

小形制御用計算機の省力化への適用

Automation by Mini-computer

井 原 広 一* 川 野 正 一 郎*
Hirokazu Ihara Masaichirô Kawano
石 川 真 佐 男* 関 進**
Masao Ishikawa Susumu Seki

要 旨

小形制御用計算機の伸びにはきわめてめざましいものがあり、その使用目的も非常に広い分野にまでわたっている。ここでは小形制御用計算機の省力化への適用例について、その数例を取り上げて述べることにする。

1. 緒 言

以前から、各産業界においては、省力化、制御性能、運転効率、信頼性の向上を図ることのできる、小形で安価な計算機システムが要望されていた。この要求にこたえて出現したのが、小形で高性能、高信頼性をもった制御用計算機であり、ここ二、三年の間に急速に設置台数が増加してきている。とはいえまだ制御用計算機をいかにして省力化面に適用すればよいかということがじゅうぶんに各ユーザーに伝わってはいない。ここに制御用小形計算機HIDIC 100の省力化への適用例を、その典型的なもの数例について述べることにする。

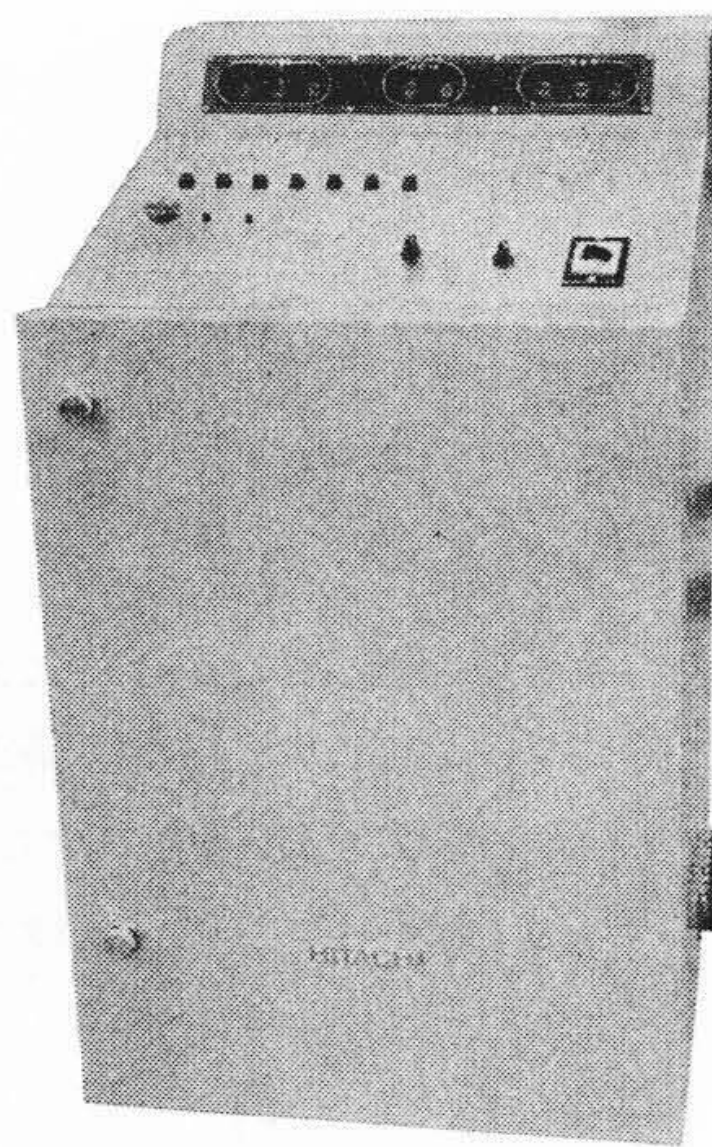


図1 操作卓

2. 機械工業における省力化

機械工業における省力化は、数値制御 (NC) の適用により急速に進んでいる。特に集積回路 (IC) の採用による信頼度向上、読出専用記憶装置 (ROM) による論理判断のソフトウェア化など、ハードウェア技術の進歩と、APT (Automatic Programming Tool) に代表されるプログラミングの自動化などにより応用範囲は広がっている。しかし一般の NC 装置は紙テープにパンチされた加工情報を逐次読み取って、その内容を解読する方式であるため、複雑な形状をした製品のパートプログラムの作成に大きな労力を必要とし、省力化の面からは不じゅうぶんなところがある。また工作機が多数になり、それらの管理運用をより合理化するためには、個々の工作機の自動化だけでなく、総合的な管理により省力化を図らなければならない。このような点から機械工業においても計算機利用の機運が高まっている。

日立製作所では、かねてから小形計算機による工作機の制御について研究、開発を進めてきたが、今回その成果を生かして計算機内蔵形 NC 装置および計算機による複数台の工作機制御システムを完成した。図1は工作機の近くに置かれる操作卓の例である。

2.1 計算機による数値制御

はじめに一般の NC について図2により説明する。加工データは紙テープに文字の形 (1文字は普通8ビット) でパンチされている。この情報をテープリーダーで読み取り、論理回路により工具 (あるいは加工物) の移動方向、移動量、移動速度などを解読する。この結果をパルス分配回路でパルス列に変換し駆動回路に送る。駆動回路

