機 DOS/V/パソコン FLORA1010 シリーズ)
NX Constructor	自律分散ネットワーク環境構築用アプリケーションソフトウェア	
NX Viewer	自律分散システム監視・保守支援用アプリケーションソフトウェア	
NX Dlink	UNIX OSに自律分散環境を提供するミドルソフトウェア	FA MASTER, RS-90, WS
NX Mart	自律分散ネットワーク管理プラットフォーム	RS-90, FA MASTER
NX ACP	プログラマブルコントローラに自律分散環境を提供するミドルソフトウェア	S10/2α, 他社シーケンサ

も自律分散機能を搭載する必要がある。

日立製作所は国際的に多くの他社機器接続の実現を目指し、自律分散インタフェースを有償公開にした。

(3) 分散開発環境と統合監視

実際にシステムを実現する場合、初期の段階でシステム全体の最終仕様や機能を定義することは困難であり、部分的に明確となった要求仕様や自己部分での確定機能に基づいてサブシステムが計画されている。このようなサブシステムを単純に統合することにより、システムが構築される仕組みが求められている。自律分散システムでは、機能間はお互いを意識せず、データによって結ばれる構造をとっているため、サブシステムの集合を一つ

のシステムとするアーキテクチャになっている。

これらによる分散開発、情報の一貫性、保守環境を支えるため、パソコン上での自律分散ネットワーク環境構築ツールや、システム監視保守支援ツール、ネットワーク監視ツールを用意し、さらに、ACCESS^{※2)}やFIXD MAX^{※3)}、INTOUCH^{※4)}といった市販開発ツールとの標準DDE^{※5)}接続などを実現した(図2参照)。

