

最近の鉄鋼圧延制御システム

Recent Control Systems for Steel Industry

近年、鉄鋼圧延制御システムの構成は、マイクロコンピュータの出現により急速な進歩を遂げてきた。この進歩は、昭和50～昭和54年の5年間に16ビットマイクロプロセッサの処理能力が向上し、小形・経済的な制御用マイクロコンピュータが製造されるようになったこと、信号伝送技術の向上により、信号伝送装置が高速・大容量伝送から地域的に分散された信号伝送まで適用されるようになったことによるもので、現在では制御システムの電子化・デジタル化が圧延プラントのすみずみまで浸透している。

この論文では、鉄鋼圧延制御システムの構成に関して、その変遷を含め最新の制御システムの動向について紹介する。

桜井孝員* Sakurai Takakazu
菊地雄司* Kikuchi Yûji
高倉満郎* Takakura Mitsurô
山本敏文* Yamamoto Toshifumi

1 緒 言

鉄鋼圧延制御システムにコンピュータが導入されて以来、制御用コンピュータ及び信号伝送技術の進歩に伴って、その構成は1台のミニコンピュータによる集中制御から各制御区分ごとに分散されたマイクロコンピュータによる分散制御システムへと変遷した。

以下、鉄鋼制御システム構成の変遷と動向、マイクロコンピュータの発達、信号伝送技術及び最新の圧延制御システム構成とそれを支える技術について述べる。

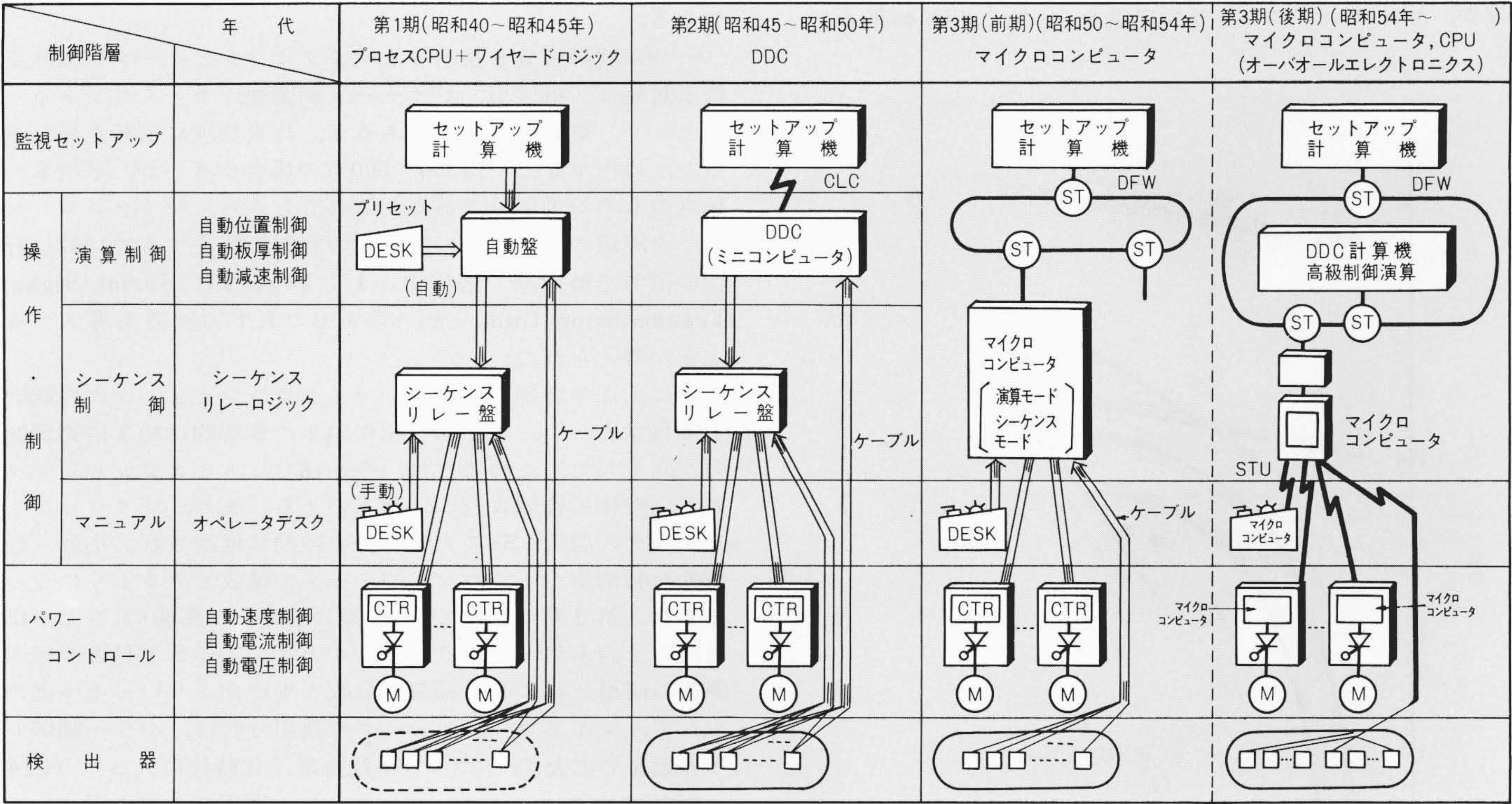
2 鉄鋼圧延制御システムの変遷

図1に、圧延制御システムの変遷¹⁾の概要を示す。同図からおおよそ下記の区分に分けられる。

(1) 第1期………プロセス計算機+ワイヤードロジックの時代(昭和40～昭和45年)

(2) 第2期………DDC (Direct Digital Control : 直接計算制御)の時代(昭和45～昭和50年)

(3) 第3期………マイクロコンピュータの時代前期(昭和50～昭和54年)、マイクロコンピュータの時代後期(総合電子化



注：略語説明
CPU(Central Processing Unit : 中央処理装置) DESK(制御卓) STU(Serial Signal Transmission Unit) CLC(Computer Linkage Controller)
