

制御用計算機のアプリケーションの動向

Progress in Application of Hitachi Control Computers

近年、産業界、一般社会での計算機制御の適用分野は拡大する一方であるが、これとともにその果たす役割はますます重要なものとなっている。技術面では、広域化、大規模化に伴うネットワーク技術、マルチコンピュータシステム、プラントデータベース、32ビットマシンの登場、一方でマイクロコンピュータの普及やカラーCRTによるマンマシン機能の充実などが大きな潮流となっている。

本稿では、エネルギー分野の効率向上に、産業の合理化に、社会システムの向上に、更に新分野に展開される制御用計算機のアプリケーションの動向をとらえるとともに、アプリケーションソフトウェアの生産性向上と品質の向上のための標準化の重要性について述べる。

小野 光* Hikaru Ono
桑原 洋** Hiroshi Kuwahara
出村吉晴** Yoshiharu Demura
村井忠雄*** Tadao Murai
三巻達夫**** Tatsuo Mitsumaki

1 緒 言

制御用計算機が実用に供され始めてから約20年が経過したが、その間に制御用計算機の用途は、それを取り巻く経済社会的環境、技術的環境とともに大きく変化している。単純な日報記録の自動化手段から、大量のオンラインデータの処理マシンとして、情報化社会の重要な一翼を占めるようになり、また、プロセスの自動運転監視装置から、省エネルギー、省資源、製品多様化の命題にこたえながら生産性と品質の向上を図る強力な武器となって、今や我が国産業社会の高能率・高生産性を支える基幹技術の一つであると言っても過言ではない。

本稿では、制御用計算機システム技術の流れを概観するとともに、各種適用分野での最新のアプリケーションの現状と将来への課題を述べ、更にソフトウェア生産に関する諸問題について言及する。

2 制御用計算機システム技術の発展

2.1 制御用計算機システムの動向

工業プロセスの中で制御用計算機システムが果たす役割が拡大するにつれ、プラントデータベースを中核とする大規模情報制御を実現するための大きな情報処理能力と、広域に散在する制御対象を効率よく分散処理し統括制御するネットワークシステムアーキテクチャへの要求がますます強くなりつつある。また、複数台のコンピュータを結合したマルチコンピュータシステム構成は、その拡張性及び信頼性の観点から幅広く定着し、システム構成技法としてオンラインリアルタイムシステムに不可欠なものとなっている。本章では、これらシステムの発展を可能とする基盤技術、及びシステム技術について述べる。

2.2 ハードウェア技術

LSIに代表される半導体技術の進歩は、ハードウェアのパフォーマンス/コストを著しく向上させ、制御用計算機の性能、容量共々、汎用中形機を超えるものも出現してきている。その典型例は主記憶装置の最大容量であり、その推移を図1に示す。最近の32ビット・スーパーミニコンピュータでは、最大8Mバイトに及ぶ主記憶を実装でき、更に、この実空間を使いこなす主記憶管理として仮想記憶制御を具備する例も

出てきている。今後は更にVLSI化が進み、処理装置の性能、信頼度共に大幅に向上すると予想される。日立製作所の最新機種HIDIC V90/50(以下、H-V90/50と略す)システムは、こうしたハードウェア基盤技術をベースに機能分散マルチプロセッサ構成を基本構造とした高性能32ビット機である¹⁾。H-V90/50はHIDIC 80シリーズとして展開してきた16ビットファミリーの上位機種として開発されたものであり、HIDIC 80シリーズとともに多様なシステム構成に柔軟に対応できることをねらったものである。もう一つの基盤技術としては、光ファイバの特質と利点を生かした光伝送技術が、種々のシステム構築に大きなインパクトを与えると予想される。広域に散在する制御対象を分散制御するとともに、データの集中管理、保守の統括化を図る構内ネットワークシステム(10Mビット/秒クラス)への応用をはじめとし²⁾、高速・大容量データ転送と音声・画像情報までを伝送できる総合ネットワーク(100Mビット/秒クラス)への展開が図られようとしている。まず