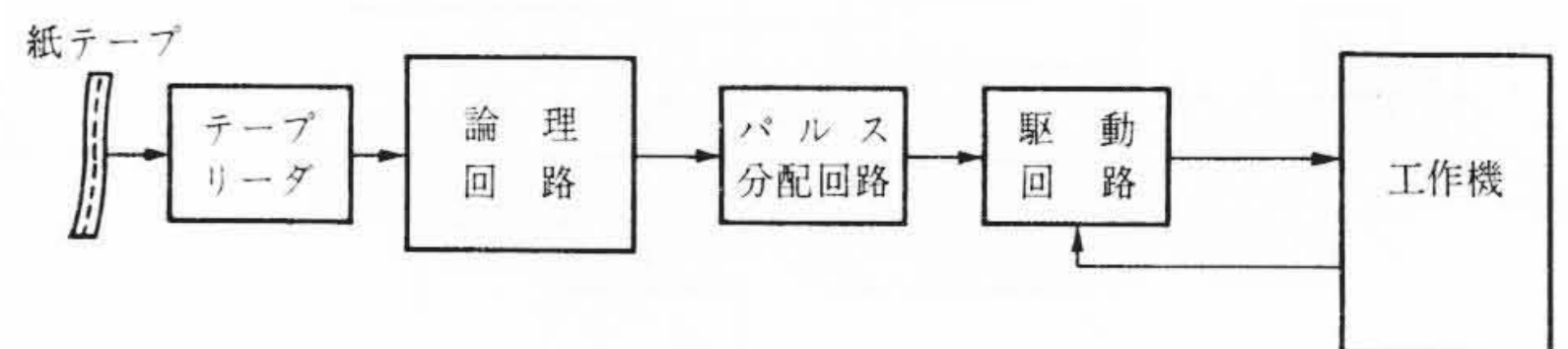


図2 標準 NC 装置ブロック図

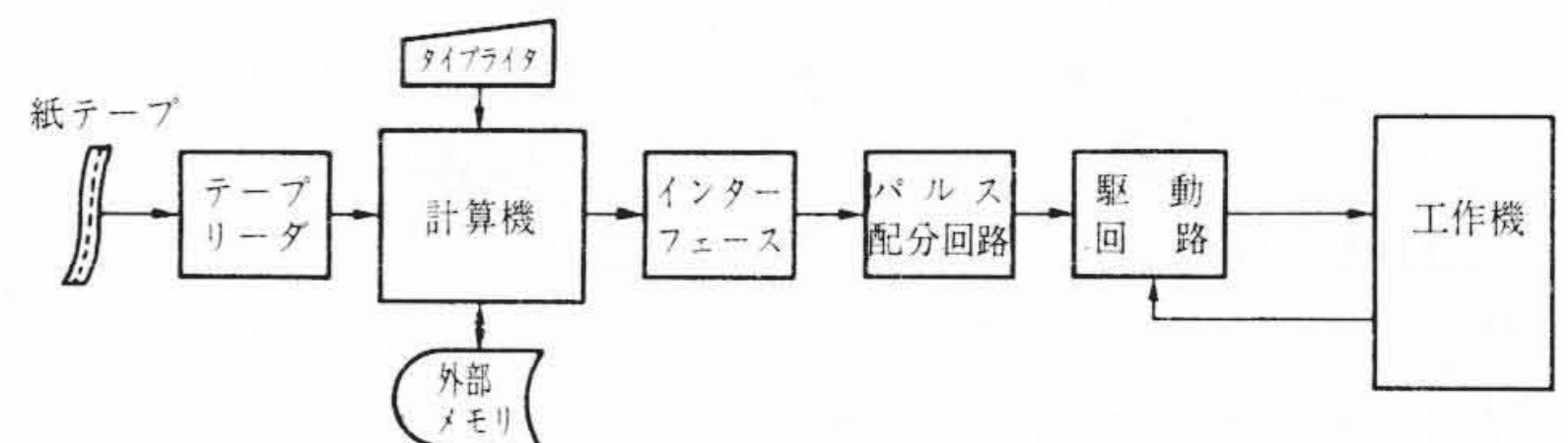


図3 直接制御式 NC 装置ブロック図

は1パルスごとに工具を一定距離移動させる。これを計算機による NC と区別するために標準 NC (SNC) と呼ぶ。SNC では紙テープの情報量を少なくすれば論理回路が複雑になり、逆に論理回路を簡略化すれば紙テープの情報量が増し、読取りに時間がかかる欠点がある。これらの欠点は複雑な形状でかつ工具径の補正などが必要となる場合には特に問題となる。そこで加工情報を記憶装置に記憶し、その解読を計算機内部で行ない、駆動回路に直接パルスを送る方法が考えられるが、そのためには数十マイクロ秒ごとに1個のパルスを送出する必要がある、工作機の複数台制御を考えると高速計算機が必要になるので現状では得策ではない。このためパルス分配回路はハードウェア化した方式が考えられる。図3はこのような考えから生れた日立直接制御式 NC の原理図である。なお工作機の制御は単に工具の移動だけでなく、工具の交換や回転数の変更などの補助機能、工具補正量の設定などの機能が必要であるが、これらはプロセス入出力装置のデジタル出力、デジタル入力で処理できる。

図3においては加工情報はいったん外部メモリに記憶される。工具補正や同時に二、三方向に移動する場合の速度分布計算は計算機が行なう。1回の移動量、移動速度が決まればこの情報はインターフェースを通してパルス分配回路に送られる。それ以後の動作は標準 NC と同じである。このように計算機で加工情報を解読するものを直接制御式 NC (DNC) と呼んでいる。

計算機による工作機制御の方法としてこのほかに、標準 NC 装置の論理回路と計算機を結んで、計算機からはテープと等価な情報を送る方式を採用でき、すでに NC を導入しているショップの総合管理が可能である。これを SNC の群管理システムと呼んでいる。

2.2 計算機を用いた NC の特徴

計算機を利用した NC では、加工情報の記憶、各種計算、論理判断を計算機のソフトウェアで処理するため、個々の工作機に独立の

* 日立製作所大みか工場

** 日立製作所中央研究所

NC 装置をつけた場合に比べて多くの特徴がある。以下それらの代表的なものについて説明する。

(1) テープリーダの動作ひん度が減る。

標準 NC 装置における故障の多くは紙テープリーダで発生している。これは 1 文字ごとにテープの起動、停止を行なうため、SNC の持つ宿命的な欠点である。ところが計算機を用いれば、一度記憶装置に記憶するため、同一パートプログラムを何回使用しても、テープリーダの動作は 1 回でよいことになり総合的に見ると、大きな効果となる。

(2) 拡張性が大きい。

図 3 は工作機が 1 台の場合であるが、同一インターフェースに数台～十数台の工作機を接続することができる(これを DNC による群管理と呼んでいる)。制御できる台数は計算機の演算速度、加工時の 1 ブロックの切削時間、計算の内容などによって異なるが、HIDIC 100 で 5～10 台、HIDIC 500 を用いれば 15～30 台の制御が可能である。これは SNC の群管理にも適用できる。

このほかトランスファラインとの組合せを行なう場合には、シーケンス制御なども行なうことができる。将来はさらに大形計算機と結合して工場の総合管理を行なうシステムへ発展させることもできる。

(3) 経済的である。

工作機の数がある程度まとまる場合には、直接制御式群管理システムを採用すれば、論理判断を行なうのは 1 台の計算機でよい。ため全体として経済的になる。特に複雑な加工を行なうときは数台でも有利になる。

(4) 運転実績が残る。

標準 NC のみでは運転実績は人手でとる必要がある。しかし計算機にタイプライタを接続すれば、運転開始、終了時刻、未完のロットなど工程管理に必要となる情報や工作機の実動時間の記録などを残すことができる。

(5) 工程管理が可能である。

あらかじめ立てた工程により、一定期間の加工員数と作業順序を外部メモリに記憶しておけば、自動的にパートプログラムが選択され、その都度人間が指示しなくても作業を続けることができる。万一故障などにより予定の作業ができなかったものは、プリントアウトや紙テープパンチにより、工程管理部門にフィードバックすることができ、精度の高い管理が可能となる。