DDC(Direct Digital Control : 直接計算制御) LC(Linkage Controller) DFW(Data Free Way) CTR(Controller)

図1 圧延機制御システムの変遷 第3期(後期)では分散と集中がいつそう進みパワーコントロールレベルまでマイクロコンピュータが採用されている。

* 日立製作所大みか工場

の時代)(昭和54～)

制御のレベルは次の4レベルに分類される。

- (1) セットアップ計算機レベル………セットアップ及び情報処理
- (2) 制御，操作信号レベル………演算制御(位置決め制御，板厚制御，自動減速制御などの自動制御)，シーケンス制御(自動及び手動シーケンス制御)
- (3) パワー制御レベル………サイリスタによる直流電動機制御，交流電動機及び電磁弁のON-OFF制御など。
- (4) センサレベル………機械位置，材料位置のセンサ類

第1期の年代の制御装置は，半導体ロジック，小形リレー，接触器など，いわゆるワイヤードロジックで構成していたが，操作信号レベルの自動制御を行なう自動盤は生産管理用セットアップ計算機に接続され，その指令下で動く構成となっており，自動制御が製鉄所全体のシステムに組み入れられた。

第2期に至り，DDCの時代には，制御，操作信号レベルでの自動の機能が1～2台の小形計算機(ミニコンピュータ)に置換され，圧延機駆動電動機制御盤はこれらのミニコンピュータからの指令で駆動されるようになった。

しかし，1～2台のミニコンピュータで，自動の全機能を網羅していたため，ミニコンピュータの停止は自動の全機能が止まることになり，その意味で必要最小限の手動バックアップ機能がワイヤードロジックで用意されていた。この時代に特筆すべきことは，ワイヤードロジックがミニコンピュータに代替されることにより，制御機能，性能面で大幅な改善がなされたことである。

次に，第3期のマイクロコンピュータ時代に入るわけであるが，マイクロプロセッサの発達をみると，昭和46年4ビット

トのマイクロプロセッサが発表されて以来，その発達は著しいものがあつた。図2はマイクロコンピュータの発達状況を処理速度の面からみたものである。

8ビットのマイクロコンピュータは，昭和47～昭和52年の6年間に約10倍も性能が向上した。また，16ビットのマイクロコンピュータも昭和50年ごろから登場してきた。

