

FACTROL (生産管理装置) とその応用

FACTROL (Factory Control System) and its Application

北之園 英 博*
Hidehiro Kitanosono

内 容 梗 概

FACTROL は Factory Control すなわち工場管理を行なうシステムを意味する。各種製造工業，プロセス工業などにおいて本装置を中央制御室に設置し，各現場の状況を定量的に常時監視するとともにその状況に応じて適切な処置をする。その監視の方法，処置の方法により 1000, 3000, 5000 のシリーズがある。本稿ではこれらのシステムがどのように使われ，どのように効果をあげるかについて述べる。

1. 緒 言

FACTROL は単なる工場管理を行なう 1000 形，現場の情報をアナログ演算処理しうる 3000 形，デジタル演算処理しうる 5000 形の 3 種のシリーズから成る。これらは管理，制御を行なう対象の性質，情報の種類，処理のしかたによって使い分け，有機的な工場の運営を行なうことにより，終局的には生産性の向上を図るものである。以下本装置の内容と応用例について具体的に述べる。

2. FACTROL システム

FACTROL は生産管理を行なうシステムを意味するものであるが，具体的には次のような分野に応用される。すなわち異種の製品を同種の機械で生産する場合（たとえばプレス工場），異種の製品を異種の機械で生産する場合（たとえば自動車製造工場，圧延工場，化学工場など），あるいは製品の流れに従って加工機械の変わる場合（たとえば転炉工場，タイヤチューブ製造工場，セメント工場）などがその例である。

具体例としてオートメ工場について述べる。第 1 図はそのブロック図であるが，製品はコンベヤシステムにより流れており，かつ各所にチェック部があって流れる製品の数に変動するし，また途中で二つの流れが合流することもある。このような場合，中央の管理者は，各工程で現在予定数に対し実績がどれだけあり，また合流点で部品が 1:1 にうまく組み合わされるよう，各ラインの部品が流れているかを常時監視し，もし調和がとれていないとき，あるいはその危険性ありと判断したときは，現場にあらかじめ指示し，場所によってはコンベヤ速度の調整をする必要がある。そこで FACTROL-1000 はこれらラインの主要部の部品がその場所を通過した数を計数する。その結果が現在実績数として FACTROL 本体に（現場スタンドのあるときはそのスタンドにも）表示され，一方現在の予定数も表示しておけば，予定に対し実績のズレを定量的に知ることができる。現在予定数の設定のやり方については別項に述べる。こうして時々刻々予定に対し現状はどうかを判断するのであるが，この判

第 1 表 FACTROL-1000 主要構成要素

9 組……………表示ユニット	4 組……………現在予定数設定制御器
1 組……………時刻表示ユニット	10 組……………本日予定数設定器
1 式……………IBM カードラック	1 組……………親電話器
1 式……………1 分パルス発生器	寸 法
1 式……………時計装置	……幅 1,100×高 1,900×奥行 700

断を人がするのが FACTROL-1000 形であり，この判断を FACTROL 自身がやり，そのほか効率，稼働率，原単位などの計算をして現状に指示するのが FACTROL-3000, 5000 形である。なお FACTROL-3000, 5000 形を計算制御の頭脳として用いることもできる。

3. FACTROL-1000 形

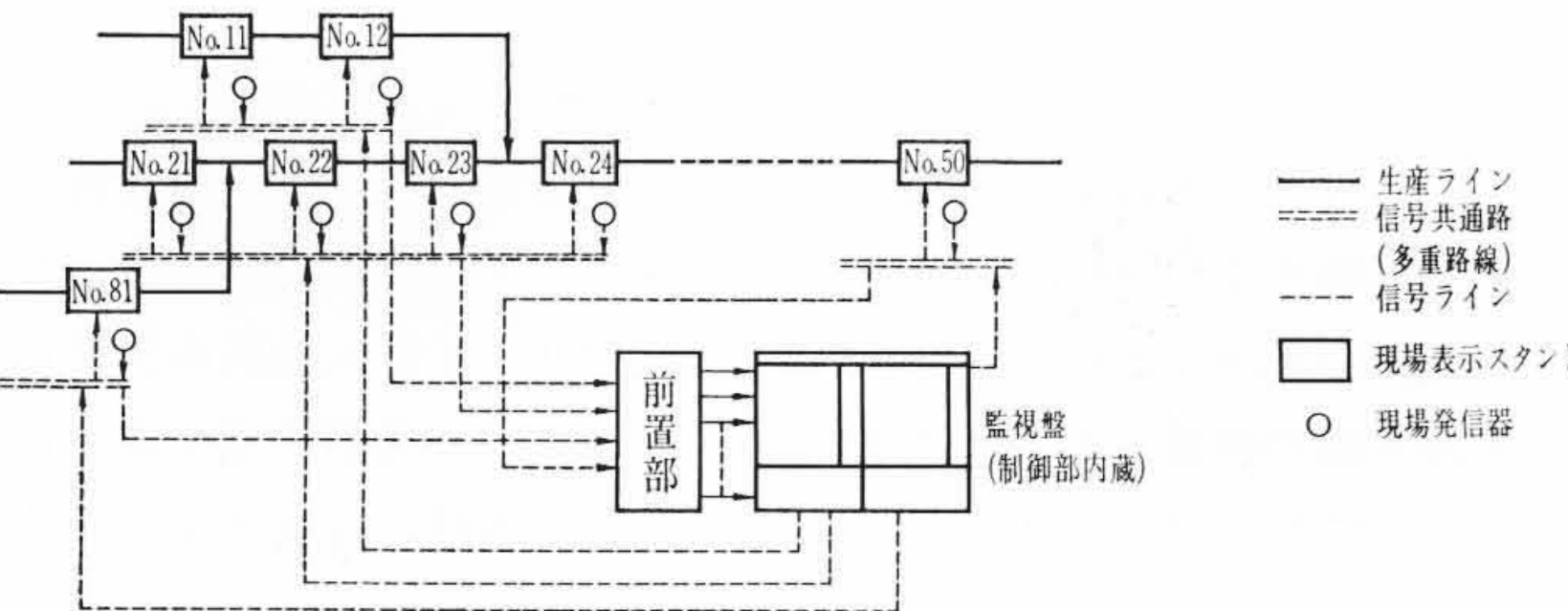
FACTROL-1000 形の主要構成要素を第 1 表に示す。このうち表示ユニットは 5 組の 5 けた電磁カウンタを有し，このカウンタは自動電磁リセットが可能である。このユニット 1 組が作業現場の 1 単位に対応し，① その現場での本日の生産予定数，② 現時点での生産予定数，③ 現時点での生産実績台数，④ 現時点での生産実績累積台数，⑤ 実動時間などをそれぞれカウンタで計数表示する。したがって現在予定数と現在実績数から，現在の生産進行状況がわかり，またたとえば No. 1 ユニットの No. 2 ユニットの現在実績数を比較すると生産進行状況の流れがわかる。

