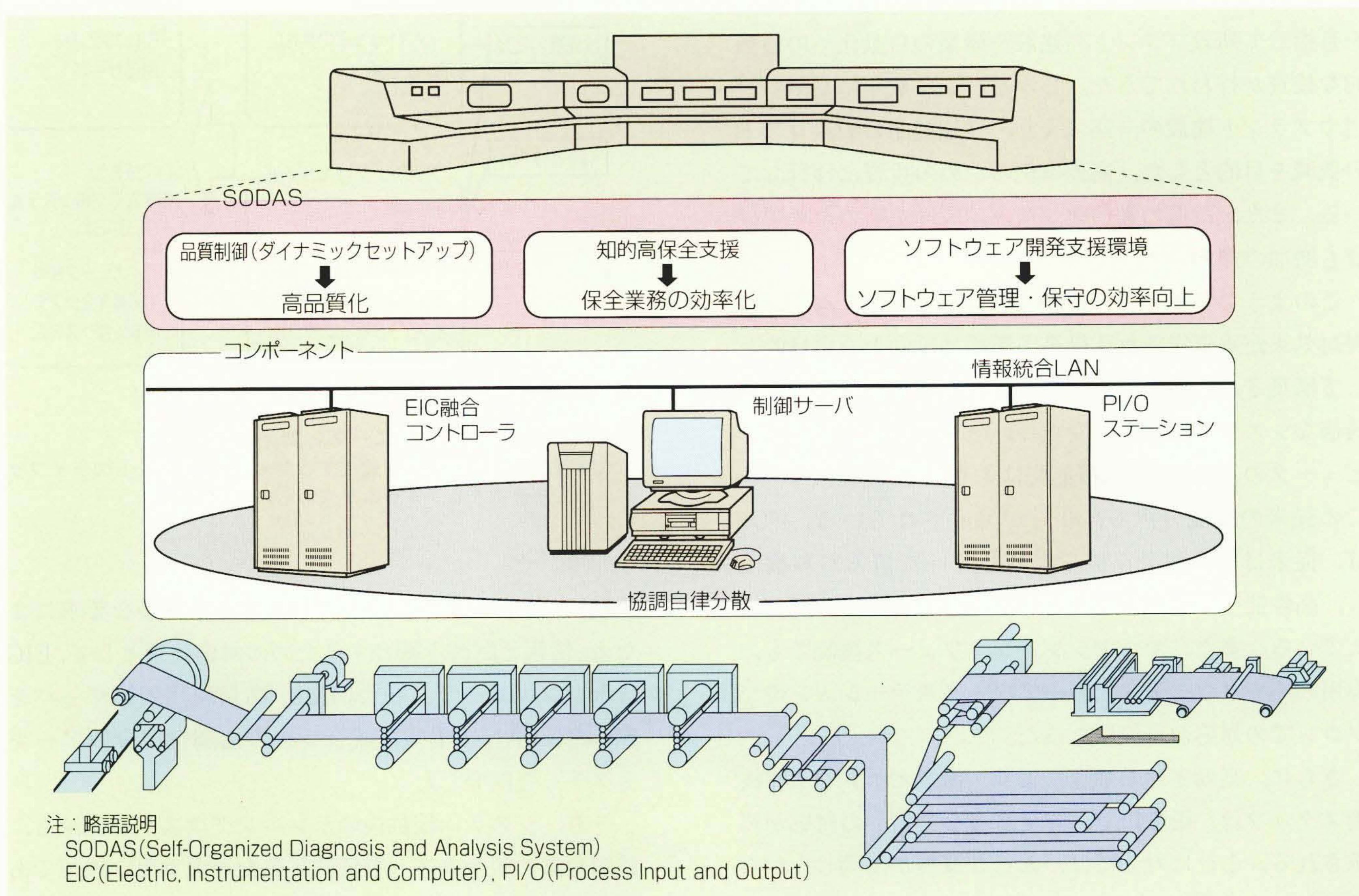


高効率操業を実現する鉄鋼EICシステム

New Technologies of Information and Control Systems for Iron and Steel Plants

熊山治良* Jirô Kumayama 福岡昇平* Shôhei Fukuoka
齊藤 裕* Yutaka Saitô 鹿山昌宏** Masahiro Kayama



鉄鋼EIC統合システム

最近の鉄鋼EIC統合システムでは、各種のEICコンポーネントを統合化する技術とともに操業・保守が重要となる。人とともに成長するシステム“SODAS”は、操業保守面での統合的なサポートを実現するものである。

日立製作所は、これまで鉄鋼プラント用のEIC(電気、計装、計算機)統合システムを情報と制御の融合を基本方針として開発し、推進してきた。これまで分塊均熱炉設備をはじめとし、連続鋳造設備、転炉設備、熱延・冷延設備にこのシステムを適用し、操業端末のシングルウィンドウ化による操業オペレーションの改革、運転室の統合、EIC各機能コンポーネントの統合、エンジニアリング業務の効率向上などの成果を上げてきた。

しかし、最近の鉄鋼業界ではダウンサイジング化、オープン化に代表されるように、設備投資コストの

低減を考慮したEIC統合システムが求められている。これに対応して、システムアーキテクチャ面では協調自律分散システムの開発により、オープンなシステムにも柔軟に対応できるようにしている。さらに操業・保守面では、人とともに成長するシステム“SODAS”(Self-Organized Diagnosis and Analysis System：ソーダスと呼ぶ。)の開発により、操業者や技術スタッフの経験・ノウハウが蓄積・継承され、製品品質の向上と安定した操業を目指すシステムが実現できる。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 電力・電機開発本部

1 はじめに

わが国の鉄鋼業界では、これまで国内の旺(おう)盛な鉄鋼需要を背景に、製品品質の向上や生産性の効率向上を目指して新設プラントの建設や操業の自動化への積極的な投資が行われてきた。しかし、ここ数年は景気の後退やプラント建設の一巡により、鉄鋼製品の製造コストの低減を目的とした、高効率化のための投資に移行している。また、設備の老朽化が進み、設備更新のための投資も増加の傾向にある。

