

マイクロコンピュータ制御による規格形エレベーターの開発

Development of Standardized Elevators with Microcomputer Control

日立製作所は、マイクロコンピュータを応用した制御装置を開発し、多くの新機能を付加した規格形エレベーターを完成した。

エレベーターは、安全性、信頼性が極めて重要な設備である。このため、マイクロコンピュータ化に当たっては、他の制御機器との協調、コンピュータ部の二重系構成などをシステム構成の面で十分配慮した。また、エレベーター制御の中核部分にあるフロアコントローラ(位置検出装置)や論理回路部のリレー接点を大幅にコンピュータ化することにより、信頼性を大きく向上できる見通しを得た。

弓 仲 武 雄* Yuminaka Takeo
三 井 宣 夫* Mitsui Nobuo
平沢宏太郎** Hirasawa Kôtarô
島 清 哉*** Shima Seiya
池 田 瑛 司**** Ikeda Eiji

1 緒 言

エレベーター制御へのマイクロコンピュータの応用は、複数台のエレベーターを有機的に運転する全自動群管理システムから始まり、最近急速な発展をみている。エレベーター群管理システムでは、輸送効率を高めることのほか、乗客に対するサービスの質的向上が重要な課題となり、16ビットマイクロコンピュータを導入して、新しい呼び割当論理により性能を向上した新群管理システムCIP-3800¹⁾を多数納入している。

一方、規格形エレベーターは、エレベーター生産台数の半数を超える量産機種であり、5、6階の小規模ビル向けから、8～14階程度の中規模ビル向けまで、また、ホテルや一般事務所ビル向けから共同住宅、病院向けに至るまで多用途に採用されている。これらの規格形エレベーターへ、多くの産業分野に普及の目覚ましい8ビットマイクロコンピュータを応用し、上述の群管理の次期システムとして運転機能の拡大を図るとともに、各号機制御部(単独のエレベーターの運転・停止を制御する部分)をもマイクロコンピュータ化した「新シリーズ」を開発し、今秋から発売を開始した。これはマイクロコンピュータのもつ種々の特長を生かし、規格形エレベーターの機能向上、性能改善から省エネルギー、保全性の質的向上まで多くの画期的なメリットを付加することをねらいとしたものである。

この論文では、安全性、信頼性が極めて重要視されているエレベーターシステムへのマイクロコンピュータ応用に際して、特にシステム上考慮した点を中心に「新シリーズ」エレベーターの概要について紹介する。

なお、今回マイクロコンピュータ化した『新ビルエース』規格形エレベーターは、事務所、ホテルなどの一般ビル向けの「ビルエースP」18機種、アパート、マンションなど共同住宅向けの「ビルエースR」5機種、病院向けの「ビルエースB」6機種合計29機種で、定員6～15人、積載荷重450～1,000kg、速度30～105m/minまでの広範囲にわたって適用するものである。

2 マイクロコンピュータ化のねらいと機能向上

2.1 マイクロコンピュータ化のねらい

マイクロコンピュータの利点は、プログラマブルなLSI回

路であること、論理回路がソフトウェアで構成されるストアードプログラム方式によっていることにある。これらの点から次の効果が得られる²⁾。

- (1) 機能の高度化及びシステム柔軟性の向上
- (2) コストパフォーマンスの向上
- (3) 小形化及び省電力化
- (4) ハードウェアの標準化
- (5) 高信頼性

エレベーターシステムへのマイクロコンピュータ適用のねらいはこれらの効果を十分に生かして、顧客のニーズにマッチした新製品を開発することである。すなわち、

- (1) 乗客に対するサービス向上と安全性向上を主体とした機能アップ
 - (2) 建物の用途、目的に合わせ自由に選択できるオプション仕様の充実
 - (3) 運転効率の向上と省エネルギー化
 - (4) 制御機器の小形化・標準化
 - (5) 故障の低減と保全の質的向上
- を主なねらいとしたものである。

2.2 機能向上

これらのねらいのうち、主な機能向上と仕様の充実について以下具体的に述べる。

(1) 戸閉め開始時限の自動調整

交通状況に合わせて、戸の開いている時間を自動的に調整する。例えば、かごから降りる人だけの場合(かご内呼び)は短く、エレベーターに乗る人だけの場合(乗り場呼び)は長く、また、1階など特定階は乗り降りする利用客が多いので更に長くするなど、合理的にきめ細かく調整し、運転効率を向上する。

(2) いたずら防止

かご内乗客数と行先階ボタンの登録数から、いたずらであるかどうかを常に監視する。明らかにいたずらと分かるものは、次の階に到着するとき行先階ボタンの残りを自動的にキャンセルする。

(3) かご照明とファンの自動休止

3分間呼びがないとき、かご内照明とファンは自動的に休

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所日立研究所 工学博士 *** 日立製作所日立研究所 **** 日立製作所機電事業本部

表1 オプション仕様一覧 建物の用途に合わせて自由に選択できる主なオプション(有償付加)仕様を示した。これらにより、規格形エレベーターは、一般オーダーエレベーターと同じ高度な機能も付加できる。

