

マイクロ コントローラによるデジタル速度 制御装置

Digital Speed Regulator by Micro Controller

アナログ制御は一般に多く使用されているが、長時間の変動(ドリフト)の修正、除去には多くの困難が伴う。

今回、長時間にわたり安定性を保つ高精度の速度及び周波数制御装置を開発した。本装置にはデジタル制御方式を採用している反面、設定はアナログ系のものをそのまま使うこと、また、マイクロ コントローラによる制御であること、更に信頼性、対ノイズ性の面など種々の利点をもっている。本装置を、日立HCモートル速度制御装置に適用して試験した結果、所期の目的を達成していることが確認された。本装置は、日立PCモートル、日立SFC形インバータなどの各種可変速モートルなど、アナログ系閉ループ制御に広範な応用が期待される。

小川靖一郎* *Seichirô Ogawa*
服部元信* *Motonobu Hattori*
秋山嘉弘* *Yoshihiro Akiyama*
近藤佐兎司* *Satoshi Kondô*
畑田 薫** *Kaoru Hatada*

1 緒 言

速度制御装置はアナログ形の制御が主であり、各種の利点が発揮されている。しかし、変動(以下、ドリフトという)などを考えるとより高精度のものは実現が困難であった。このような要求に応ずるために、マイクロ コントローラを用いて従来の制御回路にデジタル制御を挿入し、長時間のドリフトを極小に抑える装置Driftless Device (以下、DLDと略す)を開発した(図1)。

本装置は、一般の速度制御装置(以下、ASRと略す)や電

圧周波数変換装置(VCO)などに応用できるが、今回は日立HCモートルに応用した例について述べる。

2 DLDの特長

- 本装置の仕様を表1に示す。また特長は、次に述べるようなものである。
- (1) 制御対象となる速度、又は周波数をデジタル量として検出して、設定量又はフィードバック量としているので高精度である。
 - (2) 装置は、マイクロ コントローラを中心にまとめられており、使用部品点数が少なく従来のこの種の制御装置に比べて高信頼性、低価格である。
 - (3) 相補形MOS IC(C MOS)の採用により、従来より低消費電力、高耐ノイズ性をもっている。
 - (4) 制御対象は、速度制御装置又は電圧周波数変換装置であるが、従来からある一般のアナログ形制御装置に簡単に追加使用できる。

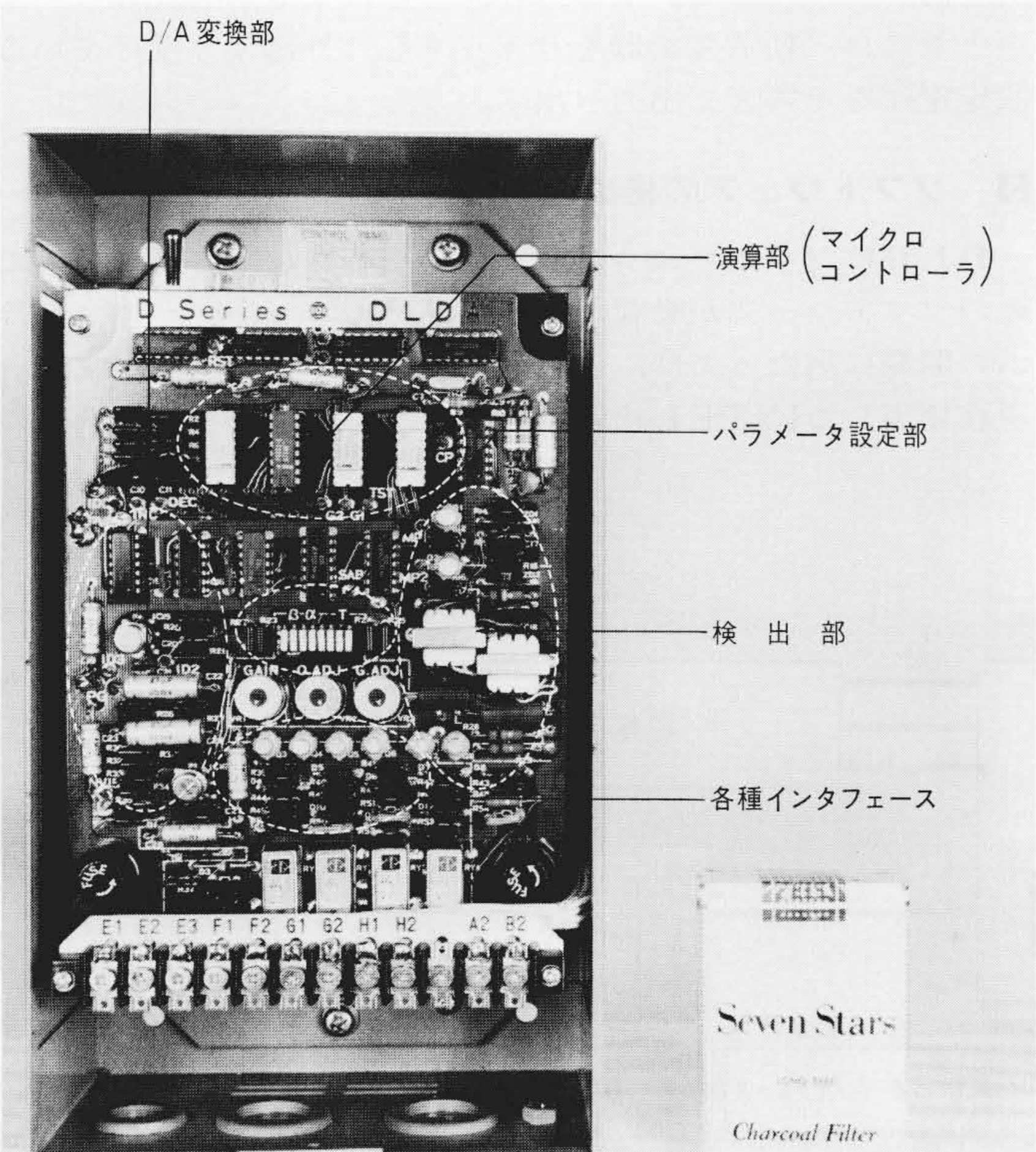


図1 DLD(Driftless Device) 日立可変速モートル応用制御装置Dシリーズの一環である。

表1 DLD仕様 例えば、標準日立HCモートルに追加して簡単に使用できることを示す。

項 目	仕 様
電 源	200/220V ±10%, 50/60Hz, 100VA
周 囲 条 件	温度 0 ~ 45°C, 湿度 85%以下
入 力 設 定 電 圧	0 ~ 10V DC 入力抵抗 5 kΩ以上
出 力 設 定 電 圧	入力設定電圧 + 補正電圧 出力抵抗 500Ω以下 但し、補正電圧は Max ± 5 mV / 1 サンプル
制 御 対 象	可変速モートル, 電圧制御発振器 (日立HCモートル, 日立PCモートル, 日立SFC形インバータ)
検 出 部	交流発電機 2 ~ 40V (実効値) 50 ~ 30 kHz パルス発信機 3 ~ 10V (ピーク値) 50 ~ 30 kHz
サンプリング時間	50ms ~ 10s (8種)

