

エレベーター群管理システム“CIP-3800”による 乗客サービスの向上

Improvement of Elevator Service by Group Supervisory Control System “CIP-3800”

日立製作所は、エレベーターの待ち時間の短縮及び平均化とサービスするエレベーターの早期案内など、乗客サービスを飛躍的に向上させたエレベーター群管理システム“CIP-3800”を開発し、既に100台を超える納入実績を挙げ、更に続々と稼動を開始している。

この“CIP-3800”システムは、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採用し、革新的なホール呼び割当て論理をはじめとする数々の新しい群管理制御論理を取り入れている。

今回、代表的な大規模事務所ビルである新宿センタービルで、本システムの稼動実態を調査し、ホール呼びによる待ち時間は平均20秒程度、1分以上の長待ち確率は4%以下など、良好なサービス状態であることを確認できた。

岩坂 達夫* Tatsuo Iwasaka
金子 隆* Takashi Kaneko
小林国次郎** Kunijirô Kobayashi

1 緒 言

高層ビル、大規模ビルでの膨大な交通量を担うエレベーター群管理システムとして、日立製作所は昭和53年3月に、マイクロコンピュータを導入した“CIP-3800”(Computerized Information Processing for Elevators-3800)システムを開発した¹⁾。このシステムは、ミニマックス呼び割当てと名付けた革新的なエレベーター群管理制御論理により、従来のシステムに比べて平均待ち時間を20%短縮し、長待ち確率を半減するなど、大幅な性能向上を図っている。

近年、情報社会の高度化が進むにつれて、システムの自動化とともに高度のマンマシン性が要望されるようになってきている。エレベーターでは、待ち客への案内情報の高度化が進められてきた。昭和47年、日立製作所が世界に先駆けて開発したサービス予約灯方式²⁾は好評のうちに既に250台を超える納入実績をもったばかりでなく、現在では我が国での最高級エレベーターの標準的待ち客誘導方式として採用されるようになった。

“CIP-3800”システムは、サービス予約灯のほかに待ち時間表示、到着順序表示など、マンマシンシステムとして更に高度な案内情報をも提供する試みを行なっている。

“CIP-3800”システムは、大阪駅前第三ビル(図1)、新宿センタービル納めなど相次いで好評裏に稼動を開始しているが、本稿では、“CIP-3800”システムのもつ特長と、稼動調査による性能の実証結果について述べる。

2 エレベーター群管理制御機能

“CIP-3800”システムは、エレベーター群管理制御装置に制御用マイクロコンピュータを導入した(図2)。このため、論理演算能力が飛躍的に増大し、多量の情報をリアルタイムかつ高速で処理できるようになった。また、永年の研究、理論解析³⁾などによりミニマックス割当て論理を主体とし、数数のエレベーター群管理制御論理⁴⁾を開発した。