No.	仕 様	内 容	効 果
1	不 停 止 階 ス ケ ジ ュ ー ル 運 転	プログラムタイマと組み合わせて、自動的に所定時間帯内に利用しない特定の階をノンストップとする。	営業時間帯の異なるテナントをフロア貸しする建物に適し、エレベーターサービスの有効活用が図れる。
2	出 退 勤 (朝 ・ タ) ス ケ ジ ュ ー ル 運 転	朝と夕方には昇り又は降りの偏った交通の流れが発生し、日中・夜間にはバランスする。 このような時間帯の交通の流れの変化は、事務所ビルと住宅ビルでは逆向きとなる。 事務所ビル：「出限勤スケジュール運転」を行なう。 住 宅 ビ ル：「朝・タスケジュール運転」を行なう。	交通需要に見合ったきめ細かい効率的運転を行ない、待ち時間の短縮と、混雑をすばやく解消する。
3	自 動 休 止 ス ケ ジ ュ ー ル 運 転	プログラムタイマにより、自動的にエレベーターを所定の時刻に運転休止、運転再開を行なう。	エレベーター管理の自動化が図れる。
4	全 自 動 群 管 理 運 転	建物全体の交通需要とエレベーターのサービス状況を的確に把握して、複数台のエレベーターをバランスよく運転管理する。群管理をつかさどる専用のマイクロコンピュータにより、新しく発生したエレベーターの呼びをどのエレベーターに割り当てるのが最適かを瞬時に演算し、サービスの最適化制御を行なう。	待ち時間の短縮、長待ちの低減及び効率的な運転により、省エネルギー効果が得られる。

止する。これによりむだな電力を節約できる。

これらの機能は、標準的に装備されている。更に、表1に示した運転効率向上のための機能をオプションとして準備しており、『新ビルエース』規格形エレベーターは、従来のオーダーエレベーターとほぼ同じ機能まで付加することができる。

3 マイクロコンピュータ化の範囲と構成

3.1 従来のエレベーター制御

図1に規格形エレベーターの制御システム及び制御回路の概略を示した。CS、MS(乗かご内や乗り場で発生した呼び信

号)は、群管理制御を行なう群管理回路に入力される。群管理回路は、それらの呼びと、エレベーター位置検出装置(以下、フロアコントローラと称す。)で検出されるCP(各エレベーター位置信号)から最も適したエレベーターを選定し、この呼びを割り付ける。群管理回路からの信号を受けた運転制御回路は、停止すべき目的階とフロアコントローラで検出されたエレベーターの現在位置との関係から運転指令を決定し、ドアやBR(電磁制動機)の開閉、速度指令回路への制御信号を発生する。

速度制御回路は、速度指令と実際の速度とを比較し、これ

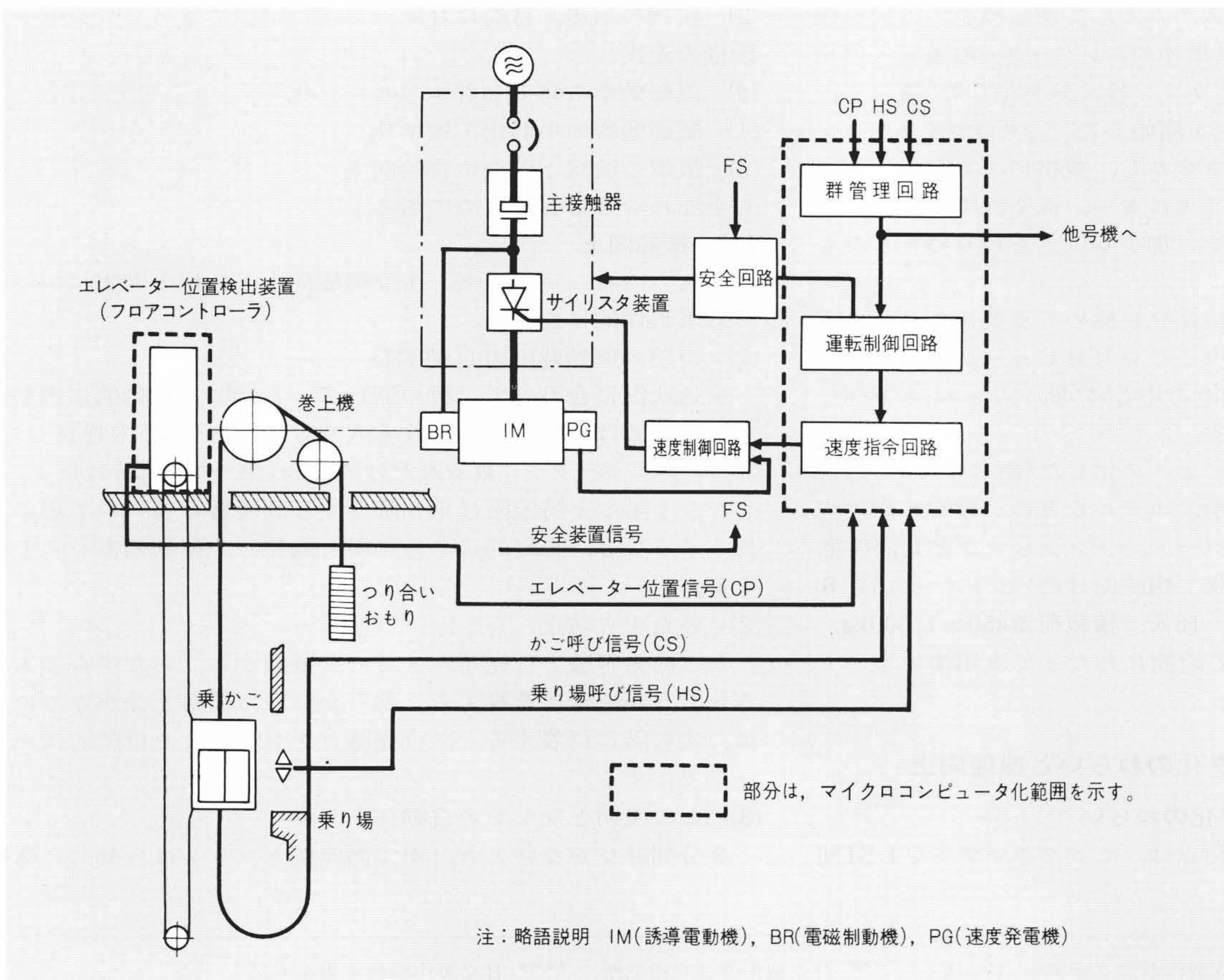


図1 規格形エレベーター制御回路の概要(従来システム) 従来のリレーシーケンスを主体とした運転制御回路及びフロアコントローラ部(点線で囲まれた部分)を、マイクロコンピュータ化した。

