

鉄鋼プラントにおける計算機制御システム

Computer Control Systems Applied to Steel Plants

最近の鉄鋼プラントにおける計算機制御システムは、大規模化、複雑化の傾向をたどり、ますますトータルシステム化している。

特に、マルチコンピュータ、データフリーウェイに代表される高速情報伝送技術、マイクロコンピュータなどの技術革新により、鉄鋼業におけるビジネスオートメーション、プロセスオートメーション両面での制御用計算機の重要性はますます高まっている。

また、マイクロコンピュータの出現は、従来の制御装置の姿を一新しつつあり、パワーコントロールまで含めたトータルシステムの完成が近い。また、圧延機の計算機制御としてはワイドフランジ、鋼管など、二次元断面をもつ圧延機分野に最近は適用例が多くみられる。

久保岳明* *Kubo Takeaki*

小坂晃義** *Kosaka Mitsuyoshi*

1 緒言

鉄鋼プロセスの計算機制御の動向を左右する基本的要因は、鉄鋼プラントに占める計算機制御システムの位置づけと評価、それにハードウェア、ソフトウェア両面から成る計算機システムの技術進歩の二つであろう。計算機システムを抜きにした鉄鋼プラントが考えられにくくなってから久しいが、特に制御用計算機に限定しても、本来の特色である信頼性の高さと応答の速さ、それにプロセス入出力装置に代表される多様な、端末装置類が利用できるといった特色に加えて、ハードウェア、ソフトウェアの性能向上により、従来のプロセス制御という比較的限られた用途だけでなく、トータルシステムの一部を構成したり、単独で大形の生産管理システムに活用されるに至っている。

このような適用範囲の拡大に加えて、圧延理論に代表される鉄鋼プロセス制御技術や、Direct Digital Control(以下、DDCと略す)マイクロコンピュータ利用技術の進歩と相まって、従来比較的過程制御の対象となりにくかった、いわゆるシート物以外の圧延プロセス、すなわち、線材、棒鋼、ワイドフランジ、各種のパイプミルなどの圧延プロセス、高炉、製鋼プロセス、更にアルミニウム圧延機などへの積極的な計算機適用の傾向が著しい。

一方、計算機システムの技術進歩としては、半導体技術の進歩に支えられた素子性能の向上などで生じた処理能力の向上と、各種の新端末装置の信頼性向上、速度向上による計算機システムの性能対価格比の向上が著しいが、特にシステム規模が大きく、分散化傾向の強い鉄鋼用計算機制御システムにおいては、

- (1) マルチコンピュータシステム
- (2) データフリーウェイに代表される高速情報伝送技術
- (3) マイクロコンピュータ

などが、今後のシステム構成の動向を決定する重要な新技術である。もちろん、従来からあるシステムの保守性、拡張性などに対するニーズも強く、またソフトウェアの生産性向上のため、高性能な制御用コンパイラ、問題向き言語や、クロスコンパイラに代表されるプログラム開発手法の整備は、ますます重要となっている。

2 鉄鋼プロセスにおける計算機トータルシステム

2.1 トータルシステムの動向

鉄鋼プロセスにおける制御用計算機適用の歴史を回顧してみると、プロセスの自動化を主眼とするプロセスオートメーション面が主力であった。このような制御用計算機利用とは別に、汎用の事務用計算機の導入によるビジネスオートメーションが積極的に進められ、鉄鋼業という巨大産業における生産管理、工程管理などに著しい威力を発揮した。特に、これらの効果を高めるため汎用計算機システムのオンライン処理に努力が傾注され、多くの成功例が報告されている。

しかし、鉄鋼生産のビジネスオートメーションを単に汎用の事務用計算機単独で、リアルタイム処理として達成しようとする試みは、汎用計算機システムの持つハードウェア、ソフトウェアの特質から壁に直面し、解決策としては、プロセスオートメーションに活用されていた制御用計算機システムを、ビジネスオートメーションの分野に導入することであった。この結果、一貫したオンライン処理、リアルタイム処理の各種管理業務に加えて、プラント制御をも行なう広域計算機トータルシステムが実現されるに至った。更に制御用計算機システムそのものも、機能向上によりシステム規模の大形化が可能となり、従来の汎用計算機システムの占めていた比較的規模の小さなオンライン生産管理、工程管理を処理できるに至った。汎用計算機システムと、制御用計算機システムの融合体としてのトータルシステムについて、制御用計算機システムにどのような業務分担をさせるかによりシステム構成が決まろうが、近年の制御用計算機の動向としてのマルチコンピュータシステムと、リソース間的高速情報伝送手法を利用した「分散形マルチコンピュータネットワークシステム」とが構成され、オンライン生産管理機能と、従来よりのプロセス制御機能とを分担するようになる。図1に、一貫ラインを規定した複合計算機システムの例を示す。