エレベーター群管理制御論理の中心となるものは、ホール呼び割当て論理である。“CIP-3800”システムでは待ち時間



図1 大阪駅前第三ビル 本ビルにエレベーター群管理システム“CIP-3800”の1号機を納入した。

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所機電事業本部

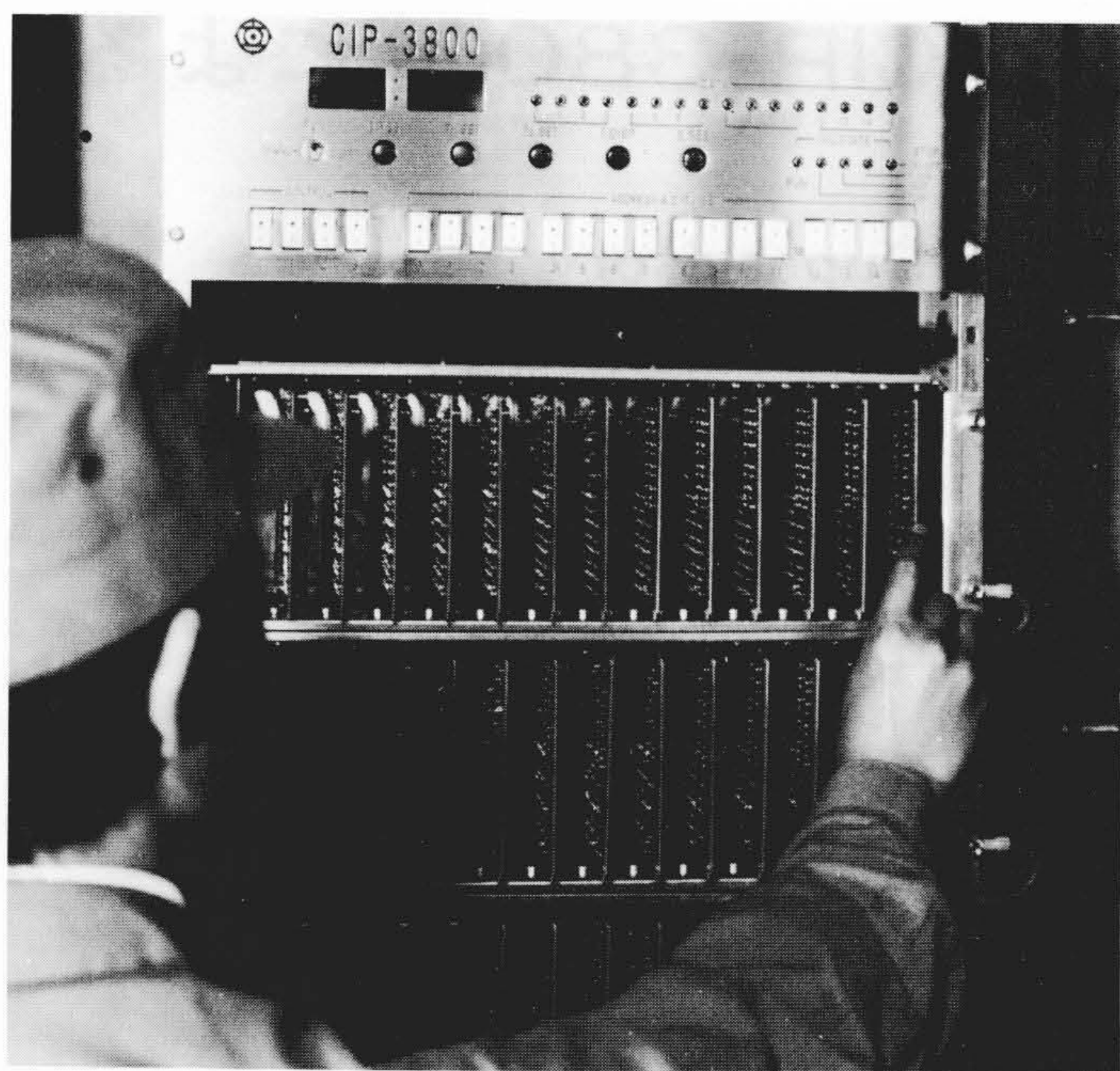


図2 エレベーター群管理制御装置 マイクロコンピュータを装備したエレベーター群管理制御装置を示す。

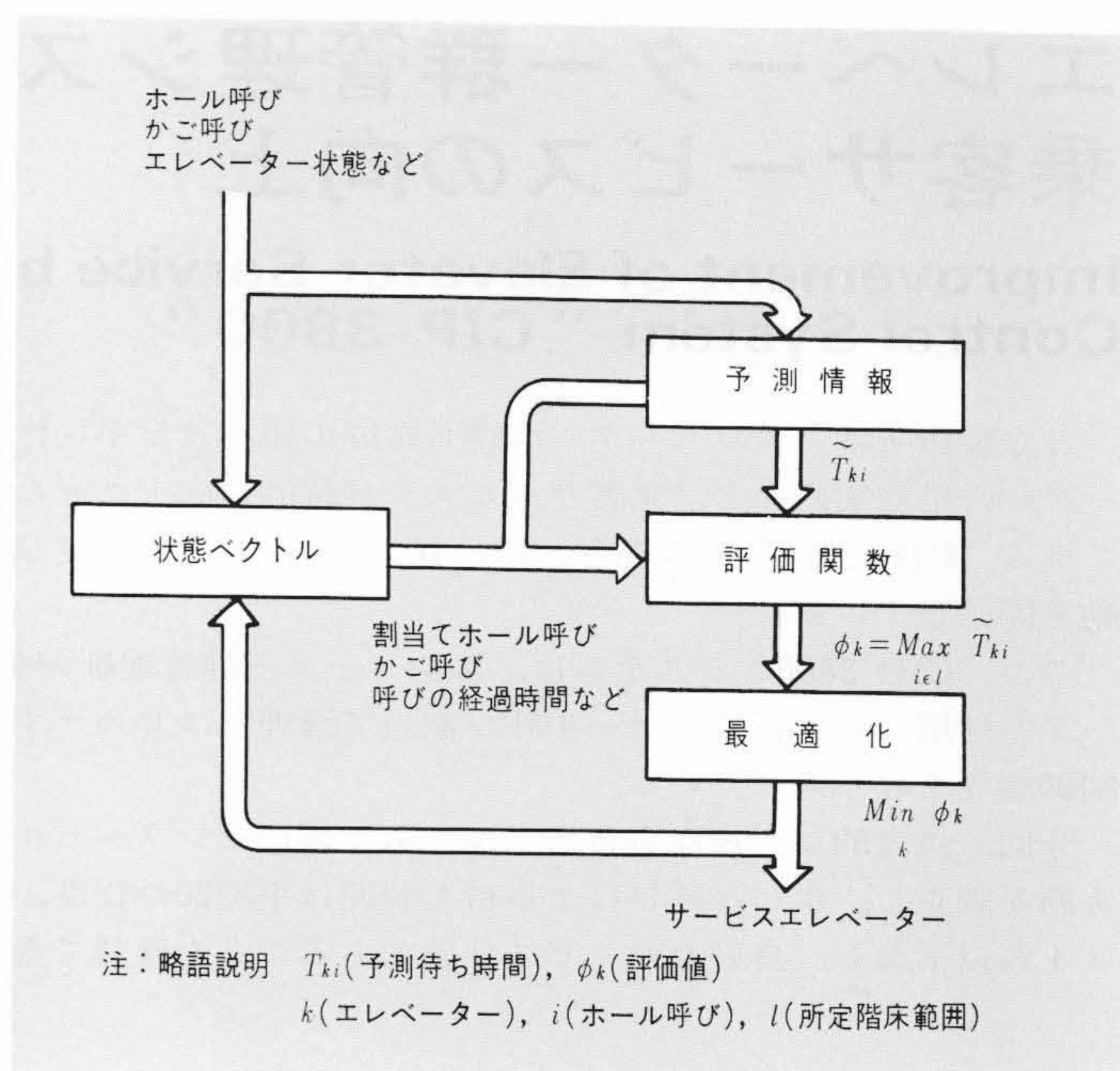


図3 ミニマックス割当て論理の構成 ホール呼び、かご呼びとエレベーターなどの状態ベクトルをもとに待ち時間を予測演算し、この予測待ち時間の最大値を評価関数として、これを最小化するエレベーターに発生ホール呼びを割り当て、サービスを最適化している。