らが等しくなるように電源に主接触器を介して接続されたサイリスタ装置の点弧角を制御し、加速時には加速電流、減速時には制動電流を駆動用IM(誘導電動機)に加え、乗かごを加減速制御する(DB制御方式³⁾)。

万一、故障などにより異常条件が発生するとエレベーターの各部に設けられた安全装置のいずれかが動作し、FS(安全装置信号)を運転制御回路の一部に含まれる安全回路に送り、エレベーターを安全に停止させる。これらの制御機器は、サイリスタ装置を主体に半導体で構成された速度制御回路と乗かごに直結され、機械的に乗かごと同期して移動する電気接点をもったフロアコントローラ、及び多数の信号リレーの接点の組合せから成るシーケンス部などによって構成されている。

3.2 マイクロコンピュータ化の範囲と構成

上述した各回路について、マイクロコンピュータ化の可能性を技術的な面のほか、信頼性、安全性、更に経済性などについて評価した結果、図1の点線枠で示した範囲、すなわち、群管理回路、運転制御回路、速度指令回路、フロアコントローラなどが可能と分かった。これによって、従来の有接点のリレーの約90%をマイクロコンピュータに置き替えることができた。なお、残されたりレー部は、後述するとおり、リレー接点のメリットを生かした安全回路、及び主接触器部だけとした。

以上の考え方で構成したマイクロコンピュータ化エレベーターの制御回路は、図2に示すとおりとなる。すなわち、エレベーターの呼び信号、位置信号、安全装置信号などを入力回路からマイクロコンピュータに入力し、群管理、運転制御や特殊運転などの論理演算、位置検出や速度指令などの演算処理を行ない、出力回路を通してエレベーターを制御することになる。

4 マイクロコンピュータ部の構成とフェールセーフ

規格形エレベータは、中小事務所ビルからホテル、アパートなど幅広い需要層を対象としており、乗客も子供や老人などエレベーターの取扱いに不馴れな人たちも多い。そのため、万一の故障によって乗かご内に閉じ込められる、いわゆる「かんづめ」の発生を防止するとともに、乗客の安全を確保する機能は最も重要視しなければならない。

以下、安全性を主体としたフェールセーフの考え方と、これを折り込んだマイクロコンピュータ部構成について述べる。

4.1 マイクロコンピュータの二重系システム

乗客が故障したエレベーターに「かんづめ」になることを防止するために、規格形エレベーターには救出運転システム「セーフティドライブ」機能を備えている。このため、低速運転による救出運転回路が制御装置に組み込まれている。

今回、マイクロコンピュータ化に当たって、エレベーターが走行中、万一マイクロコンピュータに故障が生じても上述の救出運転が可能であることを前提として、各種のシステム構成を検討した。

その結果の代表例については図3に示した。A案は、1台のマイクロコンピュータによる通常的方式であり、C案は同じ機能[CS(運転系)+SD(救出運転系)]を2台のコンピュータにもたせたいわゆる待機系であり、B案は2台のコンピュータが機能(CS)を(CS1)と(CS2)に分担しあい、更に機能(SD)を両者にもたせた構成である。これらの各々に特長をもっているが、安全性とコストパフォーマンスに重点をおき、かつマイクロコンピュータの機能上の負荷率も考慮した上で主、従マイクロコンピュータに機能を分散した構成案Bを採用した。