(6) パートプログラム作成の省力化ができる。

APT などの自動プログラムの実用化により、パートプログラムの作成は比較的容易になっているが、できあがったものを最適なものにするには、数回にわたる修正と試行が必要で、紙テープでこれを行なうには多大の手数が必要である。計算機の記憶装置は書換えが容易であるため、パートプログラムの記憶にポインタ機構(1 ブロックの最後に次のブロックの記憶場所を指示する)を導入して、ブロックの追加、削除が容易なプログラムとした。また繰返し現われる所はパートプログラムを簡略化することができるが、詳細は 2.3 に説明する。

(7) 総合的な能率向上が可能である。

複数台の工作機を同時制御してショップ全体を総合的に運営することができる。たとえばトランスファラインに数台の工作機が置かれる場合には、加工物の輸送・パートプログラムの自動選択により、全体としての能率向上ができる。これが群管理といわれるシステムで、機械工業における自動化の手段として、最近注目されているものである。

2.3 パートプログラムの作成

1 個の製品を完成させるまでには、同じような加工が繰返し現わ

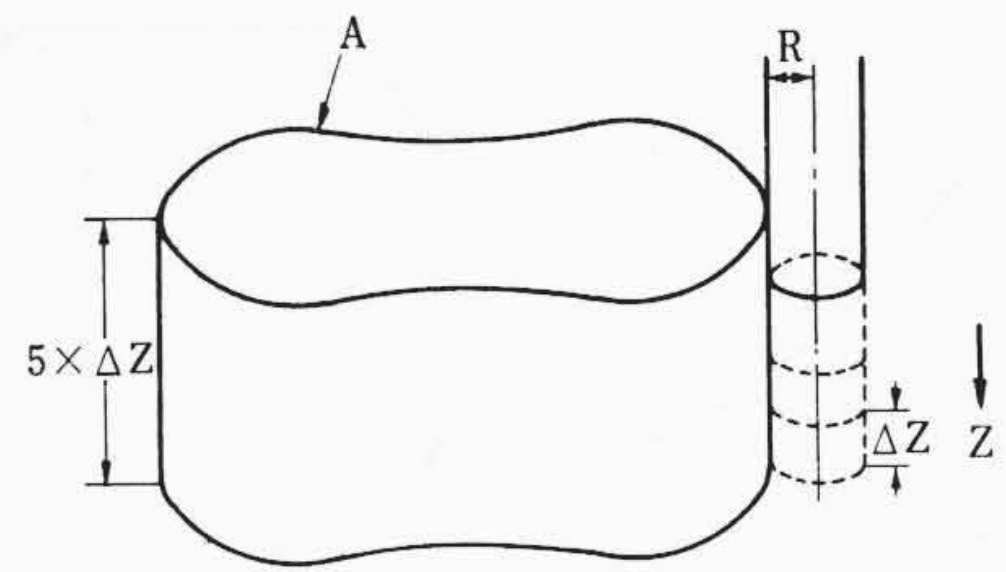
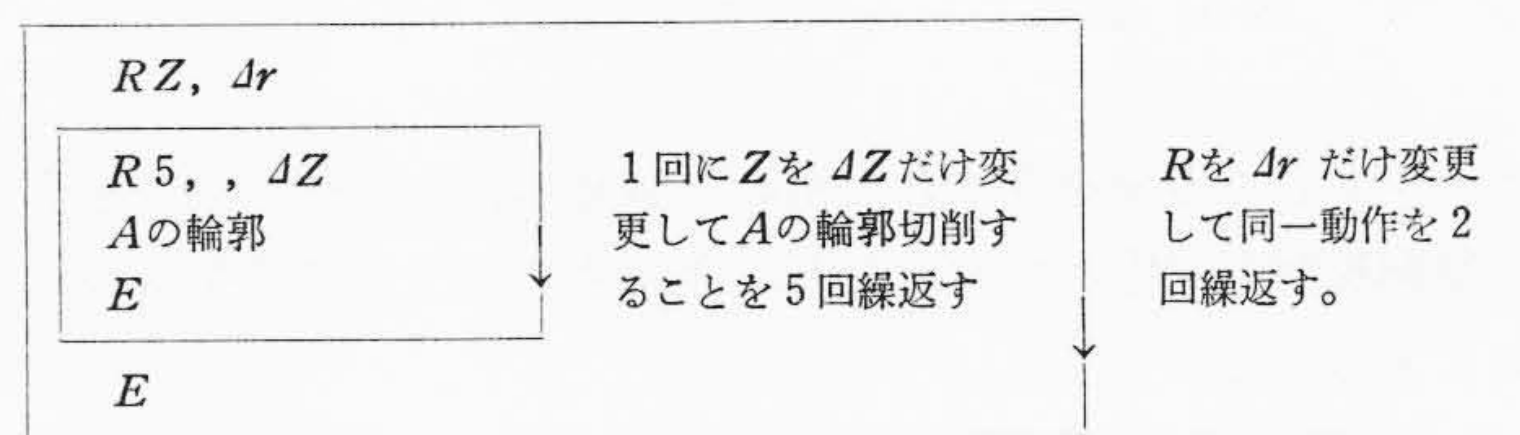


図 4 繰返し加工の例

れることが多い。図 4 はその一例で A のような形状の製品を作る場合、エンドミル(半径 R)を用いるものとし、Z 方向には一度に ΔZ 送るものとする。標準 NC で、紙テープで加工する場合には「Z を ΔZ だけ移動して A の輪郭切削をせよ」という情報を 5 回書かなければならない。しかも荒仕上げと精密仕上げを行なうことを考えると、見かけ上 R が Δr だけ変化したものとして、工具補正を行ない、同一テープを 2 度かけなければならない。計算機を用いれば繰返し回数を記憶させることができるため、このような場合の表現は簡単である。たとえば次のように表現される。



これは、重なりが二重の例であるが、重なりが四重まで許されるプログラムを完成しており、現在は HAPT によりこのような結果の得られる自動プログラムを開発中である。

このように計算機の機能を活用すれば、NC 導入時に問題となるパートプログラムの作成が有力化することができる。ある製品について検討したところ、約 3 分の 1 の情報量で済むことがわかった。これは修正時の手数、テープの保管、記憶容量などを考えれば、大きな効果であり、群管理システムの導入をこの面からも検討すべきであると考えられる。

また、計算機に X-Y プロッタなどの作図機を接続すれば、パートプログラムの確認は、工作機を用いずに行なうことができる。これは新しい製品を作るときには大きな効果があり、工作機は切削速度など品質を決めるファクタの確認だけに用いればよい。ため、工場全体の能率向上にも寄与できる。