を直接予測演算し、これを短縮しながら平均化することを主眼として割当て論理を構成している。この論理の特長は、ホール呼び発生時に生ずる交通需要の微小な変化をもエレベーター群全体に対する需要構造の変化としてとらえることにある。そして、発生ホール呼びだけにとどまらず、すべてのホール呼びに対する待ち時間をリアルタイムで予測演算し、エレベーター群全体としてのサービス状態が最適化する解を求め、サービスエレベーターを決定する。すなわち、新たに発生したホール呼びに対して、待ち時間が最短になるエレベーター

に割り当ててではなく、既に割当て済みのホール呼びの待ち時間変化をも判断してデータに取り入れ、予測待ち時間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。したがって、交通需要の全体に対して待ち時間は平均化し、特に長待ちが著しく減少する。この論理構成をミニマックス割当て論理と名付けた(図3)。

エレベーター群に対する呼びの発生は、朝、昼などの時間

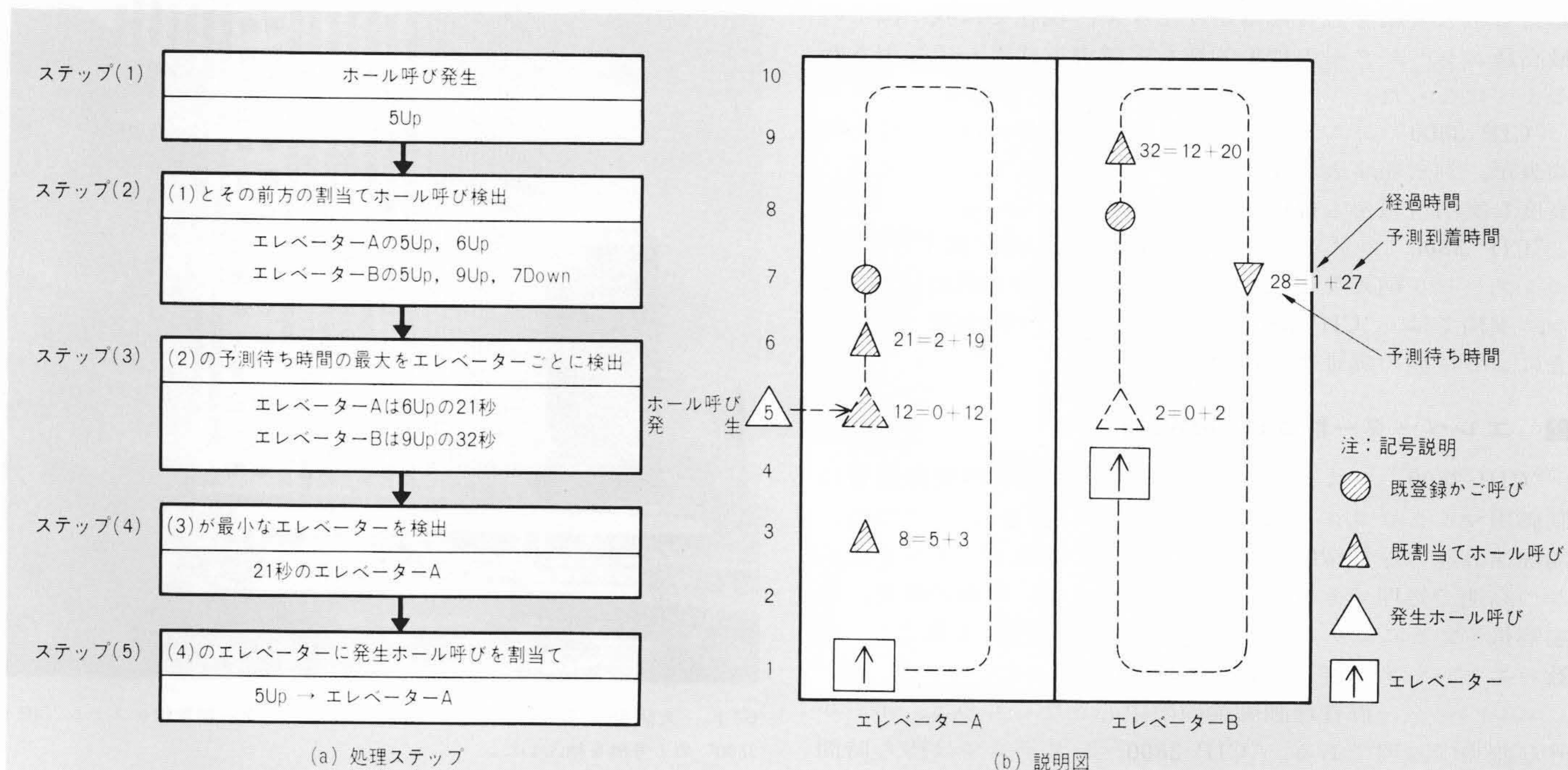


図4 ミニマックス割当て論理の具体例 エレベーターBは、待ち時間が比較的に長くなると予想される9階Up呼びに直行し、発生した5階Up呼びは後続のエレベーターAに割当てサービスをさせる。