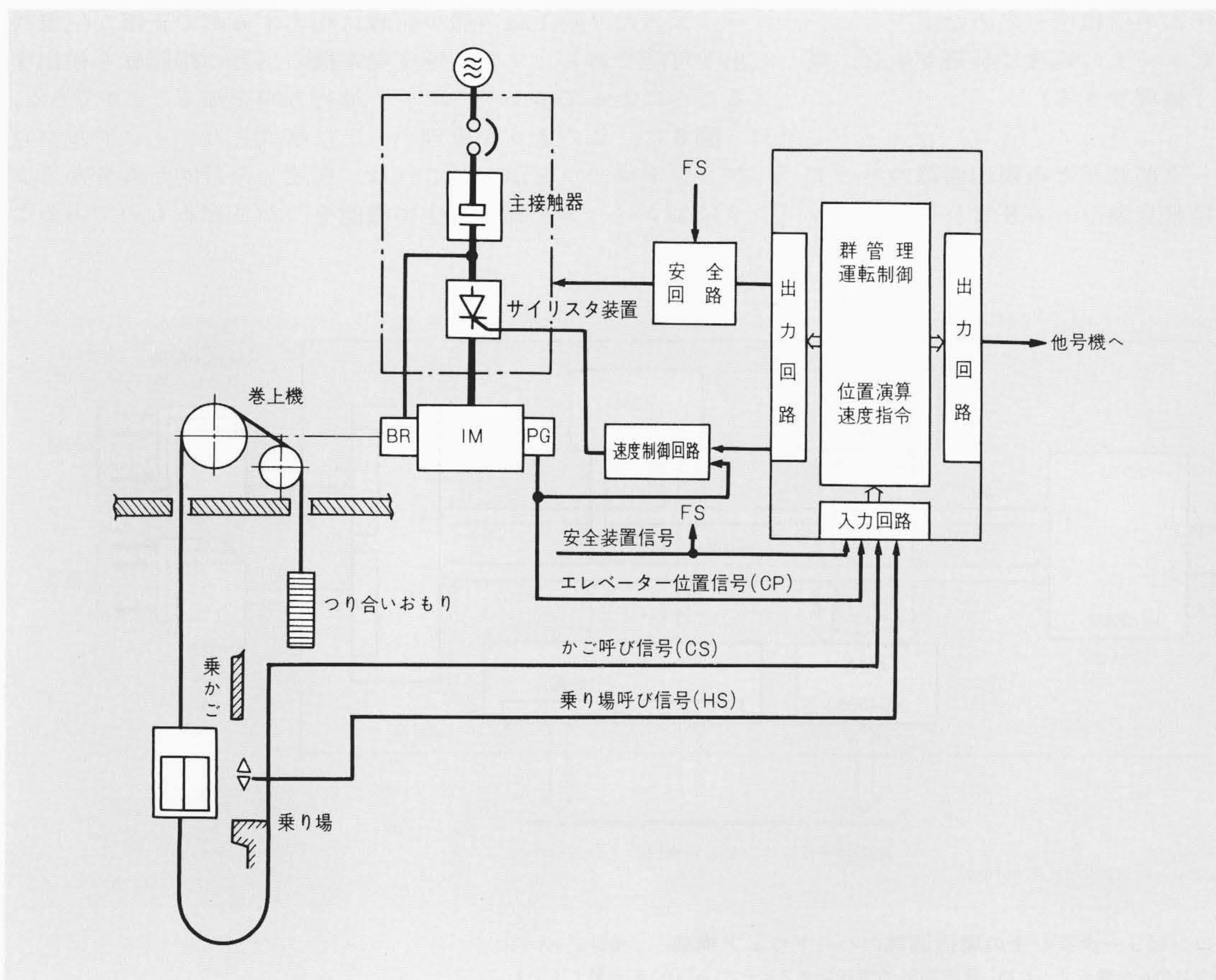
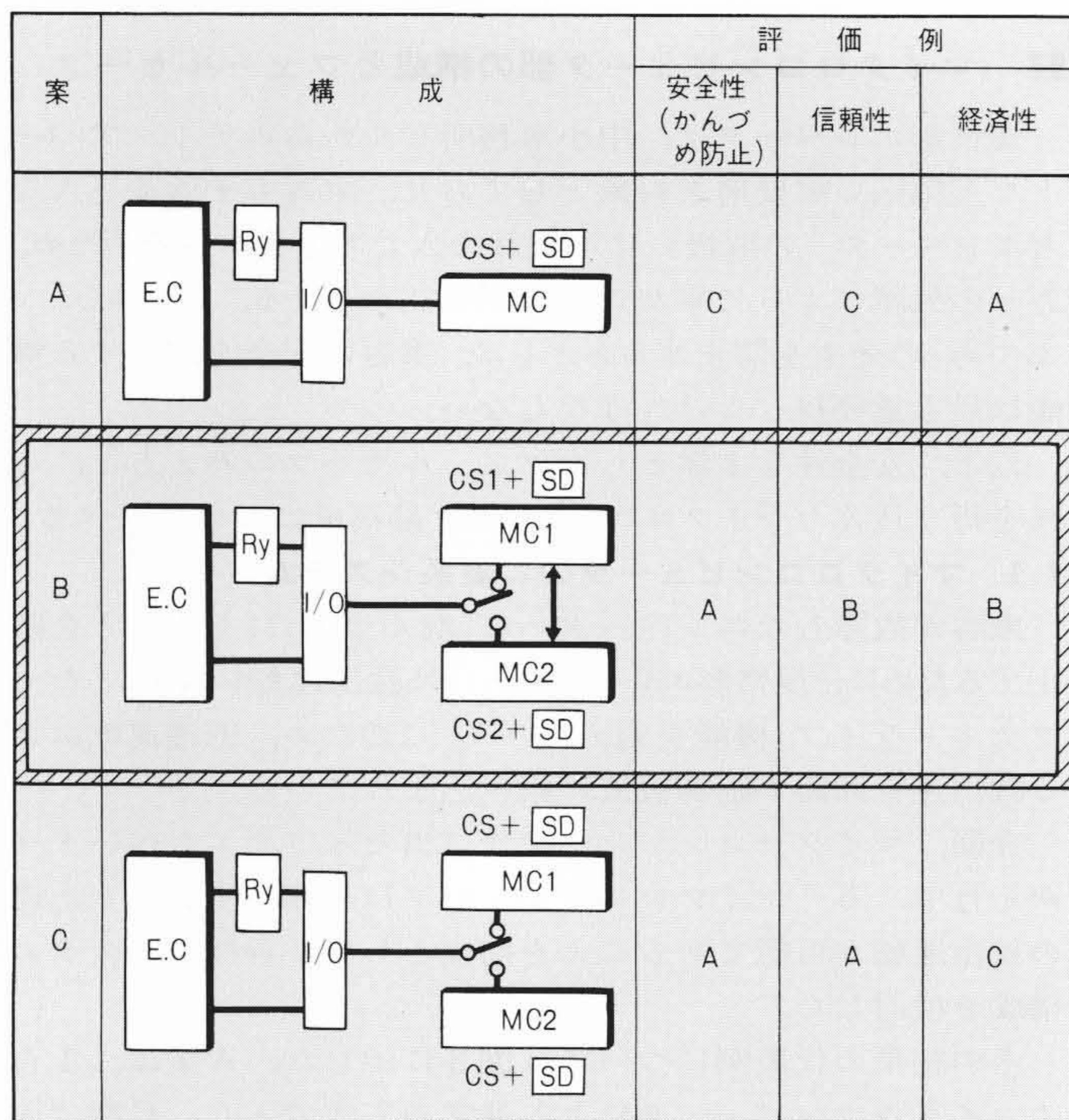


