

マイクロコンピュータによる規格形エレベーター 全自動群管理運転システム“CIP-3”の開発

Development of Microcomputerized Automatic Group Supervisory Control System “CIP-3” for Standardized Elevators

規格形乗用、住宅用エレベーター「日立ビルエース」は、昭和54年10月から全機種にマイクロコンピュータ制御を導入し、既に3,000台を超える納入実績を挙げている。規格形エレベーターは、近年、高速機種のラインアップ、乗り心地の向上やマイクロコンピュータ制御による高機能化によって、中規模ビルへの適用も多くなった。このため、規格形エレベーターの3台並列設置時の群管理制御も、制御性能の向上、仕様の多様化への対応が必要となってきた。

このニーズにこたえるため、3台の規格形エレベーターの群管理制御をマイクロコンピュータで行なう全自動エレベーター群管理運転システム“CIP-3”を開発した。

本システムは、直流エレベーターに適用している、最高級全自動エレベーター群管理システム“CIP-3800”の制御論理であるミニマックス割当て理論を基本とし、更に、群管理部マイクロコンピュータを二重系構成とすることなどにより、従来システムに比べ機能、信頼性及び安全性の大幅な向上を図った。

大平 剛* Takeshi Ôhira
葛貫壯四郎** Sôshirô Kuzunuki
平沢宏太郎*** Kôtarô Hirasawa
米田 健治* Kenji Yoneda

1 緒 言

マイクロコンピュータをはじめとするLSI技術の発達に伴い、近年、マイクロコンピュータが各種制御装置に応用されている。エレベーター制御装置もその例外でない。日立製作所は昭和53年3月に、直流エレベーター群管理制御装置にマイクロコンピュータを導入し、新しい呼び割当て論理により性能を大幅に向上した全自動エレベーター群管理システム“CIP-3800”(Computerized Information Processing for Elevators-3800)^{1)~3)}を、更に昭和54年10月に規格形エレベーターの号機制御装置(単独のエレベーターの運転・停止を制御する装置)にマイクロコンピュータを採用⁴⁾し、機能、安全性の大幅な向上を図り、多数の納入実績を挙げた。

規格形エレベーターは、一般に中小事務所ビル、マンションなど比較的規模の小さなビルに適用されるため、単独設置エレベーターが大半を占めている。しかし、近年サイリスタによる速度制御技術の導入により乗り心地の向上、高速化などを実現してきたことから、中規模ビルにも多く採用され、3台並列設置の条件も増加してきている。従来、これらの需要に対しては、群乗合い運転方式(トリプレックス方式)を採用していたが、ニーズの増加に伴い、運転サービスの向上、ビル交通需要変化への対応の良さなどの高い機能の実現を図るため、マイクロコンピュータによる新しい全自動エレベーター群管理運転システム“CIP-3”(以下、“CIP-3”システムと略す。)を開発した。

本稿は、“CIP-3”システムの特長、構成、機能概要及び稼動状態調査による性能評価を中心に紹介する。

なお本システムは、発売以来好評を得て、現在までに十数システムを受注納入し、既に仙台市農協会館(図1)、道通ビル(札幌市)、日本生命横浜ビル(横浜市)などで相次ぎ稼動を開始している。

2 “CIP-3”システムの特長と構成

2.1 “CIP-3”システムの特長

“CIP-3”システムの主な特長を下記に述べる。

(1) “CIP-3”ミニマックス制御方式の採用

全自動直流エレベーター群管理システム“CIP-3800”の制御論理であるミニマックス割当て理論のエッセンスを取り入れた制御方式(以下、“CIP-3”ミニマックス制御と称する。)を開発し、平均待ち時間の低減、長待ち発生確率の減少など大幅な性能向上を図った。

(2) マイクロコンピュータの二重系構成による高信頼度設計 エレベーター群の管理制御の中核部となる群管理部の故障



図1 仙台市農協会館の全景 本会館にエレベーター全自動群管理運転システム“CIP-3”の1号機を納入した。

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所日立研究所 *** 日立製作所日立研究所 工学博士

は、エレベーターのシステムダウンへと発展するおそれがあるため、群管理部のマイクロコンピュータを二重系構成とし、システム全体の高信頼化、保全性向上を図った。

(3) “CIP-3”の機能

マイクロコンピュータ(HMCS 6800)の採用により、「“CIP-3”ミニマックス制御」のほかに、出発階での「“CIP-3”へビーアップサービス」、「分散待機」などの中規模ビル向けエレベーター群管理制御として十分な機能を標準装備してある。

(4) システムの柔軟性によりビル仕様の変化へ対応可能

サービス階、出発階、分散待機階など、ビルごとになる仕様はすべて仕様プログラムのROM(Read Only Memory: 記憶素子)にメモリし、例えば、納入後のテナント変更によるビルの仕様変化に対しても、その部分のプログラム変換により、従来のリレー回路方式に比較して、迅速に対応可能なフレキシブルなシステム構成となっている。

(5) 故障診断機能によるダウンタイムの低減

二つのマイクロコンピュータによる故障診断、故障部分の表示などにより保全性を大幅に向上し、システムのダウンタイムの低減を図った。

2.2 “CIP-3”システムの構成

2.2.1 システム構成

図2に、“CIP-3”システムの構成を示す。

群管理制御装置には同一機能をもつ二つのマイクロコンピュータがある。すなわち、運転系のマイクロコンピュータと待機系のマイクロコンピュータで構成される完全二重系構成をとっている。

万一、運転系のマイクロコンピュータが故障しても、I/O(入出力)バス及び通信バスを待機系マイクロコンピュータ側に切り換え、群管理制御を機能低下なしに継続できる特長をもっている。