FACTROL-1000 の標準は 1 面で 9 ユニットをもっているから 9 個所の現場の作業状況を中央では握でき，さらに数個所の管理を行なうときはこれを列盤にすれば工場内の生産状況を 1 個所で監視することができる。一方現場には予定数に対して現在どれだけの過不足があるか，本日の生産予定台数はいくつかを知らせるため電磁カウンタを組み込んだ現場スタンドを設け，中央からの指令，および現場発振器からの信号を表示するようになっている。さらに現場中央の相互の連絡を密接かつ迅速にするため，相互間は親電話器，子電話器による連絡ができるようになっている。第 2 図は FACTROL-1000 の外観，第 3 図は現場スタンドの外観を示す。

FACTROL-1000 の具体的仕様は次のとおりである。表示ユニットに装着する電磁カウンタは電圧パルスによって駆動され，1 秒に約 5 パルスのカウントが可能であって，しかもきわめて広い温度範囲で電源変動 +10～-15% に対し正しく計数する電磁リセットカウンタである。1 分パルス発生器は実動時間，休止時間，手待時間の計数用基準パルスを発生する。

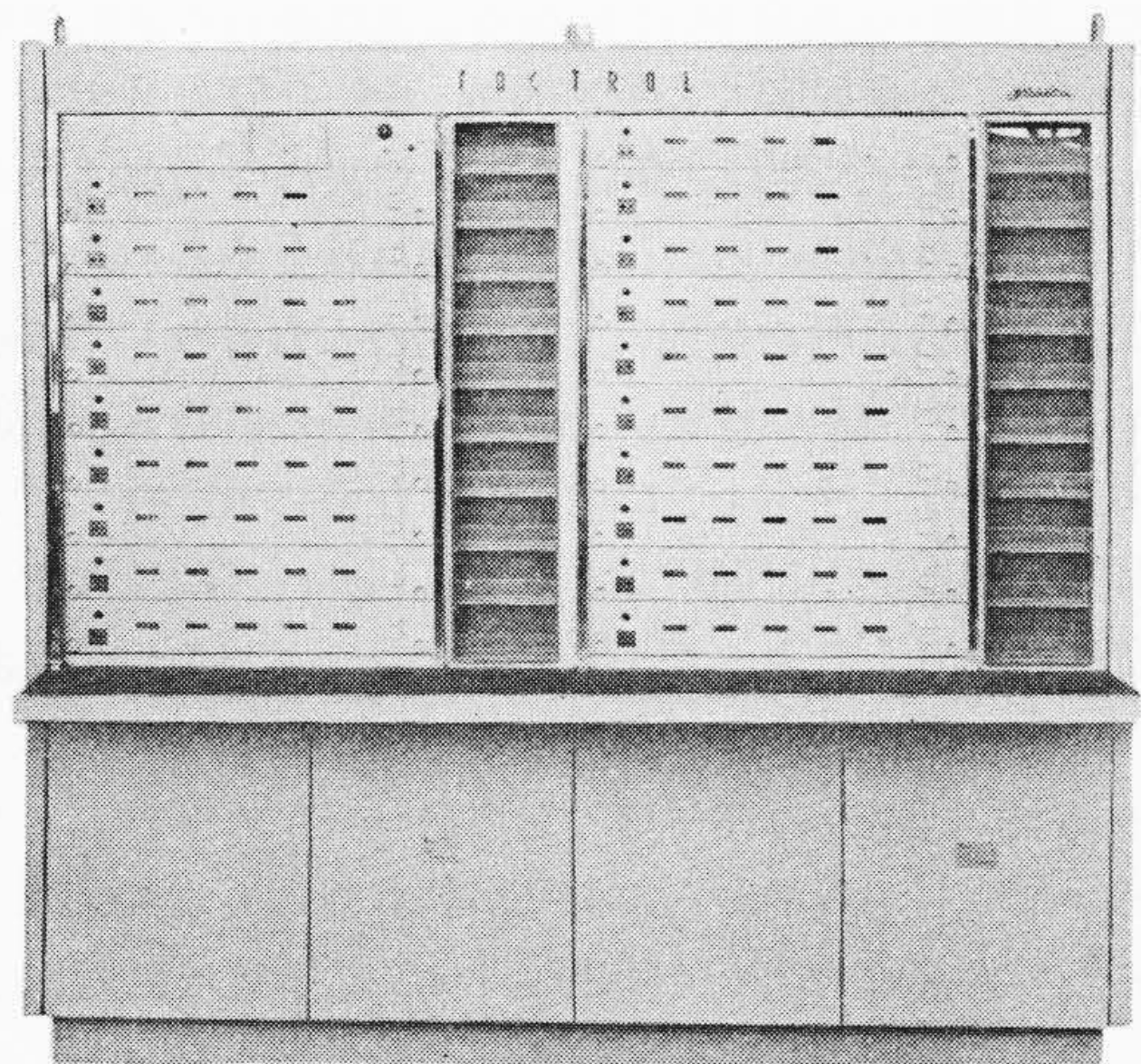
現在予定数設定器は，各現場のステップの進み方に応じて，生産のピッチに対応した基準パルスを発生させ，表示器に表示する。