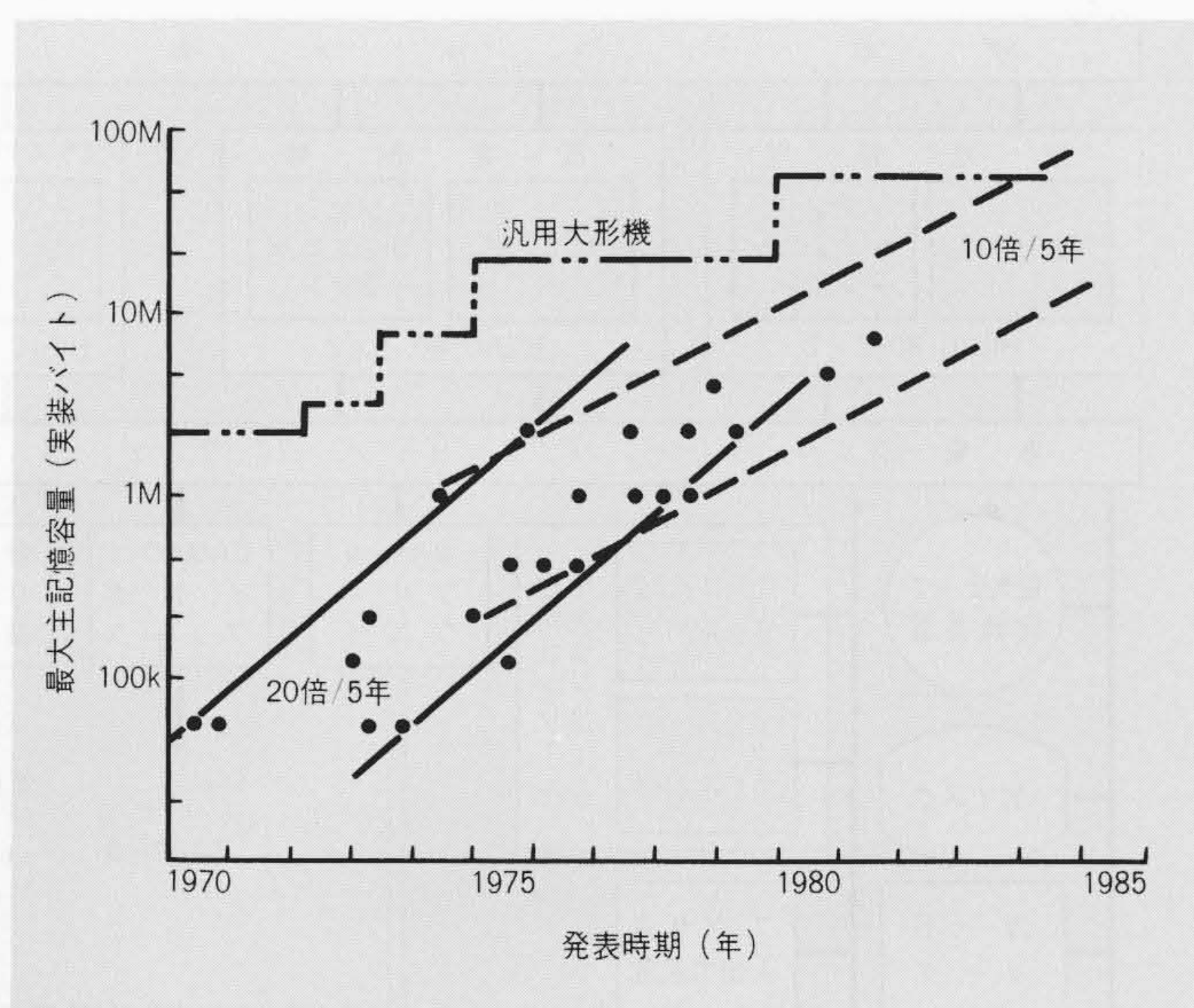


図1 制御用計算機の主記憶容量推移 制御用計算機の最大主記憶容量は、20倍/5年から10倍/5年の割合で増大の一途をたどっている。

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所システム事業部 **** 日立製作所システム開発研究所 工学博士

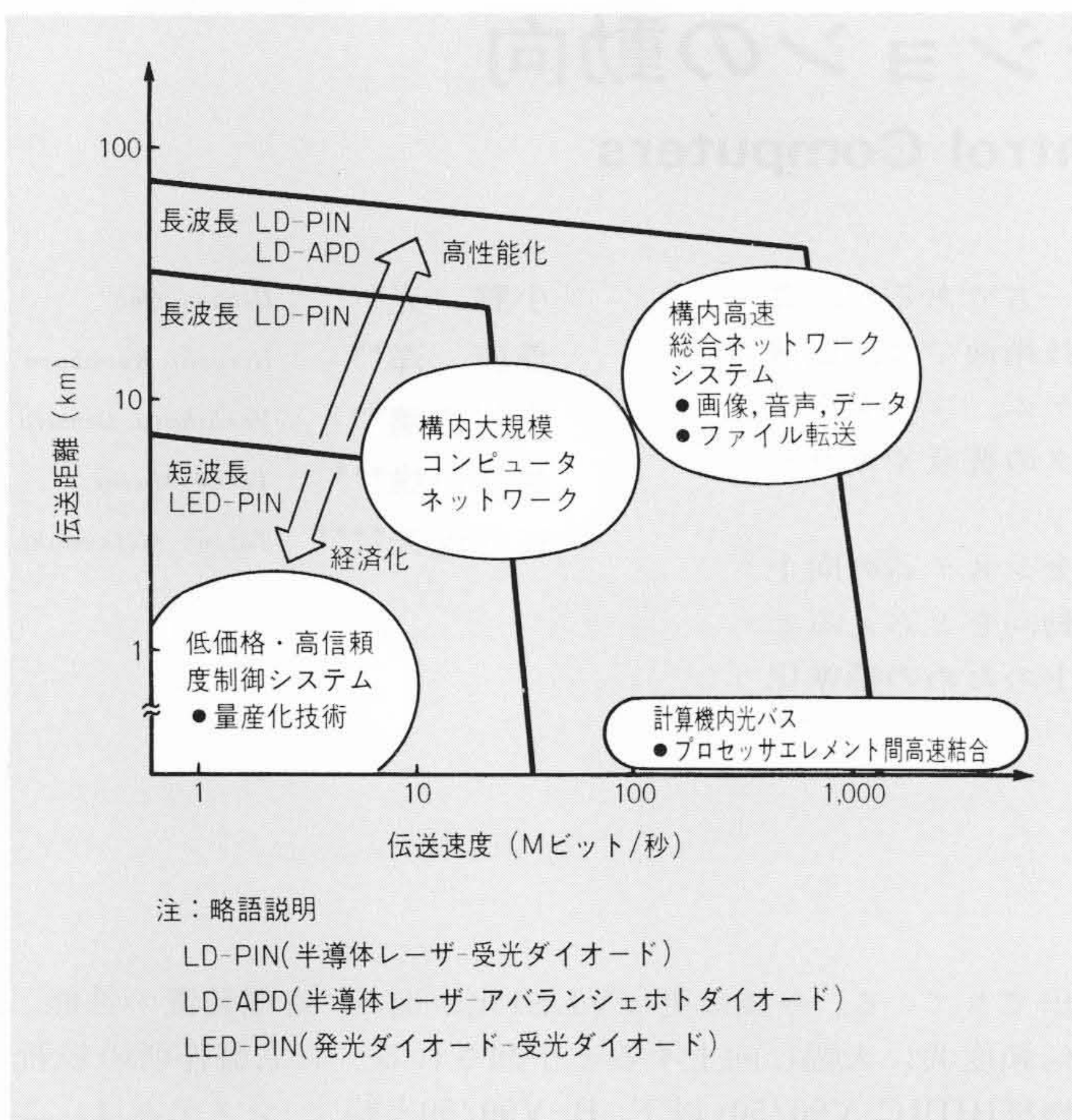


図2 光適用システムの今後の動向 帯域幅の拡大による高性能化と低価格短波長の普及の二つの流れがある。

短波長領域では、一般入出力機器の接続まで含めたデータバスとしての応用が普及すると予想され、長波長領域では高速・大容量の伝送路を利用した画像、音声などまで含めた総合ネットワークへと展開されるであろう(図2)。