* 日立製作所習志野工場 ** 日立製作所中国商品営業所

3 DLDの原理

DLDの制御原理を図2に示す。従来の制御系においては、速度設定可変抵抗器(VR_0)の設定電圧 V_1 が直接ASRの入力となっているが、ドリフトを除くためにDLDを挿入し、設定電圧 V_1 はDLDに入り、ドリフトを除くための電圧(補正電圧)が加算されて V_2 となり、ASRへの入力となる。可変速モートルの速度検出信号は、従来のASR及びDLDにフィードバックされる。

DLDは制御開始信号(以下、CONと略す)を受けると、速度検出信号(V_{PG})の周波数をDLD内で設定されるサンプリングタイムでカウントし、やはり内部で設定されたパラメータにて安定性を判別し、設定値として取り込み記憶する。その後は、 V_{PG} を同じサンプリングタイムでカウントし先の設定値と比較し、それとの誤差信号に応じてDLD入力電圧 V_1 に補正電圧を加算して出力電圧 V_2 を作成し、ASRへの入力とする。なお、サンプリング1回当たりの補正電圧は、あらかじめ可変抵抗で任意に設定された値である(CONが切れているときには、 $V_1 = V_2$ となり、ASRだけによる制御となる)。つまり、このデジタル制御系でアナログ制御系を補助し、速度の変動を抑えるわけである。

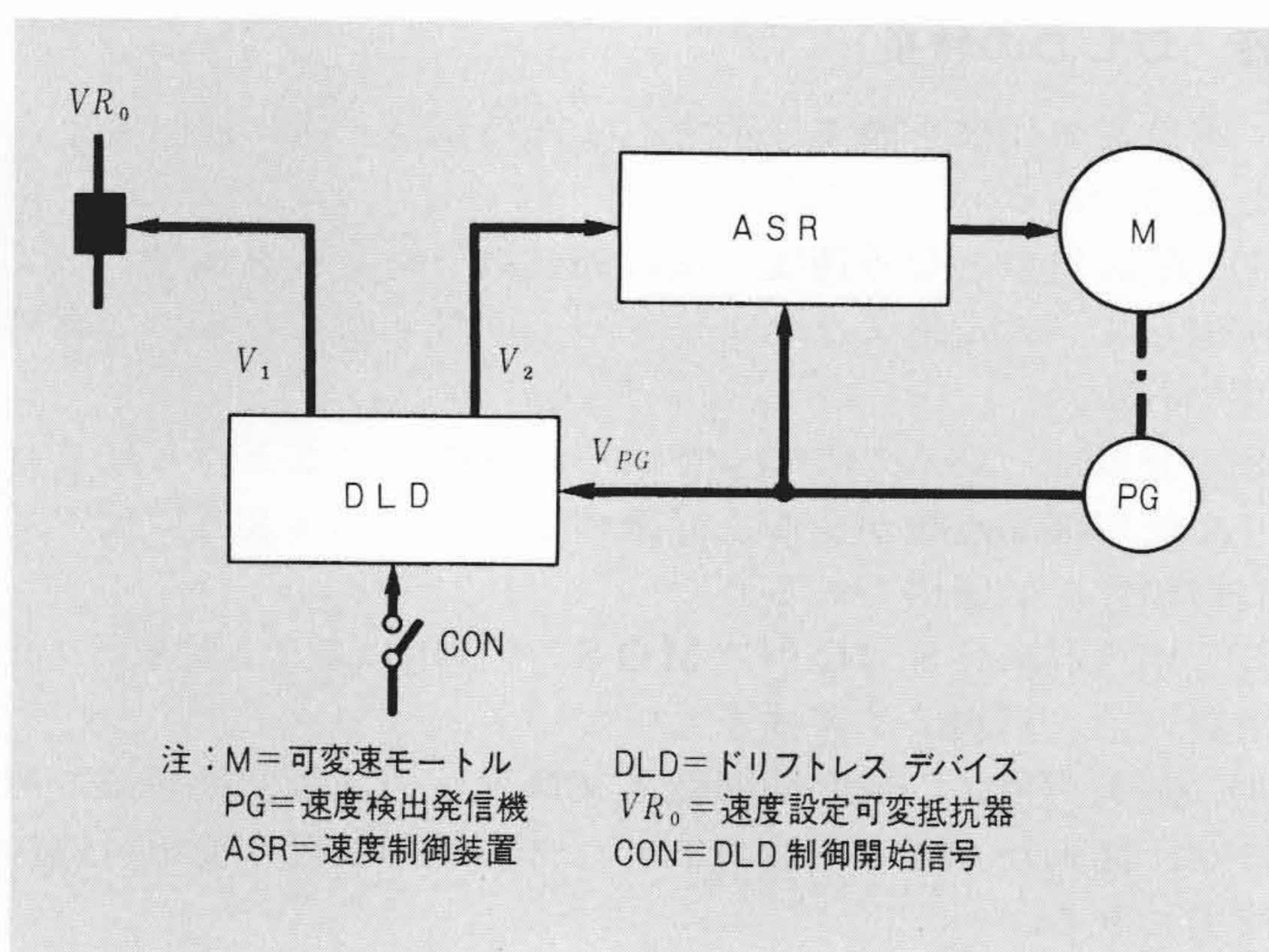


図2 DLD原理図 DLDはアナログ設定の速度制御装置に並列に挿入されている。

4 ハードウェアの構成

DLDは、アナログ制御系に併用される補助装置として構成されており、図3に示されるように、演算部、パラメータ設定部、検出部、D/A変換部、及び各種インタフェース、DC電源部より成っている。