鉄鋼プロセスでは、以上述べたトータルシステムとは別の意味の、別な表現をとれば、1ランク低いトータルシステムが、マイクロコンピュータの導入とともに出現しつつある。すなわち、プロセス制御の面では、セットアップ制御、DDCなどの制御用計算機の導入例は数多いが、最近の技術動向と

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所計算制御技術本部

して特に注目すべきものは、マイクロコンピュータの積極的導入である。このマイクロコンピュータの開発とともに、直接パワーコントロールのできるコンパクトなプロセス入出力装置の開発が進められ、従来のハードワイヤードタイプの鉄鋼プロセス制御装置にとって代わりつつあり、今後ますますこの傾向は強まろう。

これらのシステムは、もちろん単独で設置される例も多いが、先に述べた汎用計算機システムと、制御用計算機システムの関係に相似するように、マイクロコンピュータ群と、その上位に設けられる制御用計算機システムとの間を、高速情報伝送ネットワークで構成するものと考えられる。特に、従来のDDCとして活用されてきたシステムが、更に細分化、分散化され処理性の向上と、システムダウンの範囲の極少化のため、複数のマイクロコンピュータシステムに展開されることも予想される。このような場合には、当然上位に位置するセットアップシステムとマイクロコンピュータ群との間に、情報の交換を行なうことが必要となる。また従来のハードワイヤードタイプの制御装置の代わりにマイクロコンピュータが使用される場合でも、マイクロコンピュータシステムの持つプロセスインタフェースを利用しての、オンラインデータの収集を行なったり、ソフトワイヤードタイプの特色であるソフトウェアロジックの変更を行なう、ソフトウェアの保全、保守を経済的、かつ効率よく行なうために、上位の規模の大きな制御用計算機システムとマイクロコンピュータ群とのオンライン結合は、いよいよ重要な意味を持ち始めている。

上記の見地から、制御用計算機とマイクロコンピュータより成るトータルシステムが、ハードウェアとソフトウェアの両面より機能の充実が図られつつあるが、特にソフトウェアの面からみると、制御用計算機とマイクロコンピュータと

の間に、ソフトウェア(アセンブラ及びコンパイラレベル)での、コンパティビリティ(共用性)が特に重要な意味を持つ。また、マイクロコンピュータほどの処理機能を持っていないシーケンサ類も、ますます鉄鋼プロセス制御装置類に積極的に活用されようが、トータルシステム指向の全体的動向から、コンピュータ化シーケンサの占める割合が、ますます増加するものと推定されよう。

2.2 マルチコンピュータシステム

鉄鋼の計算機制御におけるトータルシステムの構成方式については、従来、各工程をそれぞれ分担する小規模なオンラインシステムを備え、それら相互間を通信回線などで結合するか、又はその上位のシステムにそれぞれ接続し、相互に間接的な情報交換を行なう方式であったが、計算機の性能向上(処理速度やコア容量などの)と、ファイル容量の大形化などにより大形のシステムを導入し、情報の一元集中管理を行なう集中制御方式が、システムの性能価格比向上、ファイルの重複設置防止などをねらって開発された。

このような集中制御方式は、かなりの効果をもたらしたが、応答性の低下、ソフトウェアシステム設計の困難さ、システム保守、拡張時の困難さ、システム信頼度の低下など解決されねばならぬ問題点をもっていた。この面から、再度機能を分散し、この集中制御方式の問題点を解決しようとするのが、マルチコンピュータの採用による、分散形ネットワークシステムである。初期の段階においてみられたように、小規模のシステムを分散配置した場合には、小規模ファイルや、共用可能なリソースの過多投資が必要とあったり、システム相互間の情報交換の負担が大きくなったり、更にシステムの信頼性確保の点で問題があるが、これを解決したのが複数の中央処理装置の複合体で、大規模な広域処理を行なわせるマルチコンピュータシステムである。