図2 マイクロコンピュータ化した規格形エレベーター制御回路の構成 従来システム(図1)の点線で囲まれた部分は、マイクロコンピュータの処理部に大半が置き換えられる。



注：略語説明 E.C(エレベーター制御対象) MC(マイクロコンピュータ)
 Ry(リレー部) CS(運転系)
 I/O(入出力変換部) SD(救出運転系)

図3 マイクロコンピュータシステム構成とその評価 エレベーター制御装置として、どのシステム構成が適切かを、安全性(かんづめ防止を含む。), 信頼性及び経済性を定性的に評価点の高い順序にA, B, Cの3階級に評価した。

この特長は、次に述べるとおりである。

- (1) 救出運転システムを二重系とし、安全性確保を第一とした。
- (2) 合理性チェックを主、従相互のコンピュータで行ない、結果を照合することでシステムの信頼性を高めた。
- (3) 機能分散により、コンピュータの処理に余裕が生じ、高機能のプログラムを応答よく処理できる。

4.2 ハードウェア構成

図4にマイクロコンピュータ部及びその周辺回路のハードウェア構成を示す。これらは日立製作所の8ビットマイクロ

コンピュータHMCS-6800シリーズで構成し、多数の入出力信号はレベル変換プリント板からPIA₁を通してマイクロコンピュータとリンケージがとられている。特徴的なものは、PIA₂及びACIAに示される入出力インタフェース用LSIを用いて2台のコンピュータが相互通信を行ないながら、上述した二重系システムを構成しているところにある。このために新しく開発した専用OS(オペレーティングシステム)プログラムは、ユニークな構成をとっている。また、マイクロコンピュータとして、エレベーター制御に特有の多数の入出力信号をオンライン処理することも特徴の一つである(文中の略語の意味は、図4内参照)。

図5に実際のプリント基板上に実装したマイクロコンピュータ部の写真を示す。

5 エレベーター位置検出方法

エレベーターの位置を検出する目的は二つある。その一つは、エレベーターの現在位置を乗かご内などに表示したり、運転制御回路や群管理回路に入力し、運転方向やどのエレベーターを呼びに対して割り付けるかなどを決定する情報とする。他の一つは、エレベーターの停止予定位置からの距離を検出し、減速時の速度指令を発生するための精密な位置情報を与えるものである。従来は、エレベーターの動きに機械的に連動する移動台と電気接点とを組み合わせたフロアコントローラを採用していたが、今回新たに、電気式フロアコントローラ(以下、デジタルフロアコントローラと称する。)を開発した。

5.1 デジタルフロアコントローラの構成

規格形エレベーターは、速度帰還制御用として、巻上機主軸に直結した三相交流PG(速度発電機)を使用している。この発電機の出力をデジタル量として検出し積算処理すれば、エレベーターの移動距離を得ることができる。この精度は1パルス当たり約1mmの微小距離に相当するので正確な位置検出が可能である。また、速度発電機の出力の相回転を検出することによってエレベーターの進行方向を知ることができる。

図6に、このような原理のもとに構成したデジタルフロアコントローラを示す。これは、前述した目的から分かるようにエレベーター制御の中核機能をつかさどるものであるこ

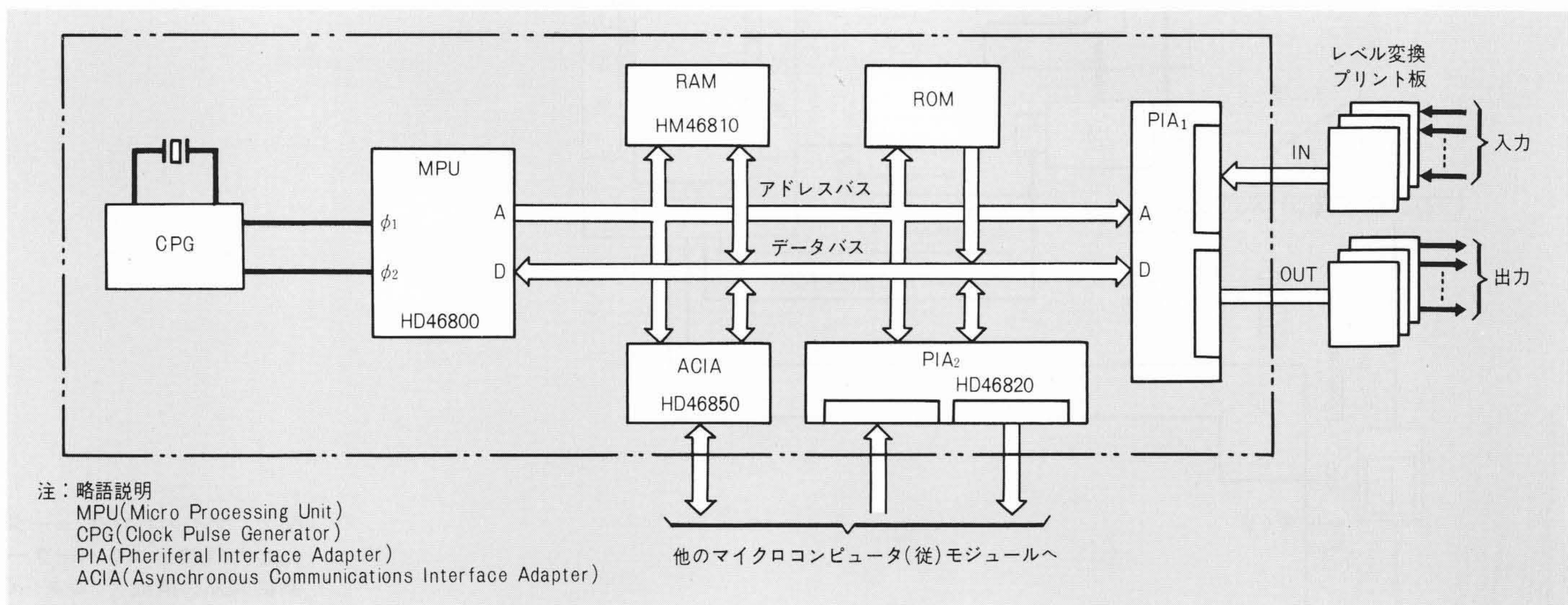


図4 エレベーター用マイクロコンピュータ及びその周辺回路のハードウェア構成 モジュール内に他のマイクロコンピュータとの二重系システムを構成するため、非同期形通信インタフェース(ACIA)を内蔵している。