このような背景の下、鉄鋼のEIC統合システムでは投資対効果が重要視され、従来の製品品質向上を主目的として構築された高機能なシステムから、プラントごとに最適なシステム構築へと変貌(ぼう)している。特にコンピュータの高性能化、高機能化により、EIC統合システムでの従来の機能分担のあり方が見直されている。例えば、従来は制御用計算機で実施していた情報処理機能も、高性能なコントローラとパソコンで実施する例が増えている。また、マンマシンインタフェース機能でも、専用のハードウェアに代わってワークステーションやパソコンでの対応が可能になった。

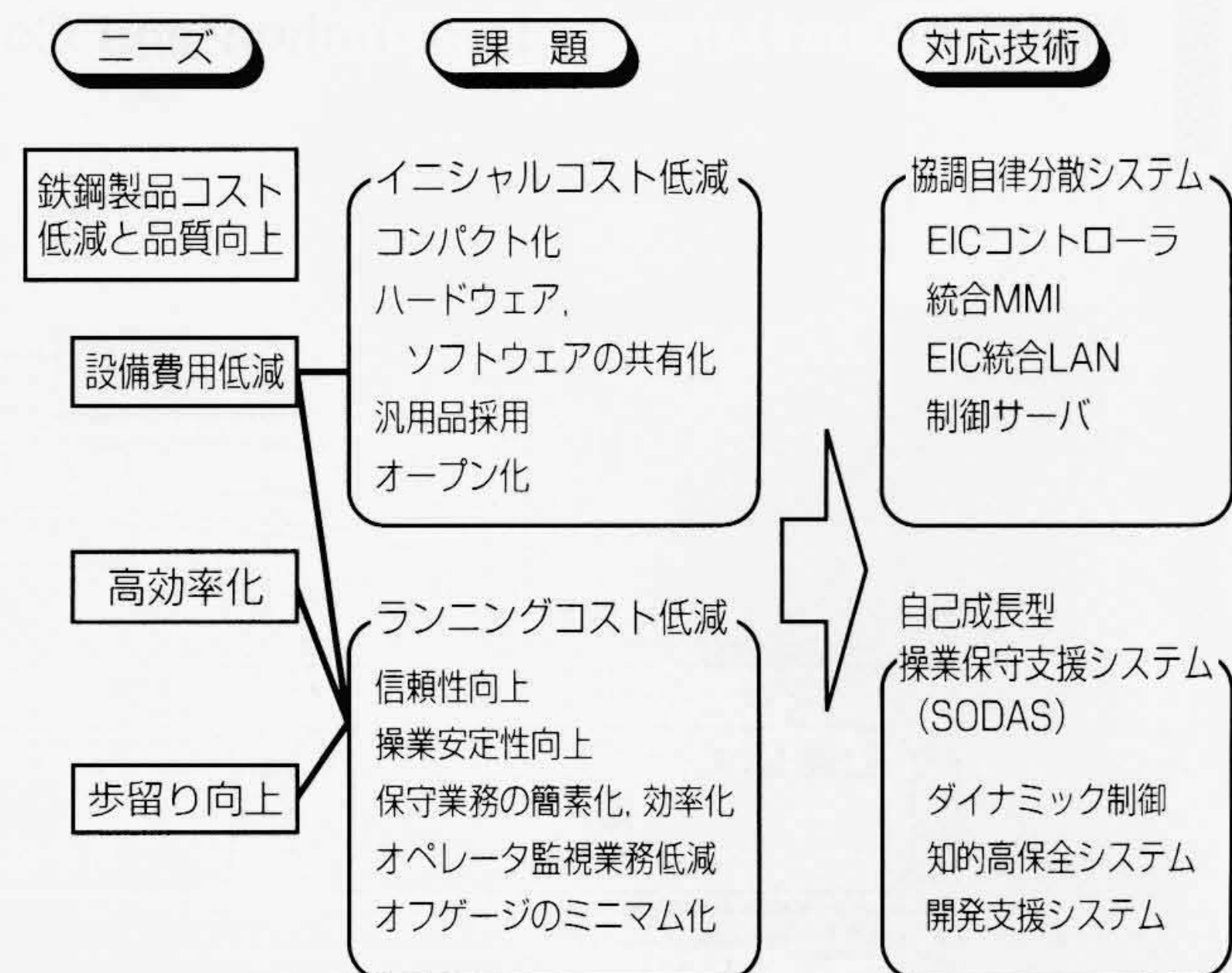
さらに、高効率化の加速により、操業オペレータや技術スタッフは、従来以上に多種多様な業務への対応が要求される。これに対しては、人と計算機が協調しながらオペレータの煩雑な業務を支援するシステムが必須となる。

ここでは、最近の鉄鋼EIC統合システムの構築形態を紹介し、今後の取組みとして、特に自己成長型操業保守支援システム“SODAS”によって操業・保守面で実現しようとしている機能、およびこれらを支えるEICシステムの基本コンポーネントについて述べる。

2 鉄鋼EICシステムのニーズと取組み

2.1 鉄鋼EICシステムのニーズと対応技術

鉄鋼EICシステムでのニーズと対応技術を図1に示す。今後の鉄鋼業では、鉄鋼製品の製造コストを低減するために、製品品質向上や歩留り向上をいっそう追求しながら設備投資を高効率に運営しなければならない。設備投資を低減するためには、システム構築の面では、設備の省スペース化のためのハードウェアのコンパクト化や、ハードウェア、ソフトウェアの共有化、汎用品の採用といったオープン化、ライトサイジング化を考慮したEIC統合システムが重要となる。日立製作所は、これらの



注：略語説明 MMI (Man-Machine Interface)