帯といったマクロ的にみれば特定化することができるが、エレベーターの走行、停止のサイクルに対応するミクロの時間幅でみれば全くランダムに生ずる。これに対して“CIP-3800”システムは、エレベーターと呼びの位置関係、受持ち呼び数と種類、走行速度などリアルタイムのデータをもとに、混雑度をも加味した受持ち呼びの将来変化を予測する。これにより、個々のホール呼びに対するエレベーターの到着時間を予測演算している。したがって、待ち時間の予測精度は飛躍的に高まり、ミニマックス割当て制御の効果を十分発揮することができる。

図4は、ミニマックス割当て論理を一つの具体例で説明したものである。

“CIP-3800”システムは、更に表1に示すような制御機能をも採用している。

3 案内表示機能

ホールでエレベーターの到着を待つ乗客にとって、待ち時間が短縮されても、心理的には満足し得ない場合がある。

“CIP-3800”システムは、先に開発したサービス予約灯のいっそうの精度向上とともに、世界で初めて待ち時間表示や到着順序表示をも可能とするなど、マンマシン性を充実し心理的サービスの向上を図っている。

3.1 サービス予約灯

エレベーター待ち客に、サービスエレベーターに関する適切な情報を提供することにより、待ち客は安心してエレベーターを利用できる。

ホール呼びを登録すると、即時にサービスエレベーターのサービス予約灯を点灯、予約チャイムを鳴らして待ち客を案内誘導するサービス予約灯方式(図5)は、待ち客が安心してエレベーターを待ち、そして余裕をもって乗り込むことができる点が評価され高級群管理エレベーターの標準方式として採用されている。

サービス予約灯は、ホール呼び割当て論理と密接な関係を持ち、高度の予約制御によってはじめて正確な早期予約が可能

表1 エレベーター群管理制御機能 “CIP-3800” は、基本となるミニマックス割当て論理のほかに、サービスの質・量、省電力などの機能、性能向上を図る多彩な制御を備えている。

制 御	処 理
優先割当て制御	ホール呼びと同一階にかご呼びをもつエレベーターに優先的に割り当てる制御である。1回の停止でホール呼びとかご呼びがサービスでき、運転効率向上と省電力効果を発揮する。
省電力運転サービス	交通需要に応じて必要最小台数で運転し、サービスと省電力の両立を図る制御である。
満員予測制御	かご内の乗客数や受持ち呼びなどから、満員を事前に予測し防止して、運転効率向上を図る制御である。
特別階優先サービス	貴賓室などのある特別階に対して、他の一般階よりも待ち時間的に優先サービスする制御である。
特定階集中サービス	会議室や食堂などのある特定階に集中する交通需要に対して、複数のエレベーターを割り当て、混雑の早期解消を図る制御である。
VIP(要人)サービス	役員室などのある特別階に対して、最短待ち時間のエレベーターを直行させ、かご乗込み後も行先階へ直行させる。
特設呼びサービス	特別に設置された呼び(例えば、食違い階行き専用ホール呼び)に対して、特定のエレベーター内から最適エレベーターを選択しサービスさせる制御である。

能となるものである。“CIP-3800”システムは、このサービス予約灯の予約精度をほぼ100%にまで高めることができる。

3.2 待ち時間表示

待ち時間表示はサービス予約灯を更に発展させた機能で、ホール呼びに対するサービスエレベーターの予測到着時間をリアルタイムで待ち客に表示する。これにより、待ち客はサービスエレベーターの運転状態を定量的に知ることができるため、よりいっそう心理的なサービス向上が図れる。図6は



(a) エレベーターホールで、片側に3台のエレベーターが設置されている。



(b) 乗客がホール呼びを登録すると、即時にサービス予約灯を点灯し、予約チャイムを鳴らしてサービスエレベーターを案内表示する。



(c) 乗客はサービス予約灯の点灯しているエレベーターの前で、安心してエレベーターの到着を待つことができる。



(d) エレベーターの到着寸前には到着予報灯を点滅し、到着予報チャイムを鳴らし、しばらくした後、エレベーターは開戸する。

図5 サービス予約灯方式 ホール呼びが登録されると、即時にサービス予約灯を点灯し、予約チャイムを鳴らして待ち客にサービスエレベーターを案内表示する。



図6 待ち時間表示 待ち客に対して、サービスエレベーターがあと何秒で到着するかをリアルタイムで案内表示する。

待ち時間表示の一例を示すものであり、乗降口の近傍にサービスエレベーターの到着までの時間をデジタル表示している。待ち時間予測は、エレベーターの位置、走行速度、受持ち呼びなど、リアルタイムのデータとともに、これらの将来変化をも入れたミクロ処理によってその精度を高めている。これは“CIP-3800”システムの予測演算技術の成果であり、またマイクロコンピュータのリアルタイム、高速演算処理機能によってはじめて実現できたものである。