3 タイヤ生産ラインへの適用事例と効果

オープン自律分散を適用したタイヤ生産システムを株式会社ブリヂストンと日立製作所が共同で開発した事例について以下に述べる。

※2) ACCESSは、米国Microsoft Corp.の商品名称である。

※3) FIXD MAXは、インテルジョン社の商標である。

※4) INTOUCHは、Wonderware社の登録商標である。

※5) DDE(Direct Data Exchange)は、米国Microsoft Corp.が定めたパソコンでのデータ交換の標準手順である。

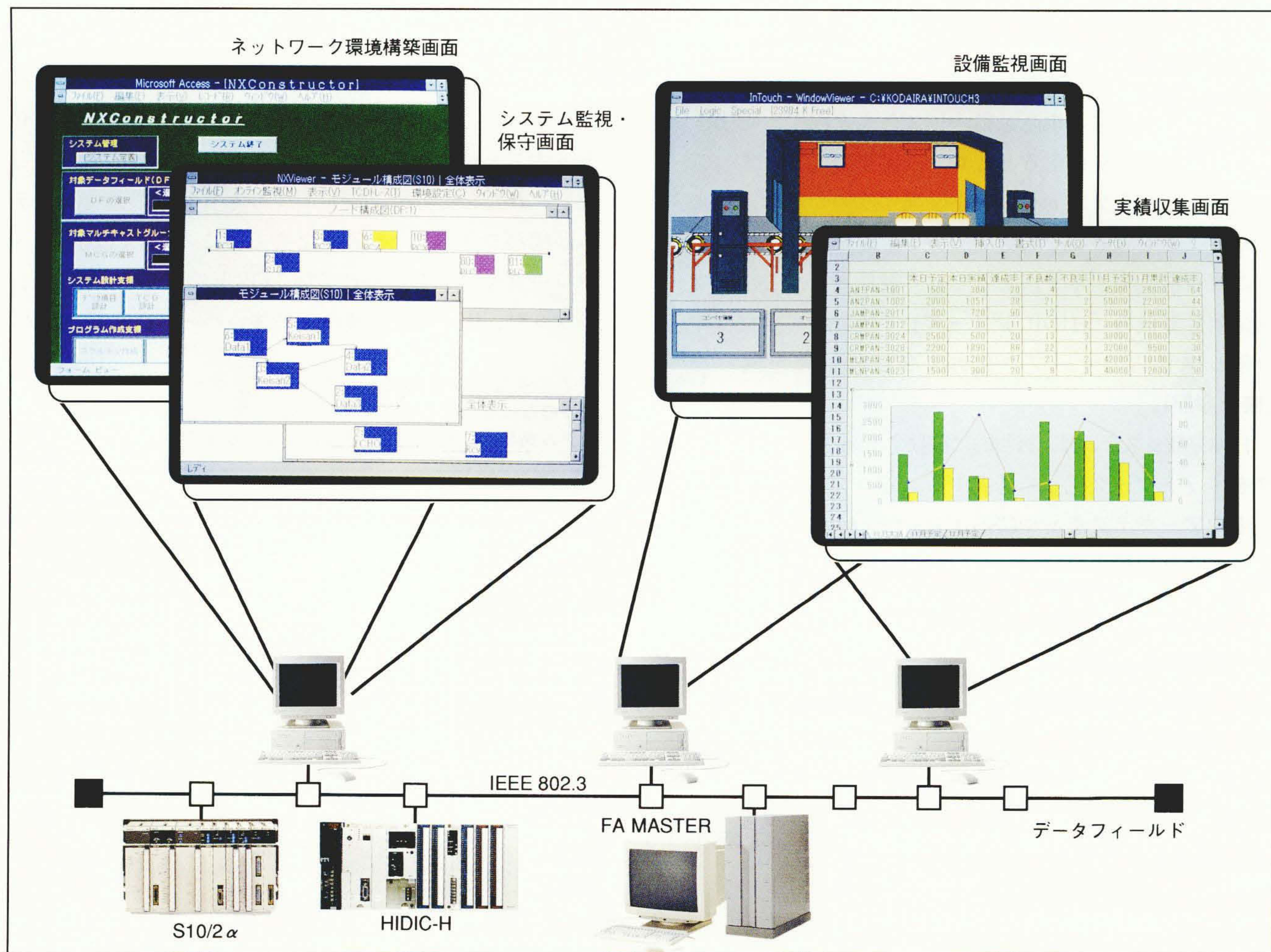
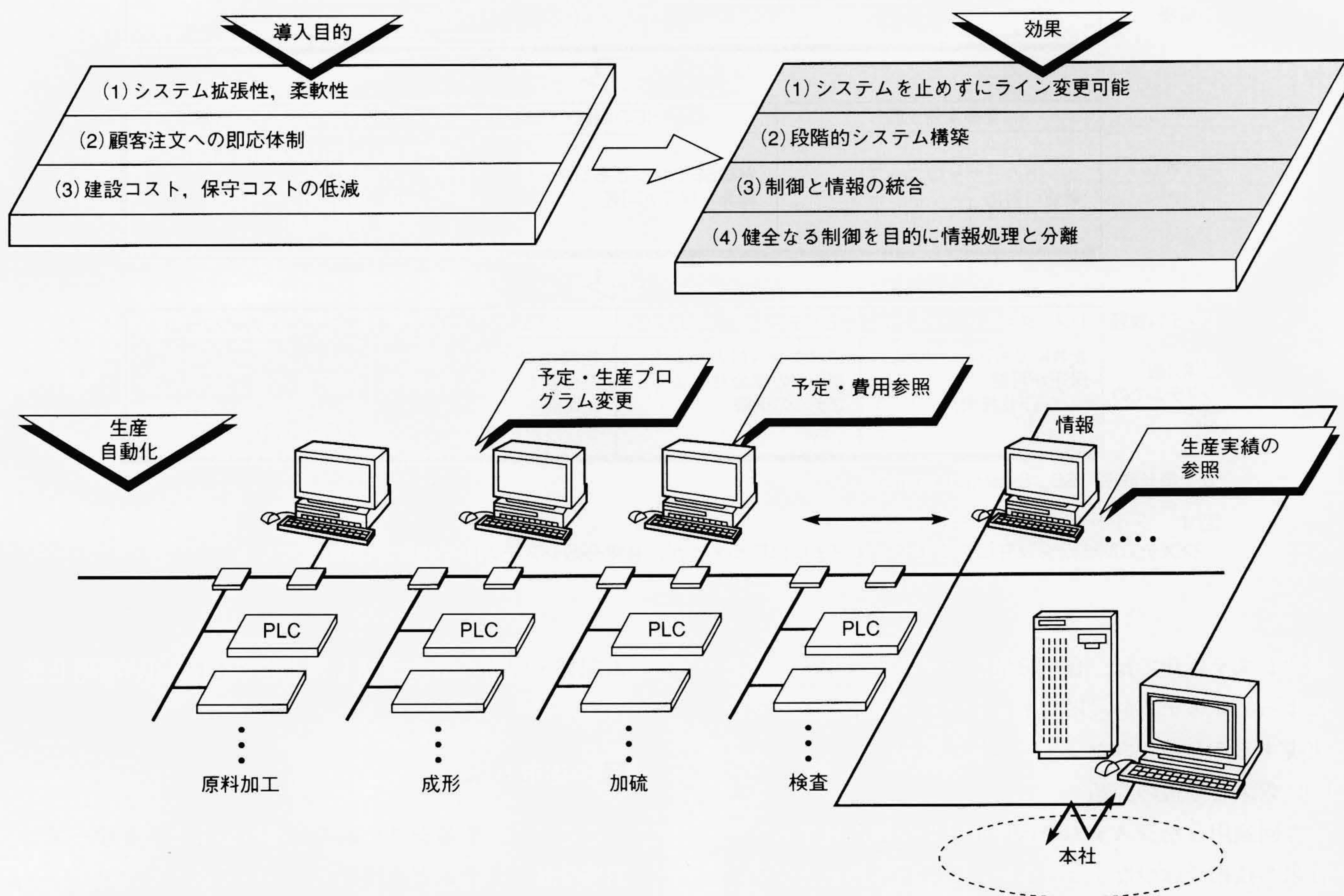