図1 鉄鋼EICにおけるニーズと対応技術

鉄鋼製品コストの低減を達成するためには、プラントのライフサイクルに適合できるシステムが求められている。

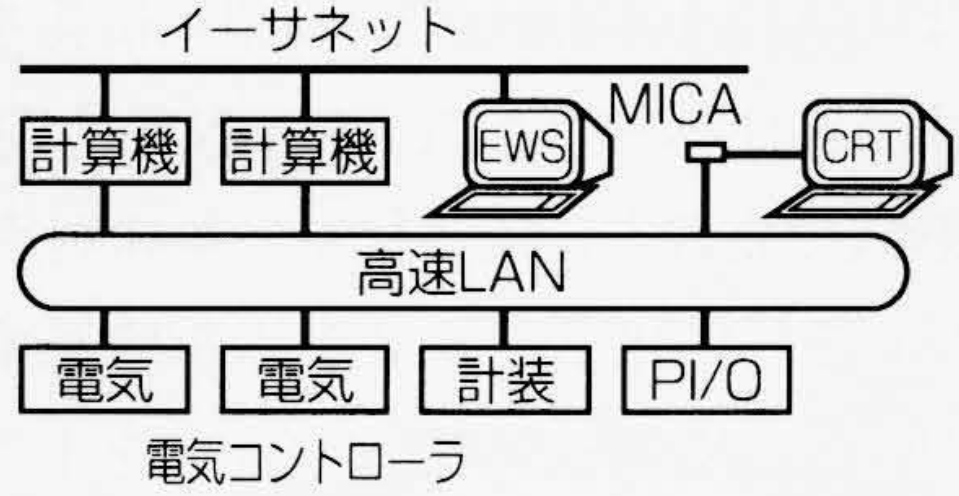
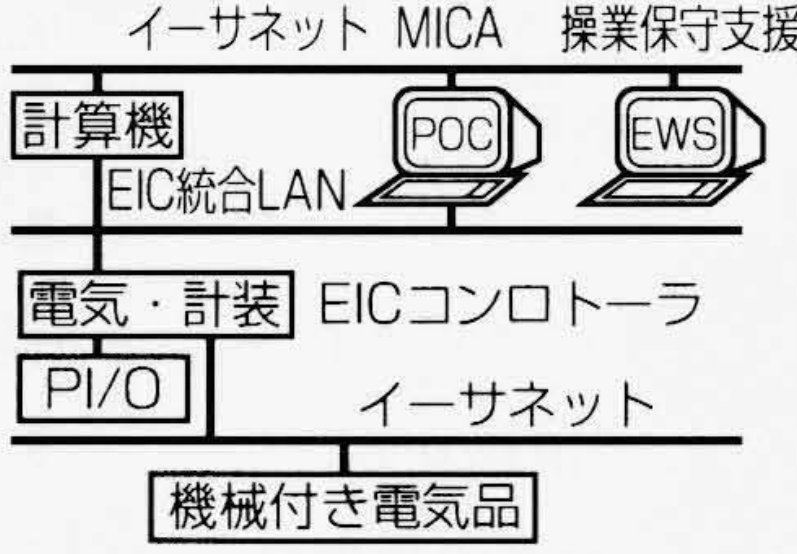
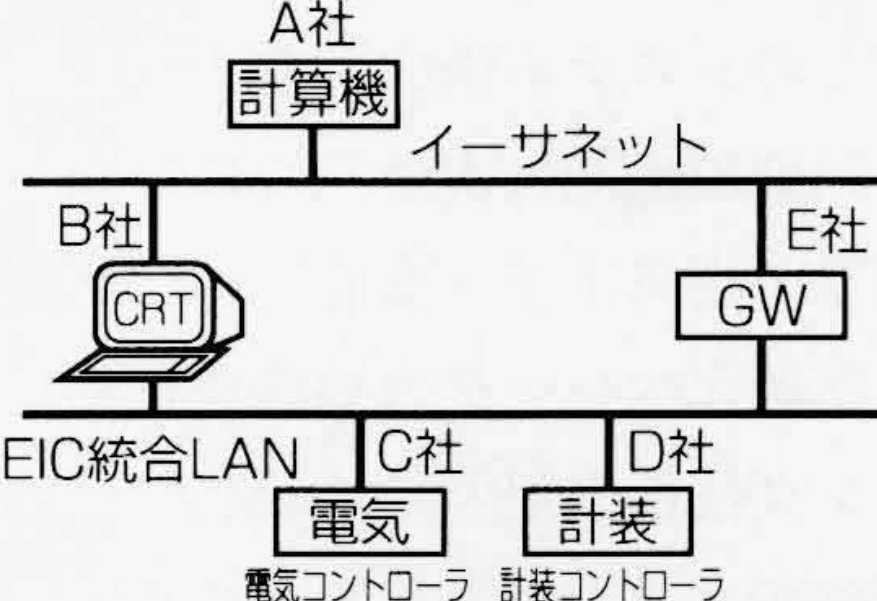
鉄鋼EIC統合システムに求められるさまざまな要求にこたえ、情報と制御を統合するための対応技術として、EIC統合コントローラ、統合MMI、高信頼性制御サーバをEIC統合LANで柔軟に統合できる協調自律分散アーキテクチャを開発した。

一方、システム稼動後のランニングコストの低減も、鉄鋼製品の製造コストを低減するための重要な課題である。そのためには、制御の高度化はもちろんのこと、操業の安定稼動、保守業務の簡素化や効率向上を実現するシステムが求められている。これらに対応して鉄鋼EIC統合システムでは、操業・保守支援、ダイナミック制御、EIC開発環境に対する包括的な取組みとして、人とともに成長するシステム“SODAS”を提唱し、開発推進中である。

2.2 鉄鋼EICシステムの構成と特徴

最新の鉄鋼EICシステムの構成と特徴を図2に示す。EIC統合システムの構築形態は、大別してシングルベンダEICとマルチベンダEICに分類される。日立製作所は、これまでシングルベンダEICシステムを主に提供してきた。しかし、今後のシステム構築形態を考えると、標準化への活発な動き、コントローラの性能向上によるEIC各機能分担の見直し、豊富な汎用製品の機能、価格の選択肢の拡大などによるコストパフォーマンス向上への要求を背景に、マルチベンダEICシステムがますます増加するものと考えられる。