更に、運転系、待機系の両マイクロコンピュータが共に故障する確率は非常に少ないが、このような事故が発生した場合でも、号機制御装置のマイクロコンピュータで故障を検出

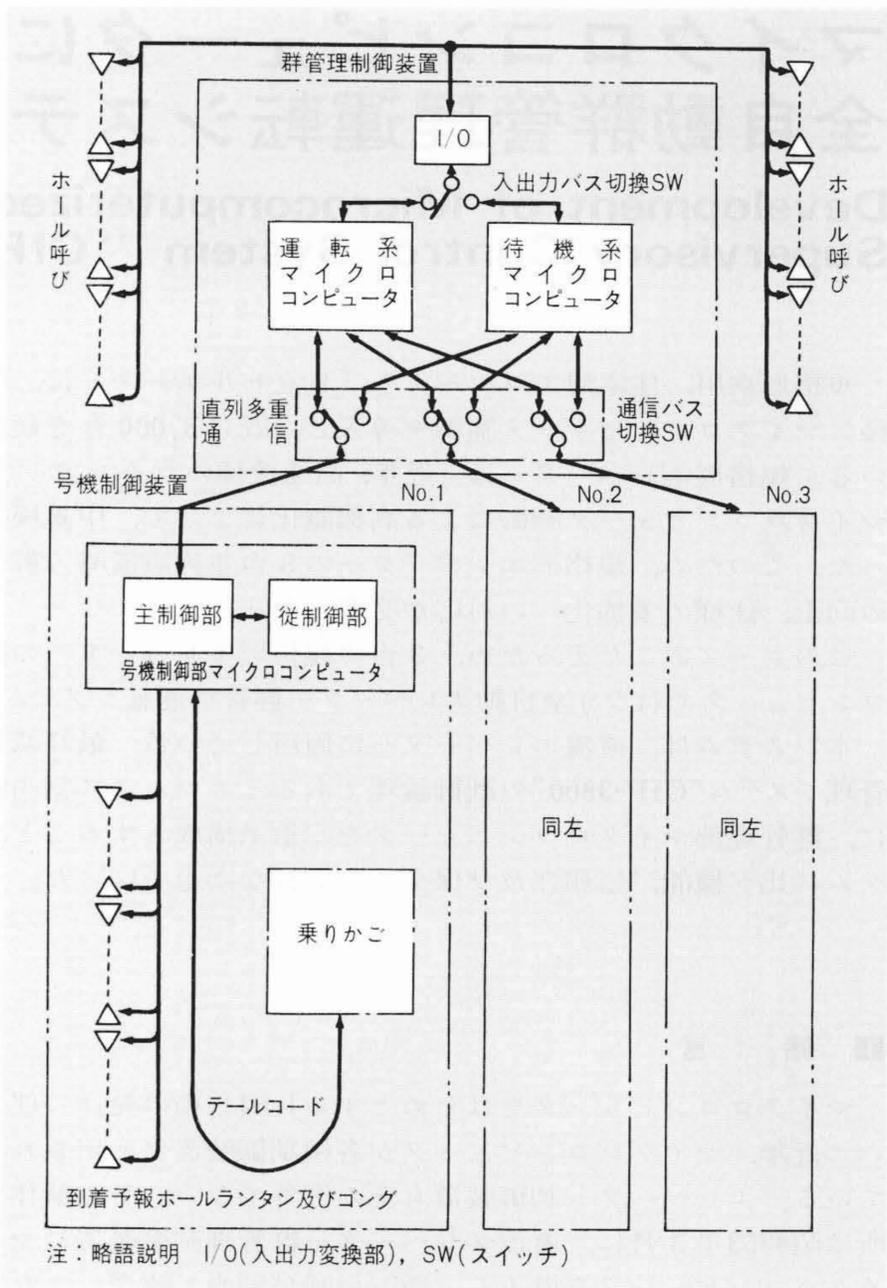
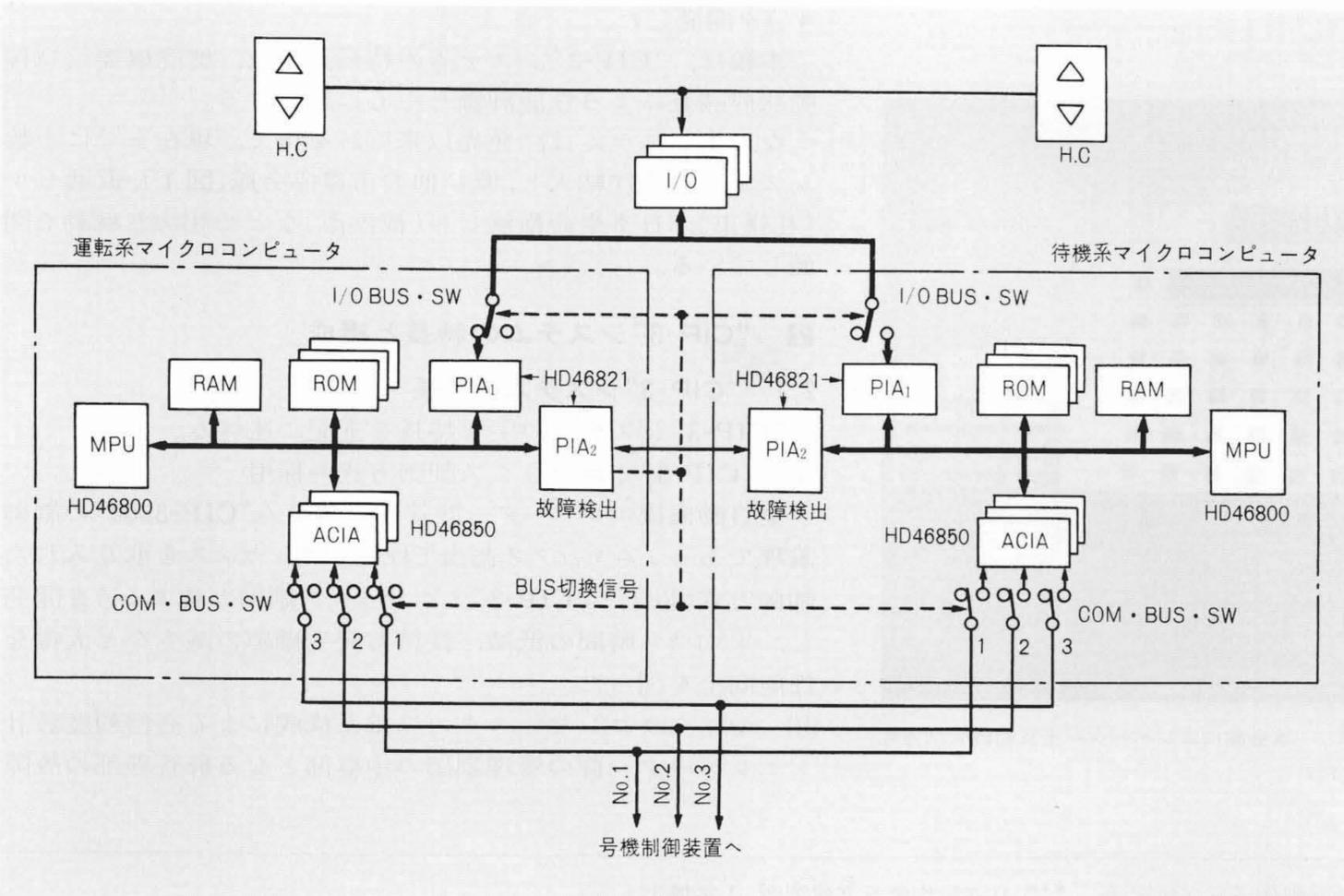