図2 自律分散システムにおける分散開発

Windows上で動くEXCEL、INTOUCHなどのDDE接続による作表、画面サポートのほかに、システム構築パッケージ、システム監視パッケージなどによって利便性の向上を進めている。



注：略語説明 PLC (Programmable Logic Controller)

図3 タイヤ生産システムへの適用事例

タイヤ生産システムのいっそうの柔軟性への要求に対し、自律分散システムでその実現を目指している。

(1) タイヤ市場でのニーズとシステムの課題

近年、特に顧客要求スピードと、これを取り巻く環境変化に対応するため、タイヤメーカーでは人や組織も含めた製造プロセスの見直し、再構成を行っている。

この状況の下で、製造プロセスを低価格で速く変えるために、製造システムの柔軟性が必要とされ、ビルディングブロック設計と再構成システムが必須の要素となっている。

ビルディングブロック設計は、システム全体の仕様が不明確のまま部分的にシステム構成することを可能とし、再構成技術により、システム稼動後の機能追加・改造も容易となる。

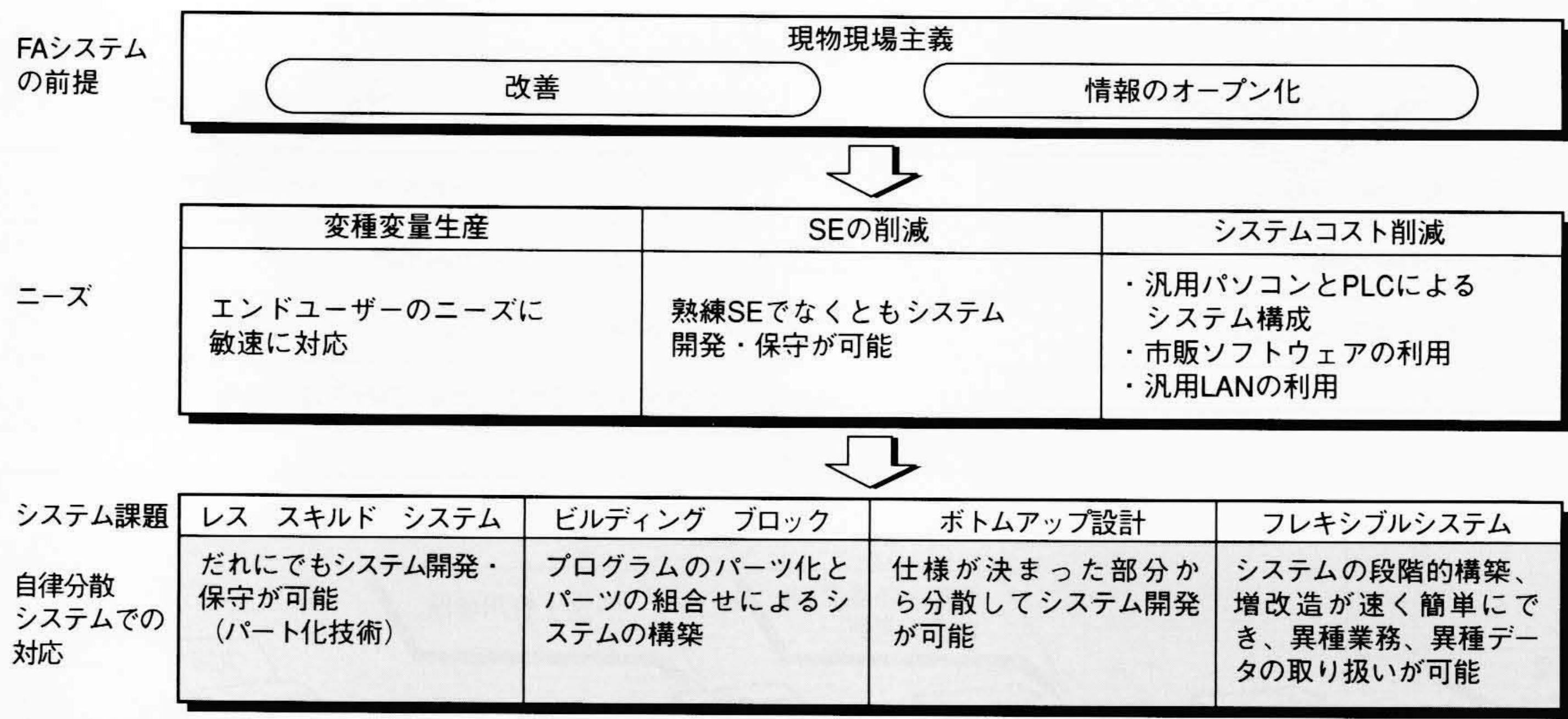
このような柔軟な製造システムを実現するためのコンピュータシステムにもいっそうの柔軟性が必要である。現在のコンピュータシステムは分散化が中心となっているが、単にハードウェアを物理的に分散させただけでは、設計手法、ソフトウェア構成は従来のトップダウン式階