日立製作所は、今後もシングルベンダEICを提供できる技術を維持しながら、基本となるソフトウェア・ハー

システム形態	従来のEIC統合システム	最新のEIC統合システム	マルチベンダEIC
適用プラント	冷延システム、プロセッシングライン 熱延システム	連続鋳造システム、熱延システム 冷延システム、プロセッシングライン	高炉システム、転炉システム
機能構成 (電気) (計装) (計算機)	日立製作所1社による統合システム	日立製作所1社による統合システム	電気(C社) 計装(D社) 計算機(A社)
特長 CRTオペレー ション	• EIC統合MMIによるシングルウィンドウ の実現(制御と情報の統合オペレーション)	• 監視、操作のCRT化によるシングルオペ レーションの実現 • 機械付き電気品の監視、操作をEIC統合 MMIで実現	• マルチウィンドウ使用によるEIC共通 MMIの実現(端末との間はイーサネット* の接続によるXインターフェース)
コントローラ	• 高性能電気コントローラ採用による電気制御 と計装は、電気コントローラによる簡易計装	• EIC統合コントローラの採用による電気、 計装システムの実現	• 電気、計装は各社専用コントローラを採用
ネットワーク	• LAN直結PI/Oステーションの採用による プラントデータベースのネットワーク化(プ ロセスデータ高速収集による知識処理、トレ ンドデータ表示によるビジュアル化)	• EIC統合LAN“μ Network-10”に よるプラントデータベースの実現(協調自 律分散システム採用)	• 電気、計装間は専用LANで接続 • 電気、計装と計算機間はイーサネットを介 してGW経由で接続
ソフトウェア 開発	• MICA採用による電気PLCソフトウェア の自動生成と、操業画面によるソフトウェアモ ニタの実現(電気ソフトウェアの電子化、ト ラブルシュートの省力化)	• MICA採用による電気PLCソフトウェ アの自動生成と操業画面によるソフトウェ アモニタの実現	• EIC各システムごとのソフトウェア開発 ツールを採用し、各EICごとの単独メン テナンスで対応
システム支援	• 電気PLCのN:1バックアップ構成制御 (ダウンタイムの最短化) • オンライン並行シミュレータの実現 (ソフトウェア開発環境の高機能化)	• 操業保守支援システム“SODAS”の採用 • ワークステーション、パソコンなどの汎用 機器の採用	• 計算機システムによる知識処理システムの 構築 • 解析診断支援システムに汎用パッケージを 採用
ハードウェア 構成			

注：略語説明ほか
GW(Gateway)、PLC(Programmable Logic Controller)、MICA(Modular Integrated Concept Architecture)、POC(Process Operator's Console)
EWS(Engineering Workstation)、*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。

図2 鉄鋼EIC統合システムの構成
今後の鉄鋼EIC統合システムでは、シングルベンダEICからマルチベンダEIC化にも対応が可能である。

ドウェアのオープン化を推進することにより、多様なマルチベンダEICシステムにも積極的に取り組む考えである。

3 自己成長型操業保守支援システム“SODAS”

SODASの基本思想は、システムとオペレータ、スタッフがどのように業務を分担すれば鉄鋼生産プロセスの効率化と高品質化が達成できるかを分析することに始まる。この分析結果から、(1)オペレータの負担が大きい、多種多様な操業条件への対応をいかにしてシステムが分担していくか、(2)技術者のスキルに依存する部分が多い新たな制御方式の導入、モデルチューニングなどの調整業務をいかにしてシステムが自動化したり、スタッフ支援をすることによってスキルの違いによる部分を少なくできるか、といった多方面からのアプローチを行う。

つまり、成長性があり、オペレータとスタッフが協調して業務を推進できるシステムを開発しようとするものである。SODASの基本的な考え方と機能概要を図3に示す。

SODASで実現しようとしている主要機能としてダイナミック制御システム、知的高保全システム、およびソフトウェア開発支援システムについて以下に述べる。

3.1 ダイナミック制御システム

現状の制御レベルで達成している製品品質をさらに向上させるには、従来では考慮されていなかった操業者の経験やノウハウの制御への反映が必要となるが、情報処理機能と制御機能を個別に構成している従来の制御システムでは対応が難しくなっている。この対策として、大量のオンラインデータをリアルタイムに扱う情報処理、操業状態に即応して高速に最適な処理を実行する制御機