演算部はDLDの中核であり、アメリカINTEL社の4ビット マイクロ コントローラMCS-4を中心にまとめられている。同図に示されているように、中央処理装置(CPU) 4004×1、ランダム アクセス メモリ(RAM) 4002×1、リード オンリー メモリ(ROM) 4001×2から構成されている。MCS-4の特長として、ROM、RAM各パッケージにインプット/アウトプット(I/O)ポートが収納されており、各種パラメータ、制御信号がここを通して、CPUへ入力又は出力されている。

パラメータ設定部は、DLD制御用のサンプリングタイム設定用、また設定値取込み時の安定判別用のパラメータを設定する部分である。

検出部は制御対象からのパルスを受信する個所であり、トランスにより内部の制御回路とは絶縁されている。二つの機能をもっており、最初は制御の設定値検出用、その後はフィードバック量の検出用となっている。パルスは、ハード上のカウンタを通して、 $1/6$ に分周されて演算部へもたらされる。

D/A変換部は、検出部で採取されたフィードバック量を設定量と比較し、その誤差に応じたアナログ量を出す個所である。D/A変換器は、演算部から増加信号(INC)、又は減少信号(DEC)の信号を受けて、アナログ量を増加又は減少させ、いずれの信号もないときにはホールド状態になる方式をとっている。このアナログ量は、外部より受けている設定電圧に加算されて、従来の速度制御装置への入力となり、速度の変動を防ぐわけである。なお、DLDは、CONを受けていないときには、D/A変換器をリセットし、外部より受けている設定電圧をそのまま出力へ出す。

5 ソフトウェアの構成

DLDはマイクロ コントローラで制御されており、そのためのソフトウェアが必要である。アプリケーション プログラムの開発に当たっては、サポート システムが不可欠であり、現在使用したINTEL社のマイクロ コントローラMCS-4の