本日予定数設定器は，あらかじめ各現場のそれぞれの本日予定数をピンボードまたは回転スイッチで設定し，現場および中央の本体に表示する。

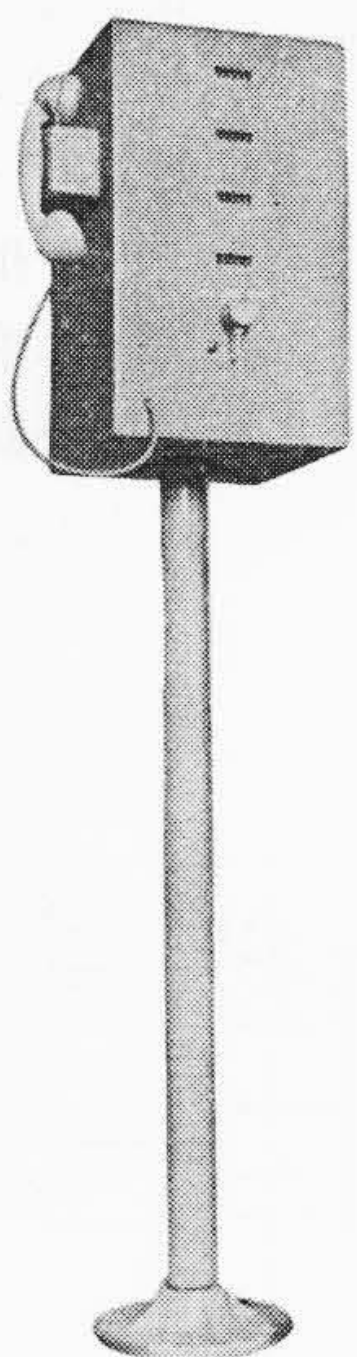


第 1 図 FACTROL-1000 応用例

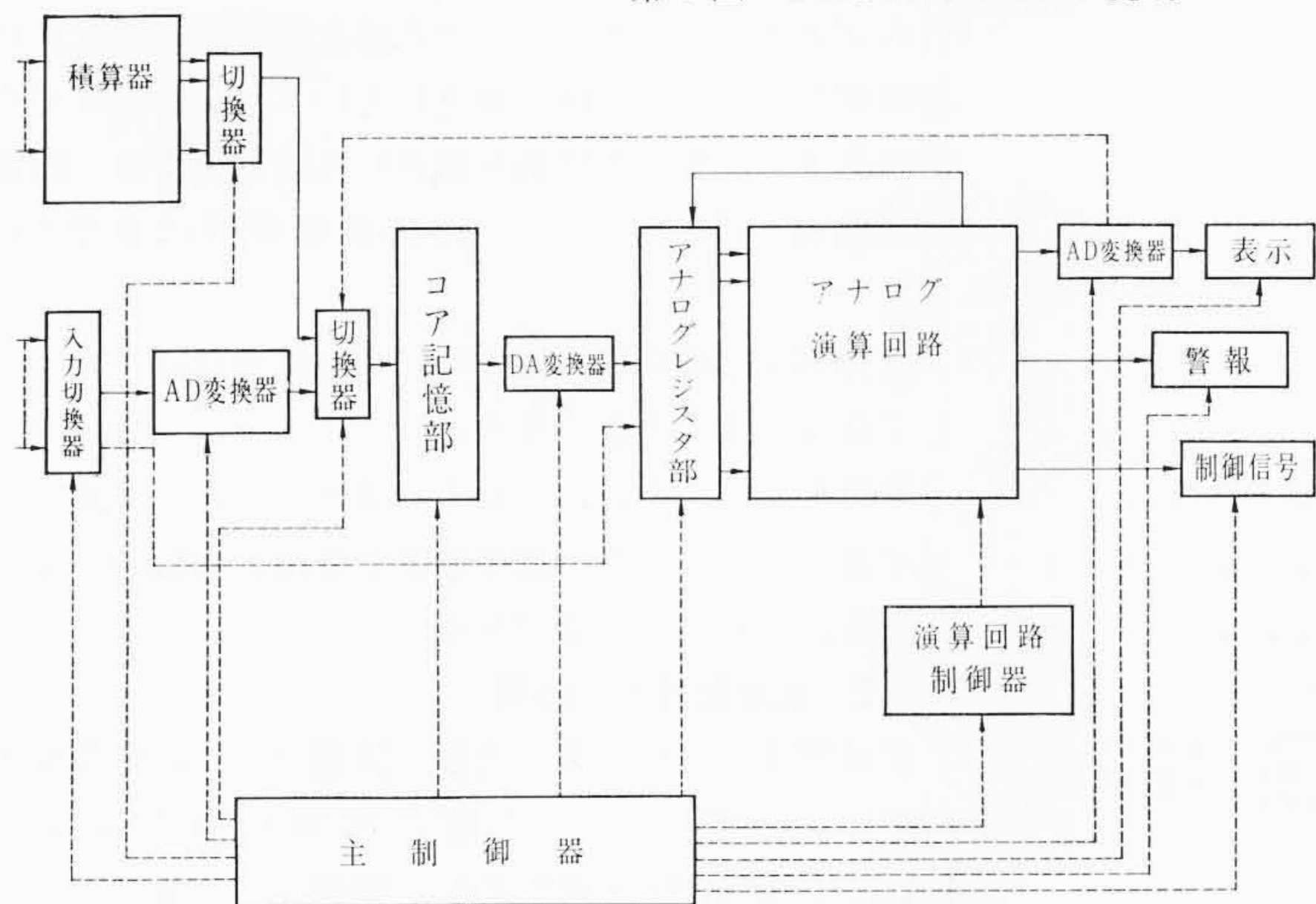
* 日立製作所日立工場



第2図 FACTROL-1000 本体



第3図 FACTROL-1000 現場スタンド



第4図 FACTROL-3000 ブロック図

FACTROL では、中央と現場間に親子電話による連絡装置があり、親電話器は中央盤の各ユニットに設けてあるジャックで現場を呼び出すことができる。

上に述べたものが FACTROL-1000 の標準であるが、現場からの情報をプリントアウトしたいときは時分割伝送方式による情報の授受ができる。また配線本数がふえるときは周波数変調による多重伝送方式をとっている。

4. FACTROL-3000

3000 形はアナログ演算機能と記憶装置を 1000 形に付加したもので、第 4 図は概略のブロック図である。記憶容量は標準 1,024 語で 1 語は符号とチェックビット各 1 ビットを含め 22 ビットである。

演算回路は演算増幅器 6 台から成っており、そのうち 1 台は記憶増幅器である。演算は時分割演算が可能で、最高 10 ステップまで

第2表 FACTROL-3000 演算部

(1) 演算方式	時分割演算方式	
	ステップ数	最大 10
	演算速度	1 点/s
(2) 演算要素	直流電圧演算方式	
	入出力電圧	DC ± 8 V
	入力インピーダンス	100 k Ω
	ドリフト	2 mV/8 h
	精度	単体精度 $\pm 0.3\%$ 以内 総合精度 直列段数、時分割ステップ数により変わる。

用いると等価的に 50 台の演算増幅器を有することに相当する。演算部に用いるハイマトロール (HIMATROL) の仕様は第 2 表に示すとおりである。この演算部は比較動作が可能で、たとえば入力アナログ信号を直接演算部に入れ、その入力が設定値に達したか否かで、制御命令を出すことも可能である。

5. FACTROL-5000

FACTROL-5000 形は 1000 の基本形にデジタル演算機能を持たせたものである。5000 形の計算部は単純な生産管理のみでなく、オンライン計算機制御の頭脳として用いられるよう設計されている。計算部の主要仕様を第 3 表に示す。本計算部は次の特長を有している。