以上機械工業における計算機の利用について説明したが、なかでも群管理システムは今後急速に普及するものと思われる。

3. 加工機械の計算機制御

3.1 概要

加工機械といえば、すぐに NC のことが頭に浮かぶであろうが、これについては前節で述べたので、ここでは少しおもむきを変えて、論理動作を主体としたプログラムにより運転される自動化機械の一例として鍛造プレスの計算機制御について述べる。

鍛造プレスのプレス厚み制御、マニプレータ回転角制御、マニプレータ走行位置制御を高速度で、しかも高精度で安全に行なうために制御用小形計算機を採用すれば、きわめて簡単な機器構成でわずかなプログラムによって容易に、安価に実現できる。さらに計算機を取り入れることによって従来の制御装置では防ぎ得なかったオペレータの操作ミスに対する合理性チェック機能、機器の異常動作チェック機能を持たせることができる。一度に同一点のデータを数回取り込み、その中から正しい値を採用して精度を上げるとともに安全に機械を運転させることもでき、また停電時には出力を安全側に

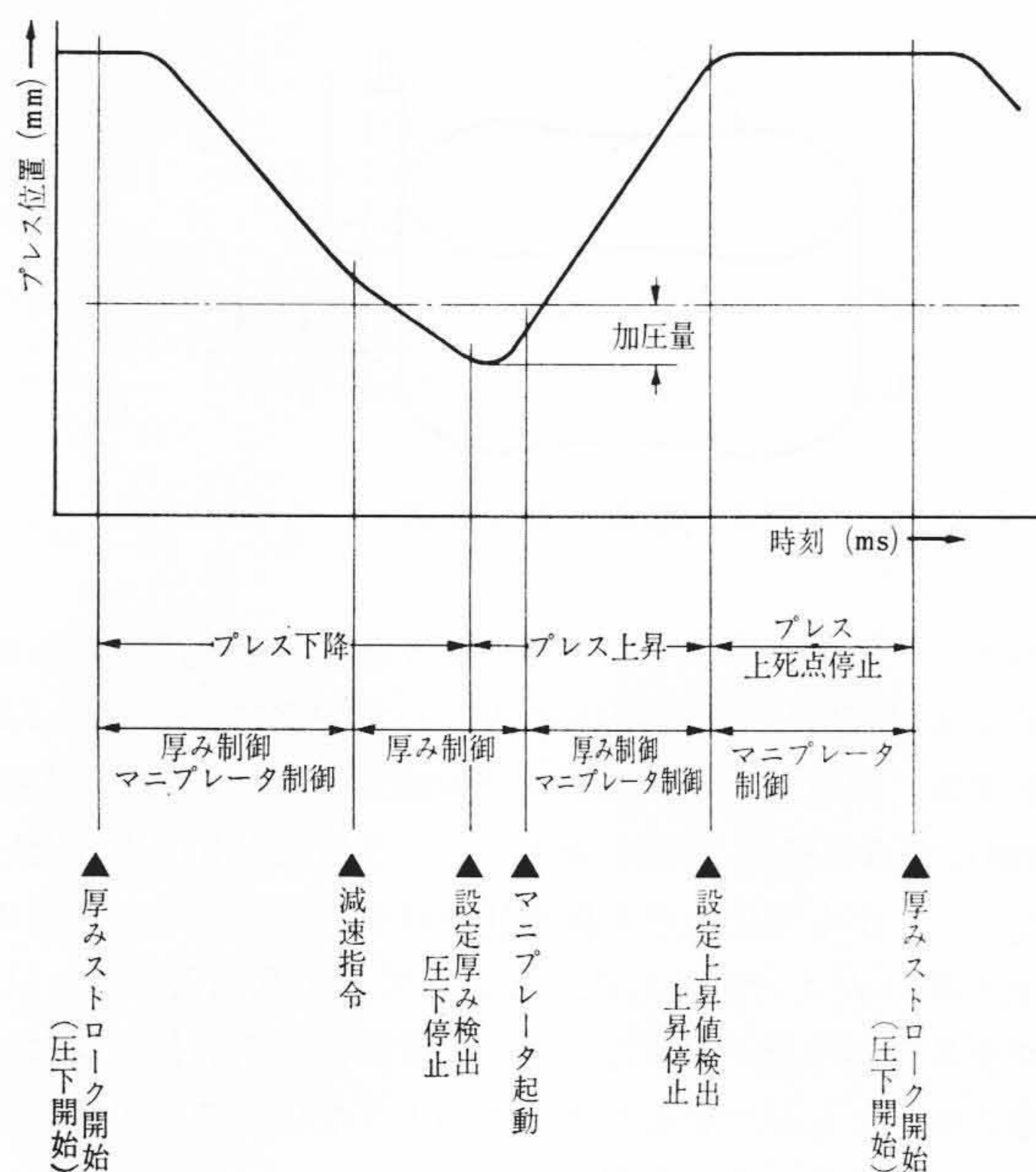


図5 鍛造プレスタイムチャート

ホールドして万全を期すとともに、容易に再スタートができるように制御履歴を記憶しておくなど、きわめて多くの特長をもつシステムとすることができる。

3.2 制御内容

鍛造プレスの代表的な工程を示すと図5のようになる。紙テープまたは設定盤から、制御目標となるプレス厚み、ストローク回数、円周分割数(何角形にプレスするか)、走行ピッチ、減速位置、上昇位置、段数、プレス零点、マニプレータ零点などを計算機に入力し、図5に示すようなタイムチャートに従って、プレスおよびマニプレータを制御する。すなわち計算機はプレス位置、マニプレータ走行位置、回転角度を約5msごとに読み込んで目標値と常に比較しながら制御を続け、材料を目標どおりの形に高速、高精度で自動的に鍛造する。

この例では各種の目標値をインプットデータとして計算機に与えたが、さらに一步進めて機械(プレス、マニプレータ)および材料の仕様のみを与えて、計算機が最適のプレス厚み、減速・上昇位置などを自動的に演算し、制御するようにもできる。

3.3 プレス・マニプレータの運転モード

鍛造の種類としては荒鍛造と仕上鍛造とがあり、運転モードは次の三つに大別することができる。

(1) 連動運転

プレスとマニプレータとを連動させ、これらすべてを計算機により自動運転させる。

(2) 自動運転

プレスのみを計算機によって自動運転させ、マニプレータは手動運転とする。

(3) 手動運転

プレス、マニプレータともに手動運転する。

上記いずれのモードにおいてもプレスとマニプレータの位置だけは常に計算機に取り込み、チェックするとともに表示器に表示する。

3.4 ロギング

各鍛造ストロークごとの厚み設定値、実際の厚みおよびマニプレータの走行位置、回転角度を鍛造作業中にタイプライタに印字させる。また連動運転の際にはテープ入力情報(素材寸法、材料温度、仕上り寸法など)によって各ストロークにおける厚み設定値とマニ