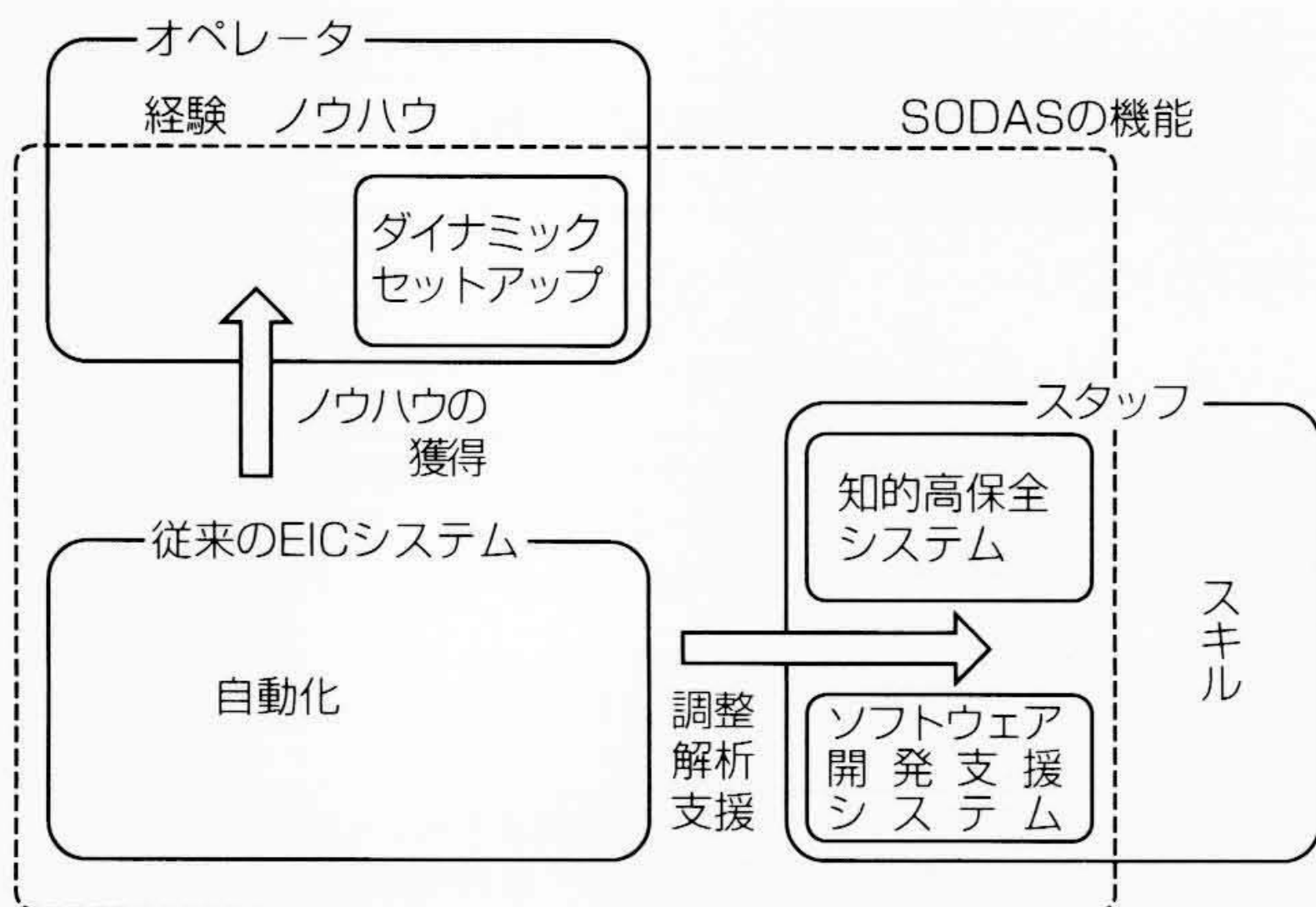


図3 SODASの基本的な考え方と機能概要

製品の品質や操業保全性の向上と安定のためには、オペレータやスタッフと協調して業務を推進するシステムが必要となる。

能を有機的に結合するシステム技術、およびコンポーネントを用いて、操業者の経験やノウハウの制御への反映が可能となるダイナミック制御システムを開発した。

このシステム構成の考え方を図4に示す。ダイナミック制御の機能は次の三つに分類される。

(1) 圧延異常予測機能

熟練オペレータの知識を自動化するため、データマイニング技術を用いて、圧延プラントのプロセス情報から、板破断などの操業異常を招く際のプロセスデータの規則性を発見し、この原因条件をセットアップに反映することによって圧延異常を事前に予測する機能

(2) ダイナミック修正機能

製品の歩留り向上、操業の安定化を図るために圧延コイル内でリアルタイムにモデル学習を行い、設備の最適性を保つために必要に応じて再セットアップを行う修正機能

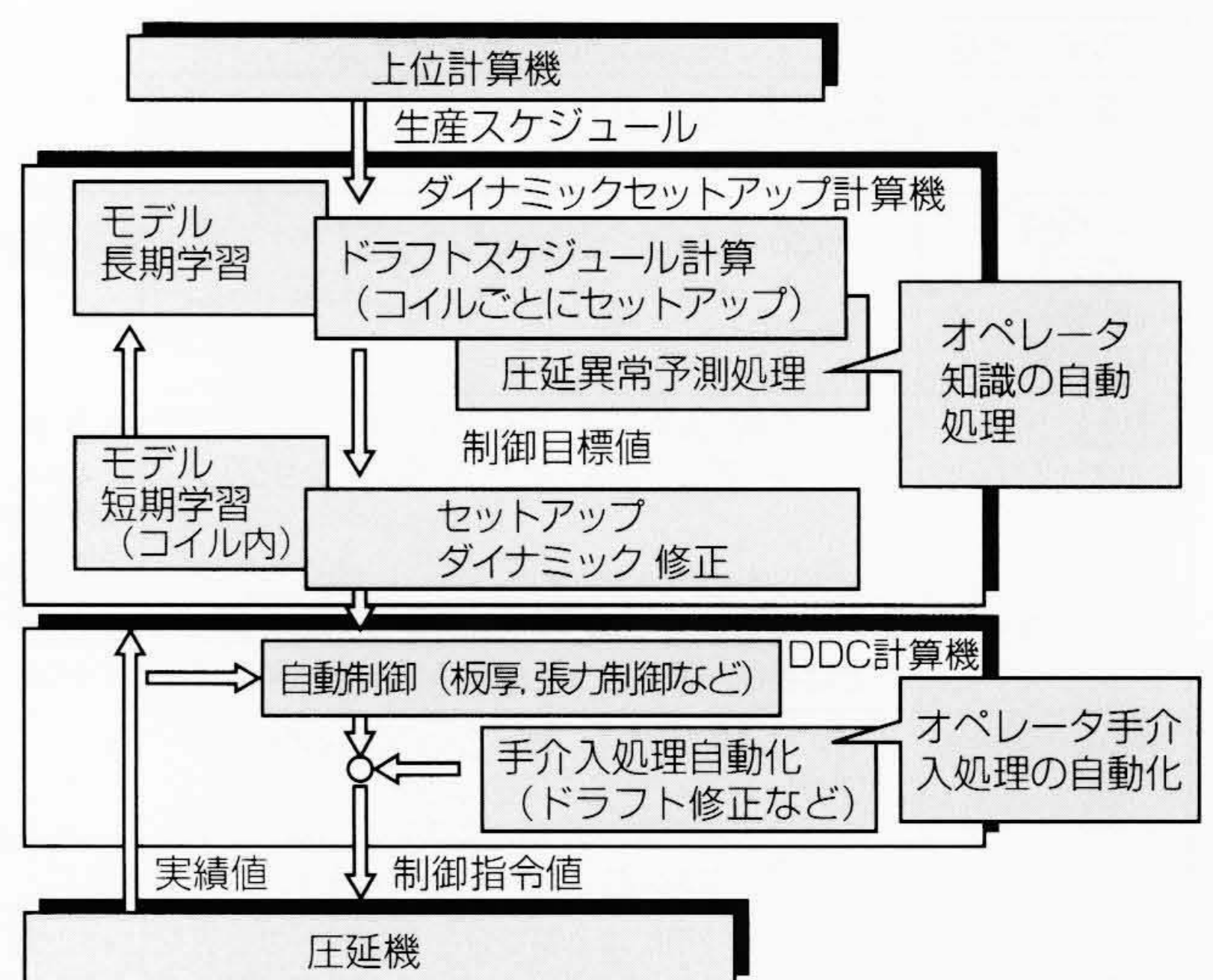
(3) 手動介入処理自動化機能

操業中の負荷アンバランスなど、これまではオペレータが手動で修正していたコイル内での異常処理を自動修正する機能

3.2 知的保全システム

保全業務を効率化するためには、ヒューマンインタフェースの高度化、制御部の知能化、予知保全の革新など、種々のアプローチで技術開発を行う必要がある。ここでは、保全業務の効率向上のため保全者の使いやすさを目指した支援ツールの統合化を中心に述べる。