- (1) オンライン制御用計算機として工場現場に向くよう設計してある。
- (2) 周囲温度の変動に強く $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ で正常に動作し、 $-5\sim +50^{\circ}\text{C}$ で再現性を失わない。ゆえに特別な空調設備を必要としない。
- (3) 動作方式はトランジスタを用いた同期スタティック方式で高い信頼度を有する。
- (4) 記憶装置に磁気コアを用い、外部選択方式として雑音に強くかつ温度変動にも強くしてある。
- (5) ビルディングブロック方式を採用し、保守点検が容易で、原価の低減を図ってある。
- (6) クロック周波数は 100 kc として高価になることを避けるとともに雑音に強くしてある。
- (7) 入出力信号として接点信号を用いることができ、計算部の判断機能と相まってプロセスのシーケンシャル制御ができる。
- (8) プログラムは内部記憶方式としてあるため、自由なプログラムを随時容易に構成することができる。
- (9) 割込み動作が可能である。
- (10) 振動やショックに強い。

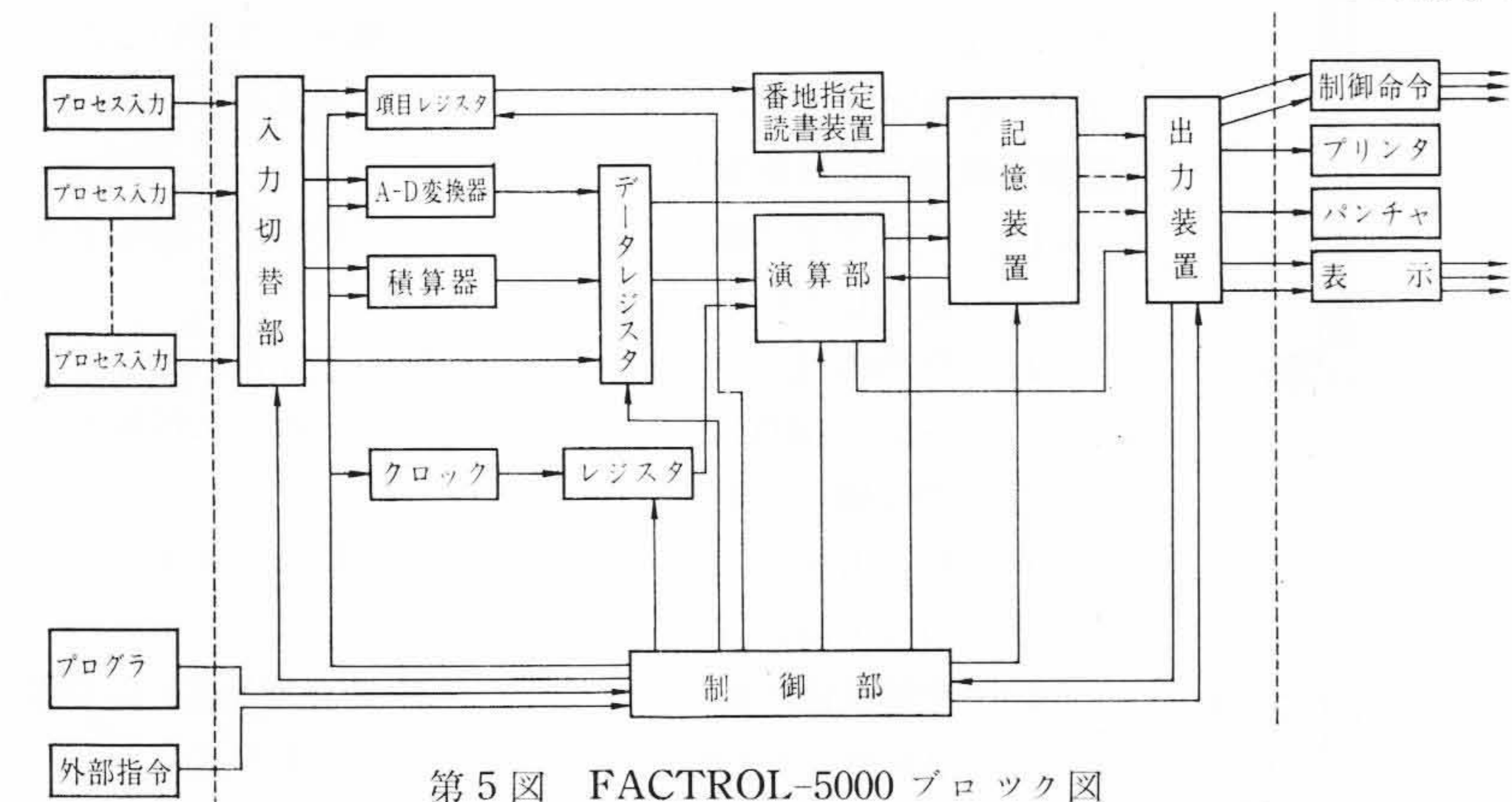
本計算部は第 4 表に示す 21 の基本命令と 43 の変形命令と合計 64 の命令をもっている。この計算部の記憶容量は約 10,000 語まで追加可能で用途に応じ磁気ドラムまたは磁気コアを外部接続するこ