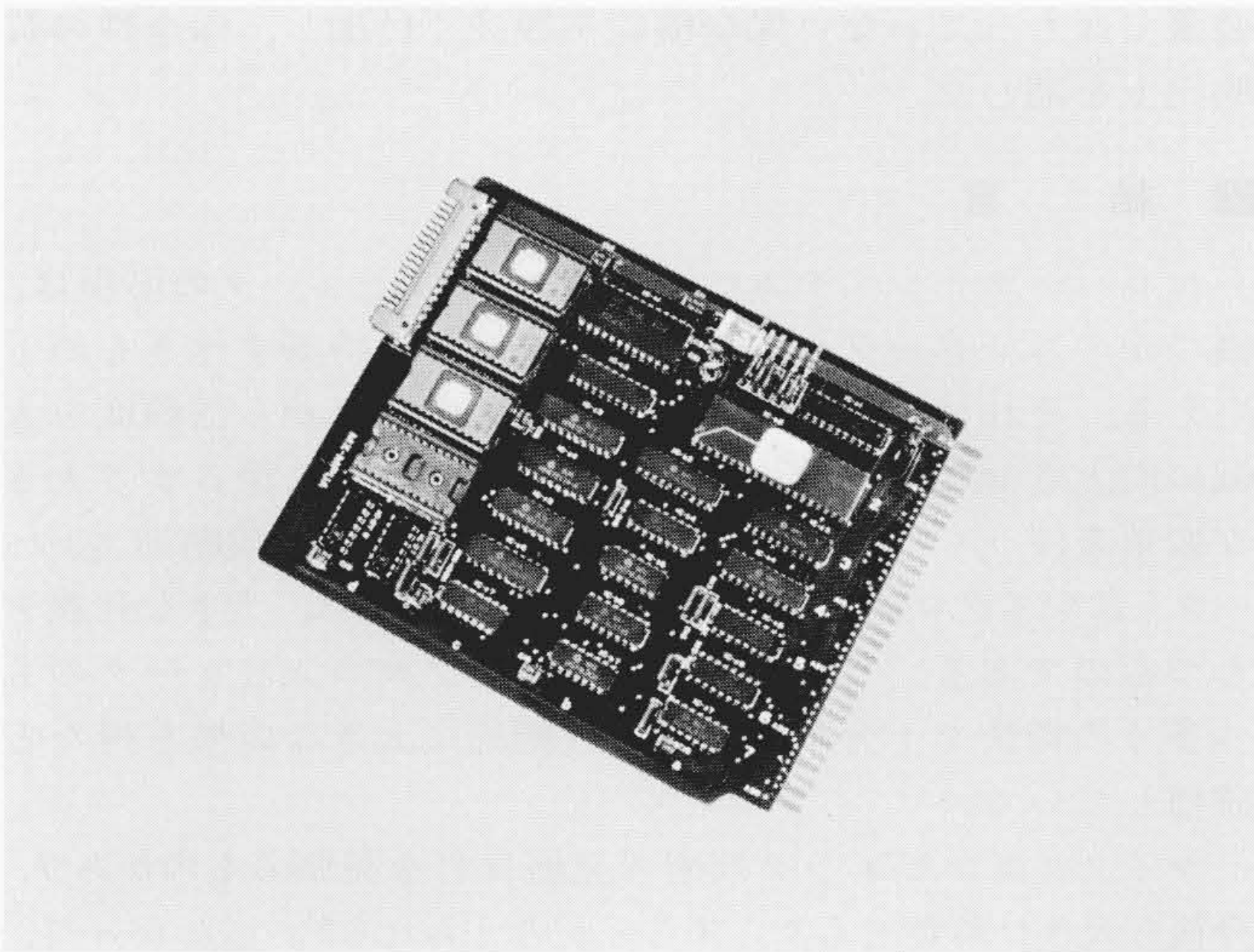


図5 エレベーター用マイクロコンピュータモジュール 1枚のプリント基板に、RAM、ROMも含めて実装している。

とから、信頼性を最大限に確保するために、二重系マイクロコンピュータの機能を十分に生かせるシステム構成としている。

三相交流発電機からの出力電圧はパルス発生回路に加えられる。また三相分をまとめたパルス列は、同様にパルスカウンタに入力される。この外に、エレベーター昇降路内に設けられた定点検出信号が入力される。マイクロコンピュータ内部では、相回転入力をもとにパルス演算処理の加減算符号を決定し、カウンタはパルス数を積算してエレベーターの現在位置を忠実に出力する。定点検出信号は、エレベーター駆動系によって生ずる発電機出力とエレベーター乗かご間の微小

な誤差を補正する信号として用いられている。これらの演算処理結果は、速度指令値と一致しているかどうかを主、従マイクロコンピュータ相互で照合しながら走行する。不一致の場合は、速度制御部又はデジタルフロアコントローラの異常動作であるので、エレベーターはいったん停止し、自動的に再試行する。