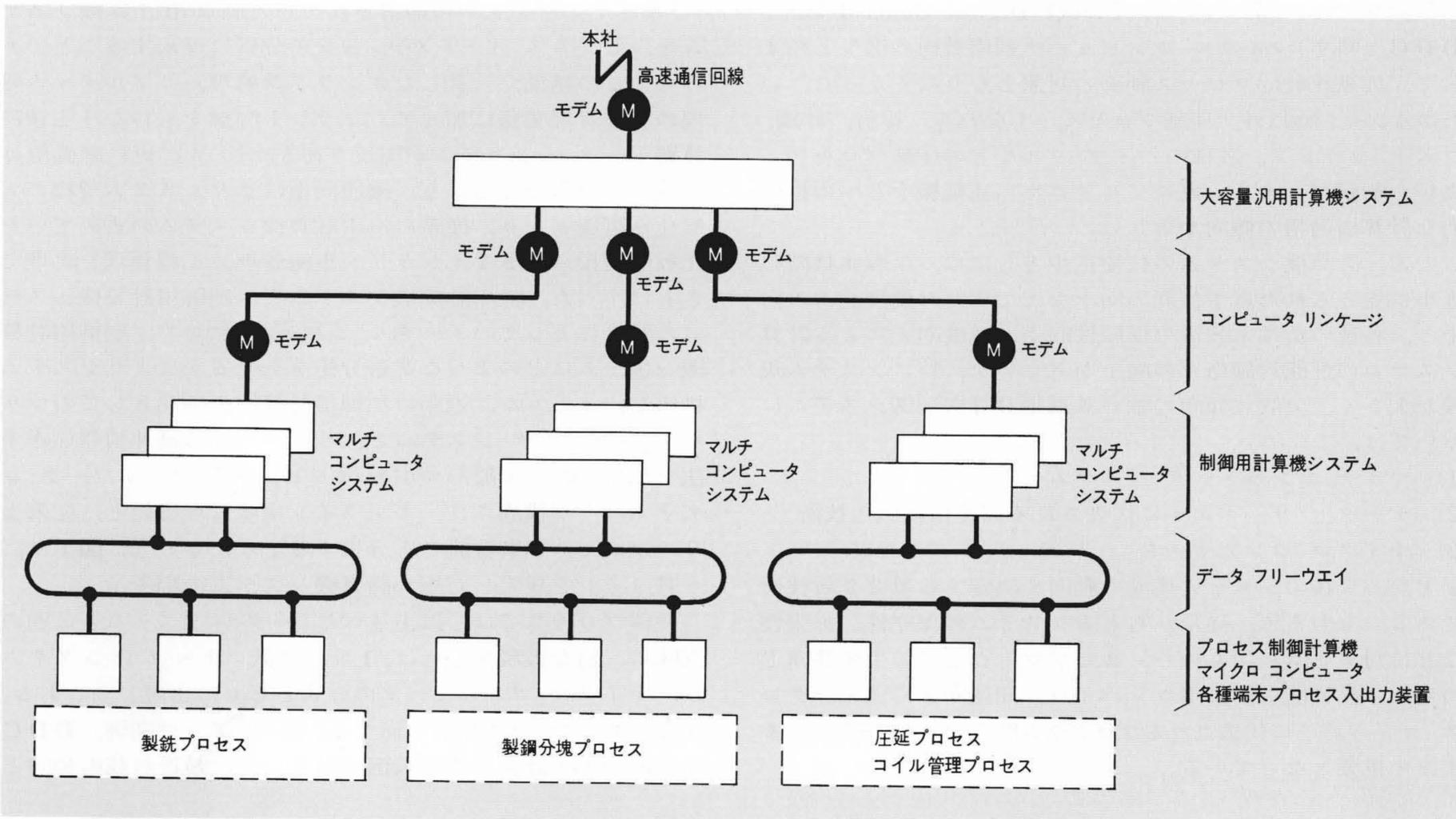


図1 複合計算機システムの一例 製鉄工程から圧延、コイル管理プロセスまでを三つのマルチコンピュータでカバーしている。

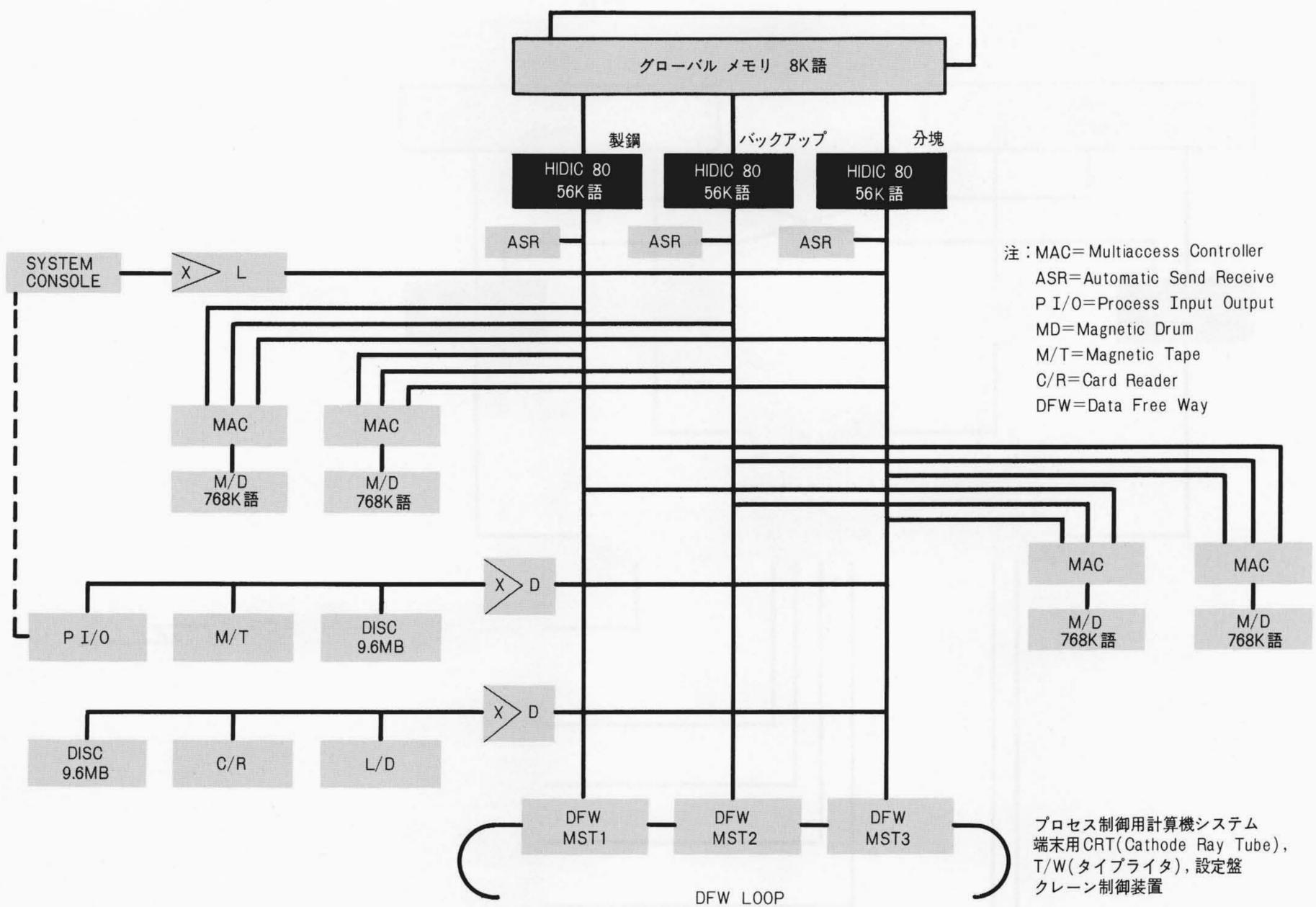


図2 マルチコンピュータシステムの一例 製鋼分塊プロセス全体をカバーするマルチコンピュータシステムを示す。

このマルチコンピュータシステムでは、ファイルの共用、各種リソースの共用、更に高速記憶装置の共用などが可能なほかに、データフリーウェイに代表される高速情報伝送手段により、散在する端末、プロセス入出力装置を共用制御できることにより、

- (1) システムの応答性が著しく向上した。
- (2) システムの障害を局所的範囲に抑え、重要度に応じてシステム全体の処理能力をふり当てられるため、全体としての信頼性が向上した。
- (3) ファイル、リソースの共用が可能となり、経済的なシステム構成が実現できる。

という利点が期待できる。図2に、製鋼、分塊プロセスに導入される代表的なマルチコンピュータシステムの一例を示す。

2.3 データフリーウェイ

鉄鋼プロセスのように、プロセス制御対象や各種の端末装置が広い領域に散在する場合には、経済的な信号伝送手段が求められたのは当然であるが、この高速情報伝送技術は信頼性の高い、経済的な大形計算制御システムの構成に不可欠のものになってきた。日立製作所でも、この技術として「データフリーウェイ」を開発し、鉄鋼アプリケーションに導入してきたが、今回、世界最高速の2Mbit/s可変長方式のデータフリーウェイを、図3に示すシステムに採用した。

この結果、工事費用の著しい削減と、高速情報交換(100K語/s程度)が可能となったことは当然であるが、端末サイ

ド(リモートステーション)内に、データのバッファを用意し、情報の一時的な蓄積を可能にさせたことにより、システムの応答性は向上し、更に、中央処理装置における入出力処理の負荷が減少し、システム全体の性能対価格比の向上に多大の貢献をもたらした。なお、図3に示すシステムでは、いわゆるオペレータズコンソールについても、本格的に以下述べるような新方式が導入され、従来の複雑なリレーロジックから、標準化された半導体論理素子だけで制御できる方式を採用した結果、設定盤の保守性が向上したほかに、設定盤の入出力を制御する、サポートプログラムも統一化できた。