第3表 計算部仕様

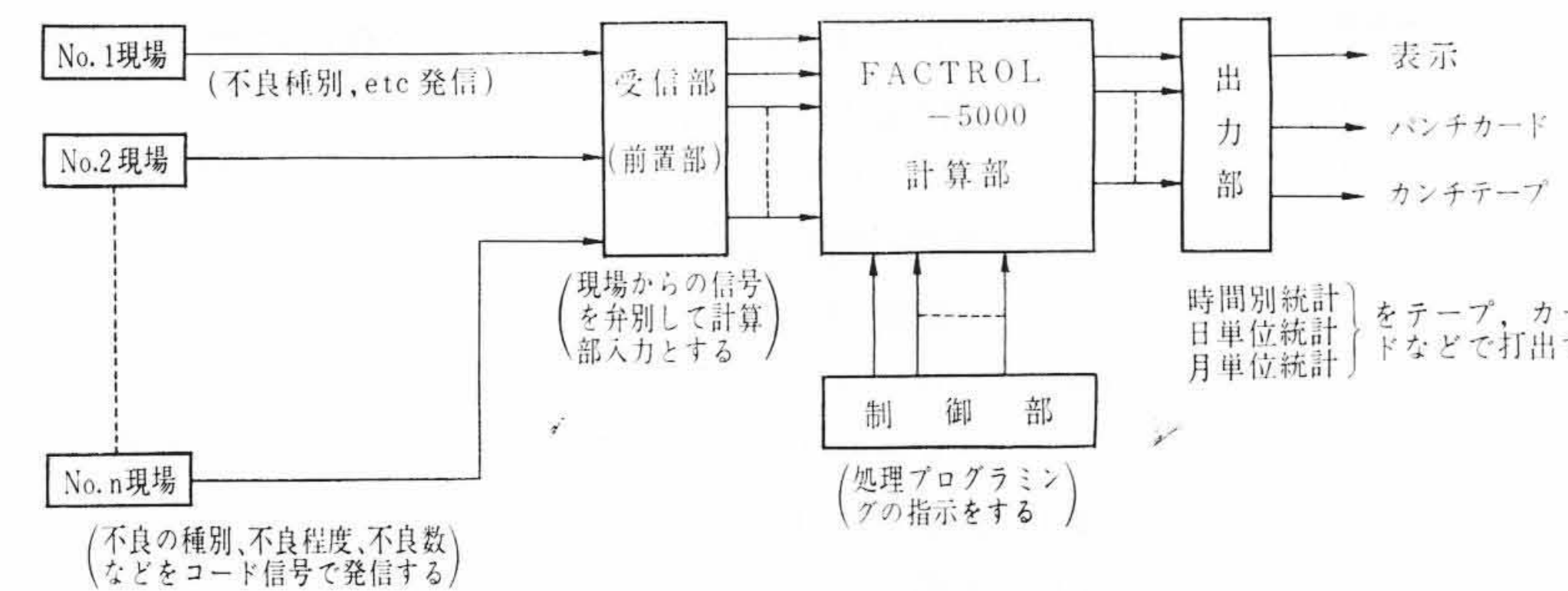
プログラム方式		プログラム内部記憶方式
回路素子		トランジスタ
動作方式		スタティック フリップ フロップ方式
クロック周波数		100 kc
語	数値語	内部 2 進 20 ビット + 符号 + チェック = 22 ビット 固定小数点
	命令語	内部 2 進 22 ビット Function 6 ビット
命令	種類	基本命令 21 種
	方式	1 アドレス方式
記憶	方式	磁気コア
	容量	1,024 語 (増設可)
計算速度	加減算	600 μs
	乗除算	100~150 ms
周囲温度		$0\sim 40^{\circ}\text{C}$
湿度		80% 以下
入力装置		テープリーダ、ロータリースイッチ、接点
出力装置		タイプライタ、テープパンチャー、接点、アナログ出力
電源		2kVA
寸法		1,200W $\times$ 1,900H $\times$ 900D

第 4 表 FACTROL-5000 命令表

(1) ADD	(11) SHIFT RIGHT n
(2) SUB	(12) SHIFT LEFT n
(3) CLEAR ADD	(13) TRANSFER ACC n
(4) ADD ADDRESS	(14) TAPE READ PARALLEL n
(5) COLLATE	(15) SENSE INPUT n
(6) EXCLUSIVE OR	(16) OUTPUT n
(7) HALT JUMP	(17) MULT
(8) JUMP	(18) DIV
UNCONDITIONALLY	(19) INDEXING
(9) JUMP IF ACC<0	(20) DRUM MEMORY
(10) JUMP IF ACC=0	(21) PRIORITY INTERRUPT



第 5 図 FACTROL-5000 ブロック図



第 6 図 FACTROL-5000 による統計処理

とができる。磁気コアも用途と使用条件に応じ外部選択方式に代えて電流一致方式を追加できる。ただし基本となるのは外部選択方式の 1,024 語である。

上に述べた計算部は FACTROL-5000 形の中核として工場の常時動態をは握し、時宜適切な指示をして生産性の向上を図ることができる。

第 5 図に概要のブロック図を示す。

6. FACTROL の応用

FACTROL-1000, 3000, 5000 形がどのように用いられるか以下に幾つかの例をあげる。

6.1 冷蔵庫、オートバイなどオートメ工場への応用
オートメ工場へ FACTROL を応用するとき、最も簡単なのは 1000 形を用いる場合で、3 項に述べたように現在予定数、現在実績数などを中央の監視盤に集中表示し、メインライン、サブラインでの生産状況、部品のストック状態を常時チェックし、現場に対する指示を親子電話によってとる方式である。

次に現場から得られる情報を処理して品質管理—不良統計を行なう場合は 5000 形を用いればよい。第 6 図はそのブロック図である。図において現場は製品部品の検

査を行なう所で、現場から不良統計をとるときは不良の原因種類(たとえば塗装不良)、不良程度(この不良を直す工程のステップ数)、不良箇所などをコード化して発信する。中央の受信部はこのコード化された信号が各現場からランダムに送られてくるから、計算部に重ならぬよう発信場所を弁別して計算部の入力信号とする前置部を備えている。この信号の授受は一つの現場からは時分割伝送により、配線本数を少なくするようにする。すなわち上記の例でいえば、不良の種類、程度、不良箇所がそれぞれシリーズに受信部へ送られ、受信部ではそれぞれキャラクタ数を記憶しておき、前置部の対応するアドレスへ記憶し、計算部からの呼出し命令が来ると読み込まれ、読み込み完了信号を現場へフィードバックする。こうして現場からの信号が計算部に入り処理される。受信部に対する“呼出し”は常時各現場に対応するアドレスに信号がきているか否かを走査し、もし信号がきていれば直ちにに取り込みを開始するのである。

次に計算部では入力情報を処理して時間別統計、日単位統計、月単位統計を出力として出す。統計のとり方のプログラムはあらかじめ内部記憶装置に記憶させ制御部の時計信号と統計をとれという命令に従ってその時点までに集った情報を処理して出力とする。情報は種類別、程度別、あるいは検査場所別に処理される。