システム構成の一例を図5に示す。冷却指令や凝固モデルの計算を行うユーザー定義機能、DDE^{※1)} (Dynamic Data Exchange) で結合したMATLAB^{※2)} のフィルタ機



注：略語説明 DDC(Direct Digital Controller)

図4 ダイナミックセットアップ制御システムの概要

製品の品質を現状よりさらに向上させるためには、操業者の経験やノウハウを制御システムへ反映させるシステムが重要となる。

能、およびリアルタイムの制御誤差情報を用いて制御部を調整するAJNN^{1),2)} (Adjusting Neural Network) をブロック形式で定義し、統合化ツールの利用によってWindows^{※1)}上で一体化してシステムを構築する。オペレータは、動作の開始、終了、デバッグを上部のボタン操作で画面を見ながら行う。開発システムでは流通ソフトウェアの活用で開発コストを削減するとともに、AJNNや、故障部位の特定技法である免疫診断^{3),4)}などの日立製作所独自のツールを効率よく組み込んだ高品質なシステムが実現できる。

今後は、マルチメディア技術などとの有機的な融合を進め、オペレータへのいっそうの支援効率の向上、操業のワンマン化を目指す。

3.3 ソフトウェア開発支援(MICA)システム

鉄鋼プラントの制御ソフトウェア開発支援として、MICA (Modular Integrated Concept Architecture) システムを開発し、実システムに適用している。

プラント全体を制御するソフトウェアは制御の高度化に伴って複雑化しており、ソフトウェアを効率よく管理保守するためのツールが要求されている。また、鉄鋼プラントの稼動期間にハードウェアの更新が発生しても、

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

※2) MATLABは、サイバネットシステム社の登録商標である。

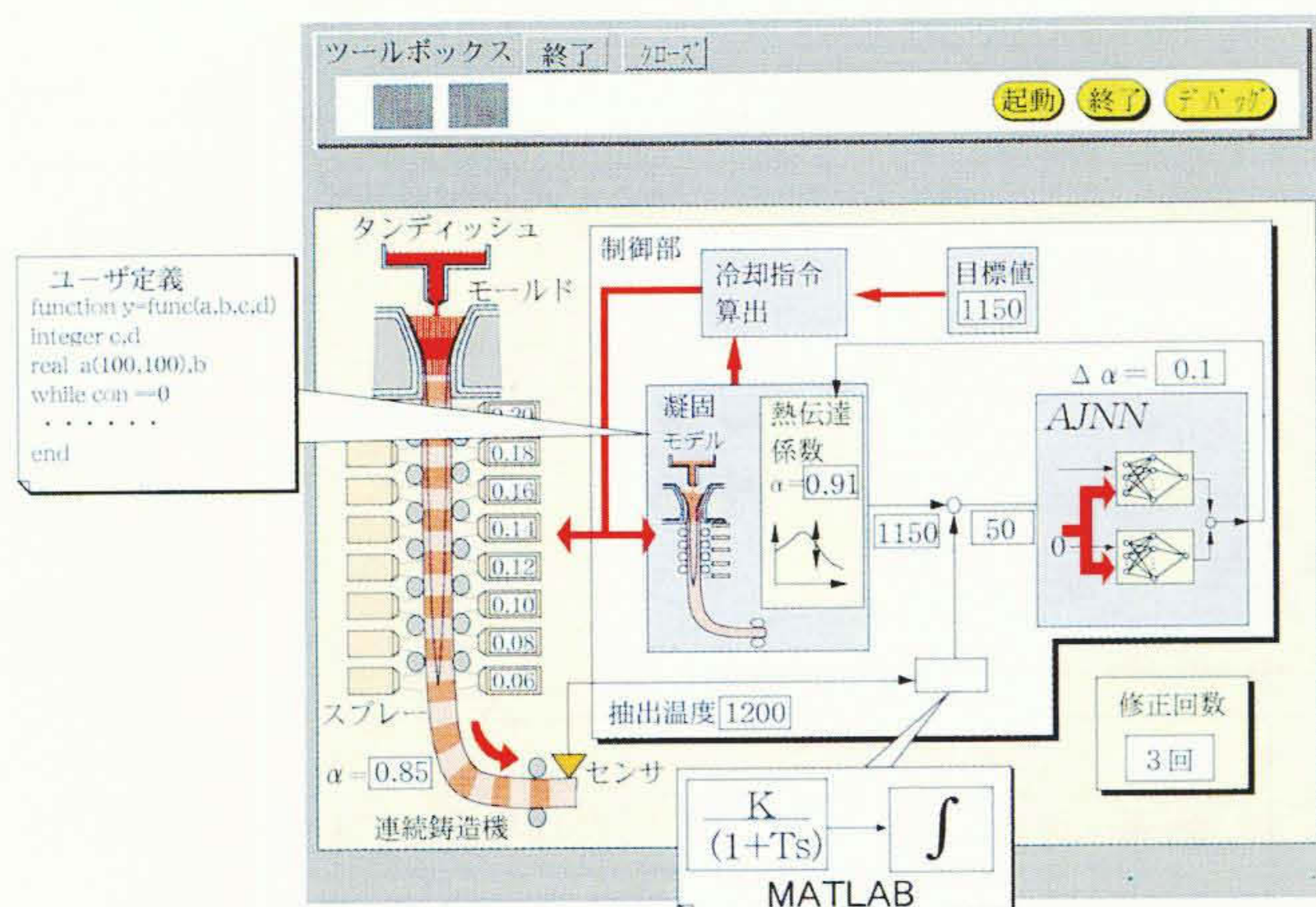


図5 SODASで構築した保全ツールの例

流通ソフトウェアと日立製作所独自のツールを統合して保全業務の効率向上を目指す。

将来にわたって互換性のあるシステムが要求されている。

MICAシステムは、制御ロジックを運転方案の形で記述したドキュメントファイル(モジュール)からソフトウェアを自動生成するものであり、記述したドキュメント上でソフトウェアのデバッグ、保守が可能である。