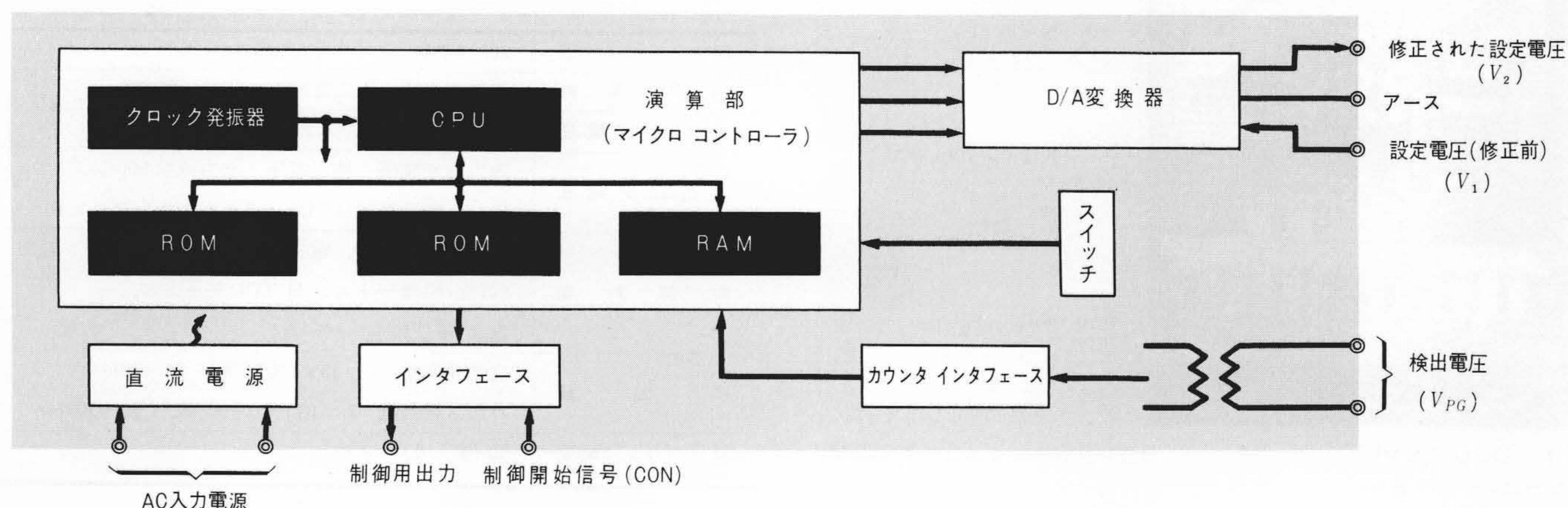


図3 DLDのブロック図 DLDのハードウェアの概略を示す。マイクロ コントローラを演算部に採用している。

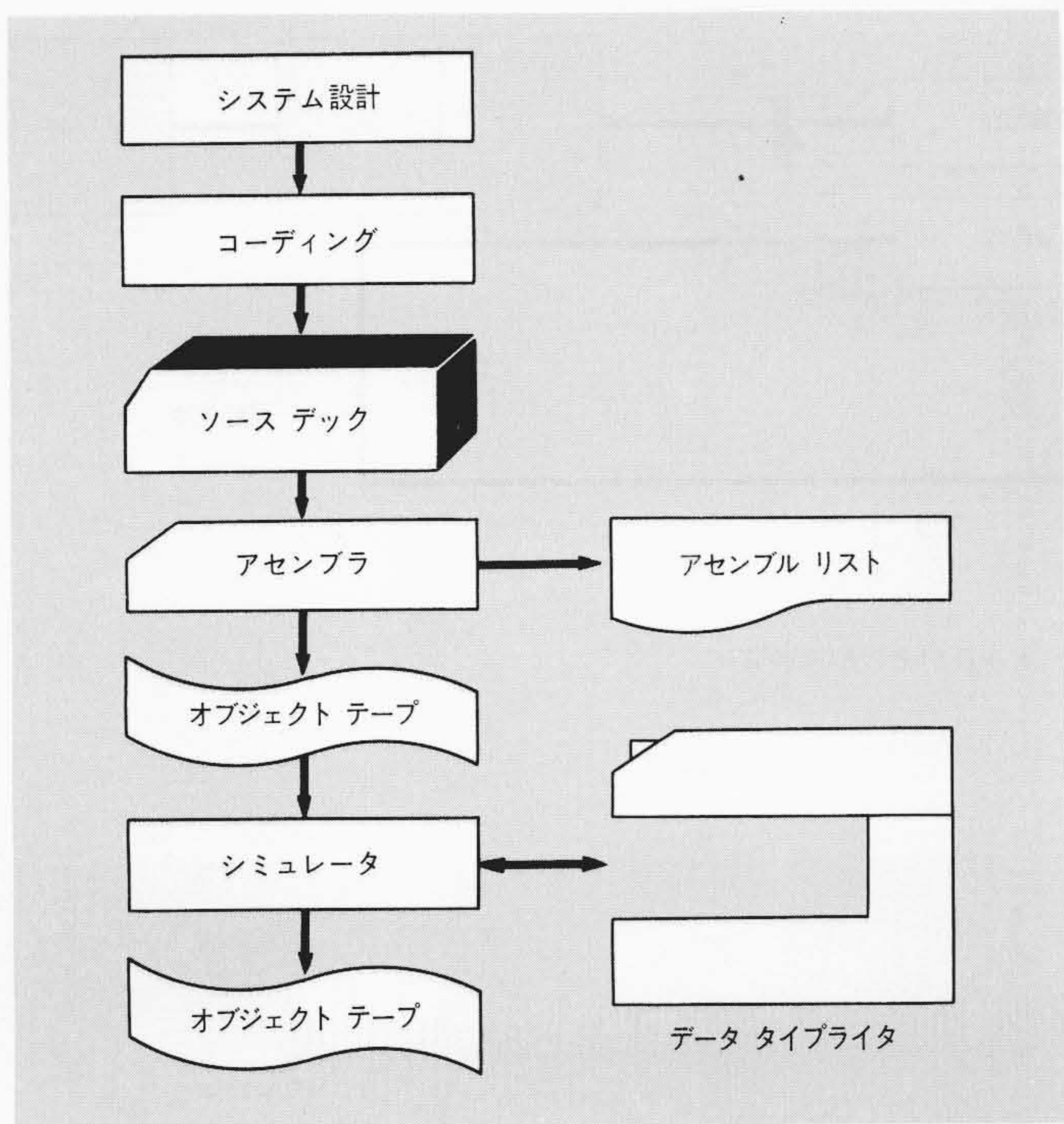


図4 システムの流れ ソフトウェア システムの概略を示す。アセンブラは1パスである。

ために、アセンブラ(COBOL記述 HITAC 8400使用)及びシミュレータ(アセンブラ記述 HITAC 10II使用)を開発しこれに備えた。図4にそのフローを示す。

次に、アプリケーション プログラムのフローチャートを図5に示す。各のパラメータは、DLD内のスイッチで設定できる。

5.1 速度設定データの採取方式

速度設定データは、従来のデジタル速度制御装置にては、数値データとして、例えば、BCDデータ(2進化10進数)などが送られることが通常であった。

しかし、DLDでは制御対象の速度検出発信機(以下、PGと略す)から設定値を採取することになっている。すなわち、DLDはCONを受信すると、PGの信号 V_{PG} の周波数を設定されたサンプリング時間だけカウントし、その量を設定値とする。このとき、制御対象が安定性を欠く場合などに、設定値がもくろんでいるものと狂ってしまうおそれがあるので、次のような動作をさせている。すなわち、設定値としてのデータを複数個取り込むこととし、このデータを前回のデータと比較し、その差が規定のパルス数以内に規定の回数連続して入っているときにのみ設定値用のデータとして採用する(このとき、規定のパルス数及び規定の回数は、パラメータとして設定される)。

採用されたデータは、採取回数で算術平均され、設定値としてマイクロ コントローラに記憶される。このような設定方式は、従来にない特長をDLDにもたらしめている。

5.2 制御動作

制御動作に入った場合は、PGの信号を設定されたサンプリング時間カウントし、これをフィード バックデータとする。このデータを設定値として記憶されたデータと比較し、D/A変換器への信号を演算部より出力し、ASRへの入力電圧を補正し、速度制御系のドリフトなどの偏差を吸収する。