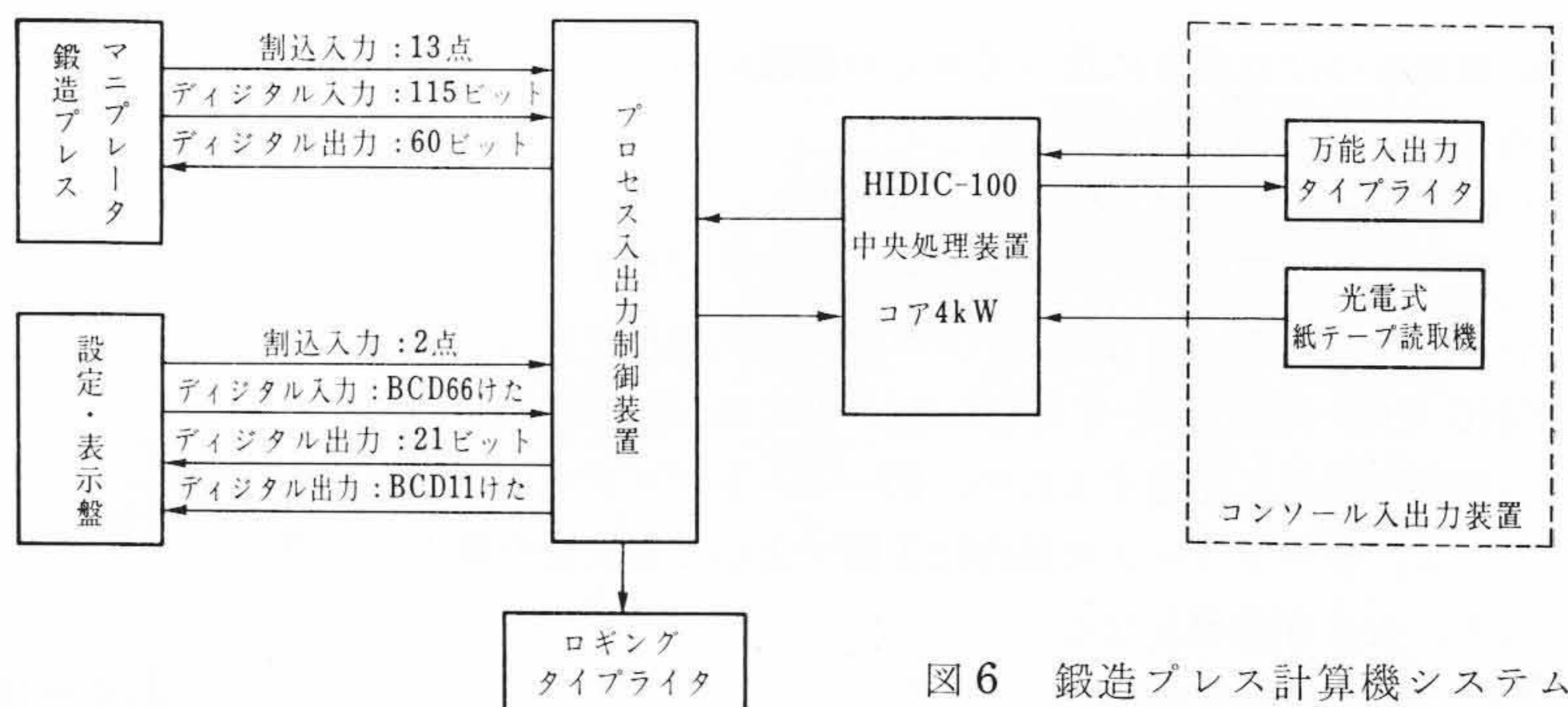


図6 鍛造プレス計算機システム

プレータの動作方法を計算機により演算し、その結果を印字させる。そのほかエラーメッセージなどは、コンソールタイプライタに印字させる。

3.5 計算機システム構成

上記に述べた制御を行なうために必要となる機器構成は図6に示すとおりである。

4. 自動試験・測定装置の計算機制御

4.1 IC(集積回路)検査システム

4.1.1 概要

IC試験装置に制御用計算機を接続して、テスト(試験装置)のコントロール、データの集収、計算、統計処理、印字などを行なうものである。

4.1.2 処理内容

(1) 処理モード

- (i) オフラインモード: ICの特性を測定した結果をテストにて紙テープにパンチアウトさせ、そのテープを計算機に読ませて各種計算、統計処理を行なう。
- (ii) 印字モード: ICの特性測定結果がテストから直接オンラインでインターフェースを通じて計算機に送られ、各種計算、統計処理を行なったうえ、結果が印字される。
- (iii) 計算機制御モード: 計算機のメモリ内にあるICテスト用プログラムを計算機で判断したうえで、インターフェースを通じてテストにこれを転送し、そのプログラムに基づいてICの測定を行なう。測定結果は印字モードの場合と同じく処理される。

(2) 計算機から指定できるパラメータ

- (i) サンプルモードの指定: 次の3種類のサンプル方法の中の一つを指定する。
 - ・ICの良、不良にかかわらず、全数サンプルする。
 - ・良品のみサンプルする。不良品のIC番号と不良となったテスト項目番号と、その測定データは必ず印字する。
 - ・不良品のみサンプルする。

ここで良品ICとは全測定項目において合格したICである。

- (ii) サンプルピッチの指定: 測定データを何個おきにサンプルするかを指定する。一例では最高19個おきまで指定できる。
- (iii) サンプルするテスト項目番号の指定: 指定されたテスト項目についてサンプルし、ヒストグラムを作成する。一例では32項目まで指定できる。
- (iv) 同時サンプル項目の指定: 同時サンプル項目に指定されたテスト項目のサンプル値は同一のグループとして取り扱われ、一つのヒストグラムに作成される。一例では5グループの指定が可能で、1グループ内のテスト項目数は8項目まで可能である。