図2 “CIP-3”のシステム構成 群管理部マイクロコンピュータは、同一機能をもつ運転系マイクロコンピュータと待機系マイクロコンピュータの完全二重系構成とし、かつ号機制御部マイクロコンピュータと直列多重通信を行なっている。



注：略語説明
 RAM(Random Access Memory)
 ROM(Read Only Memory)
 MPU(Micro Processing Unit)
 PIA(Peripheral Interface Adapter)
 ACIA(Asynchronous Communications Interface Adapter)
 I/O(Input/Output)
 COM(Communication)
 H.C(Hall Call)

図3 ハードウェア構成 ハードウェアは、日立製作所の8ビットマイクロコンピュータHMCS 6800ファミリで構成し、運転系、待機系の二つのマイクロコンピュータをもつ二重系構成となっている。

し、サービス階に対するスキップサービスなどのバックアップ運転により、最低限の機能の維持が可能となるように配慮している。

群管理部と号機制御部間のインターフェースには、直列多重通信方式を採用し、1台当たり2対の信号線で接続している。このことにより、従来システムに比べ管理部と制御部間の配線総数を約500本から10本と大幅に低減し、信頼性、保全性の向上を図ることができた。

2.2.2 ハードウェア構成

図3に“CIP-3”システムの具体的なハードウェア構成を、図4にマイクロコンピュータ部のカードモジュールの一例を示す。

ハードウェアは、日立製作所製の8ビットマイクロコンピュータHMCS 6800ファミリで構成し、前述のように運転系、待機系の二つのマイクロコンピュータをもつ二重系構成となっている。

両マイクロコンピュータはPIA₂ (Peripheral Interface Adapter 2) により互いに故障の相互監視を行ない、万一、運転系マイクロコンピュータが故障した場合、I/O BUS(入出力バス)及びCOM・BUS(通信バス)を正常な待機系マイクロコンピュータに自動的に切り換えるようにしている。

2.2.3 ソフトウェア構成

図5に、“CIP-3”システムのソフトウェア構成を示す。

ソフトウェアは、エレベーター専用開発したオペレーティングシステムELCOS(Elavator Control Operating System)を中心に、制御機能ごとにモジュール化し、ELCOSのもとでマルチ処理されるプログラム群により構成され、“CIP-3”システムの群管理制御プログラムを効率良く実行している。

3 “CIP-3”システムの制御機能

“CIP-3”システムは、制御装置の頭脳部にマイクロコンピュータを採用することにより、論理演算能力が増大し多量の情報をリアルタイムで処理することから、群管理制御をきめ細かく行なうことができ、表1に示すように日立製作所の従来システムに比べ、機能の大幅向上を図ったシステムである。

