

コンピュータによるエレベーター群管理システム “CIP-3800”

Computerized Group Supervisory Control System for Elevators “CIP-3800”

高層ビル、大形ビルでの交通を担うエレベーター群管理制御システムは、輸送効率を最大限に高めるとともに、個々の乗客に対する待ち時間を中心とした、サービスの質的向上が重要な課題となってきた。

群管理制御の中核は、ホール呼びに応答するエレベーターの割当て論理にあるが、今回、制御の目的となる待ち時間を、リアルタイムでかつ直接的に予測演算しながらサービスエレベーターを決定する新しい呼び割当て論理を開発し、制御装置にマイクロコンピュータを導入してこれを実現した新群管理システムCIP-3800を完成した。

大形事務所ビルでの交通需要を対象として性能評価シミュレーションを行なった結果、新システムは従来システムと比較して平均待ち時間が20%短縮し、長待ち発生確率は半減することが確認できた。

また、呼び発生と同時にサービスエレベーターを案内表示する表示灯の予報精度を、平常時の交通需要ではほぼ100%にまで高めることができたので、「サービス予約灯」と称することとした。

岩坂達夫* Iwasaka Tatsuo
金子隆* Kaneko Takashi
池田瑛司** Ikeda Eiji
平沢宏太郎*** Hirasawa Kôtarô

1 緒言

高層ビル、大規模ビルでの膨大な交通量を効率よく処理することは、ビルの機能及び経済性の面から近代ビルの不可欠な要件となっている。エレベーター群の運行を制御する群管理システムが重要視され、飛躍的に発展してきているが特に近年、システムの改良は輸送能力面から待ち時間の短縮と平均化及びサービスエレベーターの早期案内などの乗客サービス向上、すなわち質的充実の段階に至っている。

日立製作所は、さきにホール呼びを登録すると直ちにサービスエレベーターを案内表示する方式を世界に先駆けて実用

化し、^{1),2)}既に200台を超える納入実績を挙げることができたが、この方式の背景には予測制御を含むサービスエレベーターの割当て論理の改良があった。予測制御とサービス案内灯方式は、今後の群管理システムの方角を決定づけたものといえるが、予測の精度向上には、より多量の情報とその処理速度の向上が望まれる。近年、著しい発展を遂げてきた産業用コンピュータはこの目的に合致しており、今回マイクロコンピュータを使用して、永年の研究に基づく革新的なホール呼び割当て論理を取り入れた新しい群管理システム、Computerized Information Processing for Elevator-3800 (以下、CIP-3800と略す)を開発した。

新システムは、交通需要の変動とエレベーターの運行状況及びシステム全体のサービス状態をリアルタイムでモニタし、将来予測を折り込んだホール呼び割当て論理によりエレベーター群を制御して、待ち時間の短縮と均一化を図っている。

以下、この論文では新システムの概要と性能について紹介する。

2 エレベーター群管理制御のねらい

群管理制御のねらいは、複数台のエレベーターを一群として有機的に管理し、総合運転効率を高めることにある。朝夕の出勤時や昼食時での交通需要のピークに対しては、交通需要の流れが特定化できることから、サービスゾーンを上下2層に分割して急行運転を行なう制御が、輸送能力を増強するために最適であることが確認され、標準的に採用されている。

一方、サービス時間帯の大半を占める平常時では、待ち時間でみた質的サービスが特に重要視されるようになっている。交通需要は、その量と態様が時々刻々変化するので、すべての呼びに対する待ち時間の短縮と均一化を図るためには制御