2.3 ソフトウェア技術

VLSI化のインパクトは、ソフトウェアの核であるOS(オペレーティングシステム)にも及んでいる。すなわち、OSの

ファームウェア化であり、高集積化された高速記憶にOSの核となる部分を吸収し、大規模システムではあっても高い応答性能を具備することが可能な点である。更に、機能分散マルチプロセッサなど、LSI化されたコンポーネントを組み合わせ、より高い性能を引き出す技術がOSとして重要、かつ一般的なものとなるであろう。

言語システム、エディタ、その他ユーティリティなどのプログラミングシステムについては、ソフトウェア生産性向上の基盤となるツール群として、より便利に、高度な機能が実現されていくと同時に、応用ソフトウェアの市場流通が盛んになるにつれて、この可搬性(Portability)が最も重要な課題の一つになると予想される。すなわち、プログラミング言語など応用ソフトウェアの動作環境の標準化のいっそうの進展に伴い、他所で開発されたプログラムが、スムーズに移行できることが現実的となってきており、各種言語レパートリーを整備することと同様のメーカー側の責務となってくるであろう。

3 アプリケーションの現状と課題

3.1 エネルギー分野の効率向上

(1) 発電プラント

火力発電プラントの制御用計算機の適用は、運転監視の自動化から、プラントの運転効率の向上など、その機能の高度化が進んでいる。また、運転員がプラントの状態を迅速的確に把握できるように、CRT(Cathode Ray Tube)による図形表示などの豊富な表示機能が一般化している。

一方、原子力発電所では安全性の確保を考慮して、運転員が的確な判断、指示ができるようにするために、マンマシン性の向上が大きな課題となり、CRTディスプレイを多数採用した制御盤が採用されつつあり、監視・操作機能の中での計算機の位置づけは極めて高くなってきている。したがって、計算機に要求される機能の高度化・高信頼化に対応するため、

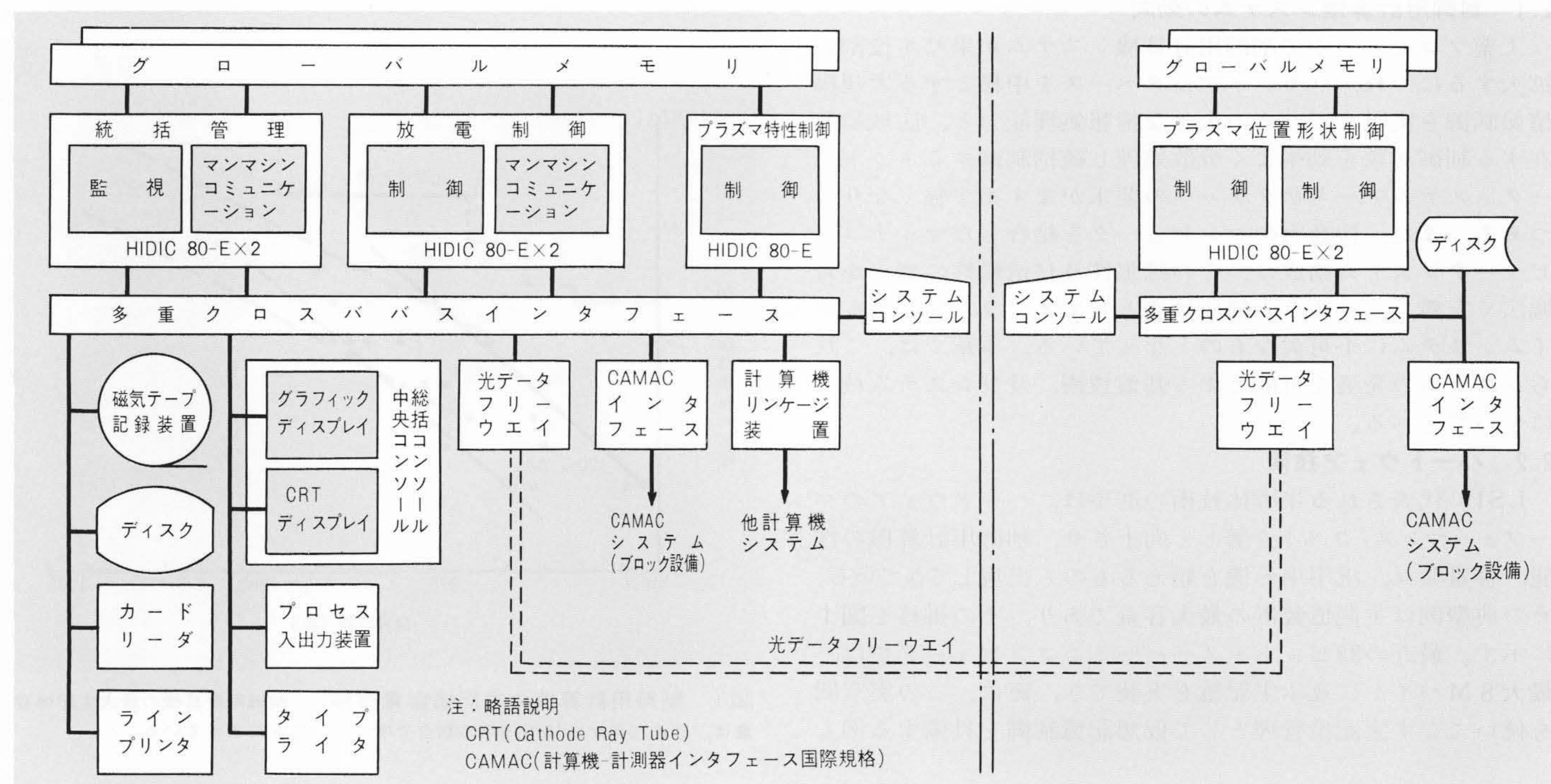


図3 臨界プラズマ試験装置「JT-60」全系制御設備計算機システム HIDIC 80-E 計7台で構成する二つのマルチコンピュータシステムが、CAMAC 標準インタフェースを介して各種の制御設備とつながり、試験全体の統括、制御を行なう。