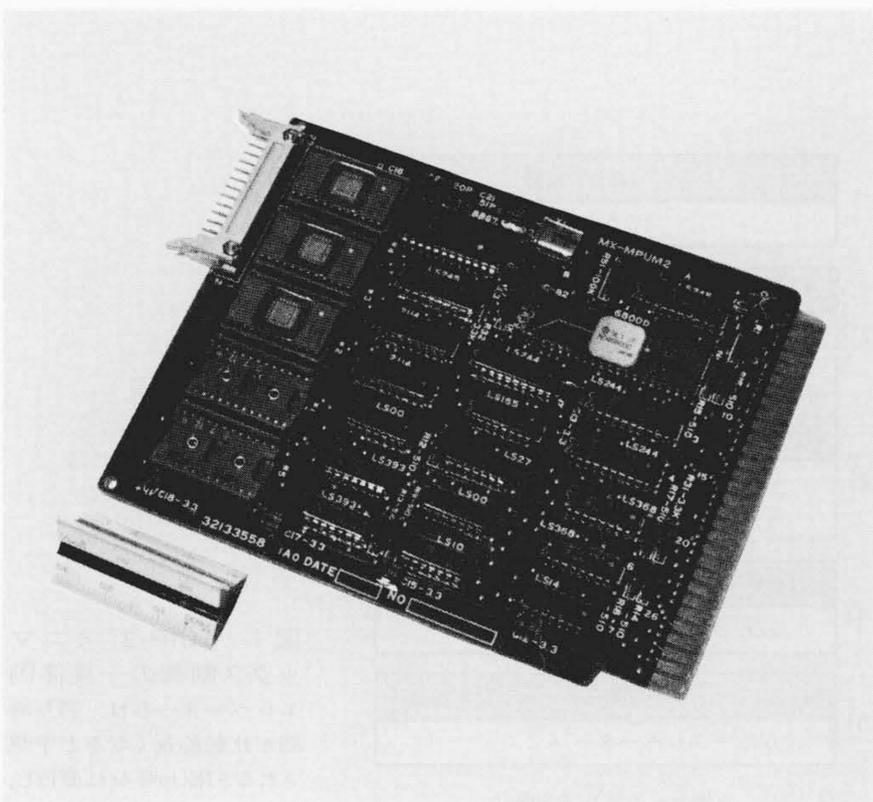


図4 マイクロコンピュータのカードモジュール 1枚のプリント板にMPU, ROM, RAMなどがコンパクトに実装されている。

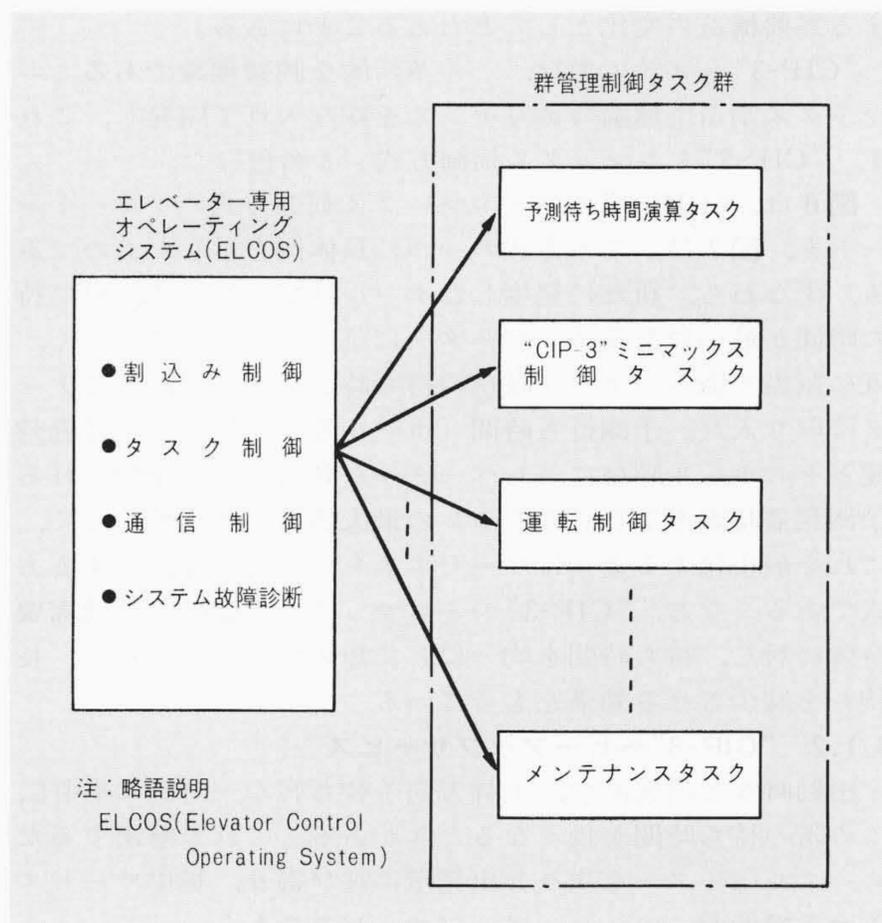


図5 ソフトウェア構成 エレベーター専用オペレーティングシステムと制御機能ごとにモジュール化されたタスク群により構成し、群管理制御プログラムを効率良く実行する。

以下、主な制御機能の概要について述べる。

3.1 呼び割当て機能

3.1.1 “CIP-3”ミニマックス制御

エレベーター群に関する待ち合わせ問題の研究、理論解析⁵⁾などにより、日立製作所は群管理制御理論として優れた特長をもつミニマックス割当て理論を開発し、既に“CIP-3800”システムにこれを適用し、数多くの実績を得ている。

このミニマックス割当て理論の特長は、ホール呼び発生時に生ずる交通需要の微少な変化をもエレベーター群全体に対

表1 “CIP-3”システムの制御機能 “CIP-3”システムは、“CIP-3”ミニマックス制御、ヘビーアップサービス、各種のドア制御機能と多彩な機能を備え、従来のトリプレックス方式に比べ、量、質とも大幅向上を図った。

No.	制 御 機 能	“CIP-3”	トリプレックス
1	呼び割当て機能	○	×
	“CIP-3”ヘビーアップサービス	○	×
2	分散待機制御	○	○
	パターン検出	○	×
3	ホールランタン及びゴング	○	×
	インジケータ	△	○
4	出発階ドア制御	○	○
	ホール呼びドアリオープン規制	○	△
	出発促進	○	×
	戸閉め開始の自動調整	○	×
5	いたずら呼びキャンセル	○	×
	天井照明の自動消灯	○	×

注：○ (標準仕様), △ (付加仕様), × (仕様なし)