また、半導体論理素子の全面的導入により、信号伝送方式も、従来のパラレル方式からシリアル方式の採用が可能となり、オペレータズコンソールとその制御装置間を、すべて7対のケーブルで接続できるようになり、工事期間、費用の減少に効果をもたらした。どうしても標準化が困難な、カスタムデザインの要求されるマンマシンコミュニケーションの手段として、この種の設定盤、表示盤が鉄鋼アプリケーションでは需要が続くものと思われ、メーカーとしても更に努力を払って、この種のカスタムオーダの要求に応じなければならない。

なお、日立製作所は、可変長で、 $m:N$ 通信の可能なデータフリーウェイのほかに、固定長で、 $1:N$ 通信の、経済的なデータフリーウェイも開発し、DDCなど応答性を更に要求される用途に、適用している。

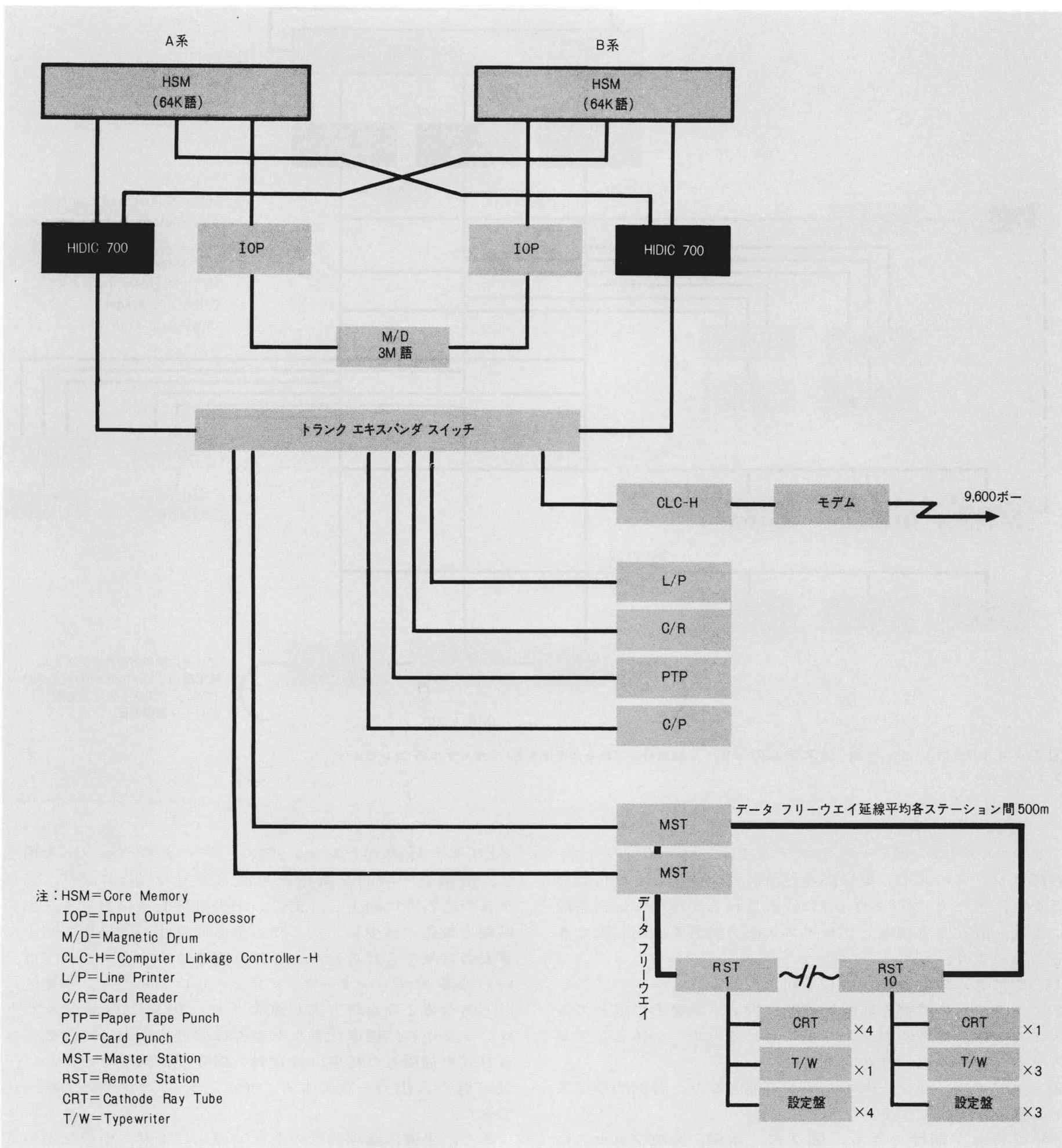


図3 データ フリーウェイ システムの一例 圧延プロセスの情報処理に導入されたデータ フリーウェイのシステム構成例を示す(厚板オンラインへの導入例)。

2.4 マイクロ コンピュータの活用