MICAを適用することにより、プラント全体のソフトウェアを開発用WSで一元管理することが可能であり、運転方案の形でソフトウェアを扱うことができるので、保守が容易となる。また、MICAのモジュールは運転方案の形で書かれているため、ハードウェアの機種が変わっても将来にわたって互換性が維持できる。さらに、ネットワークを通して、操業用のどのCRT端末からも任意の

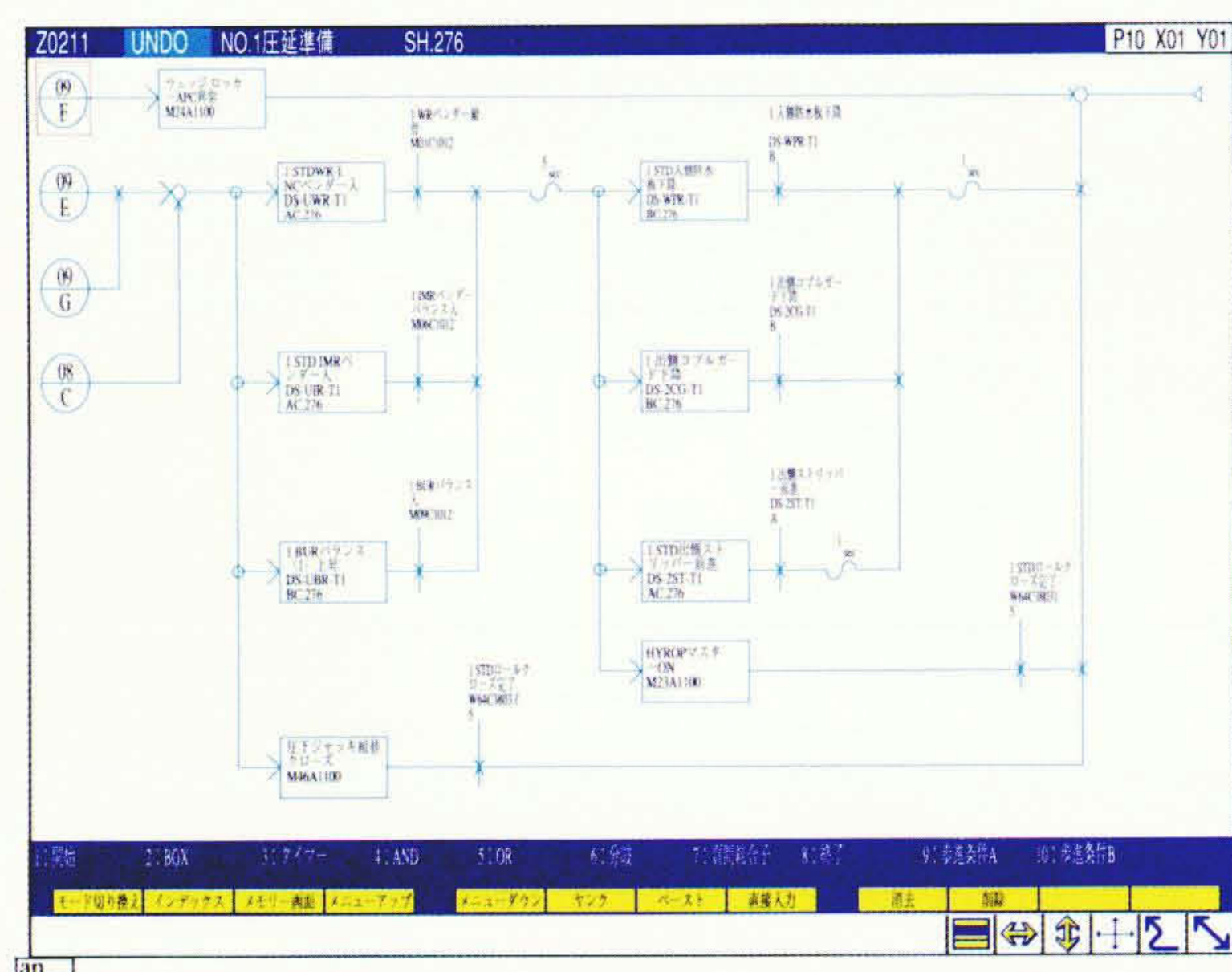


図6 MICAシステムの画面例

MICAシステムによってソフトウェアの運転方案ベースでの作成およびモニタが可能となった。

コントローラのソフトウェアが運転方案と同じ形でモニタできる。プロセスの動作状態をオペレータが確認できるため、故障の一次判断が可能であり、保全を省力化することができる。MICAシステムの画面の例を図6に示す。

4 EICコンポーネント

4.1 協調自律分散システム

協調自律分散システムの構成概念を図7に示す。協調自律分散システムは、従来のメーカー固有の情報制御LANやコントローラ、制御サーバにとどまらず、オープン化のニーズに対応して汎用LAN〔イーサネット・FDDI(Fiber Distributed Data Interface)〕や汎用機器を統一したアプリケーションインタフェースで接続ができる。

協調自律分散システムを鉄鋼に適用した場合の特徴は、以下のとおりである。

- (1) 汎用LAN，制御LANを統合した通信プラットフォームの採用で，統一したアプリケーションインタフェースが実現できる。
- (2) システムの拡張・変更時に，既存システムの変更が最小限にでき，段階的なシステム構築が可能である。
- (3) メッセージ駆動によってシステム構造を単純化し，ソフトウェアの開発，移行，保守が容易に実現できる。
- (4) バックアップシステム，および分散機器の監視機能による高信頼分散システムを容易に構築することができる。

4.2 情報制御サーバ

大容量データ，高性能プロセッサでの制御を実現する情報制御サーバでは，UNIX^{※3)}標準インタフェースのほかに，リアルタイム制御アプリケーションプラットフォームと高信頼化ハードウェアを備えている。鉄鋼システムでは，協調自律分散システムとEIC統合アーキテクチャの融合により，膨大な量となってきた情報制御の演算処理がEICの枠組みにとらわれずに，統一したアーキテクチャの下で実現できるようになった。