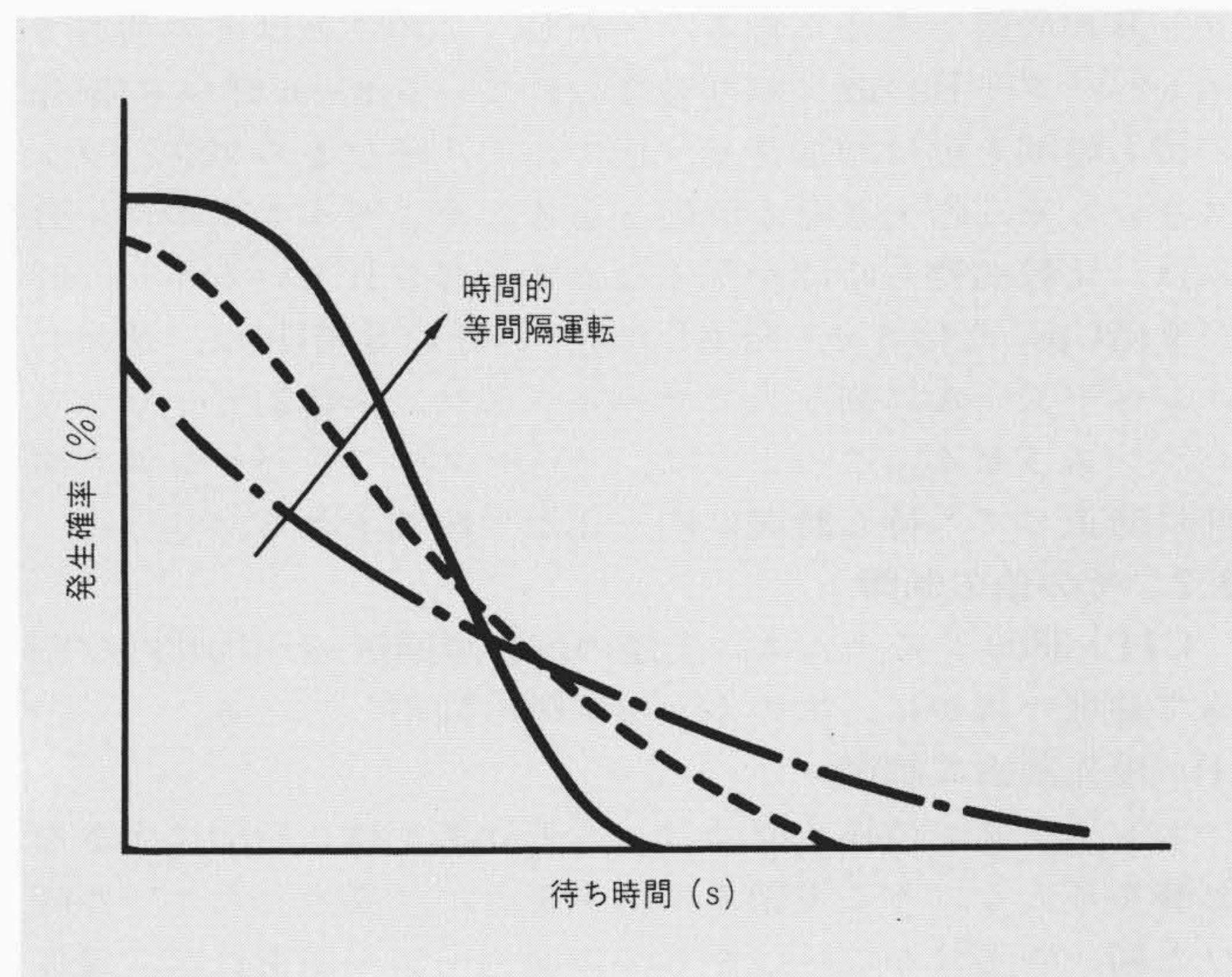


図1 待ち時間の理論解析結果 エレベーターを時間的に等間隔に運転すると、ホール待ち客の待ち時間が短縮・均一化する

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

理論の適否が性能を決定づけることになる。待ち時間を短縮し均一化するには、図1に示すように、エレベーターの運転を時間的に等間隔とすることが効果的であると解析されている³⁾。ホール呼びに対して近接したエレベーターから順次応答したのでは、必然的にエレベーターは一群となって運転し、いわゆる団子運転となる。時間的等間隔運転に近づけるには、ホール呼びに対して選択的に応答させるようホール呼び割当て論理を充実する必要がある。近年、群管理制御の主体はこの論理にあるといっても過言ではない。

待ち時間が短縮できても、待ち客の心理は必ずしも満足し得ない。例えば、待ち客への案内表示として永年採用されてきた位置表示灯あるいは到着寸前での到着予報灯は、群を構成するエレベーター台数が4台程度以上になると、利用者に煩雑さや焦燥感を与える欠点がある。先に開発したサービス案内灯方式は、ホール呼びの登録と同時にサービスエレベーターを案内表示するようにしてこの問題の解決を図り、今後の群エレベーターに標準的に採用される気運にある。この方式は、ホール呼び割当て論理と密接な関連をもつものであり、高度の予測制御によって初めて正確な早期予報を可能とし、サービスの質的向上を図ることができる。