このような状況の中で，鉄鋼圧延制御へマイクロコンピュータの導入が開始された。

第3期の制御システムでは，各制御区分ごとに1台のマイクロコンピュータを置きこれをデータフリーウェイなどの高速伝送システムで結合する形態²⁾の分散処理形のシステム構成となった。制御の分散は，第2期のように多くの機能を1台の計算機に集中させるのではなく，運転上の区分，保守上の区分及び設備上の区分を考慮して合理的に制御を分割させることが可能となり，小区分を高信頼のマイクロコンピュータで分担するもので，手動バックアップ回路は除去の方向へと進んだ。

また，演算や監視などの機能を処理レベルによって，マイクロコンピュータと大形計算機で分担しあう形態もでてきた。

電機品の制御全体に，マイクロコンピュータが大幅に採り入れられるのがこの時期の特徴³⁾であるが，マイクロコンピュータ化には新たな問題も生じた。すなわち，ケーブルの処理，信号変換などで制御盤のトータル面数が余り減少しないという問題が残った。これはマイクロコンピュータ間のリンケージにはデータフリーウェイなどの高速な多重伝送装置を用いているが，マイクロコンピュータのプロセス入出力部には多くの信号が放射状に集中し，ケーブルの過密化を招いたためである。

一つの制御区分を担当するマイクロコンピュータに接続される対象は，操作卓，レオナード制御盤，モータコントロールセンタ，電磁弁盤などがあるが，行先盤別に信号点数をみると，操作卓などでは300～500点の場合が多いが，平均8～16点のものが大部分である。このことから，マイクロコンピュータ周辺のケーブルの過密化の問題を解決するのに32点程度の信号を時分割で送信する1：1のSTU(Serial Signal Transmission Unit)と組み合わせた入出力装置を導入することが考えられた。

更に，この時期に16ビットマイクロコンピュータの性能向上は目覚ましく，昭和50～昭和54年の5年間に約3倍処理能力が向上した。このことは，今や16ビットミニコンピュータの下位機種領域に近づいたといえる。また，マイクロコンピュータの周辺LSIの充実もこの時期に促進され，小形・経済的な制御用マイクロコンピュータが構成できるようになってきた。第3期の後期では，前期に萌芽した高速・大容量の伝送能力を誇るデータフリーウェイと1：1のSTUとの伝送装置の階層化により，制御の分散と集中がよりいっそう進められて，マイクロコンピュータの適用分野は，パワー制御レベルにまで拡大され，プラント総合電子化時代に入った(図4に電動機制御にマイクロプロセッサを適用した例を示す)。

3 最新圧延制御システム

鉄鋼用圧延制御システムはコストパフォーマンスの向上を目指して，現在次のような方向を指向している。

- (1) 故障監視，トラブルシューティングなど，新しい機能へのマイクロコンピュータの導入が行なわれている。
- (2) 電動機アナログ制御の領域でも，マイクロコンピュータ化が考えられている。