このときも、先の設定値の採取時と同様な安定判別を行な

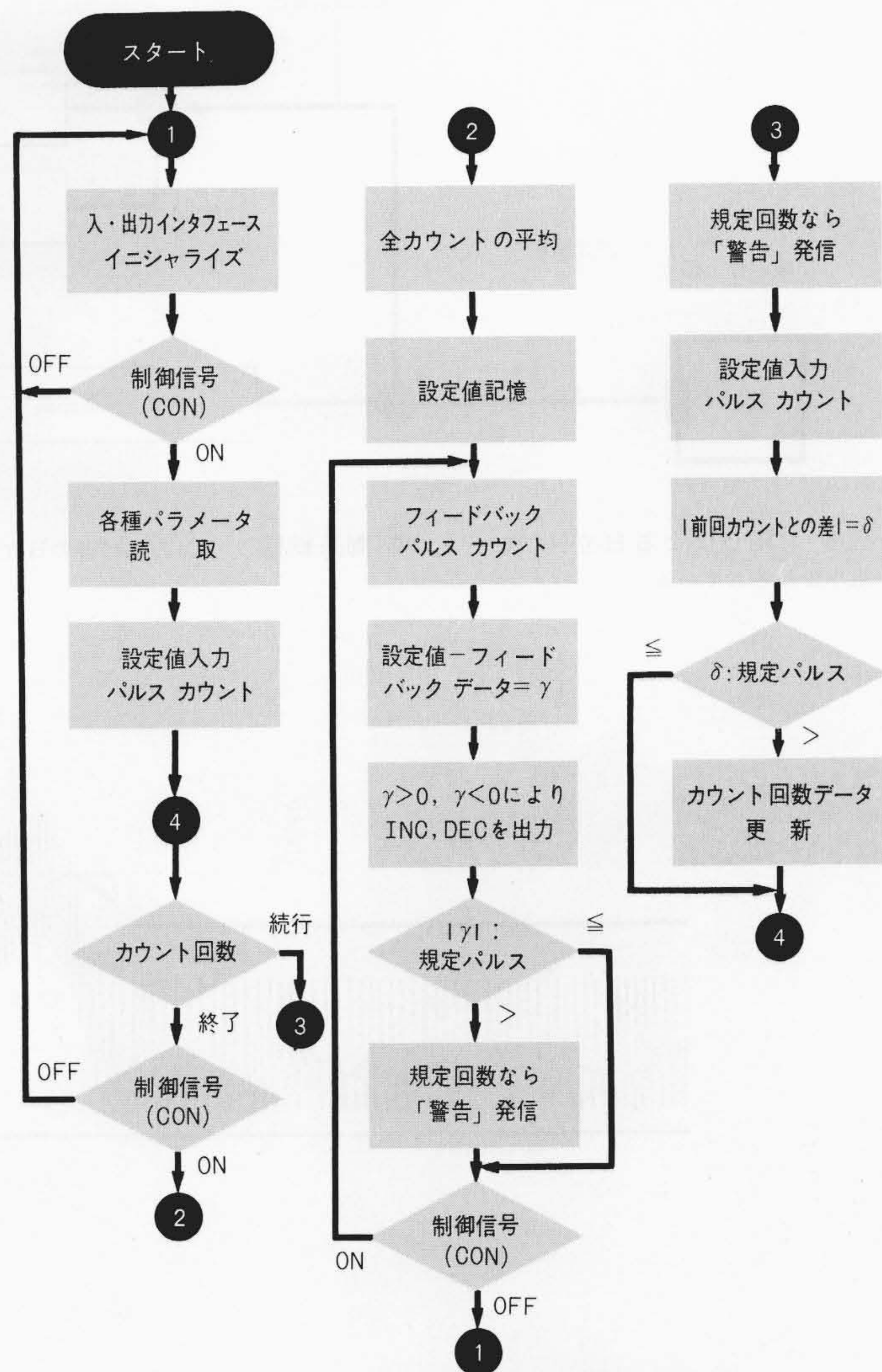


図5 フローチャート 設定値の取り込みは、安定性を判別してから行なっている。

い、設定値データとフィードバック データとの差が規定のパルス数を超えることが規定の回数連続して起こると、DLDは警告信号を発信する。警告信号を発信しても、制御動作は続行するが、この信号はシステム設計に有用なものと考えられる。

6 日立HCモートルとの組合せ試験

6.1 日立HCモートルへの適用

日立HCモートル(電磁継手付モートル)の制御において、従来それほど重要視されていなかった長時間安定性が要求されることが多くなった。この日立HCモートルにDLDを適用し、その特性を調べた。

図6に制御の構成を示す。DLDは、HC速度制御装置(以下、CTLと略す)に平行に接続され、アナログ設定電圧にDLDの補正電圧が加算され、CTLに入力される。CTLは、PGの交流出力を整流した直流電圧をもってフィードバック量とし、DLDはPGの交流出力の周波数をパルス カウントし、フィードバック量とする。

組合せ試験に使用した日立HCモートルの仕様は、次に示すとおりである。

日立HCモートル：200V 50Hz 2.2kW

PG：20V 400Hz/1,000rpm(日立HCモートルの標準PG)