更にこの方式では次に述べる問題点を解決する必要がある。

- (1) 停電時の位置データの記憶
- (2) シープやロープ摩耗による経年的な精度変化

これらについては詳述を省くが、(1)については、マイクロコンピュータ内部のデータをバッテリーで維持する。(2)については学習制御により自動的に補正する方法を考案し解決することができた。

6 安全性の向上

一般に制御装置をコンピュータ化すると、半導体化及び部品使用員数の減少などにより大幅な信頼性向上の成果が得られる。一方、リレーや機械的に動作する装置、例えば前述したフロアコントローラなど、機能や動作が直接目視できていた部分もコンピュータ内部の演算処理となるため、装置全体がブラックボックス化され、故障時ダウンタイムが増加することが懸念される。この点についても十分に考慮した保全計画をたてておく必要がある。

6.1 機器の故障分析

従来の規格形エレベーターの稼動追跡調査によるデータを分析した結果、故障要因の多くは、摩耗や雰囲気による接点接触確度の低下による動作不良となっている。この現象は故障要因が一時的に発生し、また自然に消滅する揮発性故障を伴っている場合が多い。マイクロコンピュータ化のねらいの一つはこのような故障の低減にある。一方、マイクロコ

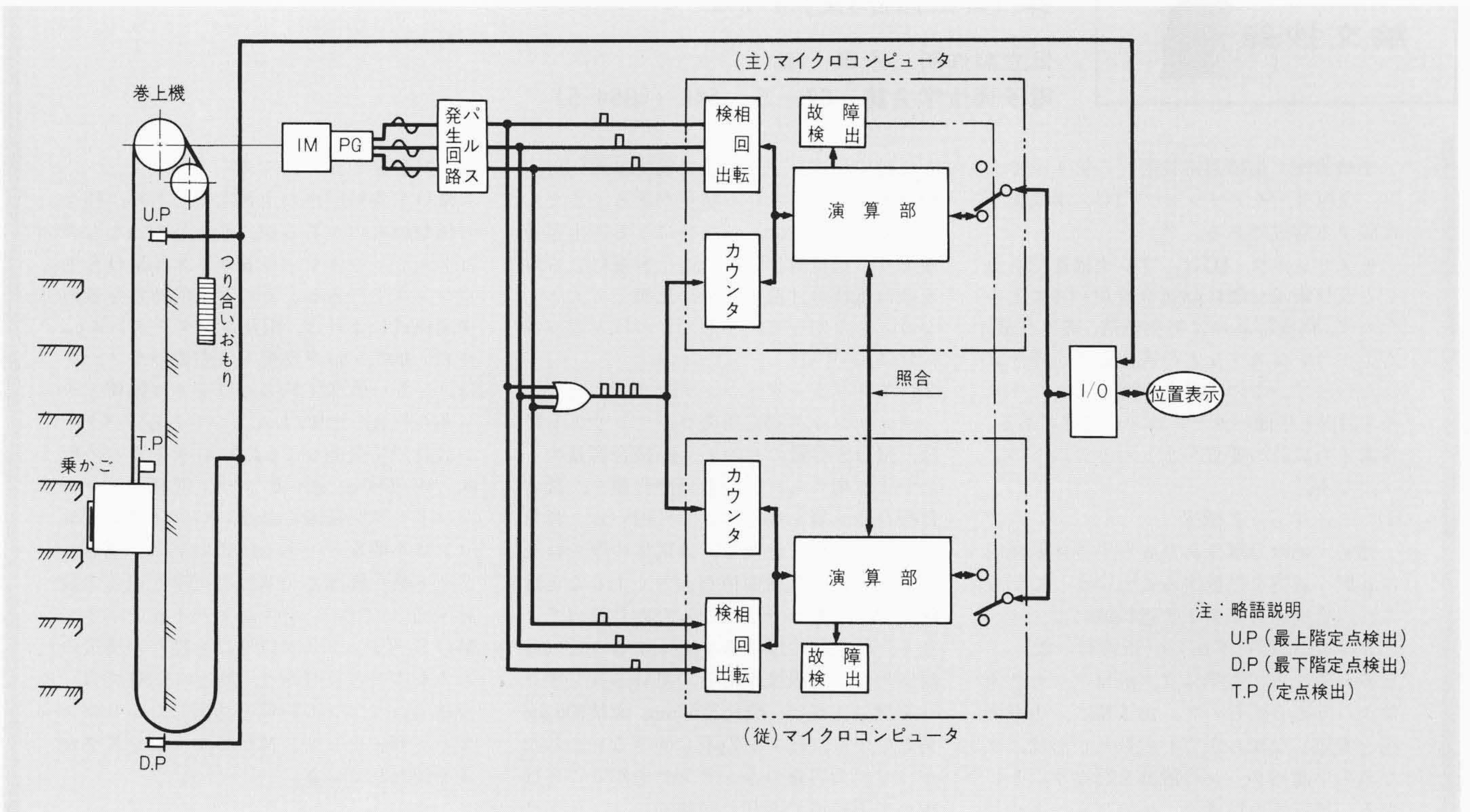


図6 デジタルフロアコントローラ構成図 エレベーターの位置信号は、主電動機(IM)に直結された三相交流速度発電機(PG)のパルスを、マイクロコンピュータに取り込み演算処理される。

ンピュータ自体にも偶発的故障の発生する確率が予測できるので、この信頼度予測計算を加えて信頼性を検討した結果、コンピュータ化した範囲で故障率は半減することができ、このことからエレベーター全体の故障率を大幅に低減できる見通しを得た。