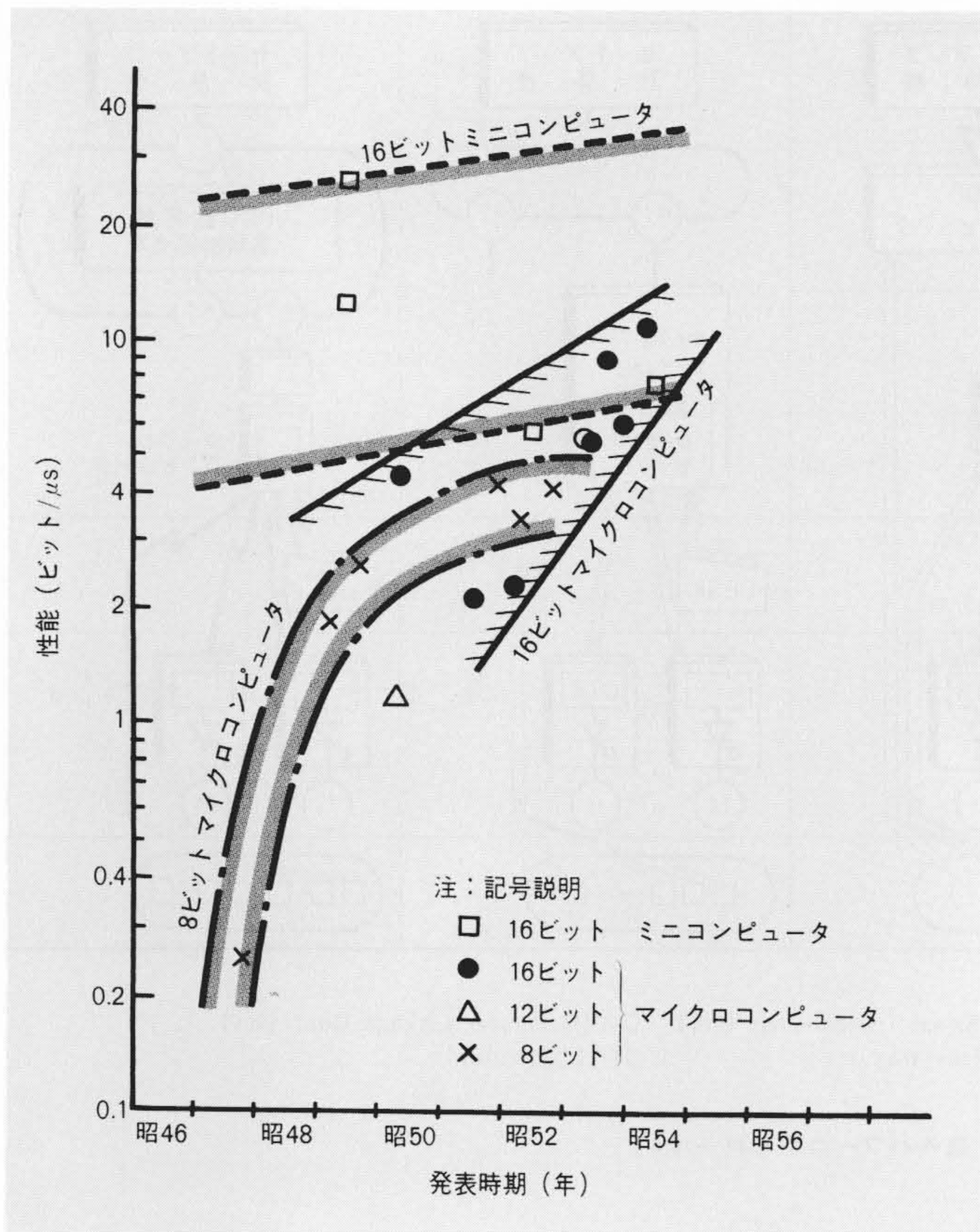


図2 マイクロコンピュータの性能推移 マイクロコンピュータの性能 = $\frac{\text{並列処理ビット数}}{\text{レジスタメモリ加算時間}}$ と定義した場合の性能推移を示す。