鉄鋼プロセスでは、制御用計算機を直接制御に利用する、DDCの歴史は古いですが、近年、特に8ビット、16ビットのマイクロコンピュータの出現と、大幅な価格低減により、この利用によるソフトワイヤードタイプの制御装置が次々と現われている。日立製作所も、HIDIC 08, HIDIC 08-Sを採用した制御装置を、特に鉄鋼の分野で数多く製作し納入している。代表例として、連結鋳造プロセスや、各種圧延機(分塊、ビレット、鋼管など)の自動位置決め制御やシーケン

ス制御に使用しているほかに、従来、専用の計装ループで制御されていた各種の炉関係の制御にも積極的な導入が続けられている。これらは、上位の生産管理、セットアップシステムとのリンケージを持つ場合も多いが、例えば、専用の油圧圧下位置決め制御のように単独で使用されるケースもある。このように、マイクロコンピュータは、一般に制御、あるいは計装に使用される場合には、専用の高電圧、大電流を制御できるプロセス入出力装置を持ち、応答性の良いコントローラとして活用される。例外もあろうが、ソフトワイヤ-

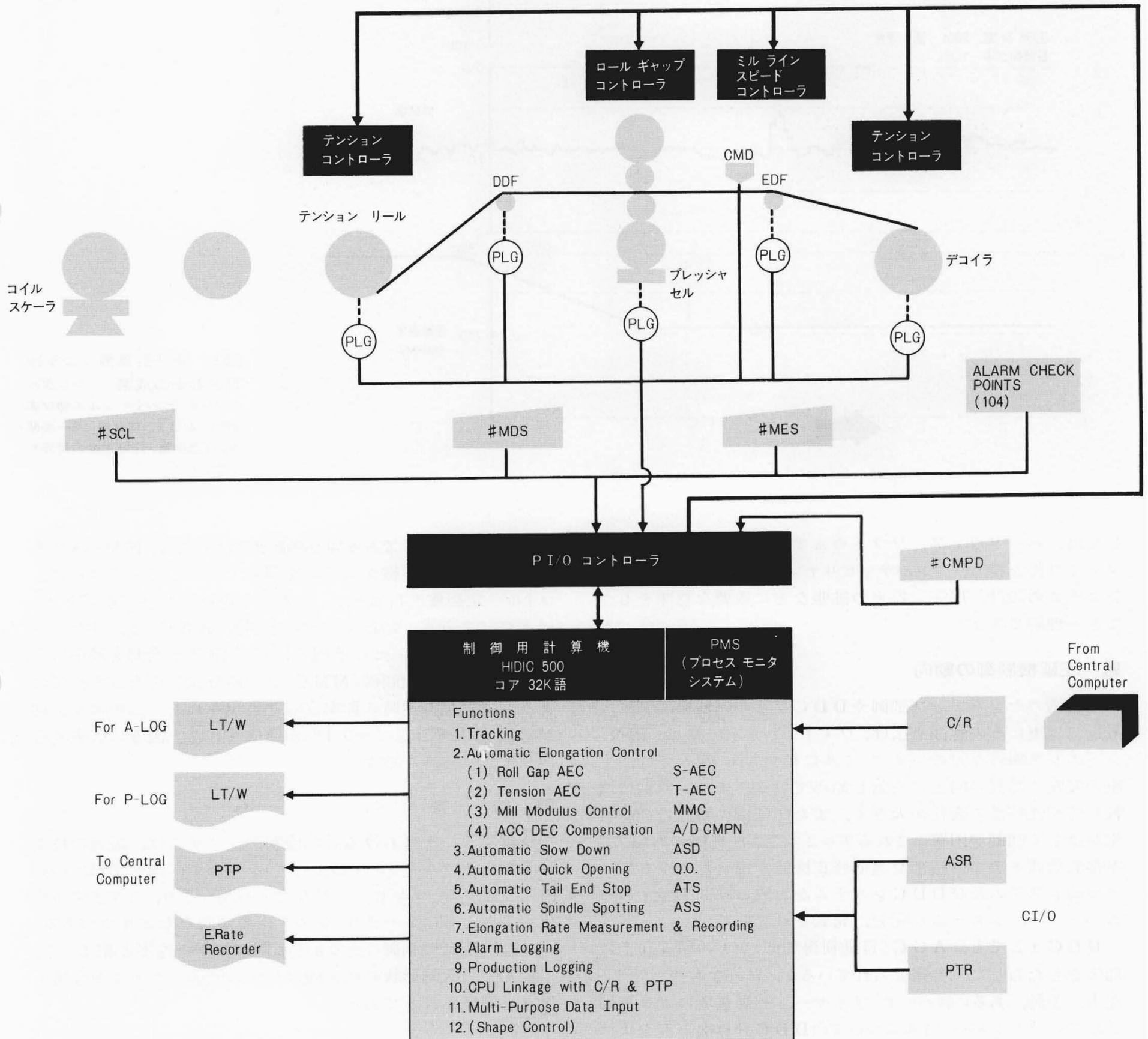
ドの特色を生かし、システムのレベルアップ、保守性の向上のため、上位の計算機との間をデータ フリーウェイで結合し、次のようなシステム サポートを用意することが重要である。