複数計算機によるロードシェア方式のマルチシステムが採用されてきている。

更に、高速増殖炉や核融合など新エネルギーの開発実験設備への適用も活発であり、図3は臨界プラズマ試験装置“JT-60”の全系制御設備での例を示す³⁾。

(2) 電力系統

燃料費の高騰に伴い省エネルギーへの対応が進み、電力系統設備の伸びは鈍化の傾向を示しているが、一方、設備の効率的な運用の追求、系統事故時の支障の最小化など、より合理的な系統運用のために計算機に要求される機能は、ますます高度かつ過酷なものとなっている。

このため、計算機の規模は大形化し、32ビットマシンによるマルチ構成の採用が本格的に進んでいる。

また、ソフトウェア面では、電力系統設備の日常的な改変に対応して、システムの拡張、保守を容易にするために、データベースの構築及びそのメンテナンス技術の進歩が著しい。

3.2 産業の合理化

(1) 鉄鋼プラント

最近の製鉄所では、大規模かつ複雑多岐にわたる各種のプロセスに対応して、数十台の制御用計算機が稼働しているのが通例である。高品質の維持、多様な操業への追随、省エネルギー、省力化のニーズを満たすため、制御範囲の拡大と制御内容の高度化が進み、制御用計算機システムの広域、大規模化がもたらされた。更に、製鉄プロセスの絶えざる技術改良や設備更新に対応して、計算機側でのシステムの改造増設やプログラムの保守が日常茶飯事となっている。

システムの広域化に対しては、高速・高信頼データ伝送を特長とするデータウェイを介したネットワークシステムの採用により、いわゆる制御の分散と管理情報の一元化を同時に実現している。また大規模化に対しては、マルチコンピュータシステム構成の採用により、負荷の分割、相互バックアップによる高信頼化、システム拡張や保守の容易性、入出力機

器の共用など数々の利点が得られるようになった。

図4は、新日本製鐵株式会社君津製鐵所で稼働中の製鋼統合分散システムの例を示すもので、光ファイバを利用したデータウェイシステム、5台マルチコンピュータ方式のほか、マルチジョブシステムを採用して、1台の計算機内に複数の独立したアプリケーションシステムを構築できるようにしている⁴⁾。これらにより製鋼エリア全般につき、同一計算機言語、同一ソフトウェアシステムによるシステム保守が可能となり、保守作業効率の極大化が図られている。

(2) 化学プラント

制御用計算機によるDDC(直接デジタル制御)など、化学プラント運転操作への応用は、

- (a) 制御装置としてのシステム信頼性、安全性の向上
- (b) ワンマンコントロールのための監視制御盤のスペース最小化と集中化
- (c) 高級制御や省人化のための各種センサの開発

などが課題とされていたが、マイクロコンピュータの利用や高密度カラーCRTの応用により解決されている。

連続プロセス系では、マイクロコンピュータ技術による分散形DDCが普及しつつあり、これらの上位に位置する制御用計算機の役割は、ワンマンコントロールを目指したカラーCRTによるマンマシンインタフェース機能、プラントデータベースの構築によるプラントの安全監視及び運転管理、省エネルギーを目指した最適化制御などが挙げられる。

一方、省資源、ニーズの多様化から多品種少量生産に向くバッチプロセスが見直されているが、原料仕込み、反応、製品の抜き出しなど一連のプロセスを、プラント全体の相互関係に基づいてシーケンス制御やDDCを行なう必要がある。分散形のコントローラでは、相互間のデータ授受が頻繁に発生して非効率であり、プラントデータベースをもつ制御用計算機による集中制御方式が、多品種のグレード別のデータによる設定値の自動切換えなどを含め利点が多い。