3.3 到着順序表示

出勤時のロビーなどでは、多数の乗客が連続的に発生する。このため、エレベーターを全台ロビーに戻し、これら乗客をサービスするよう制御しているが、満員が予測されるほど待ち客が大勢になった場合には、サービスエレベーターのほかに第2番目以降の到着エレベーターを案内表示することが有効となる。到着順序表示灯はこのような場合に、到着するエレベーターの順序を次々にリアルタイムで表示する機能である。これによって、待ち客は表示されたエレベーターの前で整然と行列を作って待つことができ、ホールの混乱が解消される。

4 システム信頼性の向上

“CIP-3800”システムは群管理性能の向上とともに、群管理システムとしての信頼性を高める数々の配慮もなされている。群管理制御装置は、マイクロコンピュータやICによる静止化で装置そのものの高信頼度化を図っているが、万一異常が生じた場合でも全エレベーターがサービス不能となるようなシステムダウンや大幅な機能、性能ダウンを招かぬよう、種々の異常検出、異常処理機能を備えている。

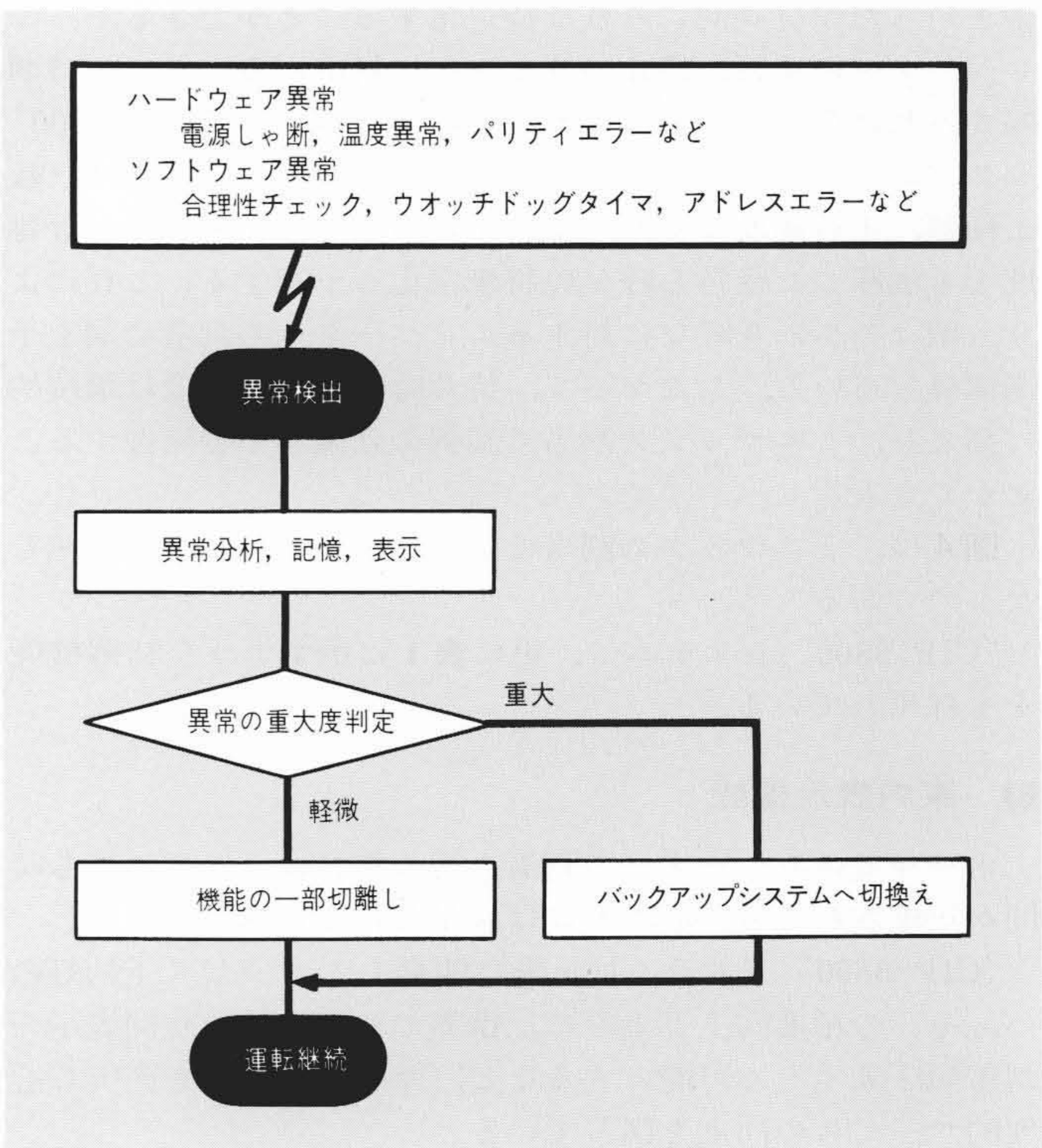


図7 異常処理フロー 万一、異常が生じた場合でも、システムダウンや大幅な機能ダウンを招くことのない信頼性の高いシステム構成となっている。

図7は、異常処理機能の代表的一例を示したものである。電源しゃ断、温度異常、パリティエラーなどのハードウェア異常、更に合理性チェック、ウォッチドッグタイマなどのソフトウェア異常が検出されると、直ちにその旨が異常処理機能に伝送される。これに伴い、異常の種別、部位、その度合などの分析を自動的に行ない、また必要に応じて分析結果の記憶、表示などを行なう。自己診断の結果、付随的な機能に関する異常であれば、その機能だけをシステムから切り離すだけにとどめている。したがって、大幅な機能ダウンを招