- (1) リモート プログラム ロード、タスク制御、コア アクセス クロス アセンブル、クロス コンパイル メッセージ交換
- (2) 下位マイクロ コンピュータによる、ホスト ファイルの制御
- (3) 上位、下位システムを意識しない、鉄鋼のデータ ベース

システム

以上述べたように、マイクロ コンピュータを、ソフト ワイヤード方式のコントローラとして活用するほかに、特に制御処理内容の複雑、分散化している鉄鋼アプリケーションとしては、

- (1) 特殊端末装置として(印字制御など)
- (2) 計測、データ処理装置として(きず検出など)
- (3) インテリジェント端末制御装置として(CRT, 設定盤)など、センサ ベースの底辺を支えるものとして大きな用途が広がっており、この意味から、マイクロ コンピュータと



注：DDF=Delivery Deflector Roll
 CMD=Cold Metal Deflector
 PLG=Pulse Generator
 SCL=コイル スケーラ デスク
 MDS=出側デスク
 MES=入側デスク
 LT/W=Logging Typewriter
 PTP=Paper Tape Punch
 C/R=Card Reader
 ASR=Automatic Send Receive
 PTR=Photo Tape Reader
 PI/O=Process Input Output
 PMS=Process Monitor System
 CI/O=Console Input Output