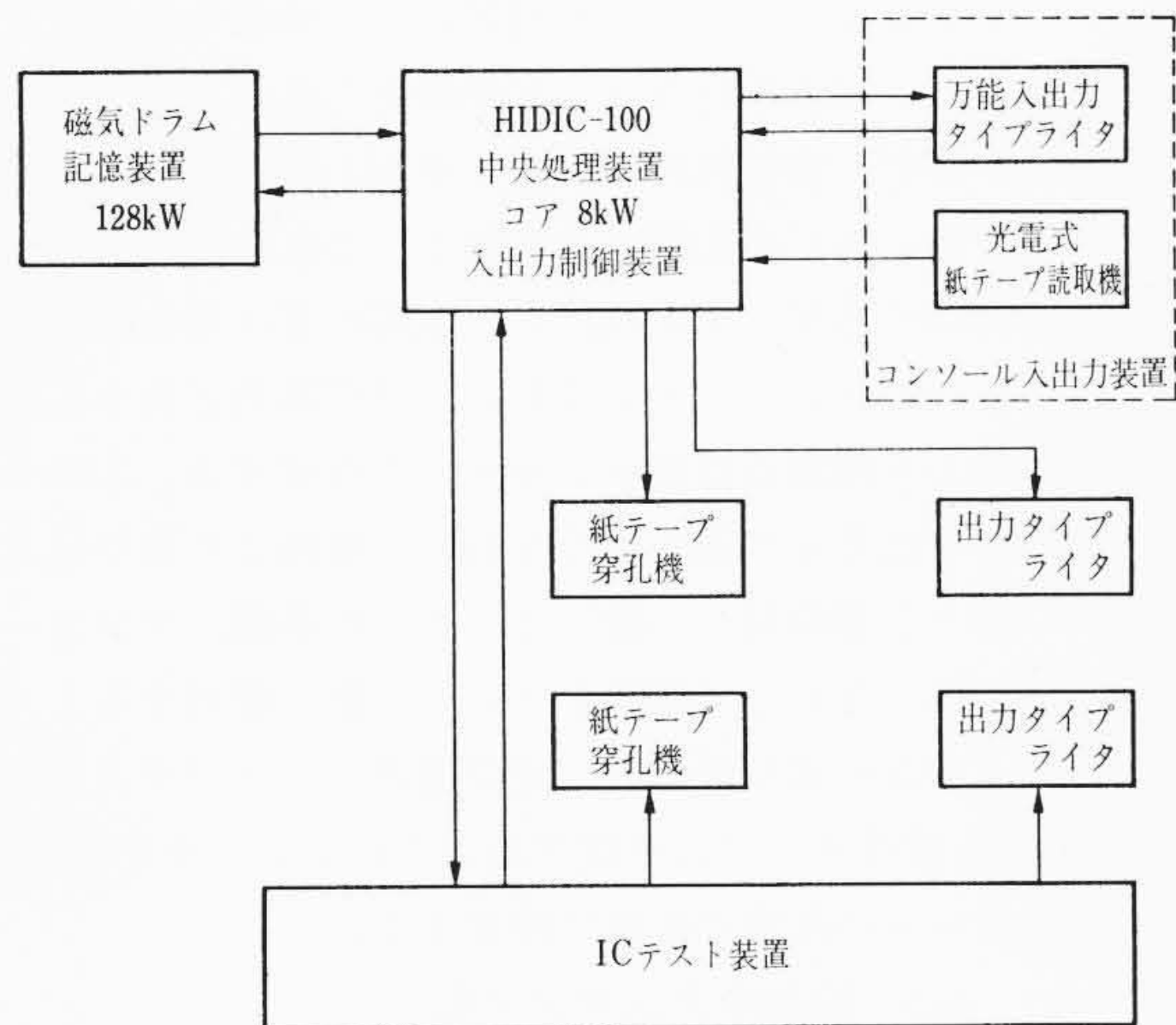


図7 IC検査用計算機システム

- (v) 生データの印字指定: 必要な場合には計算結果（ヒストグラム、平均値など）以外に、サンプルデータそのものを印字できる。
- (3) 処理結果の印字
- 上記のパラメータが指定され、それに基づいて計算処理され、以下のものが印字される。
- (i) 試料総数: 測定したICの総数
 - (ii) 良品数: 測定したIC中の良品の数
 - (iii) 不良品数: 測定したIC中の不良品の数
 - (iv) 歩どまり: 試料総数中の良品数の百分率
 - (v) 平均値と偏差: 測定項目の各平均値および標準偏差
 - (vi) ヒストグラム: 測定項目ごとに度数分布表、累積度数分布表を作成する。

4.1.3 計算機システム構成

上記の処理を行なう場合の計算機システム構成の例は図7に示すとおりである。この例の場合の測定容量は次のようである。

測定IC数: 最大200個

測定項目数: 最大200項目

4.1.4 計算機導入による効果

- (i) テスト結果は正確かつ迅速に把握(はあく)される。
- (ii) 測定結果の統計はきわめてわかりやすく整理された形で得ることができる。
- (iii) 計算機制御モードではICテストを最大限のスピードで効率良く活用できる。
- (iv) 測定結果のレンジも印字される。
- (v) 初期値との比較などもできる。
- (vi) データ集収、解析のための人手が省ける。
- (vii) 紙テープにデータを保存できるので、必要なときに計算機でいつでも解析できる。

4.2 水車模型試験システム

4.2.1 概要

水力発電に使用される水車あるいはポンプ水車は、模型試験により性能の確認あるいは性能の改善が図られている。この模型試験を高精度で能率よく行なうために制御用計算機が導入されている。