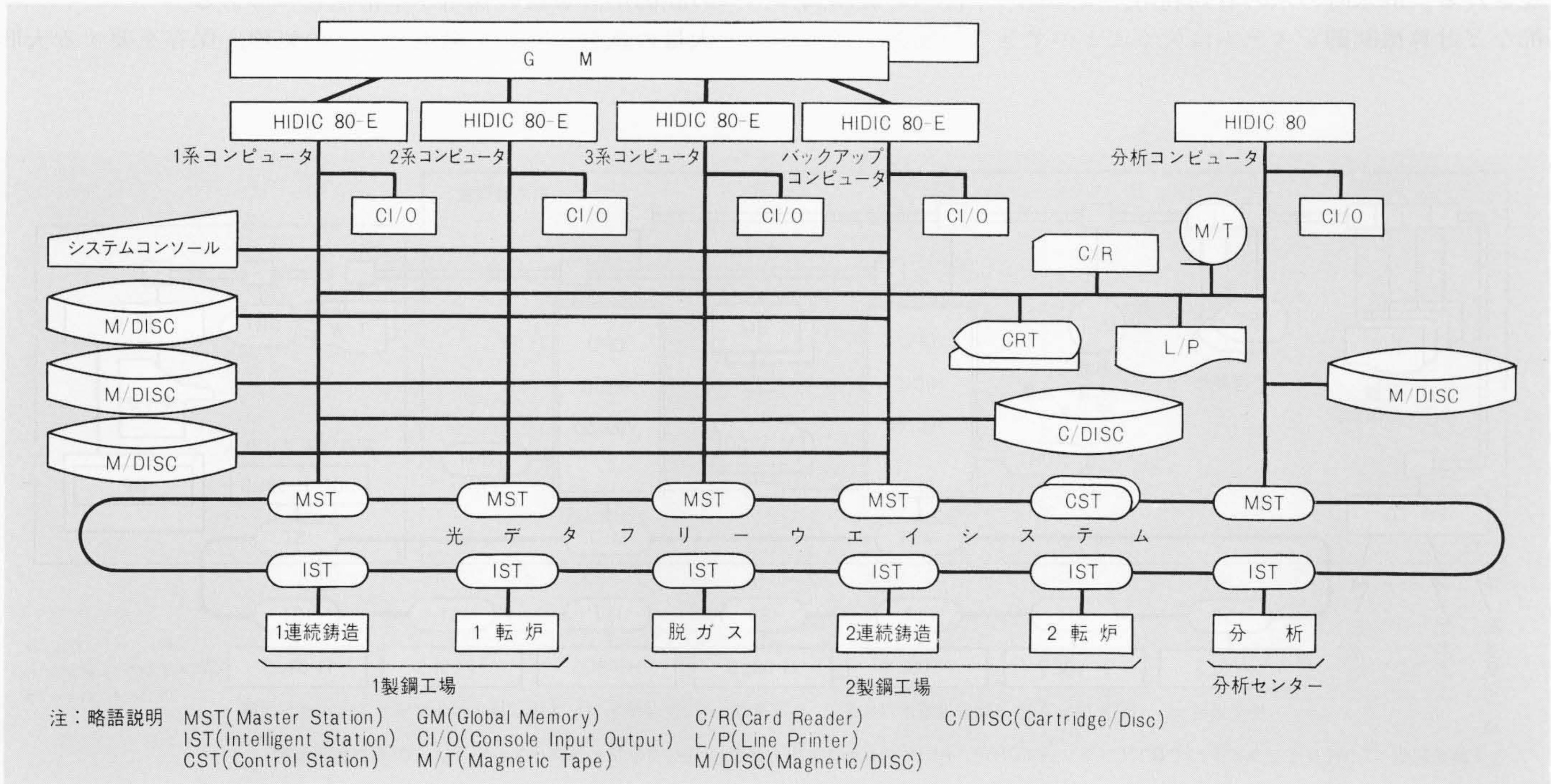


図4 新日本製鐵株式会社君津製鐵所納め製鋼統合分散システム 光データウェイを採用した5台マルチコンピュータシステムで、分散制御と管理の一元化及び保守作業の効率アップを図っている。

3.3 社会システムの向上

近年の経済活動の大規模化、国民生活水準の向上などにより上下水道、河川、交通などの社会・公共システムも一段と高度化、広域化しており、制御用計算機がより重要な役割を果たすようになってきた⁵⁾。この分野のオンラインリアルタイムシステムでは、特に安全性、信頼性、使いやすさなどが要求される。

(1) 上水道

上水道の普及率向上、プラント施設の充実に伴い、計算機による施設の効率的運用維持管理、省資源、省エネルギー、需要家へのサービスの向上などが重要になってきた。オンラインでの需要予測による最適水配分、オンライン管網解析による広域にわたる末端配水圧力の最適制御、地震時の配水系統の防災監視など高度技法を採用した広域制御システムが実用化しており、また、浄水場での高度な薬品注入制御も実現している。図5に大規模浄水場計算機制御システムの構成例を示す。

(2) 下水道

流域下水処理場、大形公共下水処理場を中心にデータウェイを採用した分散形システム、マルチシステムなどの設置が進んでおり、DO(溶存酸素)制御、MLSS(混合液濃度)制御、汚泥制御などのオンライン制御技法が実用化した。またオンラインでの雨水、汚水流入量予測技法、総合水質制御のための数式モデルも実用化の段階になった。

(3) 河川、ダム

治水、利水、水質管理のために建設省を中心に、河川情報システム、ダム、堰ゲート制御システムが設置されている。

河川情報システムは、全国の1級河川、ダム、堰とその流域の水理、水文情報を動的かつ一元的に、的確かつ迅速に処理、管理するネットワークシステムであり、現在全国的規模での設置が進められている。

また、オンラインでの降雨の流出予測モデルなどの高度な技法も実用化されており、多段ダムの総合運用技術も確立している。ダム、堰ゲート制御では、特に安全性、信頼性が重視される。低水時の水の有効利用、洪水時の下流への放流調節など計算機制御システムは欠くことのできない制御システム

の中核として適用されている。

(4) 交通

鉄道システムでは東北・上越新幹線に適用のHIDIC列車運転管理システムで代表される高い信頼性、安全性、保守性をもつ計算機制御システムの実用が定着してきている。地下鉄や新都市交通システムの運用管理でも、安全性を高めると同時に高い運行効率を達成するために、また駅構内での利用者への案内・表示の自動化を進めることを目的とし、計算機制御システムの導入が活発である。

道路交通システムでは広域化、複雑化する高速自動車道の統合管理、トンネル換気制御、防災監視制御、有料道路での料金管理など制御用計算機がシステムの中核として適用されている。

3.4 新分野の展開

制御用計算機は、鉄鋼、電力、化学などのいわゆる基幹産業への適用を中心として発展してきたが、最近ではそのシステム高信頼化技術の実績、リアルタイム処理のコストパフォーマンス、専用機としての使いやすさなどが注目され、数数の新しい分野への適用が盛んである。

人工衛星によるリモートセンシングが、地球資源の有効利用や環境保全、更には産業社会への大きなインパクトとなりつつあるが、基本となる観測データの信号処理、画像補正、パターン認識など、いずれも計算機による高速・高精度の演算処理を経て、一般への利用が可能である⁶⁾。図6は日立製作所で開発したランドサット衛星画像データの宇宙開発事業団納め地上受信記録・処理システムと、画像の解析、評価、利用のための処理システムを示すもので、アレイプロセッサや画像処理用特殊演算プロセッサを付加して、高速・高精度かつ豊富な画像処理機能と使いやすい操作性を特長としている。

工業用プロセスよりもいっそうシビアな要求を伴う防衛用の各種システムでも、制御用計算機の耐環境実装技術、システムを連続稼動、維持する信頼性技術、ピーク負荷を遅滞なく処理する高性能化技術などが重要視され、指揮管制システムや各種の中央監視システム、訓練用シミュレータシステムへの制御用計算機の採用が本格化しつつある。