3 CIP-3800システムの制御とその特長

CIP-3800システムは、群管理制御装置の中枢に16ビットのマイクロコンピュータを導入することにより、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度で処理できることから、群管理制御の論理を在来システムに比べ革新的に改善することができた。

3.1 待ち時間短縮平均化呼び割当て論理(基本となる制御)

制御論理の中心となるものはホール呼び割当てであり、新システムでは待ち時間を予測演算し、これを短縮しつつ平均化することを主眼とする新しい論理を開発した。この待ち時間短縮平均化呼び割当て論理の特長は、ホール呼び発生時に生ずる交通需要の微小な変化をも、群全体に対する需要構造の変化としてとらえ、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、群全体としてのサービス状態が最適化する解を求めて、発生ホール呼びに応答するサービスエレベーターを割当て決定することである。すなわち、新たに発生したホール呼びに対して、単に待ち時間が最短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に対する待ち時間の変化をも判断根拠に取り入れ、これら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割当てエレベーターの決定を行なう。したがって、群全体の待ち時間は平均化し特に長待ちが著しく減少するとともに、各エレベーターに対する呼び割当ても均一化されるので、理想的な運転状態である時間的等間隔に近づき、平均待ち時間の短縮も図られる。待ち時間の予測演算は、この論理の重要な要素となっている。エレベーター群に対する呼びの発生は、時間帯による混雑度の傾向などマクロ的には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。したがって、個々のホール呼びに対するエレベーターの到着時間の予測は、エレベーターと呼びの位置関係、受持ち呼びの数と種類、走行速度など実データをもとに、混雑度をも加味して受持ち呼びの将来変化を予測に入れて演算するようにして精度を高め、待ち時間短縮平均化呼び割当て論理の効果を十分に高めることができた。