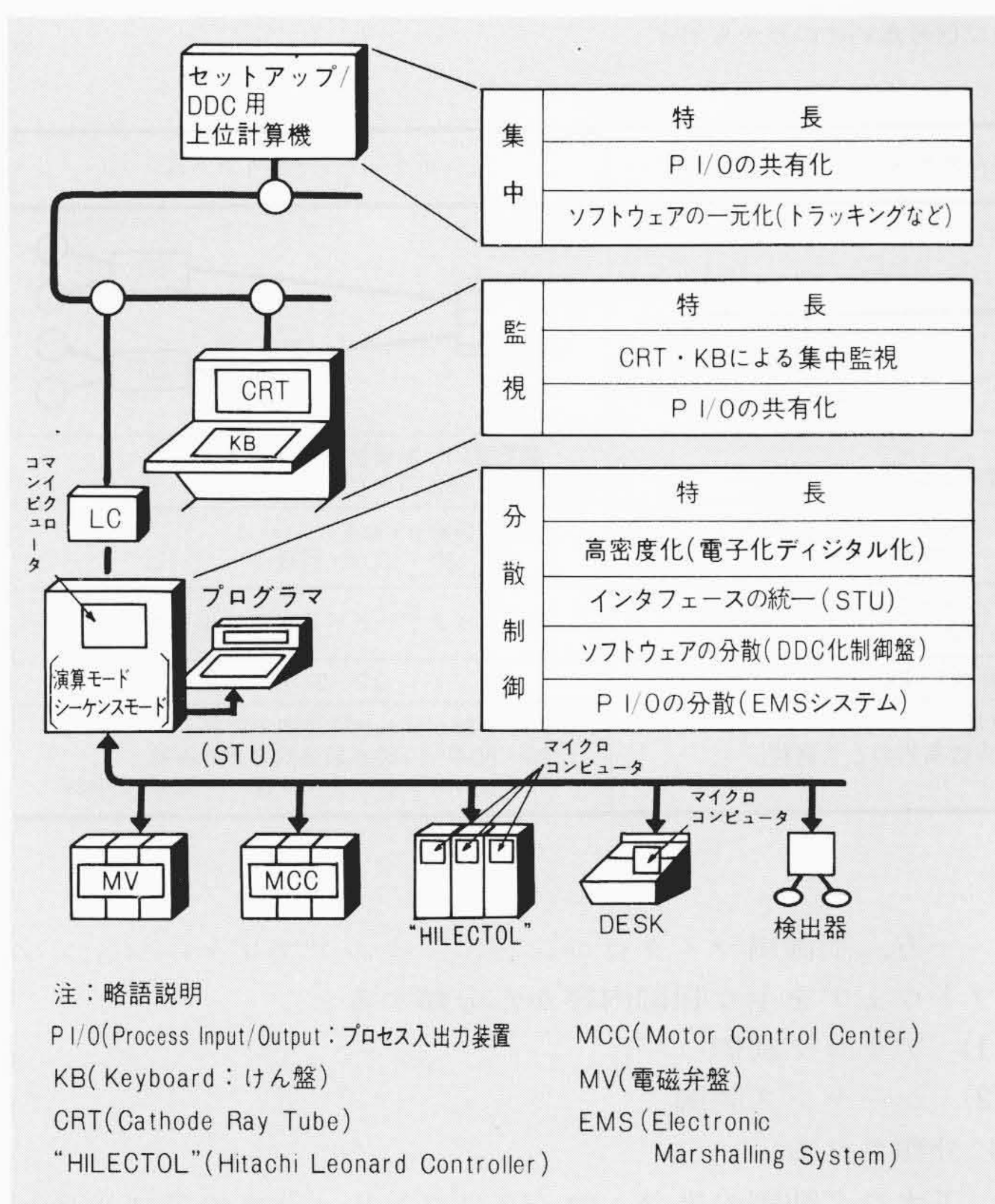


図3 集中分散階層制御システム構成 プロセス信号の共有化が達成されて、ハードウェア、ソフトウェア両者の冗長性が削減された。

(3) ストアードロジック化により、ハードウェア構成がシンプル化したことに反して、ソフトウェアの急増は深刻な問題になりつつあり、ソフトウェアの生産性向上を図るため、手法面、ツール面での開発が進んでいる。

(4) データ伝送技術の進歩は、コストパフォーマンスの高い分散形マイクロコンピュータシステムを可能にしている。

図3に、最新圧延制御システムの構成例を示す。この制御システムでは、全体の制御を効率よく行なうために、集中制御と分散制御を効果的に配分している。

圧延機の制御での張力制御"HTFC"(Hitachi Tension Free Control)や板厚制御などの高度な処理レベルの演算は(比較的)大形の制御用計算機で行なわれる。このため、各制御単位のマイクロコンピュータと大形計算機の結合が必要であると同時に、相互間のプロセス信号の共有化が上位レベルと下