大量の試験データを発生し、その処理、保存を要する大形

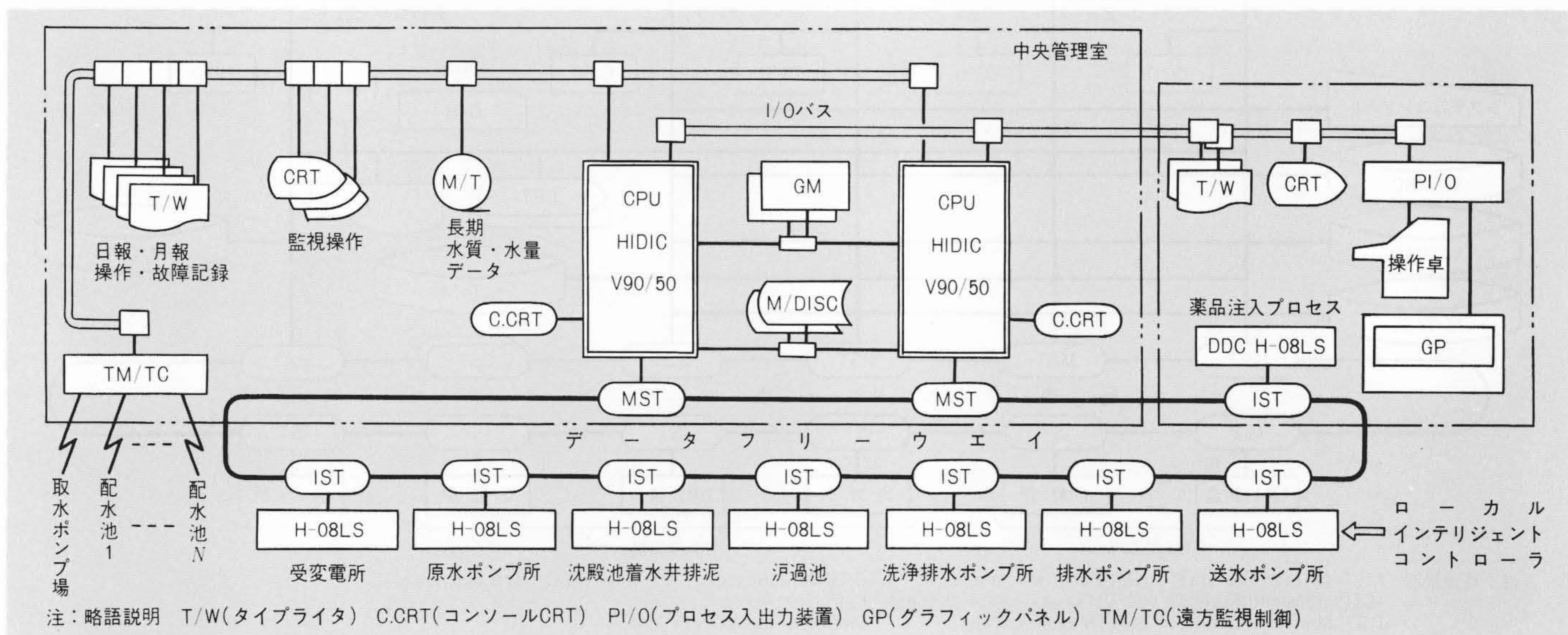


図5 大規模浄水場計算機制御システム 広大な浄水場内にデータウェイを設置し、分散制御と集中監視を特徴とするシステム構成である。

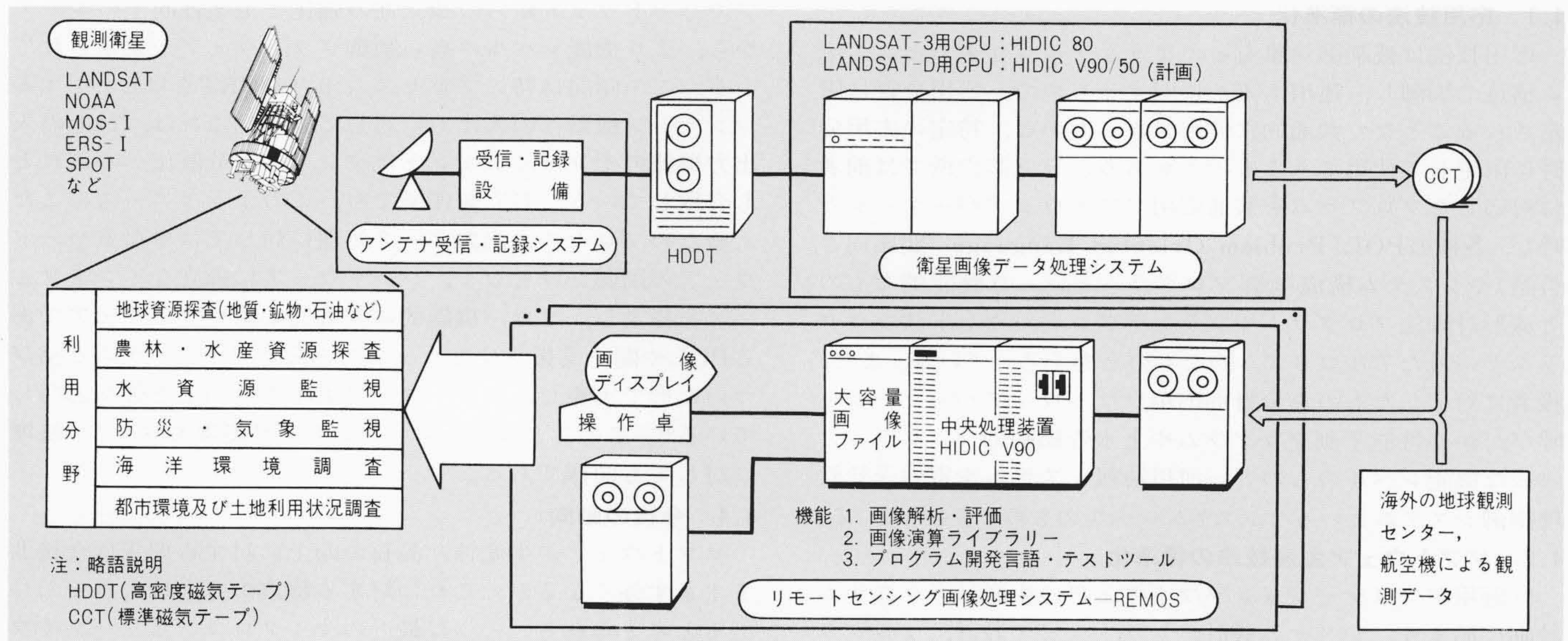


図6 リモートセンシング画像処理システムの位置づけと構成 高精度・高速処理性をもつ豊富な画像処理プログラムと、将来打上げ予定の衛星に対する拡張性をもつ点に特徴がある。