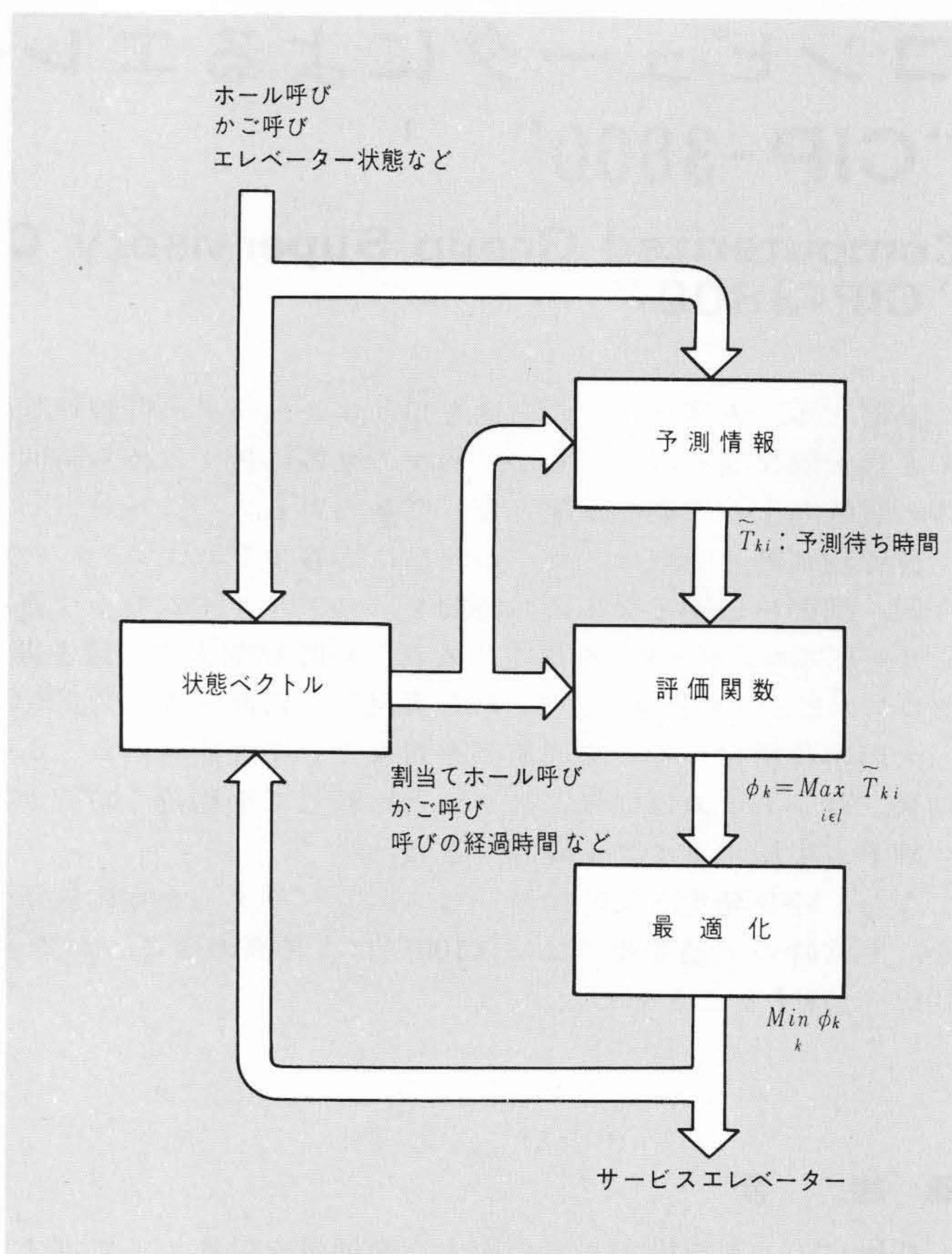


図2 待ち時間短縮平均化呼び割当て論理の構成 ホール呼び・かご呼びやエレベーターなどの状態ベクトルをもとに待ち時間を予測演算し、この予測待ち時間の最大値を評価関数として、これを最小化するエレベーターに発生ホール呼びを割り当て、サービスを最適化している。

図2は、この論理のソフトウェア構成を示すものである。

図3は、待ち時間短縮平均化呼び割当て論理を一つの具体例で説明したものである。発生したホール呼び5階Upのサービスだけからすれば、最も短時間でサービスできるエレベーターBが最適と考えられる。しかし、このことはその前方でエレベーターBに既に割り当てられているホール呼び9階Upの待ち時間を更に増加させ、他のホール呼びとのアンバランスをいっそう増大させる原因となる。そこでエレベーターBには、比較的待ち時間が長くなると予想されているホール呼び9階Upに直行させ、発生したホール呼び5階Upは、後続のエレベーターAに割り当てサービスさせ、全体的サービスをバランスさせる。このように、サービスのアンバランスを事前に防止して、待ち時間は均一化かつ短縮できる。

3.2 その他の制御

CIP-3800システムは、上述の待ち時間短縮平均化呼び割当て論理のほかに、次のような制御も採用している。

(1) 優先割当て制御

エレベーターの停止回数は、運転効率や待ち時間に大きな影響を与える。そこで図4に示すように、発生したホール呼びと同一の階にかご呼びをもつエレベーターがあれば、優先的にそのエレベーターに割り当てる制御である。この結果、1回の停止でホール呼びとかご呼びとを同時にサービスできるので効率が向上する。