図4 テンパー ミルの計算機システム ブロック図 シングル スタンド テンパー ミルにおけるシステム構成、及び計算機システムの規模と機能を示す。

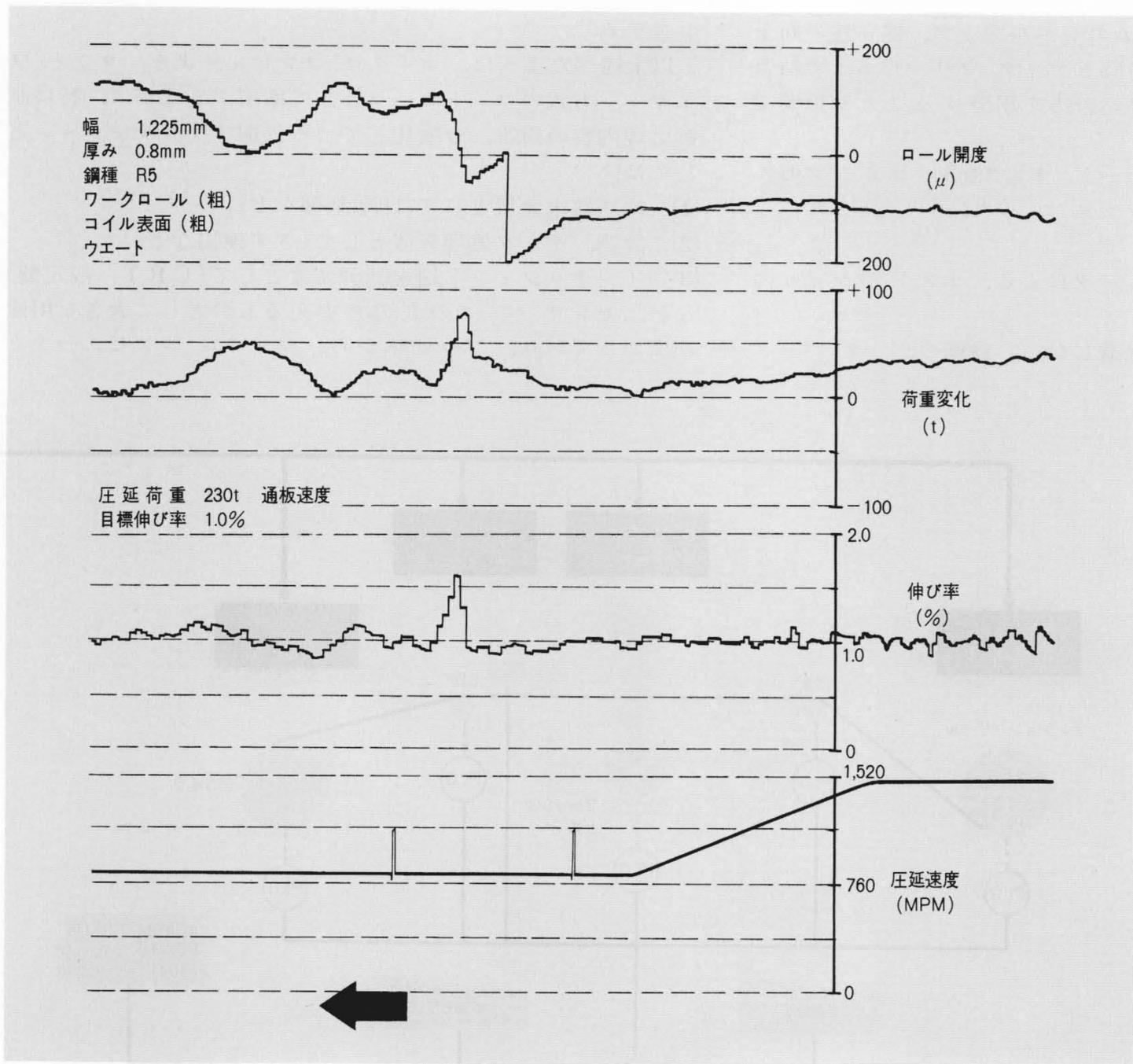


図5 電子計算機による伸び率制御の成果 シングルスタンドテンパーミルの伸び率制御における、伸び率、ロール開度、圧延荷重、圧延速度の関係を示す。

しては、ハードウェア、ソフトウェアの両面で上位計算機とファミリー性を持ち、コンパティビリティを備えていることが、システムの設計、保守、将来の拡張などに重要な意味をもつことが理解できよう。

3 圧延機制御の動向

圧延機のセットアップ制御やDDCなどの圧延機制御は、最近では更にその範囲を広げ、ワイドフランジミル、溶接、シームレス鋼管などのパイプミルに積極的に導入され、生産の安定や品質の向上に貢献し始めている。また、鉄鋼に比較して塑性特性の変化が大きく、また圧延機の特性的経時変化が激しく制御が困難とされるアルミニウム圧延機において、本格的数式モデル、精密な適応修正機能を備えたセットアップ制御システム及びDDCシステムから成る熱間アルミニウムトータルシステムが開発、発表されている。¹⁾

DDCとしても、AGC(自動利得制御)などの精度向上に効果をもたらした例も報じられているが、異色なものとして、従来、手動、あるいはハードワイヤード制御装置により制御されていたテンパーミルについてのDDC計算機の例を次に紹介する。

本システムの構成を図4に示す。この制御対象は、シングルスタンドのテンパーミルであり、昭和49年に機械品、電気品と併せ南アフリカ共和国のISCOR社に納入され、約4箇月の据付、調整ののち、顧客に完全に引き渡された。このシステムの機能は、同図に明らかであるが、特にテンパーミル

の重要な制御項目である伸び率制御については、伸び率そのものを高精度で計算機システムを用いて測定しているほかに、コイル一定距離進行ごとに、その間の絶対的伸び率誤差をフィードバック方式で修正する伸び率制御(AEC)と、伸び率測定に要するコイルピッチ内の相対的伸び率変動を最小にさせるミル剛性可変制御(MMC)との時分割制御方式の採用により、特に加減速時の伸率安定が実現された。このほか、伸び率設定誤差として±0.1%が達成された。図5に代表的な伸び率チャートを示す。

4 結 言

鉄鋼プラントにおける計算機制御システムは、最近の技術動向であるマルチコンピュータシステム、高速情報伝送技術、マイクロコンピュータなどの採用により、ますます多様化するとともにトータルシステムの傾向をたどりつつある。

また、圧延機制御の面でも圧延制御技術の進歩と相まって、二次元、三次元形状の圧延機に対する制御システムが今後も次々と開発されるであろう。

参考文献

- 1) 尾崎, 富樫ほか:「熱間アルミニウム圧延機の制御システム」日立評論, 58, 123 (昭51-2)
- 2) J.B.Billigmann et al, :“Das Messen aes Verformungsgrades Beim Nach Walzen”, Stahl und Eisen 79, pp. 977-989 (1959)