層構造と何ら変わらない。これではシステムの変更に即応しようとしても、全体システムについて再検討が必要であるばかりでなく、変更時、システムの停止、再試験などが必要となる。

このようなシステムの部分更新を実現するために、自律分散システム技術を適用したタイヤ生産FAシステムを開発した(図3参照)。その際、システムの低価格や今後の利便性も考慮して、パソコン、シーケンサやFAワークステーションである日立の“FA MASTER”を中心に構築した。

(2) システムの課題とオープン自律分散の適用

今回適用したFAシステムの課題と自律分散システムでの解決を図4に示す。従来のシステムは何の協調もなく単独で運転されており、規格データや運転結果などの情報は担当者によって運ばれていた。このシステムは、年2回数日停止する以外は24時間運転され、保守や改造のための設備停止はライン単位だけで可能であった。今



注：略語説明 SE (Systems Engineer)

図4 タイヤ生産FAシステムの課題
システム開発から保守に至るまでさまざまな課題があるが、自律分散システムはその解決に役立っている。

回のシステム化では、自律分散システムを採用することによってシステムの段階的ネットワーク化をスムーズに実現することができた。

(3) 効果と今後の課題

今回適用したシステムでは停止時間が限られており、従来の技術では少なくとも3回のシステム停止とシステム完成に約10か月の工程が必要だったが、自律分散システムを適用することによってこれを大幅に短縮することができた。従来の方法では、サブシステムの改造中全システムの停止が必要となり、数日から数週間の時間と多くの作業者を必要とするが、自律分散のオンラインテスト機能によってこれらの問題を解決した。従来の方法に対して新人を中心にシステム構築を実施したにもかかわらず、ソフトウェア設計、試運転を中心に工数の低減を図った。今後、メンテナンス時、部分改造時でのいっそうの効果が期待できる。

これからは、価格も含めたシステムの最適化を実現するうえで、自律分散機能搭載のシーケンサメーカーの増加などマルチベンダ化を展開し、いっそうの分散システ

ム開発・保守の環境改善も図るとともに、OA部分も含めたシステム化を進めていく。

4 おわりに

ここでは、生産システムの市場即応を支えるオープン自律分散システムと適用事例について述べた。

オープン自律分散システムをタイヤ生産FAラインの制御に適用することにより、FAシステムの段階的ネットワーク化がスムーズに実現でき、システムの部分更新に即応できるようになった。

オープン自律分散は、システムの柔軟性を実現する手法としてインタフェースを有償公開し、国際的な標準化を進めるとともに、ISADS(自律分散国際学会)や海外の大学とオブジェクトシステム構造、分散システム技術などで共同研究を進めている。

今後も、分散開発環境の充実、ソフトウェア生産性の向上、接続機器やソフトウェアのレパートリーの充実を図っていく考えである。

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) 奥, 外: Hi-Cell System Architecture for Manufacturing System, ISADS95 (1995-4)

3) 森, 外: 自律分散概念の提案, 電気学会論文誌, 104-C, 12, 303-310(1984-12)

4) 楠田: 自律分散・自己完結生産システム, オートメーション(1996-1)