4.2.2 処理内容

試験項目としては水車およびポンプの効率あるいはキャビテーション試験、完全特性試験、特殊試験などいろいろあるが、ここではその中の水車効率試験を例にとって説明する。

模型水車の回転速度を調整して定常状態になってから、トルク、

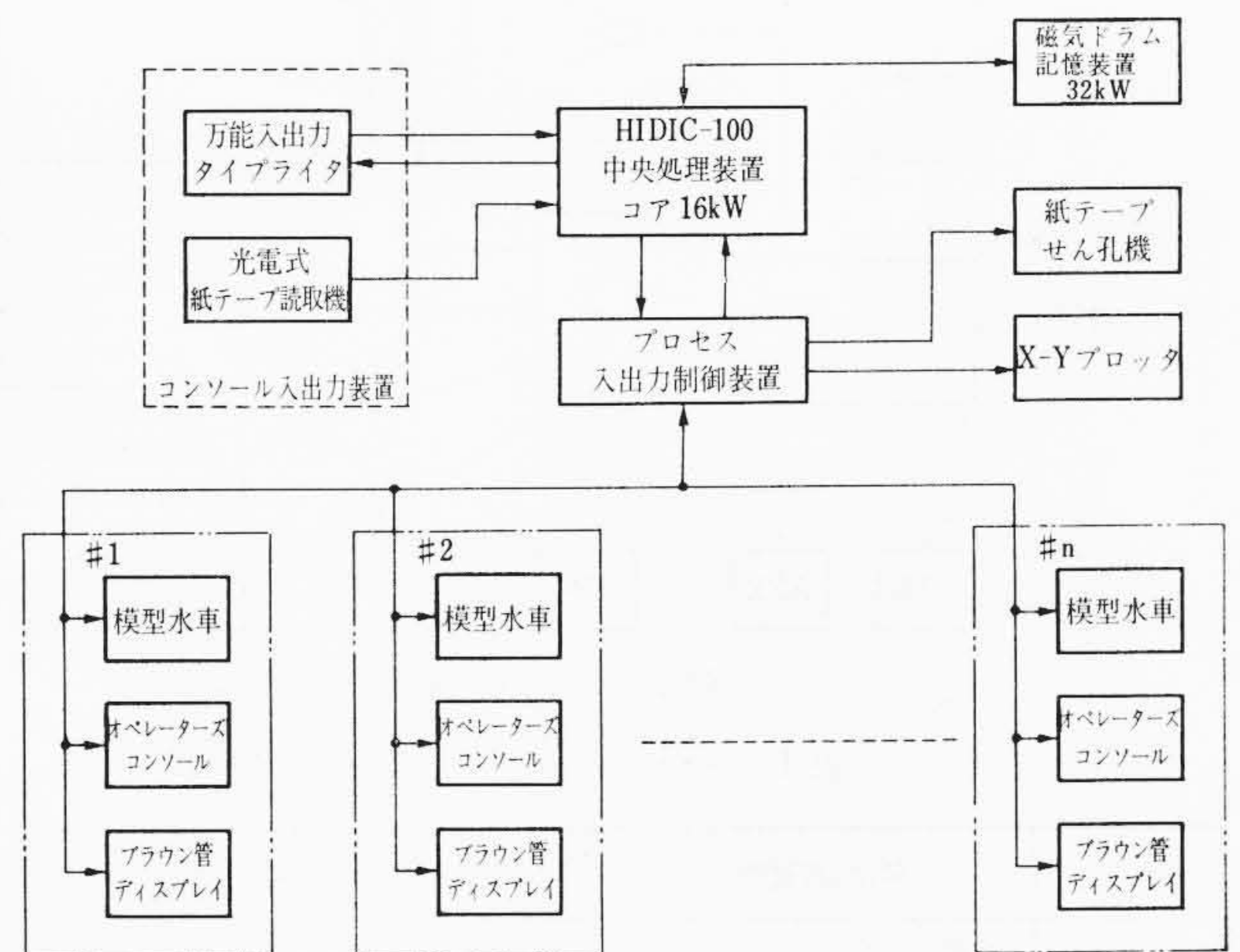


図8 水車模型試験用計算機システム

流量、落差を計算機に取り込み、単位落差あたりの効率、流量、出力を計算してブラウン管ディスプレイ装置に表示する。水車の回転速度を種々変更してこの試験を繰り返し、所定回数のテストを行なったのち、横軸に単位落差あたりの回転速度をとり、縦軸に単位落差あたりの効率、流量、出力をとってX-Yプロッタに計算機より出力してカーブを描かせる。試験データは最終的には紙テープにせん孔されて保存される。

4.2.3 計算機システム構成

計算機システム構成の一例は図8に示すとおりである。この例では、同時に10セット以上の試験装置を処理する。

4.2.4 計算機導入の効果

- (i) データ処理が自動化されるので省力化が達成できる。
- (ii) 試験装置の自動運転ができ、高精度で効率のよい試験ができる。
- (iii) 紙テープにデータを保存することによって、必要なときにいつでもこれを計算機にかけて解析することが可能となる。
- (iv) データの書き誤り、読み誤り、計算誤りがなくなる。
- (v) 試験データを時々刻々ディスプレイ装置に表示させることによって試験状態を把握することができ、スムーズに試験が進められる。
- (vi) 試験時に、その場で特性カーブを描かせることができる。

4.3 その他の自動試験・測定装置への適用

以上述べた以外にも以下にかかげた用途に適用できる。

- (i) 自動車排気ガス測定分析用計算機システム
- (ii) 分光分析用計算機システム
- (iii) 布線チェッカ、プラグインチェッカ用計算機システム
- (iv) 卓上計算機検査用計算機システム
- (v) ポンプ試験用計算機システム
- (vi) 発電機、電動機特性試験用計算機システム
- (vii) 環境試験用計算機システム

5. 交通の自動化

交通関係は、都市ならびに、交通の過密化、公害の防止などに関連して、今後ますますコンピュータの活躍する分野である。制御対象としては、交通システムと、交通機関に大別されるが、一般に交通システムは広域で複雑な統計的、予測的な手法を必要とするため大形制御システムとなり、小形制御用計算機が主役を演ずる余地は少なく端末装置としての意味を持つようになるであろう。