もちろん、マイクロコンピュータ自体の故障発生確率を期待値以下に保つためには、製造過程での品質管理やスクリーニングが必要であるとともに、使用環境を考慮した実装方法など十分に吟味されなければならない。このようにして構成されたマイクロコンピュータ化システムは、機械装置にみられる経年的な故障率の増加(摩耗故障)要因を含んでいないため、前述した故障率の低減は、長年月の使用を伴うエレベーターでより高く評価することができる。

6.2 故障診断と保全

ブラックボックス化されたコンピュータ内部の処理内容あるいは故障状態は、一般にはロギングタイプライタやディスプレイ装置によって知ることができる。しかし、今回規格形エレベーターに採用したマイクロコンピュータシステムは規模が比較的小さく、故障発生確率は少ないと予測されることから、これらの端末機器を常設する必要はないとした。しかし、万一にも故障が生じた場合、ダウンタイムを最小限にとどめるためには、故障箇所や現象をなんらかの手段で表示、又は記録し、メンテナンスを容易にする保全プログラムを用意しておかねばならない。

このため、マイクロコンピュータのもっている高速処理性と多数のメモリエリアを有効に活用した故障診断及び部位検出機能を加え、更にこれらの機能を十分に発揮させるための保守ツールも合わせて開発した。これによって、従来の制御

装置ではもっていない保全機能を数多く付加し、保全性の質的向上を期した。

7 結 言

エレベーターシステムへのマイクロコンピュータの応用は、幾つかのエレベーターの技術変遷の中でも特筆すべきものといえる。それは、新しく高度の機能を生みながら信頼度を大幅に向上させたほか、生産体制から保全体制に至るまで大きな変革を伴うものである。特に、量産機種である規格形エレベーターにマイクロコンピュータを導入したことは、大きな意義をもつものである。日立製作所は、マイクロコンピュータのもつ多くの長を十分に生かし、技術的に大きな成果を得たと確信している。

マイクロコンピュータ技術の発展は目を見張るものがあり、今後も大きな革新をもたらすことが考えられる⁴⁾。したがって、現在のマイクロコンピュータ化の対象は、更に高度な速度制御の分野にまで広がり、より高機能・高信頼度のエレベーターへ発展できる可能性をもっている。

参考文献

- 1) 岩坂, 外: コンピュータによる群管理システム“CIP-3800” 日立評論, 60, 259~264(昭53-4)
- 2) 高岡, 外: マイクロコンピュータの車両制御への適用, 日立評論, 61, 337~342(昭54-5)
- 3) 三井, 外: 規格形エレベーターの単一サイリスタ・ユニットによる加減速制御, 日立評論, 58, 939~943(昭51-11)
- 4) 石川: マイクロコンピュータ応用の最近の動向, 日立評論, 61, 235~236(昭54-4)

論文抄録

集積回路技術〔Ⅳ〕

日立製作所 永田 穰

電子通信学会誌 62-5, 546 (昭54-5)

連載講座「集積回路技術」の第4回であり、今回は、モノリシック・ICの構成素子に関する解説である。

モノリシック・ICは、プレナ構造であること及び素子分離にpn接合を用いることのために、構成部品には寄生抵抗、寄生容量、寄生トランジスタなどの寄生素子を伴う。したがって、この効果を考慮に入れたプロセス設計と平面パターン設計が必要である。各素子の設計の要点をまとめると以下のようになる。

(1) モノリシック抵抗

通常、絶縁分離されたn形半導体領域内にp形不純物を拡散することによって形成され、抵抗値Rは第1次近似的には、

$$R = (\text{面積抵抗率} \rho_s) \times (\text{正方形の数})$$

と表わされる。実際には、 ρ_s はプロセス条件から与えられるので、加工精度、占有面積を考慮しながら正方形の数及び形状、すなわち平面パターンの設計を行なうことになる。抵抗値の精度は、 ρ_s のばらつきや加工精度によって決まるが、個別部品の抵抗

と比較すれば、一般に絶対精度は悪いが、相対精度は良いという特色がある。また、寄生効果としては、pn接合による寄生容量があり、抵抗自身とこの寄生容量による時定数は抵抗の寸法の2乗に比例して大きくなる。したがって、小形のもののほど周波数特性は良い。

(2) モノリシック・コンデンサ

モノリシック・IC用のコンデンサとしては、MOS容量のものと、pn接合容量のものがよく用いられ、前者は酸化膜を、後者は接合空乏層を誘電体として用いる。容量値は電極面積に比例し、誘電体の厚さに反比例するが、電極面積を大きくすることはIC全体の面積が大きくなるために適当ではなく、誘電体の厚さを小さくすることにも耐圧の点から限度がある。MOSコンデンサを例にとれば、酸化膜50nm、面積100 μm^2 角としても、わずか7pFにすぎない。したがって、大容量のコンデンサを作ることは極めて不経済であり、回路的にコンデンサを用いない工夫が重要である。

(3) MOSトランジスタ

MOS集積回路の主要素子であり、種々の種類のものがあるが、最も基本的なものはアルミニウムゲートpチャネルMOSトランジスタである。その電気的特性を表わす関係式によれば、相互コンダクタンス g_m やオン抵抗 r_{on} を支配する主要パラメータは、しきい値電圧 V_T 及びチャネル幅 W とチャネル長 L の比 W/L の二つである。パターン設計で特徴的なことは、(a)チャネルの形状と W/L の決定、(b)ゲート電極とソース及びドレイン領域の合せ、(c)アイソレーションは不要などである。また V_T は、普通、ゲート酸化膜厚さや基板抵抗率を選んで設計する。アルミニウムゲートpチャネルMOSトランジスタ以外にも種々の構造のものが工夫されており、最近のLSIでは、多結晶シリコンの特性を活用したシリコンゲート形nチャネルMOSトランジスタが多く使われている。