する需要構造の変化としてとらえることにある。

“CIP-3”システムでは、この革新的な制御理論であるミニマックス割当て理論のエッセンスを採り入れて開発し、これを「“CIP-3”ミニマックス制御方式」と名付けた。

図6は、“CIP-3”でのミニマックス制御方式のフローチャートを、図7は、この方式の一つの具体例を示したものである。すなわち、新たに発生したホール呼びに対して、単に待ち時間が最小になるエレベーターに割り当てるのではなく、既に割当て済みのホール呼びの待ち時間変化も判断してデータに取り入れ、予測待ち時間（ホール呼び発生からの経過時間とそのホール呼びにエレベーターが到着すると予想される予測到着時間を加算したもの）の最大値を評価関数として、これを最小化するようにサービスエレベーターを決定する方式である。なお、“CIP-3”のミニマックス制御は、交通需要全体に対し、待ち時間を均一にして短縮化するとともに、長待ちを減少させる効果をもっている

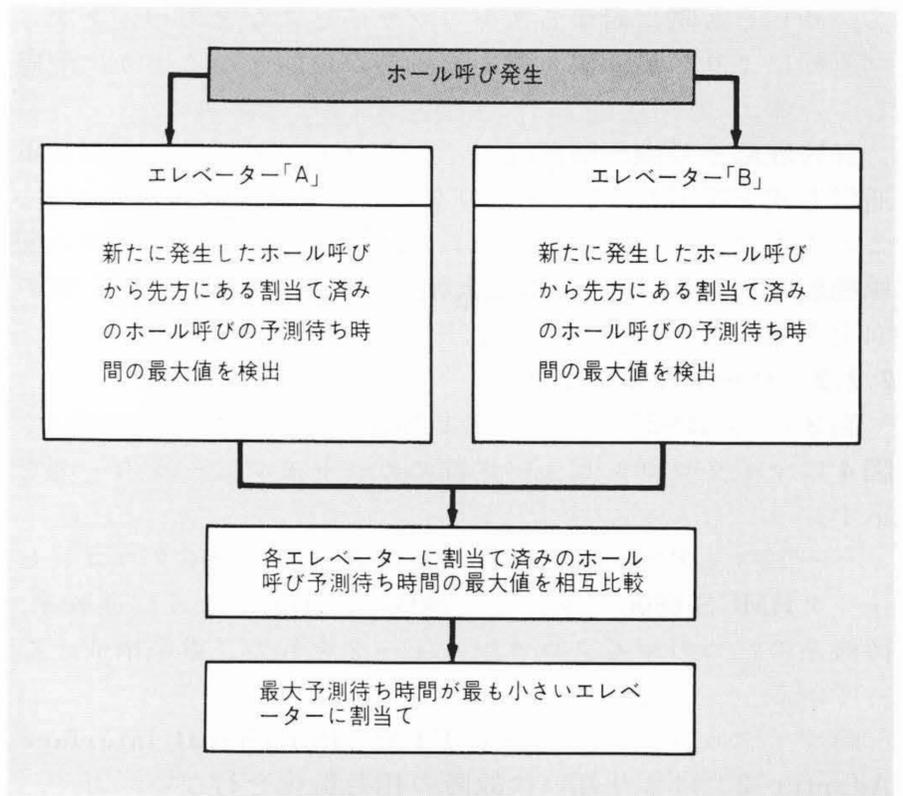


図6 “CIP-3”ミニマックス制御のフローチャート 新たに発生したホール呼びに対して、単に待ち時間が最小になるエレベーターに割り当てるのではなく、既に割当て済みのホール呼びの待ち時間の変化も考慮して、最適エレベーターを決定する。

3.1.2 “CIP-3”ヘビーアップサービス

出勤時など出発階で、上昇方向の待ち客が一時的に集中し、この階の待ち時間が長くなる時がある。これを解消するため、エレベーターを次々と出発階に呼び寄せ、集中サービスさせる機能がこのヘビーアップサービスである。

3.2 運転制御機能

3.2.1 分散待機制御

サービス呼びがなくなった場合、エレベーターを出発階及び中間階に各1台分散待機させる機能で、残りの1台は最終呼び完了後、その階で乗捨て閉扉待機となり、新しい呼びに備える。

3.2.2 パターン検出

サービス呼びの個数などにより、交通需要の閑散、平常状態のパターン検出を行なっている。このパターンは、予測待ち時間演算や運転制御機能のモード切換えに用い、群管理制御全般の性能向上に役立っている。

3.3 案内表示機能

直流エレベーター群管理方式でエレベーターの着床数秒前に点滅し、運転方向及び到着を知らせる到着予報灯（ホールランタン）を規格形エレベーターへも標準的に採用し、高機能化を図った。

4 “CIP-3”システムのサービス評価

新システムのサービスを評価するため、仙台市農協会館納めエレベーターの稼動状態調査を実施するとともに、シミュレーションによる従来方式との比較を行なった。稼動調査を行なったエレベーターの仕様を表2に示す。

4.1 交通需要

図8に仙台市農協会館のビル構成を示す。ビルは、中層階の結婚式場、宴会場、上層階のホールなどで構成され、交通量は特に駐車場階(B2階)、ロビー階(1階)、結婚式場及び宴会場階(4、5階)に多く発生する。本ビルの1日の平均交通需要量は、ビルの約半数がホテルであることから、平常時で7.2人/5分、昼食時間帯で21.5人/5分と同一規模の一般事務所ビルに比べて比較的少ない交通量である。しかし、上述し