位レベルで可能にさせる必要がある。最新制御システムでは、マイクロコンピュータと大形制御用計算機は高速伝送装置(Linkage Controller：LC)で結合され、相互間のプロセス信号はデジタル信号レベルで集中し共有可能にしており、プロセス入出力(P I/O)は上位レベルと下位レベルで完全に共有するシステム構成である。

このシステム構成は、集中分散階層システムともいえるものである。

4 総合電子化・デジタル化技術

最新圧延制御システムを構成するに際して、高い信頼性と適切な価格の達成が必要であるが、特に、これらを支える技術として次のものが重要である。

4.1 信号伝送方式

表1は、現在広く適用されている信号伝送システムの特徴を比較したものである。それぞれの方式に特長があり、応用面での選択が必要である。

圧延制御システムへの適用を前提として考えてみると、次のようなことがいえる。

(1) ループ式

情報の集中化を図る上で、コンピュータ相互間及び広域システムの大容量伝送に威力を発揮する。信号伝送にオーバーヘッドを必要とするため、操作信号や、制御信号など高速応答を要求されるものの伝送には不適當な場合がある。

(2) マルチドロップ式

端末機器間及び端末コンピュータ間で中容量の伝送に適する。

マスタステーションが、各ステーションを含む伝送系全体をつかさどるため、ステーションコントロールの情報集中が生ずる。このため、信号の応答時間が遅くなる。また、マスタステーションのダウンは、伝送システム全体のダウンになり危険分散にならない。

(3) ポイントツーポイント式

1：1通信のため、伝送速度の応答性が優れている。回線(チャンネル)単位に独立した構成になっていて危険分散になり、また故障した場合の発見が容易である。圧延プラント平均信号集約度から32点／1チャンネルは妥当であり経済性も優れている。