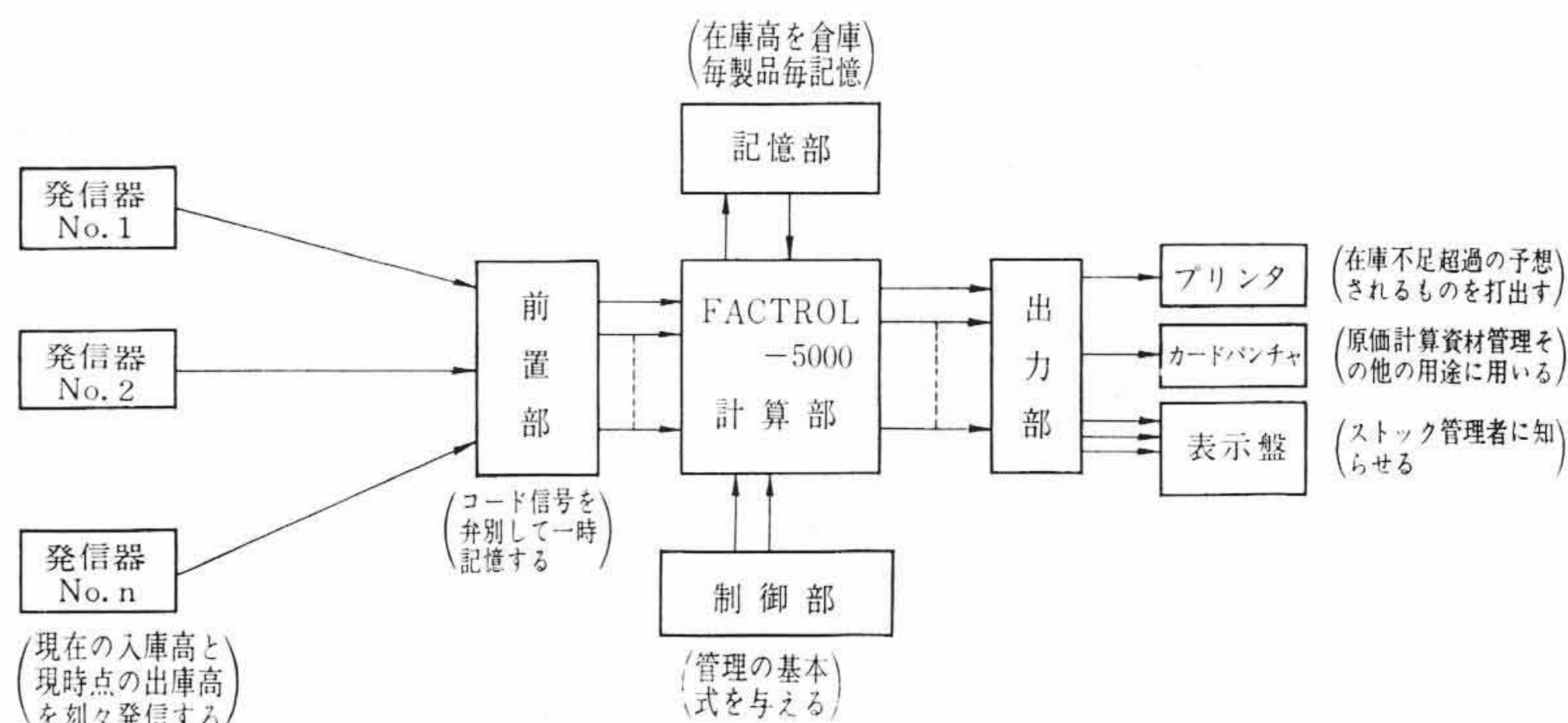
出力部は必要に応じ表示し、カードまたはテープとして取り出すことができる。

計算部ではこのほか不良率の算出を行ない最適コンベヤ速度を決めたり、標準偏差を算出して出力することも、もちろん可能である。

6.2 在庫管理への応用

在庫管理は現代企業の重要な問題で、この作業を機械化し、最適ストック量の制御を行なうよう FACTROL-5000 を適用する。機械化の効果はその程度により大幅に異なるが、現時点の在庫の状態をは握し、それぞれの部品製品の過不足を知るだけでなく、これを動的に管理することにより部品の需要と供給が過去においてどのように変わってきたか、また今後の生産計画からすれば将来どのように在庫品を管理しておけば損失が最も少なく合理的であるかを FACTROL に情報を与えることにより判断させる。第 7 図はその概略のブロック図を示す。

発信器は倉庫管理者のところにあり、現在の在庫高を計算部に知らせる。すなわち入庫量、出庫量を刻々に受信部にする。発信方法は種々あるがボルト、ナットのような小さな部品は秤量機で自動的にコード化し、押ボタンを押すことにより情報を伝え、大きな部品はロータリスイッチ、押ボタン、テレタイプを利用する。一方受信



第 7 図 FACTROL-5000 によるストック制御

部ではそのデータを一時記憶し倉庫番号、部品番号により記憶部の対応する番地の内容を更新していく。入庫のときは記憶部の内容へ加算し、出庫のときはその内容から減算して再び同じアドレスへ記憶させる。記憶部は常に現在の在庫量を記憶するようにする。全生産の動きの目安になる部品については単位時間ごとの増減から、その変動率を知るため、記憶部の対応する内容は一定時間ごとに改められ、それまでは変分を別のアドレスに積算記憶させておく。この変分を別に制御部から与えられる予定変動率と比較し将来の需要に対する限界を超過し、またはこれより不足することが予測されるときはその時点と品種、変動率などを出力として出し将来に対する処置を指示する。さらに現在の記憶データが制御部で設定した値に対し超過または不足するときは直ちに信号を出す。また任意時刻に任意のアドレスから現在の記憶内容を読み出し表示することにより在庫管理に弾力性を持たせることができる。なお在庫品種が多いときは補助記憶装置を外部接続することができる。最大記憶容量は約10,000語である。

任意時刻に記憶内容をプリントアウトすることは、もちろん可能である。ここに述べた在庫管理は一般に知られる入庫伝票、出庫伝票などの事務管理とは異なり、変動する在庫量を常時認識して合理的な管理制御を行なうことを意味する。

6.3 FACTROL-5000 のシーケンシャル制御への応用

プロセスの制御において運転操作が複雑になるにつれ監視すべき制御対象の数が増し、変量の検出器は膨大な数になり、異常時に対する処理もむずかしくなってくる。このような複雑なプロセスのシーケンシャル制御に計算機能を有する FACTROL-5000 を応用することができる。この場合重要な機能は計算の機能のみでなく接点信号を受信してその時点の制御量が予定値に達しているかどうかの判定を下すことおよびこれら接点信号のきたことを記憶し所定数がきたかどうかをチェックすることで、具体例をあげれば次のとおりである。

最近火力発電プラントの自動起動は実用の段階に達しているが、船用タービンについても自動化は着々と進められている。ボイラ、タービンの自動起動に際し、タービン潤滑油圧力をチェックし、ターニングギヤを回転させる。次に循環水ポンプを起動し続いて復水ポンプ、グラウンドシール、真空系を起動する。このように次々と各部圧力流量をチェックしながら順序起動を行ない、やがてボイラダンパを定位置にしてバーナを点火する。一方出力上昇時には各部の熱応力を抑制するため温度の上昇率の定値制御を行なう。

このような場合、圧力は設定値に達したか、流量はどうかなどを常時計算部はチェックしながら YES, NO の判断を行ない、YES の場合は次のステップに進み、かつ温度上昇率を制御し、点火、給水を制御しながら出力を上昇させてゆく。こうしたシーケンシャル制御の機能を高速スキャンニングの機能と併せて広く産業の各分野に応用することができる。