表2 エレベーター仕様 稼動調査を行なった新宿センタービル納めのエレベーター仕様の概要を示す。

項 目	仕 様
エレベーター速度	240m/min
エレベーター台数	8 台
エレベーター定員	22人
サービス階床数	17(1～13階, 15～18階)
在 館 人 員	1,816人

表3 稼動調査結果一欄表 ホール呼び継続時間の平均、長待ち確率ともに小さく、サービス状態は良好である。また、サービス予約灯の予約精度が高く先着率が小さく、ともに良好である。

時 間 帯	ホール呼び継続時間		サービス予約灯		ホール呼び数	交 通 需 要	備 考
	平 均	60秒以上の長待ち確率	予約精度	先 着 率			
午前 平常時 (10:00～11:00)	15.1秒	1.1%	100%	2.5%	719個	132人/5分(7.3%/5分) (ロビー:40%, 階間:60%)	—
午後 平常時 (13:30～14:30)	21.1秒	4.1%	99.7%	3.5%	799個	150人/5分(8.2%/5分) (ロビー:50%, 階間:50%)	満員発生6回

くことなく運転を継続できる。しかし、エレベーター群管理システムの死命を制するような異常発生の場合には、専用に設けてあるバックアップシステムに切り換えて運転を継続させる。バックアップシステムでは、機能ダウンを免がれないが、エレベーター群管理システムとして必要最小限の機能、性能は確保できるようになっている。

5 稼動調査

“CIP-3800”システムの性能を実証するため、稼動中の新宿センタービル納めのエレベーターについて調査を行なった。このエレベーターの仕様を表2に示す。

以下では、1日の大半を占めエレベーター群管理上、最も重要な時間帯の一つである平常時での調査結果について述べる。

5.1 交通需要

交通量は午前が132人/5分(7.3%/5分)、午後が150人/5分(8.2%/5分)と平常時としては非常に大きく、一般のオフィスビルでの混雑時にも相当する交通量となっている。

また、交通流としては階間需要(2～18階の一般階相互の需要)が全体の50%以上を占めている。エレベーターシステムにとって階間需要は、ロビー需要(1階と2～18階との需要)の2倍に相当する負荷量であり、階間需要が50%以上もあることは非常に過酷な条件となっているといえる。

5.2 ホール呼び継続時間

エレベーター群管理の性能評価指標は、待ち時間(待ち客個々がかご乗込みのため待った時間)によって代表される。しかし、実際の待ち時間を厳密に実測することは困難である。このため、稼動調査では待ち時間と深い相関関係にあり、実測が比較的容易なホール呼び継続時間(ホール呼びが登録されてからエレベーターが到着してリセットされるまでの時間)を最も有効な評価指標としている。

		平均ホール 呼び継続 時間 (s)	60秒以上の 発生確率 (%)	交通需要
稼動調査“CIP-3800”		21.1	4.1	150人/5分 (ロビー：50%) 階間：50%)
シミュレーション	“CIP-3800”	21.3	4.2	
	従来システム	26.6	6.8	