以上、総合すると、圧延制御システムでの信号伝送方式は、ループ方式とポイントツーポイント式の組合せが最適といえる。

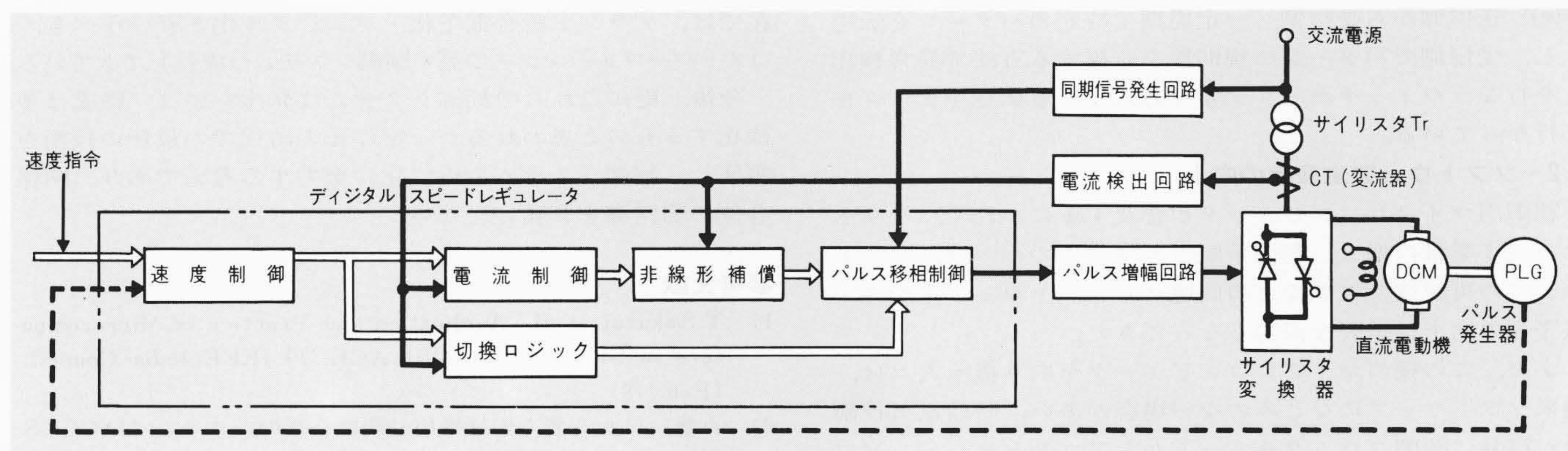
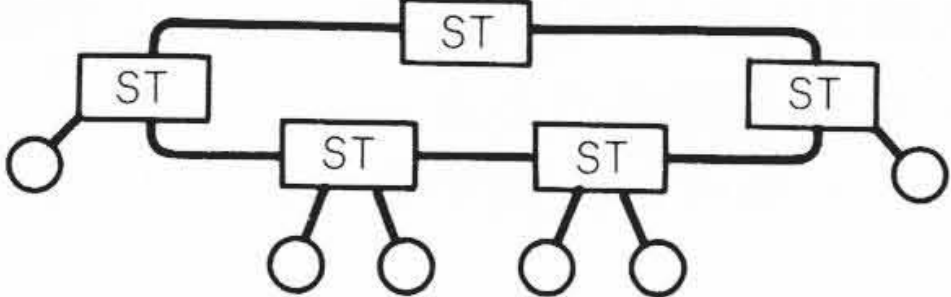
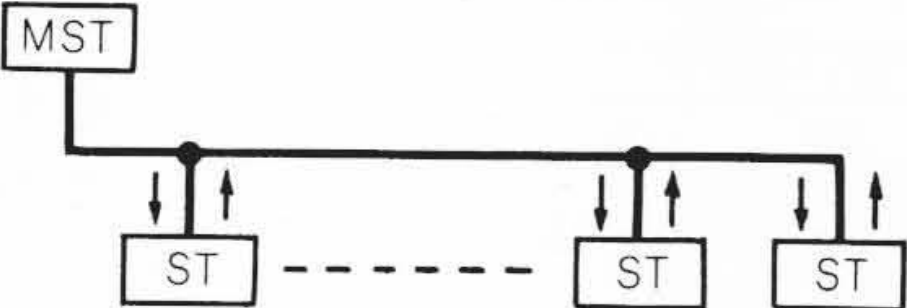
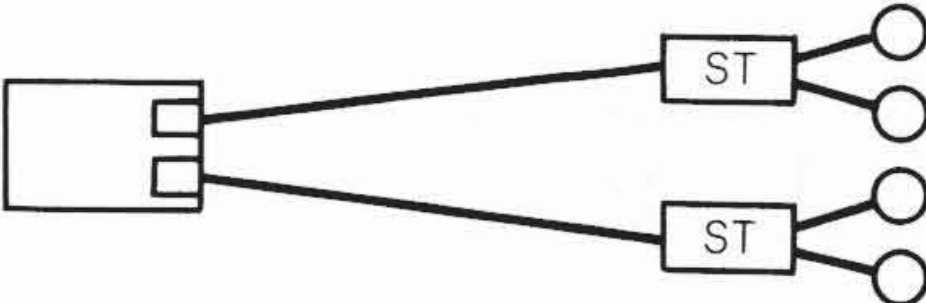


図4 マイクロコンピュータの専用プロセッサへの適用 マイクロコンピュータによる直流電動機速度制御系のデジタル化例を示す。

表1 各種多重信号伝送システムの比較 圧延制御システムには、応答性及び信号集約度の点からポイントツーポイント式が最適である。

項 目	伝送方式	ル ー プ 式	マルチドロップ式	ポイントツーポイント式
システム構成				
用 途		コンピュータ相互間，広域高速大容量システム	現場機器間 現場機器，端末コンピュータ間	電気室内，制御盤間 現場，端末コンピュータ間
規 模		ST数：10～30/ループ	合計：1,000～2,000点 100～ 200点/ ST	合計：300～500点 30～100点/回線
伝 送 路		専用同軸ケーブル又は光ファイバ	専用ツイステッドペアケーブル 専用同軸ケーブル	専用ツイステッドペアケーブル又は光ファイバ
伝 送 距 離		ST～ST間：1～2km	総長1～2km	0.2～2km
特 長		広域システムで威力発揮。	双方向通信可能 200点/STの点数集約のとき有利。 200点/100ms～1s	危険分散が図れ故障時復旧容易。 20～50点/STの点数集約のとき有利。 スキャンサイクルが速い。32点/2.4ms