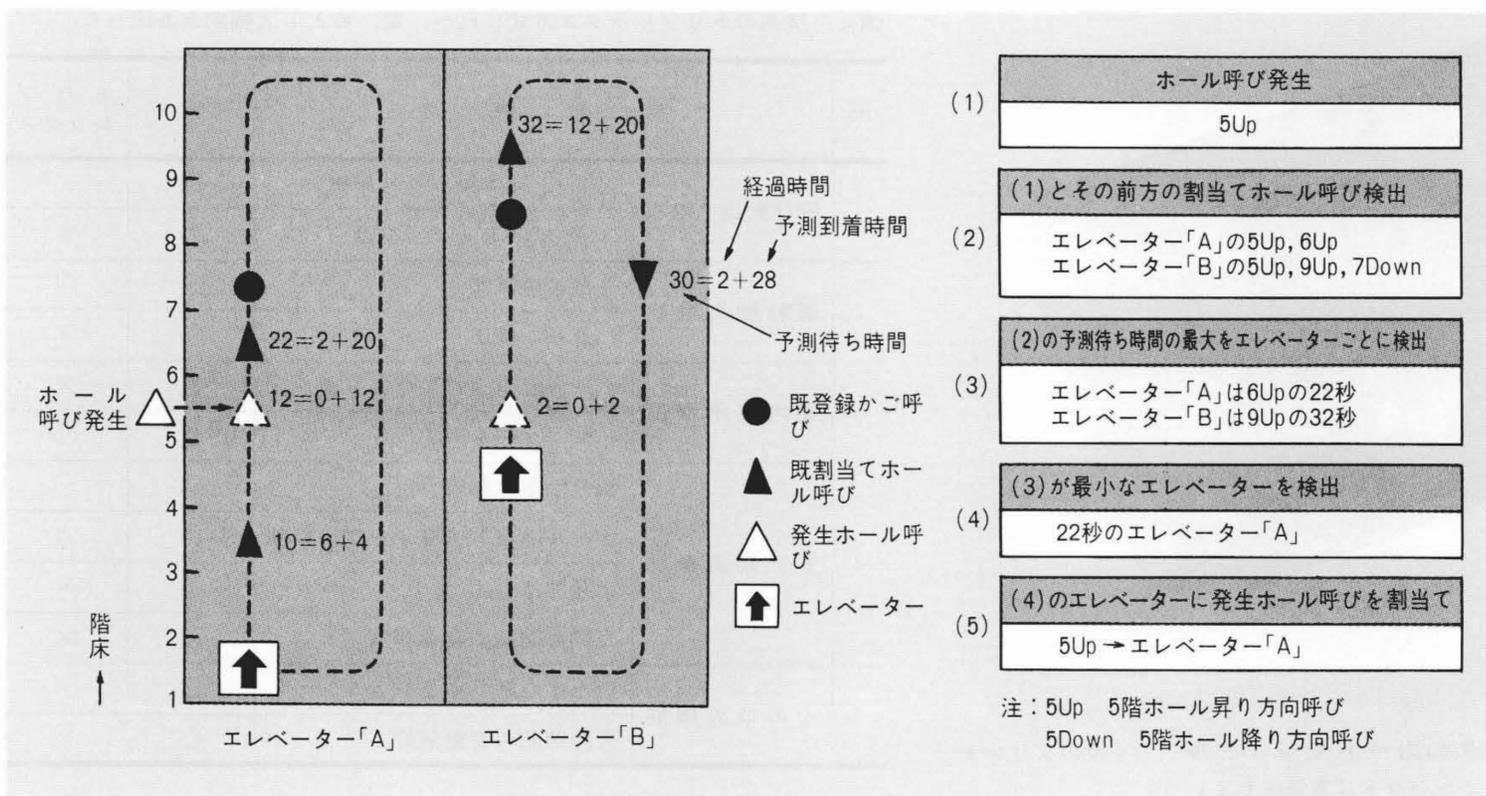


図7 “CIP-3”ミニマックス制御の一具体例エレベーターBは、待ち時間が比較的長くなると予想される9階Up呼びに直行し、発生した5階Up呼びは後続のエレベーターAに割当てサービスさせる。

階	
13	レストラン
12	ホテル (18室)
11	"
10	"
9	"
8	"
7	"
6	"
5	結婚式場, 控室
4	宴会場 (大1, 中2)
3	不 停 止 階
2	テ ナ ン ト
1	ロ ビ ー, 事 務 室
B1	食 堂 街
B2	駐 車 場 (100台収納)

図8 仙台市農協会館のビル構成 1号機を納入した仙台市農協会館のビル構成は、中層階の結婚式会場、及び宴会場、上層階のホテルなどから成っている。交通量は特にB2階、1階、4階及び5階に多く発生している。

表2 エレベーター仕様 稼働調査を行なった仙台市農協会館納めのエレベーター仕様概要を示す。

項 目	仕 様
エレベーター速度	105m/min
エレベーター台数	3台
エレベーター定員	15人
サービス階床数	15階(B2～13階)

たとおり、ピーク需要の発生する式場、レストランなどが各各ビルの中層階及び上昇階にあることから、乗客の流れとして複雑な特長あるビルで、エレベーター管理制御対象としてみると、従来技術では適切な処理が難しい交通需要形態を示

表3 稼働調査結果一覧表 ホール呼び経過時間は12～16秒であり、60秒以上の長待ちがほぼ零と良好なサービス状態となっている。

時 間 帯	ホール呼び経過時間		ホール呼び数	交通需要
	平 均	60秒以上の長待ち確率		
10:00～11:00	11.8秒	0%	60個	7.2人/5分
12:00～13:00	15.9秒	0.1%	120個	21.5人/5分