(2) 特別階優先制御

重役室や貴賓室のある階など、特別の階を他の一般の階よ

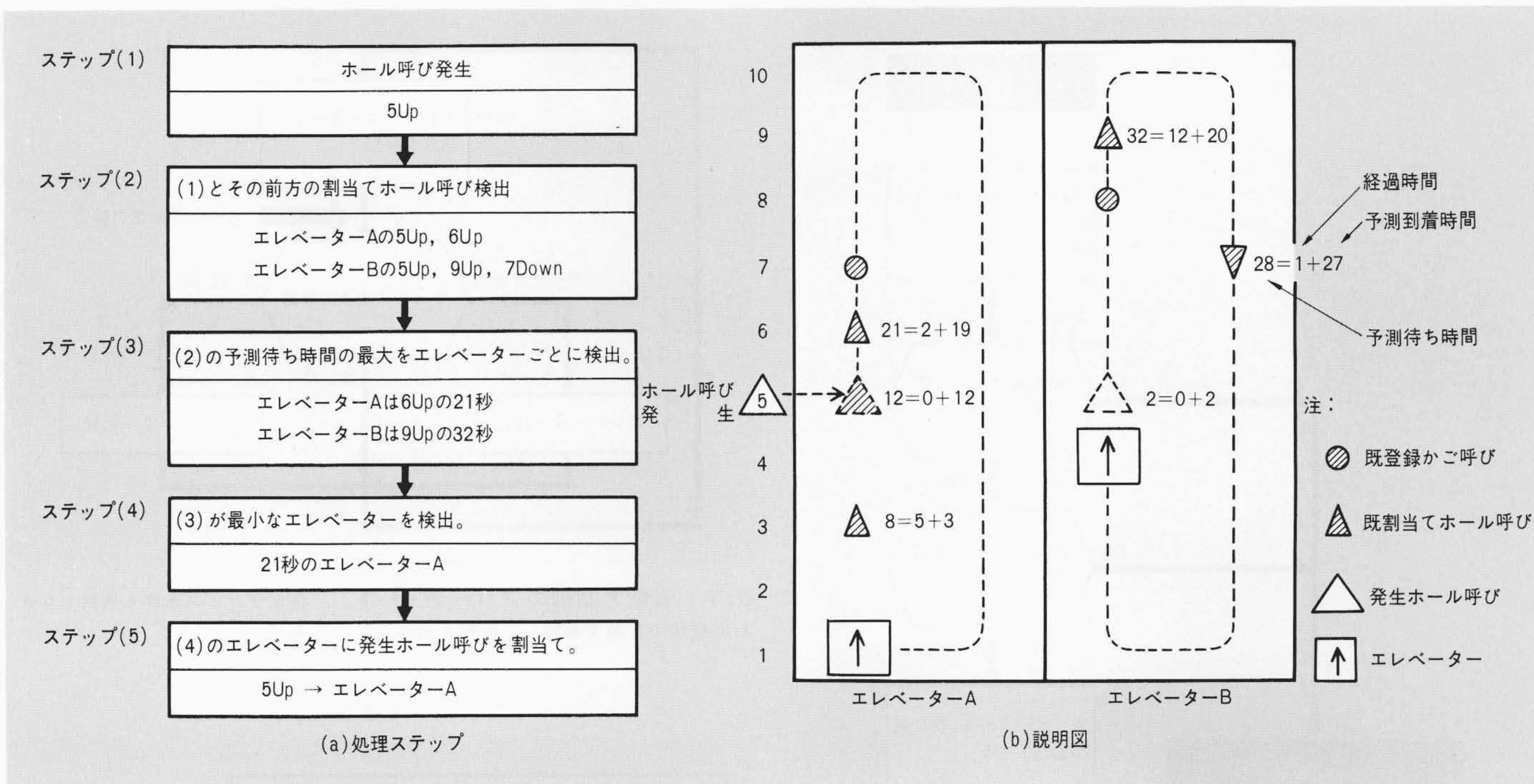


図3 待ち時間短縮平均化呼び割当て論理の具体例 エレベーターBは待ち時間が比較的長くなると予想されるホール呼び9階Upに直行し、発生したホール呼び5階Upは後続のエレベーターAに割り当てられる。

り質的に優先サービスする必要があることがある。このような特別階のホール呼びに対しては、図5に示すように到着時間が最小となるエレベーターを割り当て、かつ以後のホール呼び割当てに制限を加えて、直行することができるようにする。この結果、特別階の待ち時間は他の一般階より大幅に短縮できる。

(3) 特定階集中制御

昼食時や会議終了直後では、多数の乗客が特定階に急激に

集中することがある。このため、エレベーター1台では満員や積残しが発生してサービスが著しく低下することになることがある。そこで図6に示すように、満員や積残しが予想される場合に複数台のエレベーターを追加割当てして、混雑を早期に解消させようとする量的な優先サービスも行なうことができる。

(4) 省電力制御

エレベーターの運行によって消費する電力量を節減するには、グループ内の運転台数を減少することが最も効果がある。もちろん、運転の時間間隔は長くなるから、同一の交通需要に対しては待ち時間の増加をもたらす、サービスが低下する原因となる。しかし、交通需要は時間帯によって変動するた