注：略語説明 ST(ステーション) MST(マスタステーション)

(a) 適用例

ポイントツーポイント式の信号伝送装置を適用した構成例を列記する。

(i) 電動機制御盤用STU

マイクロコンピュータと電動機制御盤間の結合

(ii) STU化PI/O

マイクロコンピュータPI/OのSTU化

(iii) 端末用STU

制御盤などの強電回路のバッファリレー及び中間機器を一掃するため、各種センサ類、電磁弁などの電力機器、数字表示器などと一体構造、若しくは結合できる端末用STU

(b) 信頼性

ポイントツーポイント式の信号伝送装置は、次のような手段によって高信頼性を図っている。

すなわち、ノイズによるデータ誤りを防止するために、

(a) 伝送路の電圧レベルを高くする。

(b) データのスキャンサイクルを信号の応答時間に比べ十分短くする。

データの誤り検出方式については、

(c) 誤り検定方式としてチェック能力の高い反転二連送照合方式を採用し、誤ったデータは伝送されないようにしている。

STUシステム全体の信頼性を更に高めるために、

(d) 伝送路とモジュール間はすべてAC2,000Vクラスの耐圧で絶縁している。

(e) 送信側から受信側へ一定周期で特定のパターンを送信し、受信側でパターンの規則性を監視する方法で異常検出を行なうウォッチドッグタイマ方式による伝送チェックを行なっている。

4.2 ソフトウェア生産性の向上

制御用マイクロコンピュータが普及するにつれて、ソフトウェア作業量の増大、制御手順と処理手順の不一致、ソフトウェアの可視性の欠如などの問題からソフトウェア生産性・保守性の向上は重要な課題となってきた。

また、この種のマイクロコンピュータを取り扱う人々は、従来ソフトウェアになじみのない場合が多い。一般電気技術者が容易に制御ブロックチャートからアプリケーションソフトウェアを作成、修正及び保守が可能なプログラミング手段を提供することが重要である。

一方、制御用マイクロコンピュータのアプリケーションソフトウェアを主な制御内容から分類すると、

(1) アナログ制御

(2) シーケンス制御

に分類される。

アナログ制御の場合、マイクロコンピュータのアプリケーションソフトウェアの保守も従来のアナログシステムと同一のセンスで行なえることが重視される。一般電気技術者の取扱い可能な、PID(微分・積分・比例)、上下限チェックなどの比較的大きなマクロ命令を計算機の命令語に翻訳しながら制御するインタプリタ方式のものがあるが、この方式では、ベーシック部分のプログラム容量の増大及び処理速度の低下を招いて、マイクロコンピュータの拡張性がないものになる。そのため鉄鋼圧延制御システムでは、処理性、拡張性の優れたマクロ命令を、マイクロコンピュータの命令語で処理可能なマイクロプログラム方式が採用されている。このことは、処理性の向上、ベーシックプログラム容量削減の面から有効であり、更にシーケンス制御マクロ命令によるプログラミング手段を適用してソフトウェアの生産性向上を図っている。また、保守性向上のため、制御定数の設定や変更をコンピュータを意識せずにメンテナンス可能なツールの開発も進められている。

5 結 言

鉄鋼圧延制御システムの構成は大きな変遷を経験して、現在では、プラント総合電子化・デジタル化ともいえるべき、コストパフォーマンスの高い制御システムに成長してきている。

今後、更にこれらの制御システムは発達を続け、構成は多様化するものと思われるが、常にその時代での最新の技術を駆使し、制御システムの近代化に努力する考えであり、関係各位の御指導をお願いしたい。

参考文献

1) T.Sakurai et al.: Application and Practice of Microcomputers in Steel Rolling Mill, ACE '79 IEEE India Council (Feb. '79)
2) 齊藤，ほか3名：圧延機用最新総合制御システム-MACCCS-80, 日立評論, 58, 707～712(昭51-9)
3) 桜井，白石：マイクロコンピュータの鉄鋼業への応用, 日立評論, 61, 253～254(昭54-4)