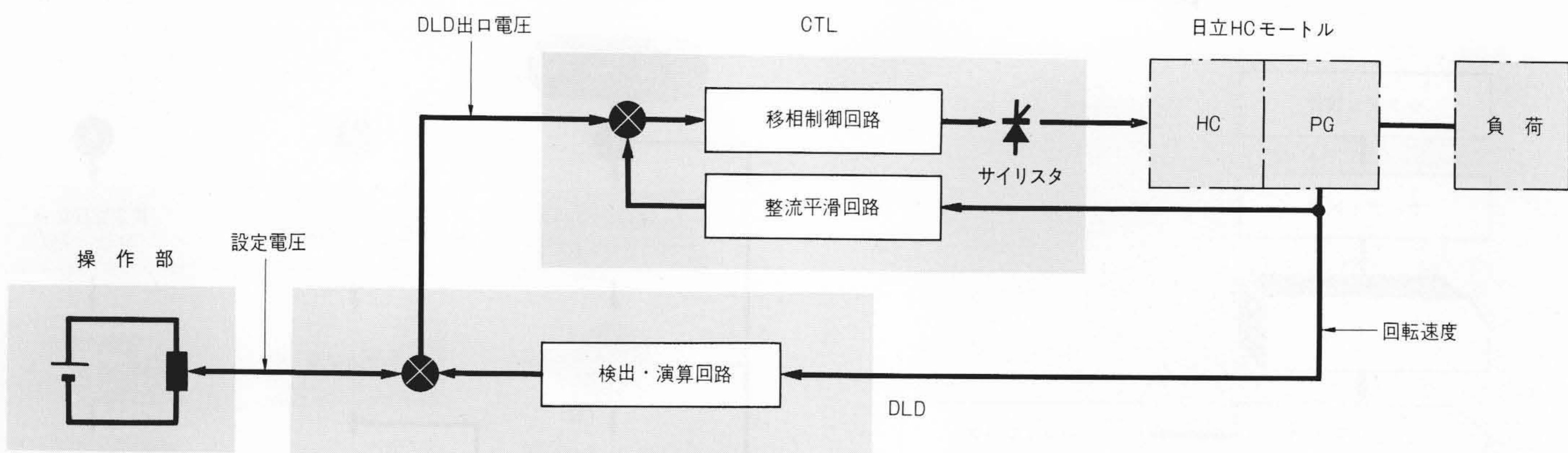


図6 DLDによる日立HCモートル制御系統図 DLDは標準の日立HCモートル及びその制御装置に組み合わされている。

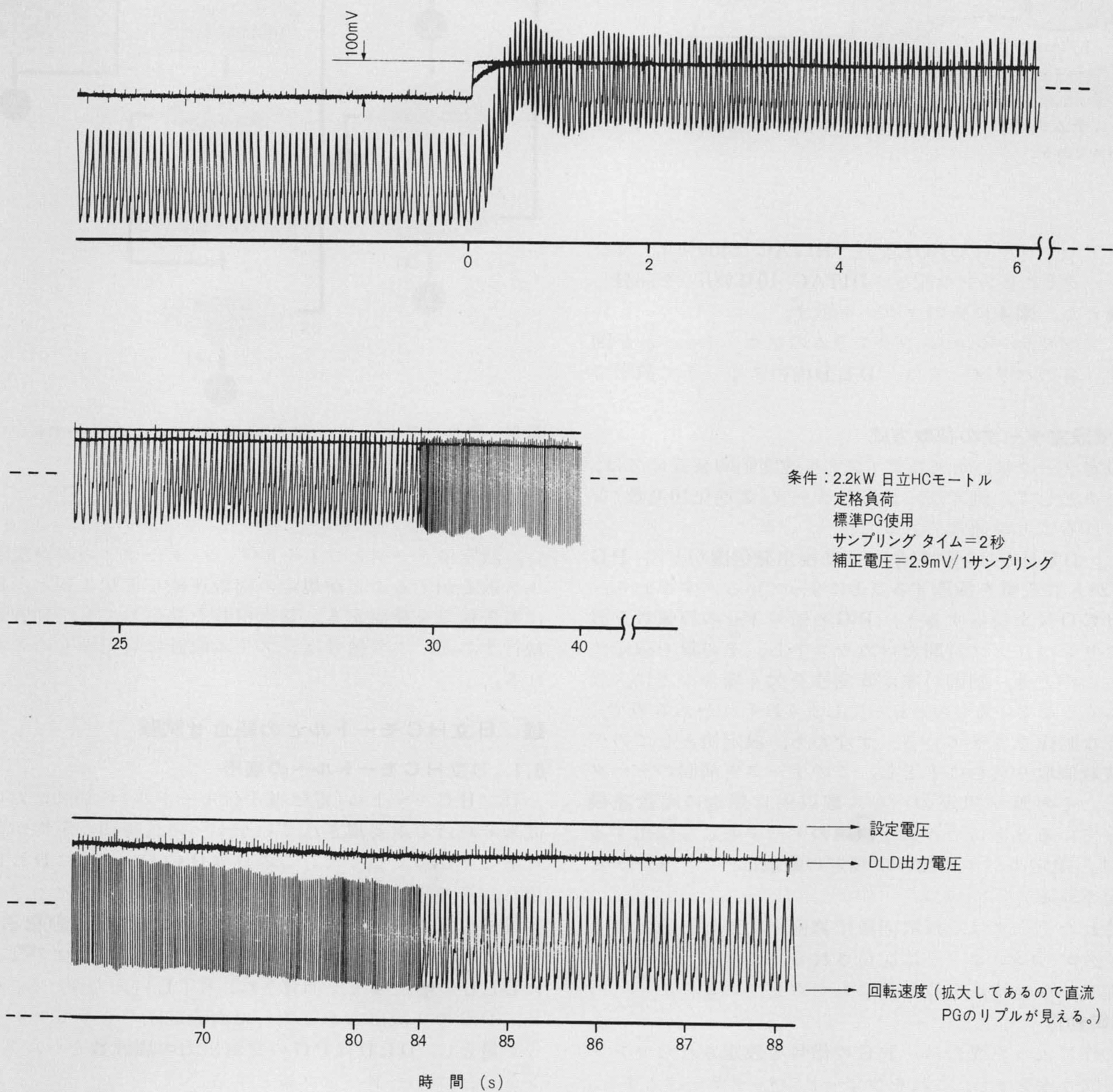


図7 過渡特性 日立HCモートルの速度が、設定電圧の変動により変化してもDLDはそれを修正している。

6.2 実験

6.2.1 過渡特性

日立HCモートルがCTLで制御され、一定速度運転に入っているときに微少な外乱を入力し、過渡特性を測定する。

- (1) 入力の設定電圧をステップ状に増加する。
(増加量は100mV)
- (2) 上記変化は、DLDが設定値の取り込みを終了し、制御動作に入るときに合わせる。
- (3) 日立HCモートルは、定格負荷とする。
- (4) DLDの制御定数は、サンプリング時間2秒、D/A変換器の出力は、1サンプリング当たり2.9mVとする。

この条件での過渡特性の実験データを図7に示す。なお、回転速度は拡大してあるので、速度測定用に設置した直流発電機のリップルがみえている。

6.2.2 定常特性

日立HCモートルの単独制御による経時変化と、DLDによる制御を付加した場合の速度変動を測定した。

- (1) 日立HCモートルの初期運転速度は、800rpmとする。
- (2) 日立HCモートルの負荷は、90%とする。
- (3) DLDの制御定数は、サンプリング時間2秒、D/A変換

器の出力は、1サンプリング当たり2.9mVとする。

この定常特性を図8に示す。なお、同図で日立HCモートルのドリフトは、標準状態のものより大きく設定されている。

6.3 シミュレーション

図9に日立HCモートルをCTLとDLDで制御する場合のブロック図を示す。また、この制御系を大形電子計算機でシミュレートした結果を図10に示す。条件は6.2.1で述べた過渡特性と全く同一である。

7 DLDを使用した日立HCモートルの用途例

DLDを日立HCモートルに追加した制御システムは、DLDの特性からみて長時間にわたる速度変動をきらう負荷に最適である。その具体例として、

- (1) 各種試験装置・・・自動車排ガス試験機用ファン
 - (2) 化学繊維機械・・・ギヤポンプ
 - (3) 通過時間を制御する負荷・・・燃焼炉コンベヤ、写真現像機
 - (4) ドロー制御・・・鋼線製造ダイス用引抜機
- などが考えられる。