注：エレベーター仕様、ビル仕様は、表2を参照されたい。

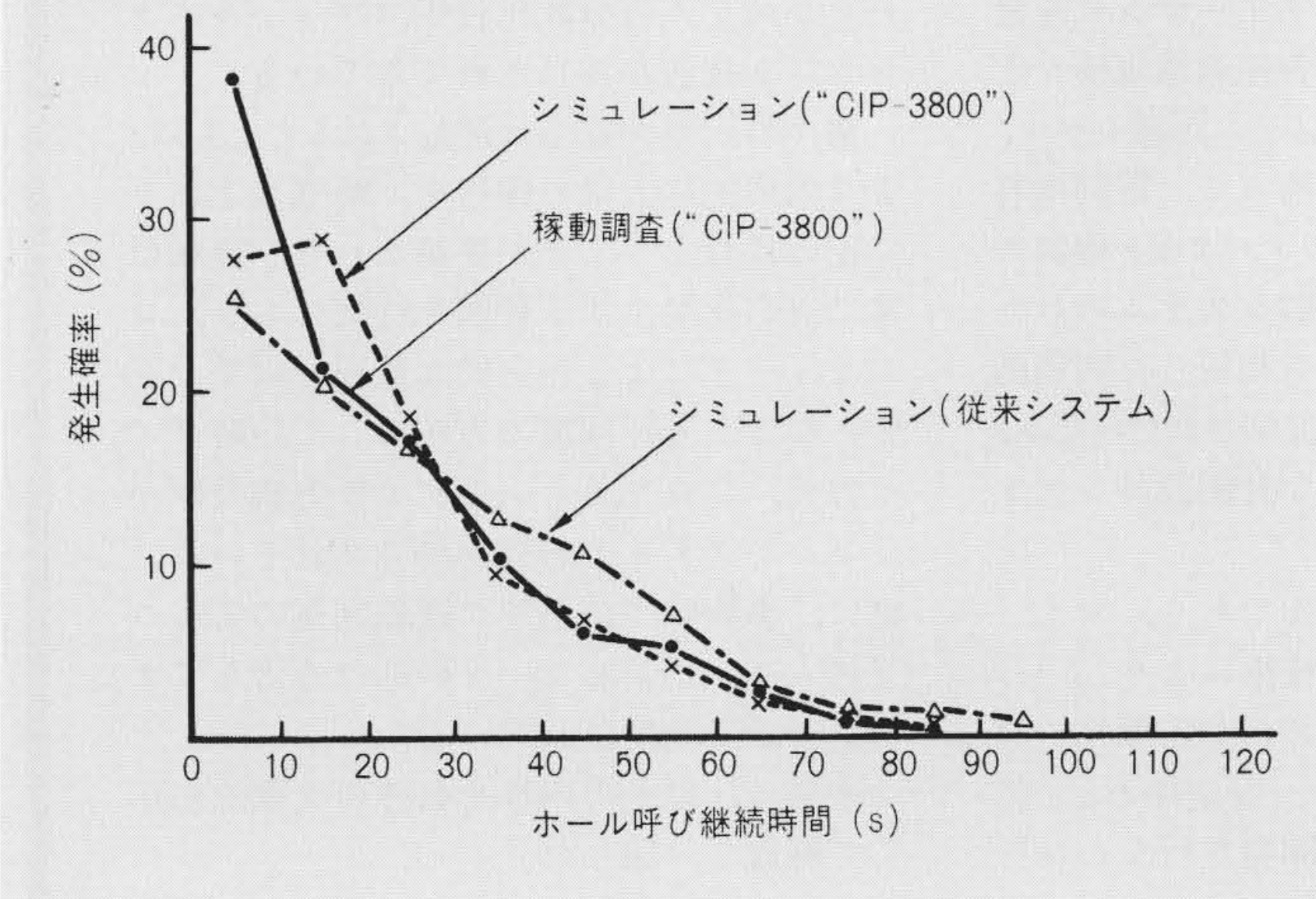


図8 稼動調査とシミュレーションの比較 両者は良く一致している。また、従来システムに対しホール呼び継続時間が約20%短縮しており、“CIP-3800”システムの優秀性が実証されたといえる。

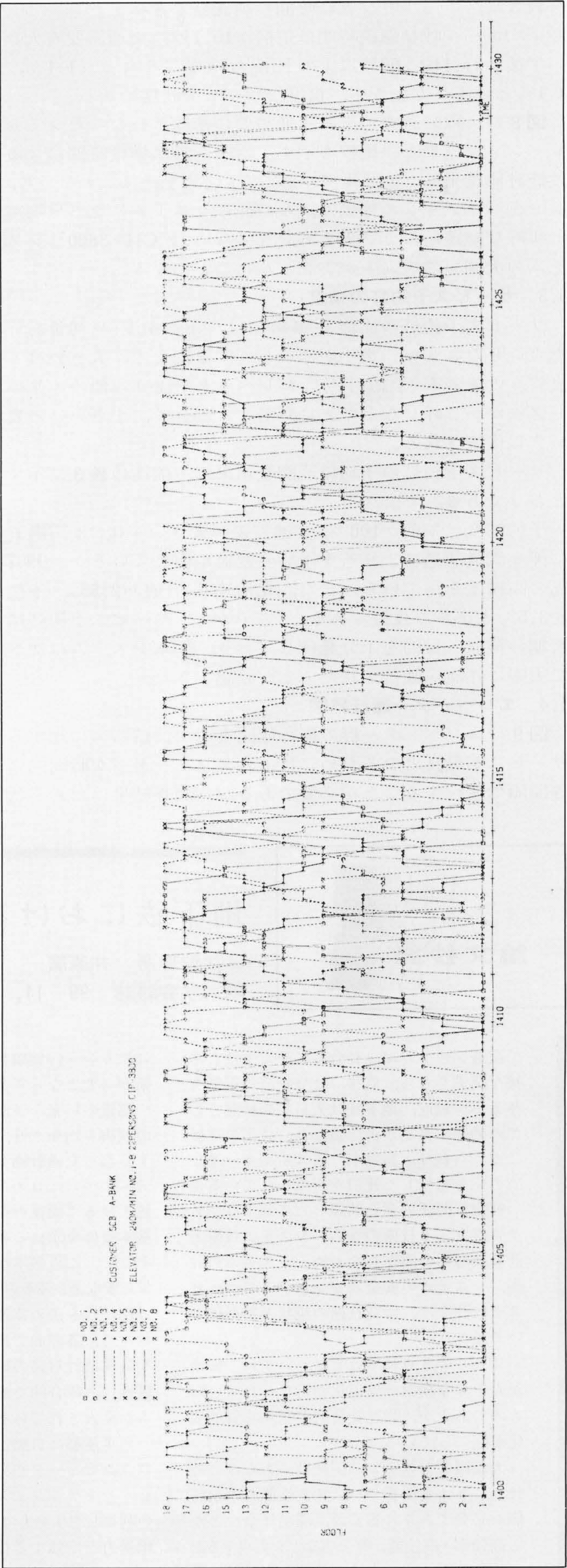


図9 エレベーター運行線図 エレベーターは、だんごのない分散した良好な運転を行なっている。

表3に、ホール呼び継続時間の調査結果を示す。

平均ホール呼び継続時間は午前が15.1秒、交通需要の大きい午後が21.1秒、60秒以上の長待ち確率はそれぞれ1.1%、4.1%といずれも小さく、良好なサービス状態である。