のラボラトリーオートメーションの分野でも、制御用計算機の広域・大規模システム構成機能、高速・豊富な入出力機能が欠かせぬものとなっており、粒子加速実験設備や生物環境制御などの大形実験システムが実現している。

FA(ファクトリーオートメーション)は、マイクロコンピュータの普及と、OA(オフィスオートメーション)の浸透に触発されて、今後大きな展開が期待される分野である。従来から機械工場でのNC(数値制御)機やロボットの群制御、組立工場でのラインの工程制御、生産管理に制御用計算機が重要な役割を果たしてきたが、最近のPLC(プログラマブルロジックコントローラ)の普及発展とロボットの実用化時代を迎えて、本格的なフレキシブルオートメーションが実現可能となり、無人化工場への大きなステップが踏み出された。この中で多数の自動化機器への生産指令と、全工場の生産情報を統括する制御用計算機は、FAの中核としてますます重要な地位を占めるようになるであろう。また、日立製作所ではFAを製造現

場(ショップ)レベルで推進するため、設備運転監視の自動化と現場事務の機械化とを1台の計算機でこなすショップコンピュータを開発した。

4 ソフトウェアの生産性と品質の向上

前章に見るように、制御用計算機のアプリケーションは発展の一途をたどっており、これに伴ってアプリケーションソフトウェアの規模と複雑さは急速に拡大している。これに対してソフトウェアの開発や保守を行なう技術者の人口は、ユーザー側、メーカー側ともに厳しい制約のある状況であるため、品質の高いソフトウェアを生産性高く供給できるようにすることが肝要である。このためには、アプリケーションソフトウェアの開発、運用、維持にかかわる各種の技法を標準化し、更にこれら技法を具体的な形で実際のシステム構築に活用できるように、物(すなわち、プログラム)の形で標準化することが基本である(図7)。

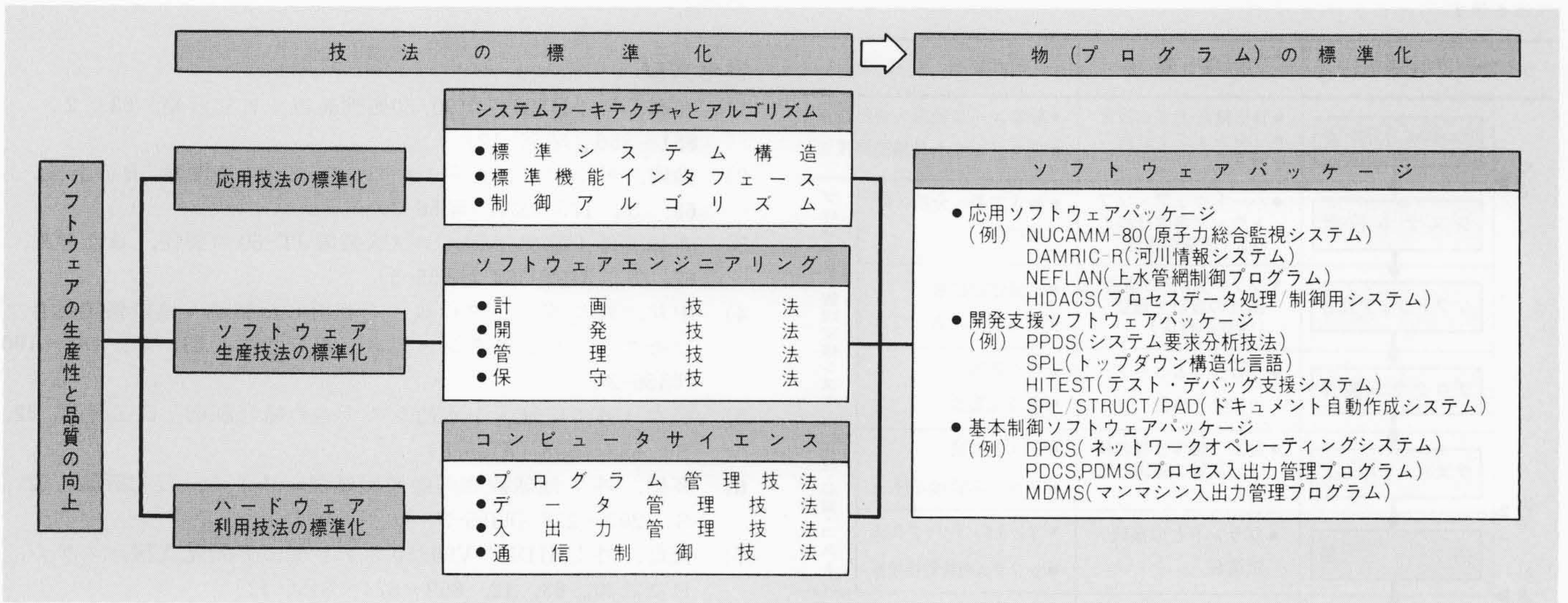


図7 ソフトウェアの生産性と品質向上へのアプローチ 応用技法、ソフトウェア生産技法及びハードウェア利用技法を標準化し、それぞれをプログラム化することが肝要である。図中に日立製作所での具体例の一部を示してある。