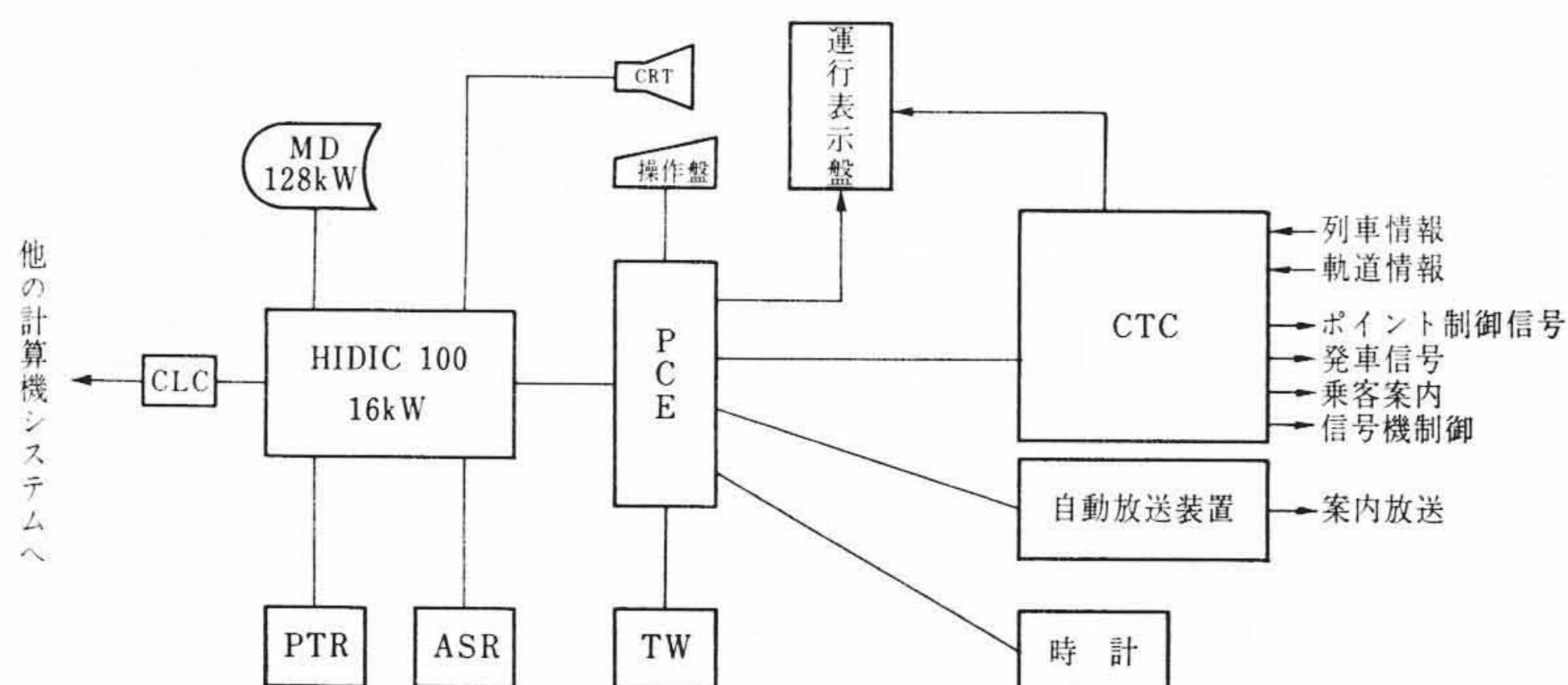


図9 列車群制御システム

表1 船舶のコンピュータ制御システム

	停泊、荷役時	出入港、離接岸時	通常航海時
No.1 システム	推進プラントの 異常検知と診断	推進プラント 起動シーケンス	推進プラント自動運転 プラント異常検知、診断
No.2 システム	荷役計算 荷役制御 通信 火災検知、消火	衝突予防 座礁予防 通信 火災検知、消火	衝突予防 座礁予防 自動航法 通信 火災検知、消火
No.3 システム	係船制御	自動航行	自動航行
システム 構成			

しかしながら、交通機関の制御となると、コンピュータ自体が、制御対象である交通機関により移動するということから、ロボット的な要素があり、小形、軽量なことが必要な条件となり、小形制御用計算機の独だん場となる。

以下、交通関係へのHIDIC 100の応用について述べる。

5.1 列車群の制御

列車群の制御とは、定められた線路上にできるだけ多くの列車を、時刻表どおりに運転することにつきます。環状線あるいは地下鉄、私鉄など、運転ヘッドの短い路線に、採用される傾向にあり、進路制御、出発時刻制御、ダイヤ整理、乗客案内表示および放送などを行なうことになる。図9は地下鉄の制御の一例を示したものである。

磁気記憶装置には、平日、休日などの運行ダイヤがあらかじめ記憶されており、列車の運行は、このダイヤに従って、CTC経由で得られる列車番号、列車位置などの列車情報と、軌道の開通状況、信号状態などの軌道情報を監視しながら、ポイント制御信号、発車信号、乗客案内表示情報、信号機制御などを通して行なわれる。また、自動放送装置により列車位置に従って単語を組み合わせ、接近発車停車などの放送を各駅ごとに行ない、乗客を誘導する。

運転指令は、運行表示盤、操作盤、ブラウン管文字表示装置によって異常事態の処置、ダイヤ整理などを行なう。列車運行結果のデータは、乗務員運用、車両運用などの情報として、タイプアウトされたり、ほかのコンピュータにデータ伝送される。

5.2 列車の制御

列車の自動運転として、車上にHIDIC-100をとう載し、定時運転制御、定位置停止制御、定速度運転を行なわせることができる。定時運転は、あらかじめ決められた運転ダイヤどおりに駅の発車時刻を制御することであり、定位置停止制御は、列車がホームの所定の位置に停止するよう制御することである。また定速度運転は、軌道こう配や負荷変動に関係なく定速運転を行なうことである。このほか、

コンピュータの余力を利用して、情報の提供などの旅客サービスを行なうことが考えられる。

まず、車種別の列車ダイヤと、軌道条件、車両条件をあらかじめ記憶させておく。これらのデータから、関係するデータを選択し、駅間の最小運転時分を計算し、これとダイヤを比較し、予定時刻どおりに走行するよう列車の標準ランカーブを作成する。このランカーブにそって運転が行なわれ、車軸より取り込んだ距離と予定時刻が一致しないとその都度、ランカーブを計算しなおして制御していく。駅に接近すると、プログラムが切り替わり、定位置停止プログラムが起動され、減速カーブに追従するようにブレーキを制御して、ホームの所定の位置に停車する。

5.3 船舶のアンマンド化

船舶の制御を大別すると航法関係、ぎ装関係、推進プラント関係に大別され、さらに表1のように細分化される。ほかの計算機制御と異なり、これらサブシステム相互間には、必ずしも密接な相互関係はなく、さらに船舶の状態（停泊時、出入港離接岸時、通常航海時）によって、コンピュータへの負荷が大幅に変化する。また、周囲条件が悪く、現在のハードウェアを船舶規格に合致させることは困難である。塩害、振動、傾斜、動揺など、陸上の場合と比較にならぬきびしい条件である。また、保守修理はすべて乗組員が行なわなくてはならず、修理不可能の場合は、なんらかのバックアップ装置にたよって港までたどりつかねばならない。

以上述べたように、船舶のコンピュータ制御は陸上の場合と異なり、システム上、ハードウェア上、ソフトウェア上特別な配慮が必要で、ダイナミックに変化する使用状態に対応して、柔軟なシステムが要求され、ここに小形制御用コンピュータの複合システムが、有望となる。表1はシステム構成例を示したものである。3台のHIDIC 100を用いることにより、フォールバックシステムに移行しやすく、また乗組員による保守も、比較的簡単な教育で可能となる。傾斜振動の激しい航海時には、磁気ドラムメモリをシステムより除外してしまうところに特色がある。このようなシステムが、船舶制御の大きな壁である悪い周囲条件に対する解決策であろう。

5.4 貨車ヤードの制御

貨車ヤードにおける貨車の分散転と組成は、危険な人手を要する作業である。HIDICは、中小の貨車ヤードの進路設定、突放し貨車の速度制御を行なうのに適している。機関車により突放された貨車は、分解組成計画に従って決められた仕分線に散転される。この時、HIDICはポイントを制御し、貨車の速度を検出し、走行抵抗、風速、軸重さらにフルネスなどを考慮して、最適連結速度で、連結するようブースタ、リターダを制御する。国鉄富山ヤードでは、ブースタリターダとしてリニアモーターカーを用いており、HIDIC 100は、このリニアモーターをDDC(直接制御)的に制御している。

6. 結 言

以上、制御用小形計算機の適用例について述べたが、計算機システムの導入に際しては、その諸機能をよく理解したうえで、制御用計算機としての長をじっくりと生かした使い方をすべきである。

ここには中、大形上位計算機とのハイアラキシステムの例については述べなかったが、大規模トータルシステムの一分野を制御用小形計算機が受け持つことはしばしばあり、また今後ますます多くなることは目に見えている。これらについては本特集の展望を参照していただきたい。