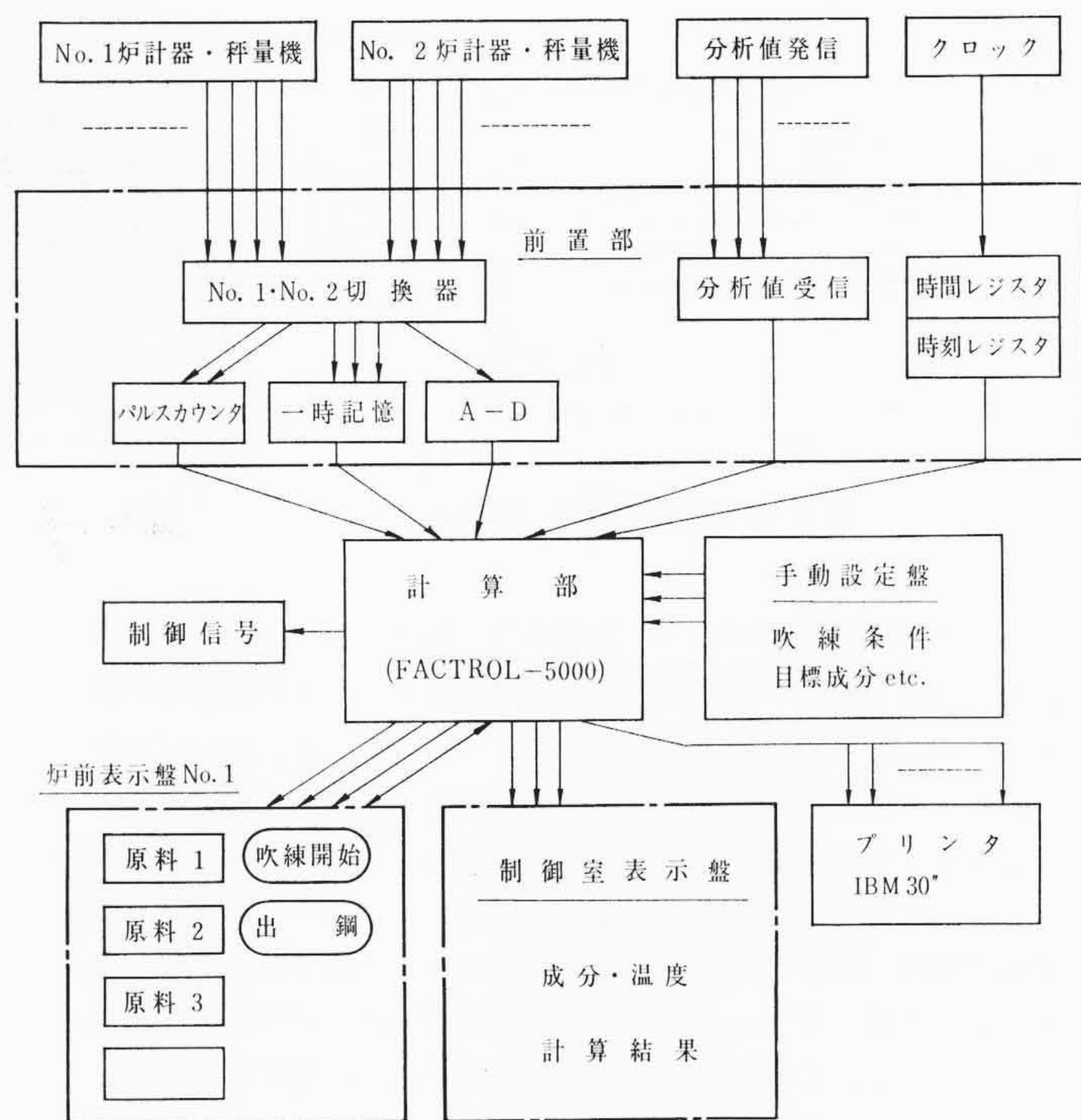
6.4 計算機制御への応用 (転炉の場合)

計算部を持つ FACTROL-5000 は計算機制御の中核として用いられる。ここでは転炉の計算機制御を例としてあげる。

転炉操業において重要なことは終点温度の制御と終点成分の制御である。第8図はそのブロック図を示す。

図中炉計器は溶銑温度、吹錬終温度などで、秤量機は溶銑重量、その他原料の重量を発信する。分析値は溶銑成分、スラグ中铁含有率などをテレタイプで送信してくる。クロックは時間時刻の基準パルスを発生する。これらの入力データと手動設定盤で与える入力からあらかじめ記憶させてあるプログラムにしたがって装入計算を行ない、現場に装入量の指示を行なう。

転炉の計算制御で問題となるのは入力信号の受け渡しで、計算部



第8図 転炉計算制御ブロック図

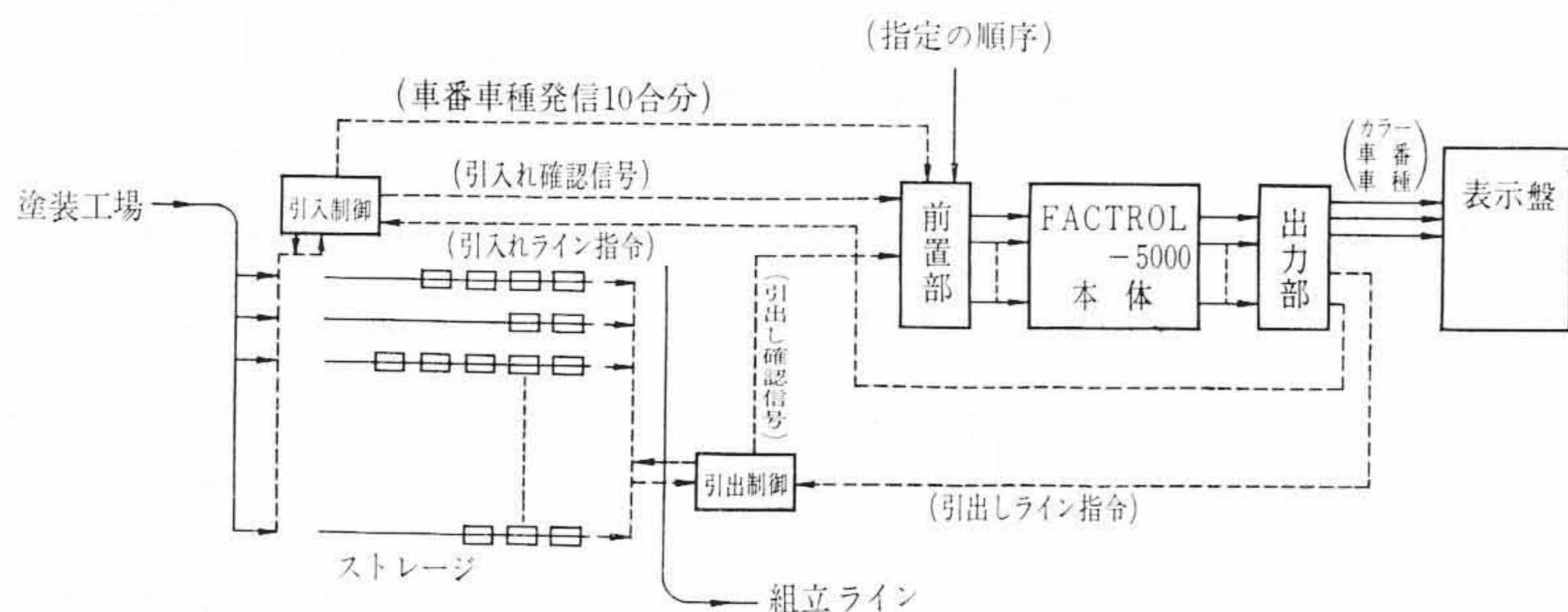
としては割り込みの機能が要求される。しかも入力信号はランダムにはいつてくるから装入計算のタイミングがむずかしい。温度はサーモカップルからアナログ信号として与えられ、前置部の A-D 変換器を経て計算部にデジタル量として記憶される。秤量機から来る重量信号はデジタル信号として前置部一時記憶器に記憶される。分析値は分析室で分析された結果があらかじめ定められたコードでテレタイプにより前置部に送信されてくる。こうしたデータを次々と計算部は読み取り、必要なデータがすべて得られたことを確認して計算をはじめ、結果は直ちに出力部を経て現場に指示される。計算のやり方は熱バランスから計算した結果を前回の吹錬結果を考慮して修正する方法がとられているようであり⁽²⁾、計算と実績から変分率を求め装入最適量を求める。こうした計算以外に計算式と定数の分析を行なうため関係データのロギングを行なう。さらに大形計算機に生のデータを送って分析を行ない早期に計算定数や補正項の修正を行ない得る範囲で、パンチテープやパンチカードで結果を打ち出すこともできる。