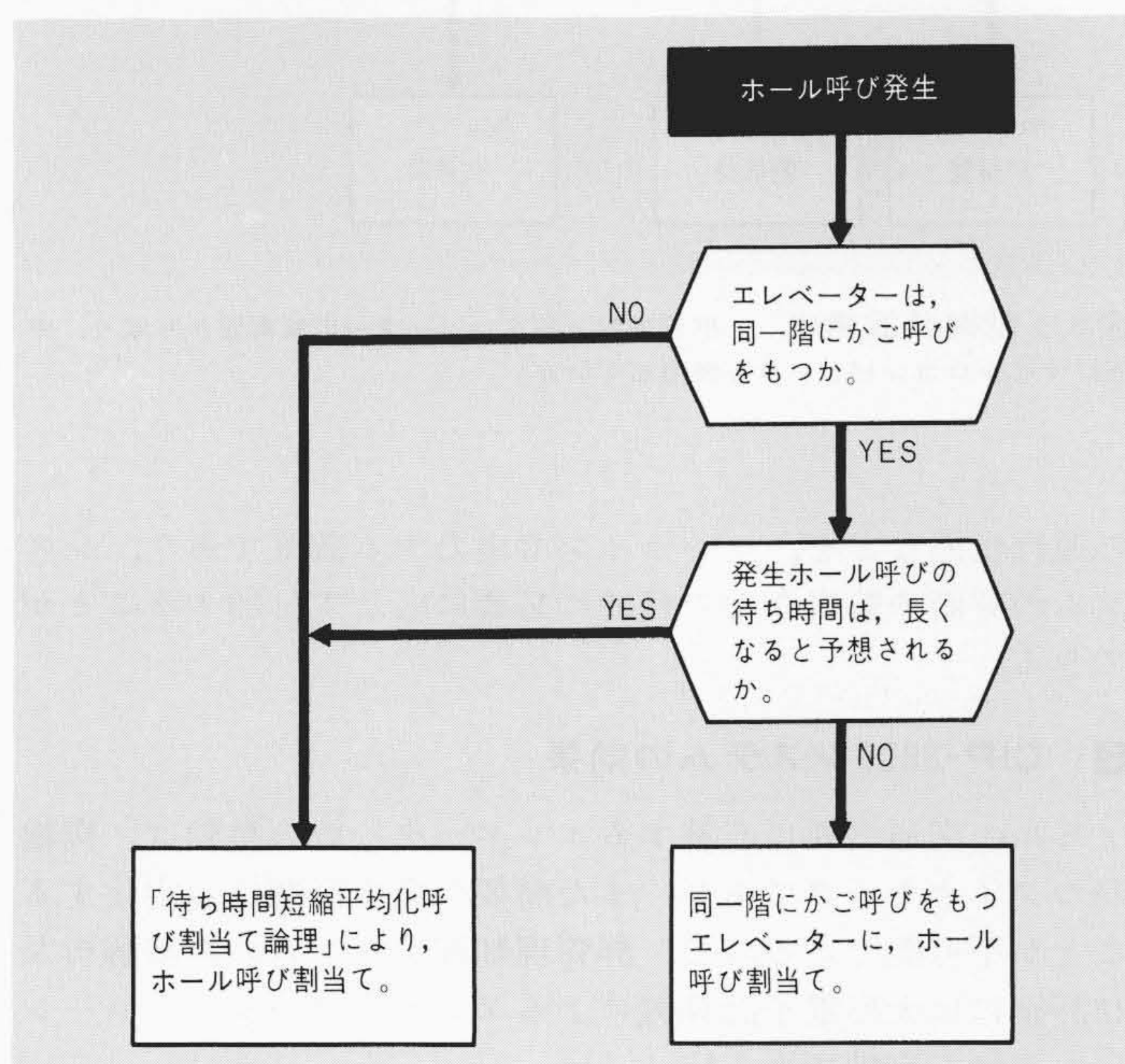


図4 優先割当て制御のフローチャート 1回の停止でホール呼びとかご呼びとを同時にサービスできるため、運転効率が向上する。

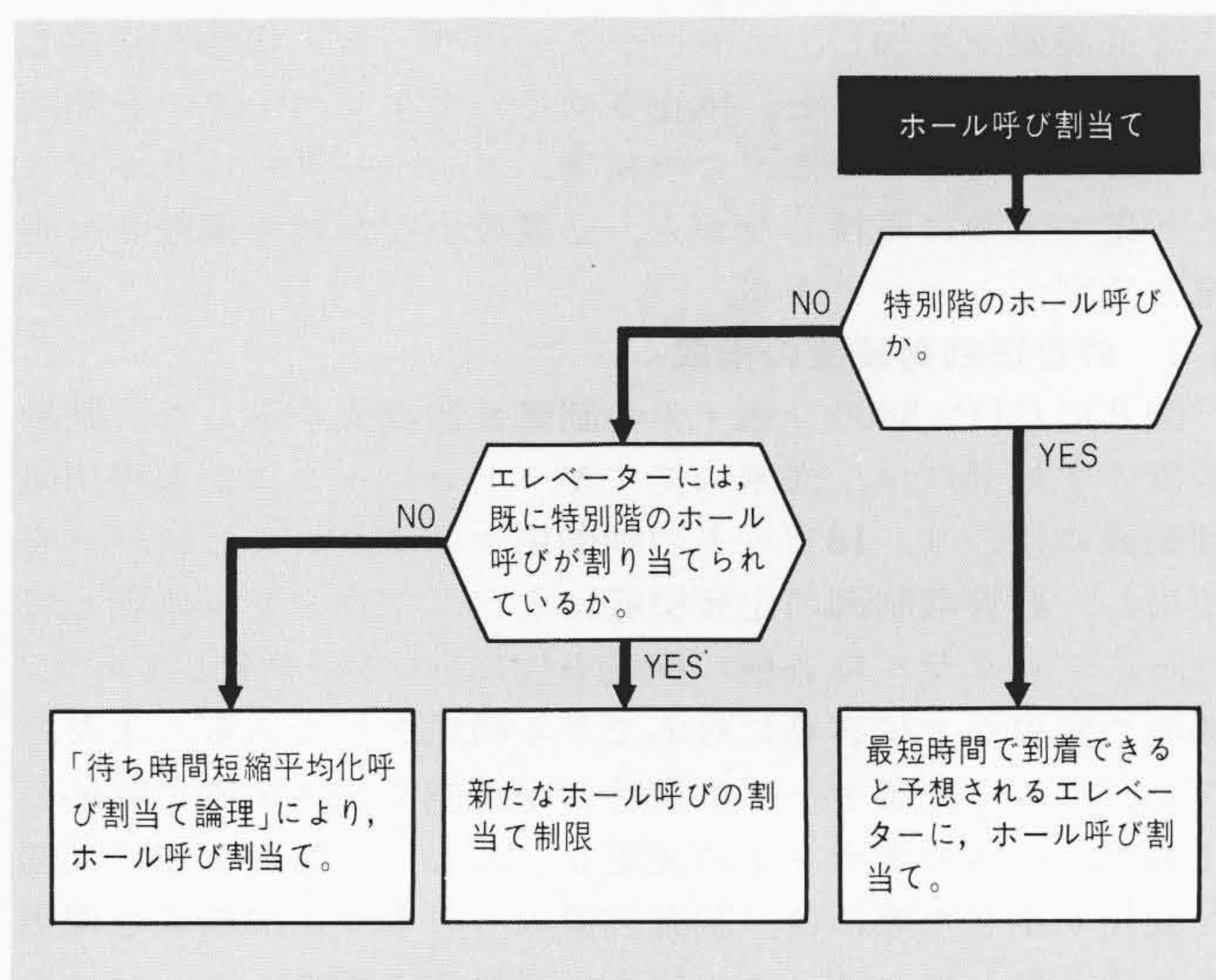


図5 特別階優先制御のフローチャート 重役室や貴賓室のある特別の階の待ち時間は、他の一般階より大幅に短縮できる。

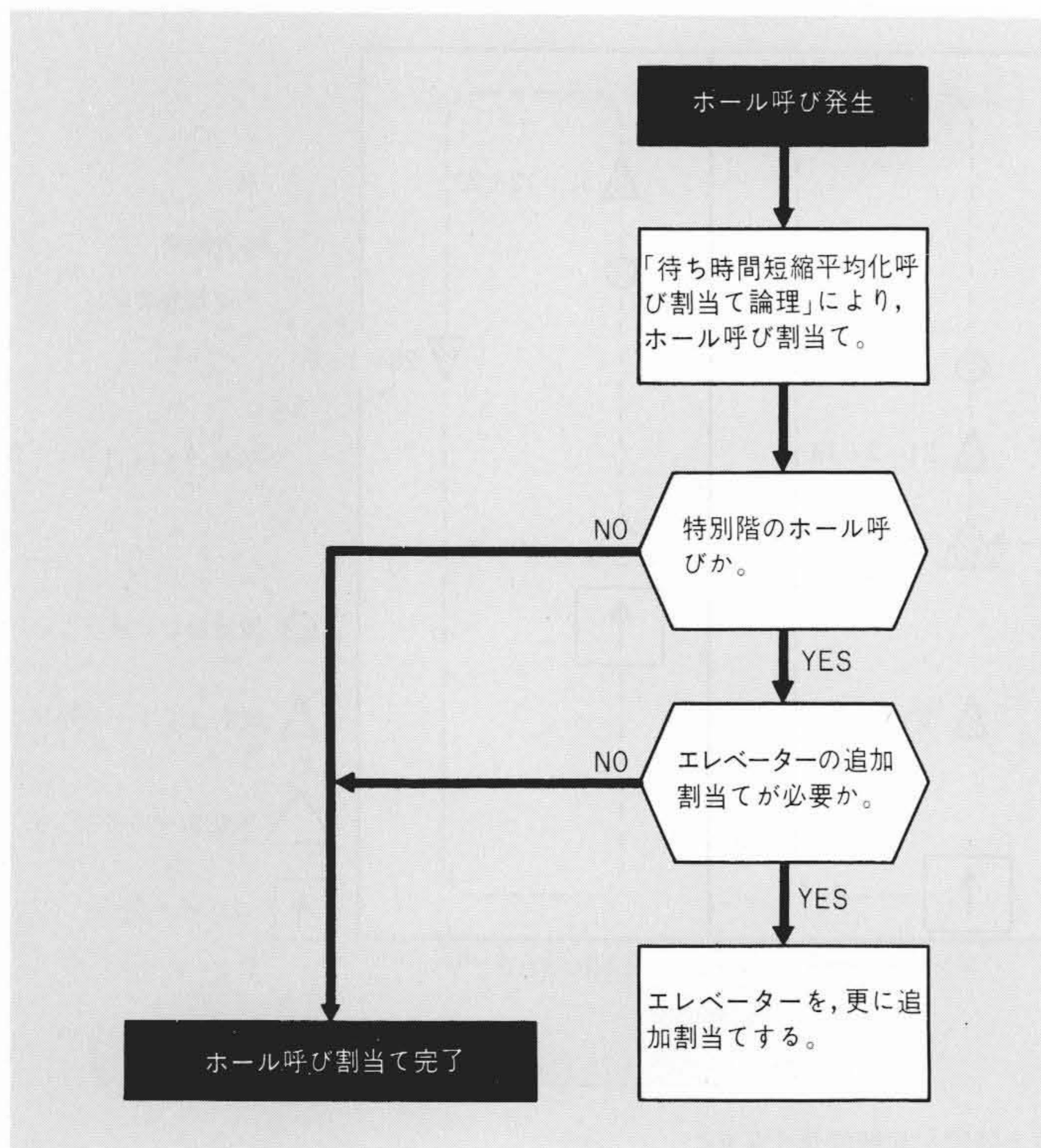


図6 特定階集中制御のフローチャート 昼食時の食堂階などの混雑を、早期に解消できる。

め、サービスの質を一定水準に維持しながら運転台数の増減を行なえば、省エネルギーとサービスとを両立させることができる。