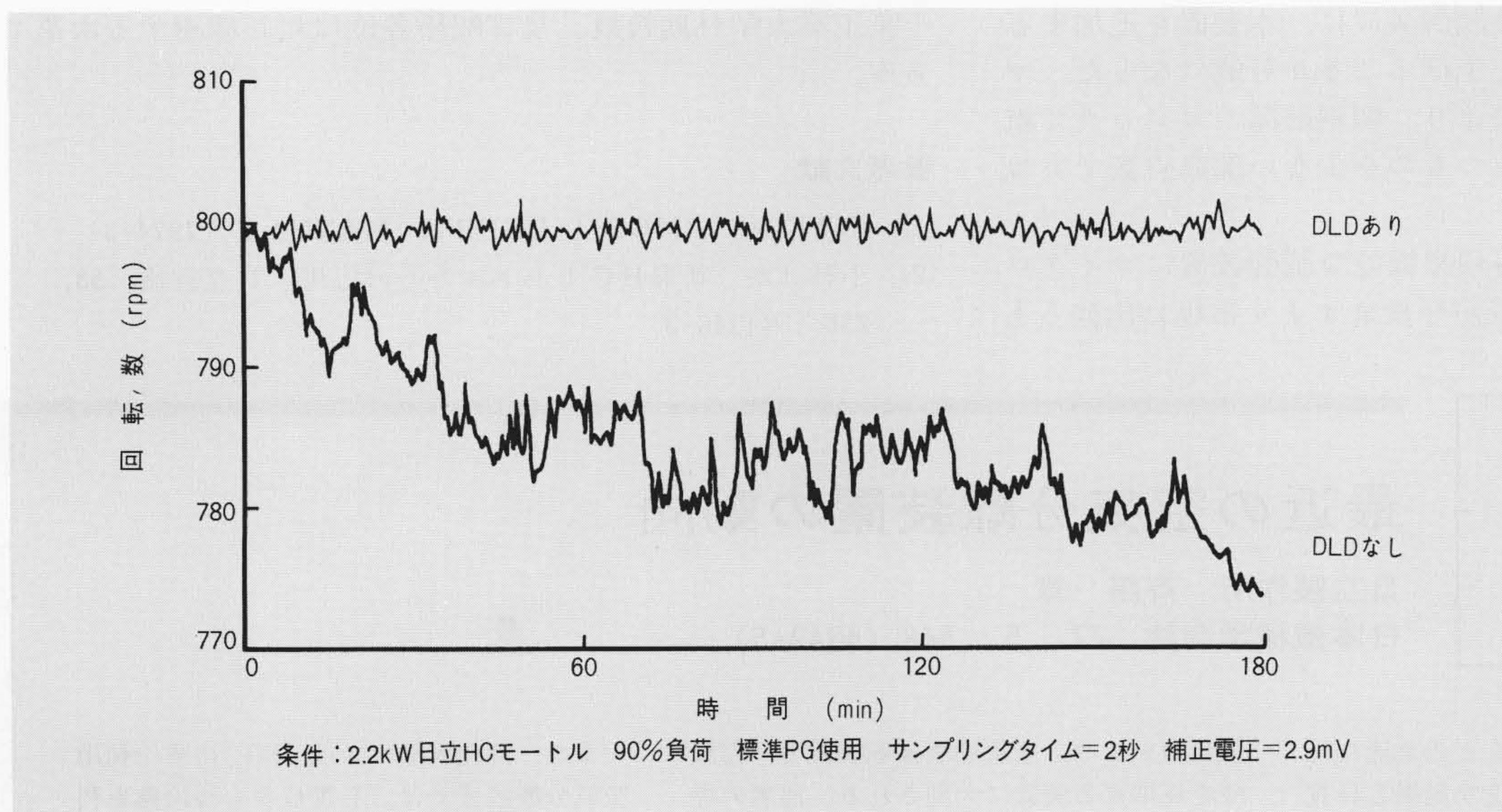


図8 定常特性 DLDと日立HCモートルに適用した場合の長時間安定性を示す。

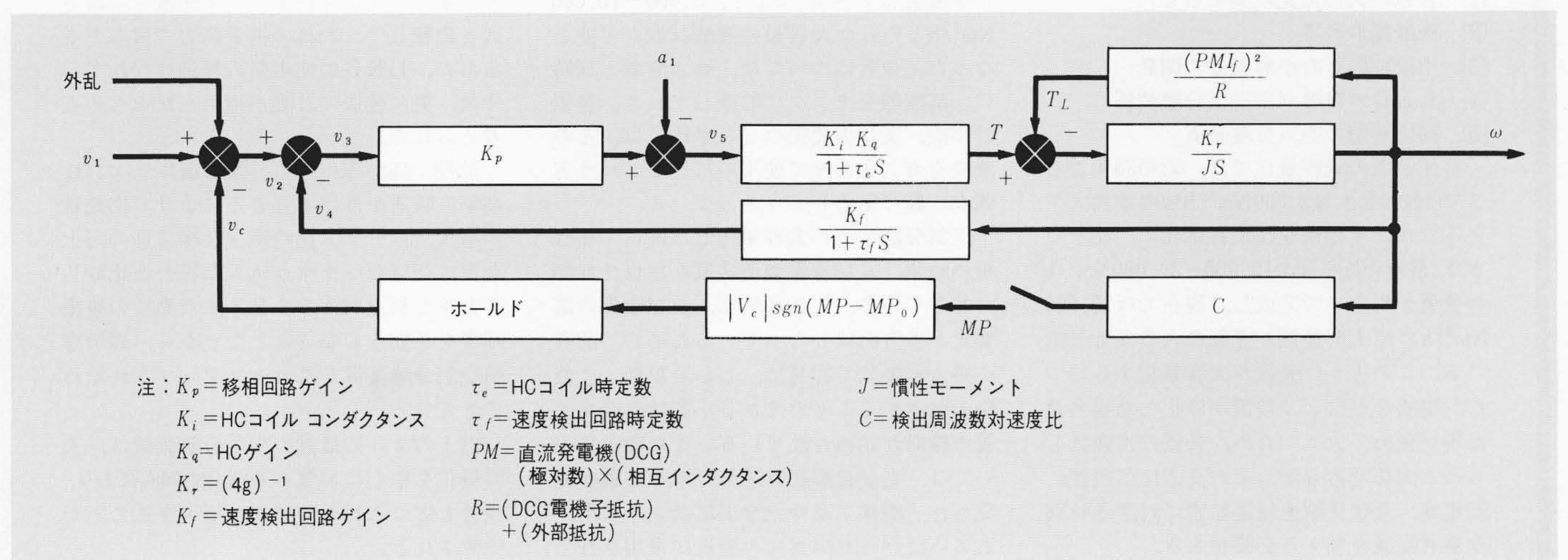
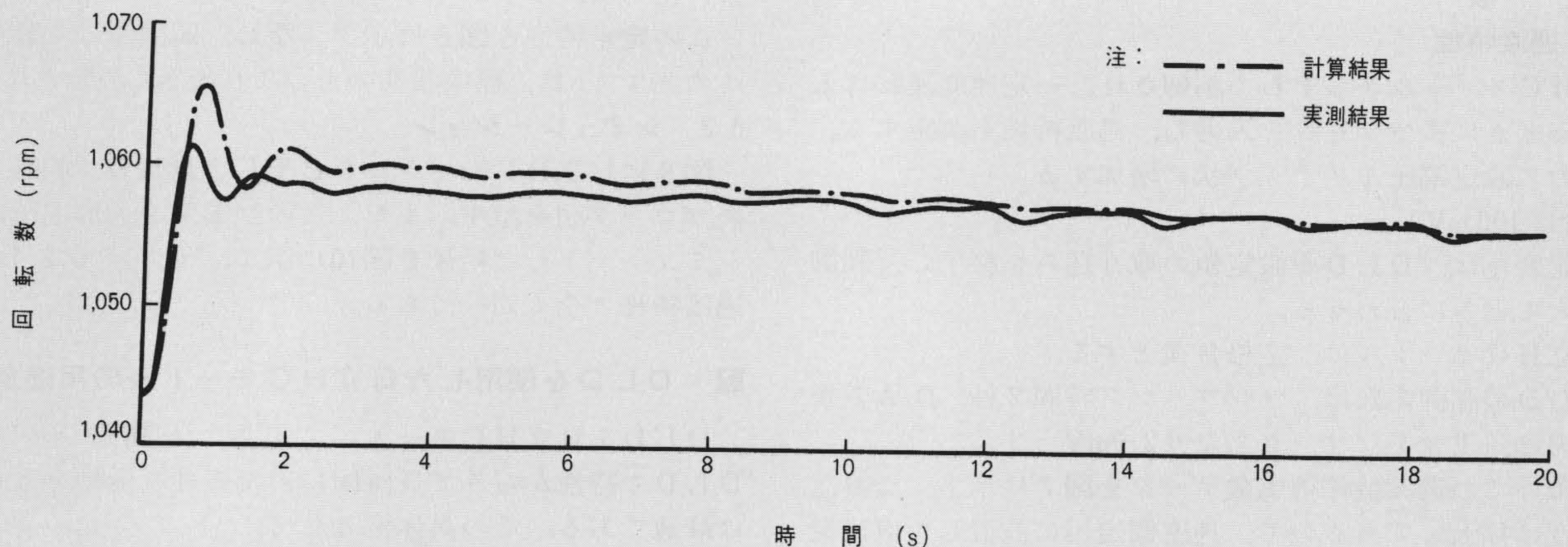