注：調査日〔昭和56年1月21日(水)〕

すビルである。

4.2 平均待ち時間

エレベーター群管理制御の性能指標として、平均待ち時間が用いられる。この平均待ち時間はホール呼び経過時間（ホール呼びが登録されてから、エレベーターが到着し、呼びがリセットされるまでの時間）とし、この経過時間を実測してサービスの水準を評価する。

表3にホール呼び経過時間の実測結果の一例を示す。

ホール呼び経過時間は、午前10:00～11:00の時間帯で約12秒、昼食時12:00～13:00の時間帯で約16秒であり、また、60秒以上の長待ち確率はそれぞれ0%、0.1%と良好なサービス状態となっている。

4.3 エレベーターの運行線図

図9にエレベーター群の運行状況を実測した線図を示す。待ち客に対するサービスが最良になるためには、各エレベーターが時間的に等間隔で運行することが必要であるが、調査結果は上昇運転又は下降運転に片寄った運転がなく分散した均等な運行となっており、良好な運転状態にあると評価できる。

4.4 シミュレーションによる比較

稼働調査したビルの交通需要は比較的少ないため、ビルの構成及びエレベーター仕様などは同一のまま40人/5分(平常混雑時の交通需要とする。今回実測の昼食時交通需要の約2倍である。)と交通需要を多くして“CIP-3”システムと従来システムの比較をシミュレーションで行なった。