4.3 EIC統合コントローラ

EICシステムでのコントローラは1秒周期を基本とした計装制御と，圧延機の板厚制御などの数ミリ秒周期の電気制御，イベント対応動作を基本とした情報処理制御

※3) 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。

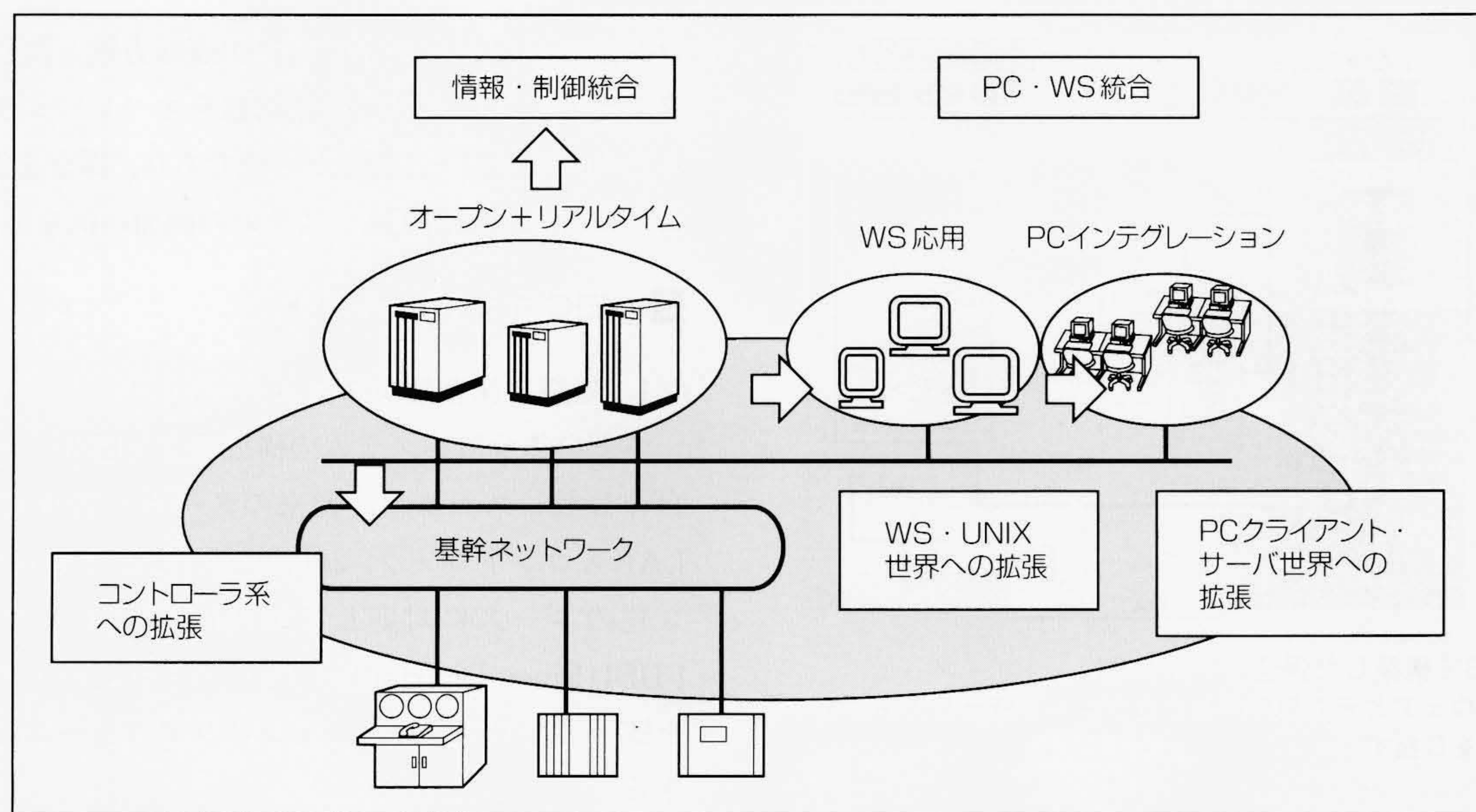


図7 協調自律分散の構成概念

協調自律分散により、UNIXサーバからWS・PCまで用途に合わせて各コンポーネントを統合管理し、コントローラ・UNIX・PCの異機種、異文化の組合せで相乗効果を発揮するシステムを容易に構築することができる。

を統合した機能を備えている。プロセッサには32ビットRISC(Reduced Instruction Set Computer)プロセッサを採用し、1ユニットに最大4台までのコントローラが実装可能なマルチプロセッサ構成を採用している。また、二重化サポート機能によって高信頼システムの構築が可能である。さらに、分散システム構築のために協調自律分散システムを搭載しており、小規模システムから大規模分散システムまで柔軟に構築することができる。

4.4 EIC情報制御LAN

EIC統合システムの基本となる制御LANでは、プラントデータをすべてのステーションに伝送するメモリ転写機能により、制御サーバとEIC統合コントローラとの間でプラントデータを共有することができ、シミュレーションシステムやバックアップシステムを容易に構築することができる。また、協調自律分散システムにより、統一したインタフェースでステーション間でのデータ伝送

を実現している。

情報LANとしてはIEEE802.3を採用することによってオープンシステムの構築が可能であると同時に、協調自律分散システムのサポートにより、制御LANと情報LANとの間でスムーズな情報伝送を実現している。

5 おわりに

ここでは、鉄鋼EICシステムで達成すべきシステム化技術としてSODAS機能の概要について述べた。

日立製作所は、SODASの開発を通じて操業・保守でのシステムのあり方を検討し、EICシステム発展の方向性を見いだそうと考えている。

今後、システムはますます高度化し、操業形態やシステム構成が大きく変化すると思われる。日立製作所は、これらの変化に対応したEIC統合システムの開発に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) 杉田, 外: モデルチューニングを高精度に行うアジャスティングニューラルネットの構成と学習方式, 電気学会論文誌D, 115巻4号(1995)
- 2) M. Kayama, et al.: Adjusting Neural Networks for Accurate Control Model Tuning, FUZZ-IEEE/IFES '95(1995)
- 3) 鹿山, 外: 免疫ネットワークとベクトル量子化を組み合わせたセンサ診断システム, 電気学会論文誌D, 115巻7号(1995)
- 4) M. Kayama, et al.: Distributed Diagnosis System Combining the Immune Network and Learning Vector Quantization, IECON '95(1995)