この程度の規模になると計算の途中で、記憶部の任意アドレスの内容を読み出すことや、逆に任意アドレスのデータを変更する場合がある。このような機能は制御用計算機としてきわめて重要である。

なお転炉の制御において終点の予測を行なうのに種々の方法があるが、排ガスの赤外線分析により排ガス中の一酸化炭素含有率を求め、これと溶鋼中炭素含有率または溶鋼温度との相関関係から終点を予測する。検出器には一定の時間遅れがあるが、CO が一定 % に達した後サンプリングを開始し計算部に送り込む。計算部では、このデータ 3 ないし 4 点から関係式を解き、終点までの吹錬残り時間を予測する。かつ次々とはいつてくる新しいサンプリングデータにより逐次補正を行ないより正しい残り時間を求める。このように FACTROL-5000 形を用いれば従来の転炉操業の大きな助けになる。

6.5 自動車工場のストレージ管理への応用

自動車産業は設備の近代化が著しく進んでいる。ここではストレージ管理をとりあげる。塗装工程では一般にツートン、モノトーン



第 9 図 FACTROL-5000 によるストレージ制御

の違いや塗装不良などにより、当初の指定順序が乱されることが多い。そこでストレージを設け順序の是正を図るが、その場合多くのラインの中でどこにどのような順でストレージに引き入れ、どのラインから引き出してゆけばよいかを刻々判断してゆかねばならぬ。しかも各ラインとも引込み能力には限界があるから人為的にこの操作をするには高度の能力を必要とする。そこでこれを自動化するため FACTROL-5000 を用いる。第 9 図がブロック図であるが指定の順序車番、車種、カラーコードなどは前置部を経て計算部の記憶器に読み込まれる。この読み込んだ順序は引き込みの現在車との間にタイムラグがありその処置が必要である。引込ラインに車が達すると車番を発信する。これを前置部で受けた後記憶部でその車の順序を探し、引き入れるべきラインを判断し、引込ラインを出力部を経て引入制御部に指示する。引き入れが完了すると確認信号を前置部に発信し、これを受けるとそのストレージの対応するアドレスに車番で記憶する。次に引き出しはあらかじめ定められた順序により引出し命令を出す。その車番のものがストレージにはいつていることを確認し(はいってなければ次の順序に進む)どのラインにはいつているかを探し(そのラインの最前部にはいつてなければ退避

ラインを利用するとか何らかの処置が必要であるが、あらかじめそのようなチャンスが最小になるよう後続の車番からそれら後続車の順序も調べて引き入れの指示をする)、出力部を経て引出し制御部に指示する。一方引き出したためストレージ内のそのラインの車が 1 台分だけシフトするからそれに応じて計算部内記憶器でその対応するストレージ番地のシフトが必要であるが、それは引出し完了の確認信号が来てから実行する。以上の制御を行なうのに前置部が必要な理由は、引入確認、引出確認、車番信号などが随時計算部に達するからいったん前置部でこれら信号を受け順序をつけて計算部に読み込ませるためである。なお記憶器に車種カラーコードなどを記憶するのは現在どの車がどこにいるかを任意呼び出しにより知るためである。

7. 結 言

FACTROL の概略とその応用例を幾つかあげたが、オフラインと異なり、生の情報を直接検出し、現在目の前で動いているもののデータを直ちに処理する方法について指命を要求し、また自動的に制御しようというのであるからやり直しがきかない。したがって FACTROL に要求される信頼度についてはきわめてきびしいものがある。圧延設備、セメント工場、T-O プラントその他への応用、FACTROL-5000 計算部の詳細、およびこれを用いた予測制御、最適制御の具体的なやり方については稿を改めて述べる予定である。

参 考 文 献

- (1) R. A. Baker: Power Eng., 64, 83 (1960)
- (2) W. J. Slatosky: J of Metals., Mar (1960)
- (3) E. J. Borrebach: Electrical Systems and Computer Control for the Basic Oxygen Steelmaking Process.
- (4) J. W. Skooglund, R. B. Squires: W. H. Eng., 21, 150 (1961)



登録新案 第 709199 号

新 案 の 紹 介



和 地 保 幸

タ ー ボ 発 電 機 の 回 転 子

ターボ発電機における回転子の界磁コイルは、組線されてスロット内に挿入してあるが、一般にスロットが相当深くなるので、スロット底部が通風孔を設けてコイルの温度上昇を抑制している。

しかし冷却風は回転子の両側の通風孔から送られるので、最も高温になりがちな中心部に冷却風を送ることができず、回転子の中心部はますます高温になりがちである。

この考案は、シャフト 1 の中心軸に沿って風道 2 をその中央部まで貫通し、その中央部にはスロット 3 と同数の枝風道 4 を放射状に設け、風道 2 をスロット下部の通風 5 と連通するようにしたものである。

この考案によれば、シャフト 1 の中央部より軸方向に沿い回転子端子に向かって冷却風を流通させることができるので、回転子内部の熱はきわめて有効に放出でき、したがって温度上昇を抑制して発電機出力を大にすることができる。(須田)