図9 シミュレーション用のブロックダイアグラム フィードバックのループに、DLDによるサンプリング制御のラインが入っている。



条件：2.2kW 日立HCモートル 定格負荷 標準PG サンプルング タイム=2秒 補正電圧=2.9mV

図10 シミュレーションの結果 DLDを日立HCモートルに適用した場合の過渡特性を、実測値とシミュレーションの結果とを比較して示してある。

8 結 言

従来のアナログ制御形速度制御装置に、本装置を追加する形でより経済的に制御精度を上げることが可能になった。マイクロ コントローラの使用により、個別部品のロジックで組む場合に比べ、広い用途をもつものを少ない部品点数で実現させることができた。

汎用というよりも、より専用単機能な制御装置にマイクロ コントローラを応用した装置が今後ますます市場に出回るも

のと思われる。

最後に、本装置の開発に当たり種々の御助言をいただいた千葉工業大学林助教授、及び関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- (1) INTEL社：“MCS-4 USER'S MANUAL” (1974-3)
- (2) 小林ほか「新形HCモートルとその応用」日立評論 53, 236 (昭和46-3)

論文抄録

最近の空気分離装置の動向

日立製作所 斉藤 章

日本機械学会誌 77-5, 548 (昭49-5)

製鉄産業、及び化学工業などの急速な発展に伴い、空気分離装置の進歩発展も目覚ましいものがある。この装置の最近の動向について、内容を大別すると次のようになる。

- (1) 装置の大容量化に関するもの
- (2) 液酸採取装置
- (3) 用途に応じた小形装置の開発
- (4) LNGの寒冷利用空気分離装置
- (5) 高炉専用の空気分離装置

まず装置の大容量化では、昭和30年ごろまでは酸素発生量 $2,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 程度が最大であったが、その後年々大容量化の一途をたどり、最近の数年間で $15,000\sim 30,000\text{Nm}^3/\text{h}$ の装置が相次いで完成し、現在では $50,000\text{Nm}^3/\text{h}$ の超大形装置が運転に入ろうとしている。このように装置が大容量化するにつれ、事故などにより装置が停止した場合の影響が極めて大きいため、装置の性能はもちろん大切であるが、そのうえに信頼性、安定性、及び長期連続運転性に対する特別な重点配慮を加える必要がある。

次に液体酸素(以下、液酸と略す)採取装

置については、全量液酸採取装置と一部液酸を採取する装置に大別される。前者の場合、従来液酸採取量 $1,500\sim 2,000\text{Nm}^3/\text{h}$ の装置が容量的にも最大であったが、中圧式の液酸装置の開発により、 $5,000\sim 10,000\text{Nm}^3/\text{h}$ といった大容量の液酸採取が可能となった。後者については、ガス酸素と同時に一部液酸をタンクに貯蔵しておき、装置の事故、又は需要先のピーク時には、その液酸をガス化させて使用端に送るという方式が一般に定着しようとしている。

空気分離装置の大容量化とは逆に、小容量の酸素、及び窒素製造装置も注目され始めてきている。これは酸素、及び窒素の需要先が多方面にわたっているため、前者の場合需要先で容易に、しかも効率よく液酸を製造することのできる小形酸素発生装置の検討が始められている。また後者については、完全自動制御運転可能な装置が開発され、繊維工業や化学工業のシール用、あるいはパージ用ガスの製造に重用されている。

また、液化天然ガス(LNG)の寒冷利用空気分離装置では、LNGのもつ冷熱を利用し液酸、液体窒素(液窒)、液アルゴンなどを採取するようにしたものであり、従来の膨張タービンを使用した中圧液化回路方式と比較して、約 $\frac{1}{2}$ の消費動力で採取できるため、LNGの使用量の増加につれて、今後、更に装置の計画が進められるものと考えられる。

最後に高炉専用空気分離装置については、高炉に酸素を富化することにより、出鉄量の増大、コークス比の減少、操業性の向上など、空気だけを吹き込んだ場合と比較して大きな利点があること、また高度の酸素純度を必要としないことなどから、高炉専用空気分離装置がクローズアップされ始めてきている。

以上のように最近の空気分離装置は、大容量化を中心に需要も多様化の傾向にあり、今後も更にこれらの傾向が増大することが予想される。