図10に“CIP-3”システムと従来システムのシミュレーション比較を示す。

新システムは、従来システムに比べ、平均待ち時間で約10%の短縮、60秒以上の長待ち確率で約50%低減となっており、

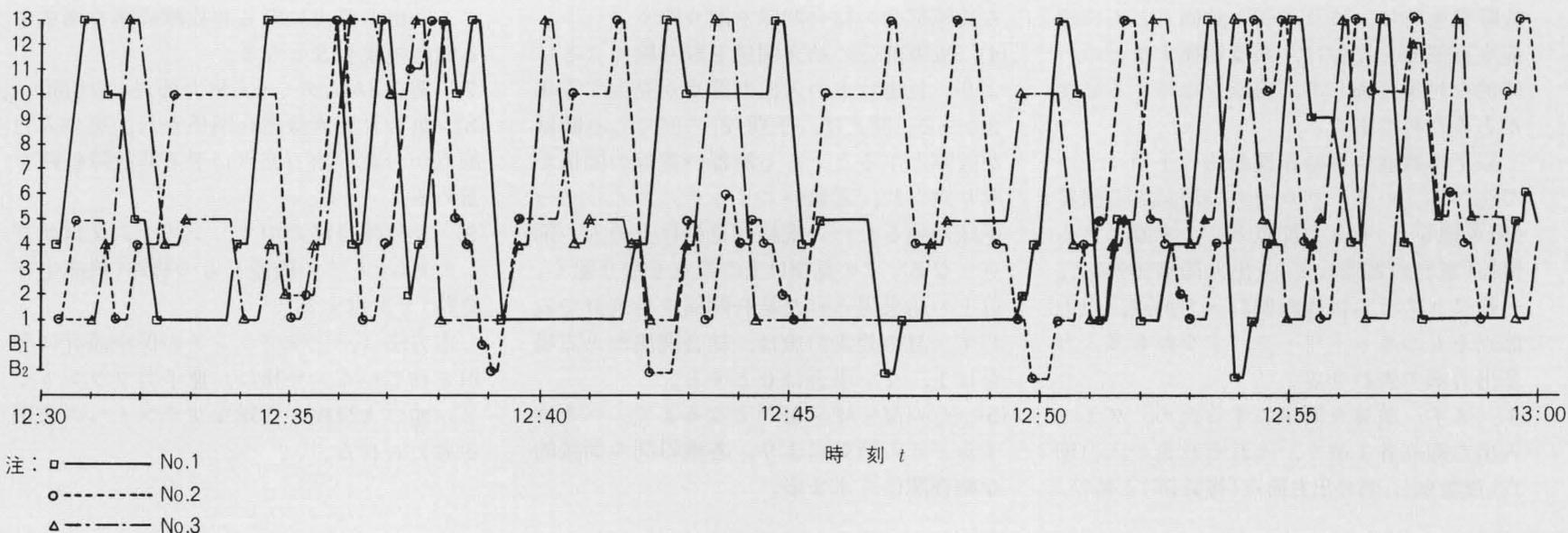


図9 エレベーター運行線図 3台のエレベーターが重なり合うことなく、分散した良好な運行を行なっている。

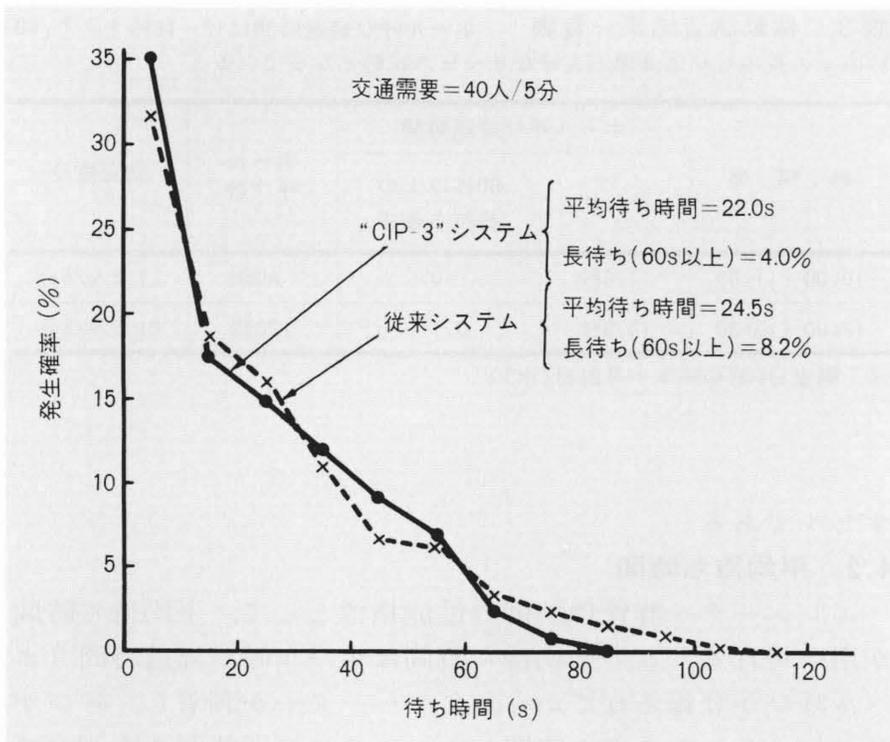


図10 “CIP-3”システムと従来システムのシミュレーション比較
混雑時(40人/5分)の“CIP-3”システムと従来システムのトリプレックス方式のシミュレーション比較を示す。“CIP-3”システムは従来システムに比べ、平均待ち時間で約10%の短縮、60秒以上の長待ちが半減するなどの効果がある。

そのサービス指標である平均待ち時間30秒以下、60秒以上の長待ち時間の発生確率5%以下を満足し、前述したとおり複雑な交通需要に対しても、“CIP-3”ミニマックス制御方式の優位性が確認された。

5 結 言

以上、マイクロコンピュータによる全自動エレベーター群

管理運転システム“CIP-3”の特長、構成、機能概要及びサービス評価の結果について紹介した。

本システムは、全自動直流エレベーター群管理制御理論であるミニマックス割当て理論の思想を採り入れた“CIP-3”ミニマックス制御方式を用いたこと、群管理部マイクロコンピュータを二重系構成としたことを主な特長とし、従来システムに比べ、高機能化及び高信頼化を図った。

また、仙台市農協会館に納入した本システムの稼動調査、及びシミュレーションによる従来システムとの比較を行なった結果、平均待ち時間、長待ち確率とも良好なサービス状態であり、本システムの優位性を確認することができた。

最後に、今回の稼動調査に御協力いただいた仙台市農協会館の関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 岩坂, 外: コンピュータによるエレベーター群管理システム, 日立評論, 60, 4, 259~264 (昭53-4)
- 2) 岩坂, 外: エレベーター群管理システム“CIP-3800”システムによる乗客サービスの向上, 日立評論, 62, 7, 515~520 (昭55-7)
- 3) 平沢, 外: エレベーター群管理における呼び割付け方式, 電気学会論文誌, C-99, 27~32 (昭54-2)
- 4) 弓伸, 外: 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, 日立評論, 61, 11, 821~826 (昭54-11)
- 5) 平沢, 外: エレベーター群の待合せ問題, 日立評論, 54, 12, 1119~1124 (昭47-12)

論文抄録

多入力多出力網における機能生存経路探索法

日立製作所 古河雅澄

電子通信学会論文誌A 63-9, 619 (昭55-9)

システムに対して、適切な予防保全や故障対策を行なうには、(1)故障波及範囲の予測や、(2)波及によって生ずる危険度評価だけでなく、(3)機能生存経路(入力節点から出力節点に至る非故障経路の中で機能をもつ経路)を求めることが望ましい。なぜなら、故障発生時に、波及予測・評価とともに機能生存部分を見付け、系統切換えなどの一時的な対策を施して、機能を維持する必要があるためである。

以下に機能生存経路探索法の手順について述べる。いま、プロセスの源にある機器(発電機など)を入力節点とし、末端にある機器(家庭の電球など)を出力節点とすると、一般にシステムは複数個の入力節点、出力節点をもつネットワーク、すなわち多入力多出力網で表わせる。

(1) まず、演算を簡単にするため、ダミー入出力節点各1個を、それぞれ真の入力節点(複数個)、真の出力節点(複数個)と結び、

多入力多出力網を1入力1出力網にする。
 (2) シャ断器→電線、電線→スイッチ、スイッチ→電球など、システムの構成要素で互いに直接結合している2要素を、プロセスの流れ方向(→印)とともに求める。
 (3) 検知器や故障波及予測結果から得られる故障部分の結合関係を取り除く。
 (4) 故障部分の結合関係を取り除くことにより、見掛け上の入出力節点が発生する場合がある。例えば、手順(2)の例でシャ断器が故障とすると、シャ断器→電線の関係が取り除かれ、電線→スイッチ、スイッチ→電球が残るため、電線が見掛け上の入力節点となる。この見掛け上の節点を取り除く。以上の結果得られた結合関係を行列Mで表わす。Mの要素の値は、結合関係がある場合は1、ない場合は0とする。
 (5) 行列Mを $M^i = M^{i+1}$ となるまで、べき乗する。この演算により、各機器間の間接的な結合関係も求まる。

(6) 行列Mで、ダミー入力節点に対応する行を調べ、ダミー入力節点と直接、又は間接的に結合している機器を求める。次に、ダミー出力節点に対応する列を調べ、ダミー出力節点と結合している機器を求める。両方に共通な機器は、ダミー入力節点からダミー出力節点に至る非故障経路を構成する機器の集合Sとなる。
 (7) 集合Sからダミー入出力節点を取り除く。
 (8) 集合Sと直接結合関係から、真の入力節点から真の出力節点に至る非故障経路を求める。
 (9) 非故障経路の中で、システム又はサブシステムとしての機能をもつ経路(機能生存経路)を選出する。

本方法は、化学プラントの保全設計に利用されている。今後は、原子力プラントなど、他の大規模・複雑なプラントへの適用が考えられる。