4.1 応用技法の標準化

応用技法は被制御対象をどのようなアルゴリズムとシステム構造で制御し、運用するかに関するもので、応用分野に限定されることなく共通的に使用できるものと、特定の応用分野に限定して使用できるものとがある。日立製作所では前者に対応したプログラムを共通応用ソフトウェアパッケージと呼び、各種のPOL(Problem Oriented Language:問題向き言語)やシステム構成制御プログラムといった機能的なものと線形計画法プログラムやブランチアンドバウンド法プログラムといったアルゴリズム的なものとをそろえている。また、後者に対応したものを分野別応用ソフトウェアパッケージと呼び、炉心性能予測プログラムや上水管網制御プログラムといった機能レベルのものと、河川情報システムや電力系統管理制御システムといったシステムレベルのものとをもっている。

4.2 ソフトウェア生産技法の標準化

制御用アプリケーションソフトウェアの生産は、システム計画に始まり、システム設計、ソフトウェア設計、プログラム製作、テスト・デバッグのいわゆる開発過程を経て、現地での据付・調整の後、ユーザーへ引き渡され、保守過程へ入る(この一連の過程は、ソフトウェアのライフサイクルと呼ばれる)。ソフトウェアエンジニアリングは、従来、個人的、技巧的に行なわれていたソフトウェアの生産方法を、より合理的で近代的なものに変革するために、ソフトウェアのライフサイクルの各過程と全体に対して工学的な手法を導入しようとするものであり、表1に示すような各種の生産技法が使用もしくは開発されつつある。

日立製作所では、これら開発過程の生産技法を中心に、プログラムとして標準的な形で提供可能なものを開発支援ソフトウェアパッケージとして用意し、ユーザーの便宜を図っている⁷⁾。

4.3 ハードウェア利用技法の標準化

計算機本体及び周辺のハードウェアを、システムとして有機的かつ効率よく動作させるための基本制御ソフトウェアとして、いわゆるOSがあるが、これは主として、計算機資源の管理が主目的であった。

これに対して、近年は制御用アプリケーションソフトウェア

表1 制御用アプリケーションソフトウェアのライフサイクルと主な生産技法 計画、開発、調整保守の各段階で、必要とされる各種の技法を示す。

ライフサイクルの各フェーズ		主 要 業 務	主 な 生 産 技 法
受注	システム計画	●目標機能・性能の設定 ●プロジェクト計画の策定	●顧客ニーズ発掘・分析技法 ●プロジェクト見積支援技法
	システム設計	●ハードウェア・ソフトウェア要求仕様の確定(機能の確保)	●要求定義・分析・評価技法
	ソフトウェア設計	●ソフトウェアの構造・論理の設計・確認(性能の確保)	●階層化設計法 ●構造化設計法
出荷 引渡し	プログラム製作	●プログラムコードへの変換と確認	●高級言語 ●構造化言語
	テスト・デバッグ	●設計・製作仕様の検証(品質の確保と確認)	●テスト言語 ●テスト品質検証技法
	調 整	●プラントとの接続・試運転	●オンラインデバッグ技法 ●システム性能監視技法
	保 守	●システムの改修・改良・拡張	●保守ドキュメント作成技法 ●既納品・変更履歴管理技法

アのハードウェアからの独立性の強化と生産性向上のニーズから、より機能レベルの高い制御ソフトウェアが要求されている。この傾向は特にプロセス入出力やCRTをはじめとするマンマシン機器への入出力に対して強い。これは、最近の入出力機器のインテリジェント化やシステム分散化への流れとも合致している。日立製作所でも、このようなニーズにこたえるためプロセス入出力データ処理に対しては単なるハードウェアの制御だけでなく、ハードウェアに独立なインタフェースを提供し、また、機能的にも共通応用ソフトウェアであるPOLや開発支援ソフトウェアであるテストシステムと結びついた形で実現し、ソフトウェア生産性の向上を強く志向している⁸⁾。このことは、マンマシンデータ処理やファイル処理に対しても同様である。

4.4 今後の動向

ソフトウェアの生産性、品質の向上に対する要求は今後ますます強くなるが、これに対する解決の方向は大きく二つあると考えられる。一つは最近のマイクロコンピュータやファームウェア技術の進展に伴うインテリジェント機能分散により、ハードウェアがますます機能レベルで扱えるようになり、ソフトウェアの負担が軽減されていくであろう。他の一つはソフトウェアエンジニアリング技術がより進展し、ソフトウェアに対するCAD/CAM/CAT(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Testing)が可能になるものと期待される。

また、応用ソフトウェアパッケージ、基本制御ソフトウェアパッケージもますます生産技術と一体化された形で提供され、ソフトウェアの生産性・品質向上を強く志向した形になるものと考えられる。

5 結 言

産業界、一般社会の高度化とともに制御用計算機の適用分野は、ますます広がり、深味を増していくものと思われる。計算機制御は、これを支えるエレクトロニクスやシステム技法など関連する諸技術分野の発展と相互に深い関係を保ちながら、限りない発達を続けるであろう。

今回の制御用計算機アプリケーション特集は、エネルギー、産業、社会の3テーマによる構成としたが、それぞれの論文はユーザー、関係各位多数の御指導と御協力があつてまとめることができたものである。ここに深謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 加藤, 外: HIDIC V90/50処理装置, 日立評論, 63, 2, 851~856 (昭56-12)
2) 満岡, 外: 高性能光データウェイシステムの開発, 日立評論, 63, 3, 173~178 (昭56-3)
3) 斉藤, 外: 臨界プラズマ試験装置 JT-60 の製作, 日立評論, 62, 5, 349~354 (昭55-5)
4) 中井, 外: 光データウェイを利用した製鋼・連続鋳造総合プロセスコンピュータシステム, 日立評論, 63, 3, 187~190 (昭56-3)
5) 松本, 外: 広域上下水道システムの総合制御, 日立評論, 62, 8, 553~558 (昭55-8)
6) 高橋, 外: 地球観測画像情報処理システム, 日立評論, 62, 3, 203~208 (昭55-3)
7) 大島, 外: HIDIC V90/50ソフトウェア開発支援システム, 日立評論, 63, 12, 869~874 (昭56-12)
8) 中西, 外: HIDIC V90/50基本制御ソフトウェア, 日立評論, 63, 12, 863~868 (昭56-12)