図8に、稼動調査による交通需要に基づき行なったシミュレーション結果との比較を示す。ホール呼び継続時間による性能評価結果は、高水準で一致していると言える。すなわち、シミュレーションの等価性、及び従来システムに比べ平均ホール呼び継続時間が約20%短縮するなど、“CIP-3800”システムの大幅な性能向上が実証されたことになる。

5.3 サービス予約灯の精度

サービス予約灯の性能評価指標は、予約精度(当初予約灯を点灯したエレベーターがサービスする割合で、大きいほど良い。)と先着率(予約灯点灯エレベーターよりも他のエレベーターがかご呼びなどで先に到着する割合で、小さいほど良い。)に代表される。

サービス予約灯の予約精度調査結果は、前述の表3に示すとおりである。

予約精度は午前が100%、交通需要の大きい午後にかご満員に伴う満員通過により若干予約の変更が生じているが、99.7%の高精度を得ている。また、先着率も午前が2.5%、午後が3.5%と小さく良好である。これらから、サービス予約灯は所期の機能、目的を十分発揮しており、従来システムに比べて大幅に性能が改善されたことが確認できた。

5.4 エレベーター運行線図

図9にエレベーター群の運行線図を示す。待ち客に対するサービスが最良となるためには、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、調査結果はだんご状

態もなく分散して運行しており、良好な運転状態にあると評価できる。

これはミニマックス割当て論理をはじめとした各種制御が有効に作用しているためである。

6 結 言

制御用マイクロコンピュータを導入した新しいエレベーター群管理システム“CIP-3800”システムは、待ち時間短縮やサービス予約灯の予約精度など、性能面で著しい向上を図っている。また、初めての試みとして待ち時間表示や到着順序表示を可能とするなど、マンマシン性をも高めている。

今回、交通量の膨大な超高層ビルに納入した本システムの稼動状態を調査した結果、ホール呼び継続時間やサービス予約灯などのサービス状態は良好で、ミニマックス割当て論理をはじめとした“CIP-3800”システムによるエレベーター群管理制御の優秀性が実証できた。

終わりに、“CIP-3800”システムの納入に際し、種々御指導、御協力をいただいた大阪駅前第三ビル、新宿センタービル及び株式会社東洋信託銀行本店ビルの関係各位に対し、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“CIP-3800”, 日立評論, 60, 259~264 (昭53-4)
- 2) 弓仲, 外: エレベーター群の予測制御システム, 日立評論, 54, 1107~1113 (昭47-12)
- 3) 平沢, 外: エレベーター群の待合せ問題, 日立評論, 54, 1119~1124 (昭47-12)
- 4) 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)

論文抄録

地下鉄における計画と制御技術

日立製作所 井原廣一

電気学会雑誌 99-11, 1056 (昭54-11)

交通システムは、社会特に都市生活と密接な関係を持ち、直接、社会経済に影響を与える。最近、地下鉄は大量輸送機関としての効率の良さが再認識され、技術の進展に支えられて、高効率、省エネルギー及び省力化を目指した建設が行なわれている。

社会と関係の深い問題として地下鉄システムを支える技術のうち、システム技術と計算機応用の面からながめ、システムの計画、システムの安全及びシステムのサービスを取り上げ、研究技術の現状と将来について述べる。

これらの3点については、いずれも従来から十分な検討と実用化が行なわれているものであるが、最近社会的要求から質的变化が起こっている。

大規模なシステムの開発は、あらかじめ社会に与える影響やシステム性能の事前評価が必要であり、省資源、環境保全などから高効率・高性能、無公害などを実現するためには、システム全体の最適計画設計技法が必要で、数百以上にも及ぶ相反する複雑

に絡み合う評価項目を取り扱うシステム技術が必要となってきた。

都市の将来を予測し交通需要から関与者の利害を均衡させ、交通手段や路線を決定する都市交通計画レベル、選択されたシステムについてコストパフォーマンスを最適とする車両運行条件、各種設備規模など基本条件を求める軌道システム計画レベル、そして、この基本仕様に沿って、電動機容量、変電所、運転制御パラメータなど機器の詳細仕様を決める運転制御システム設計レベルで、各方面で計算機を利用した個別的な特殊条件対応の研究が発表されていたが、最近、総合的で汎用的な計画設計システムが発表されている。

列車運転は自動化が進んでおり、マイクロコンピュータや光通信技術により、いっそうインテリジェント化された信頼性の高い利用しやすいものとなり、安全性とともに輸送力を増強する技術の開発が行なわれている。

輸送力増強は、列車間隔時間の短縮で実

現するが、余裕時間の減少により、車上、地上の制御装置が高度の知能を必要とする。信頼性も、機器の稼働率ではなく、必要とする機能の稼働率が注目されるようになってきており、従来の高信頼化技術を更に進めたシステムの分散化技術、フォールトトレラント技法が注目されてきている。

個々の列車が安全に運転されるとともに、より効率的に大量の輸送を、時刻表どおりに正確に行なうことが要請される。運転は常に遅れを発生する要因を抱えており、コンピュータによる総合的な監視と調整が必要となる。遅延回復の方法として定時ダイヤ方式、フローティングダイヤ方式及びバランシングダイヤ方式が研究されている。更に、事故時での迅速な運転回復のアルゴリズムも、コンピュータの助けを借りてオンラインで利用されている。

著者は、以上の内容を41件の文献を引用して解説し、論じた。