従来の群管理システムでは、夜間や休日など交通量が極めて閑散となる時間帯で運転台数を制限することを行っていたが、一定量以上の交通がある場合にはサービス水準の把握が難しかったため、的確な省エネルギー制御は困難であった。

CIP-3800システムは、サービス状態を常に把握することができるため、日中の平常時でも待ち時間を管理指標とした運転台数の制御が可能であり、図7に示すように、省電力を主眼とした運転状態を指令することもできる。例えば、交通需要が減少し、エレベーターのサービス状態が指定した水準より良くなった際には、エレベーターを順次休止させる。逆に交通需要が増加し、エレベーターのサービス状態が指定した水準より悪くなると、休止させていたエレベーターを順次サービスに復帰させる。この結果、エレベーター・サービスを所定の水準に維持しながら、必要最小な台数で運転させ省電力を図ることができる。

3.3 群管理制御装置の構成

図8にCIP-3800システムの制御装置構成を示した。制御装置の中核部には、従来のワイヤードロジックによる専用処理装置に代わり、16ビットの制御用マイクロコンピュータを使用し、群管理制御の主要機能はすべてプログラム処理している。プログラムは各種の機能単位にパッケージ化しており、機能の変更などに容易に対応できる構成としてある。また、プログラムや制御データは書替えが可能な記憶装置に収納しており、ビルのテナントの変更などによって交通需要に大幅な変化が生じた際には、制御装置のハードウェア構成を変更することなしにシステムの修正に対処できるフレキシビリティも備えている。

モニタは、ホール呼びに対するサービス状態やエレベーター

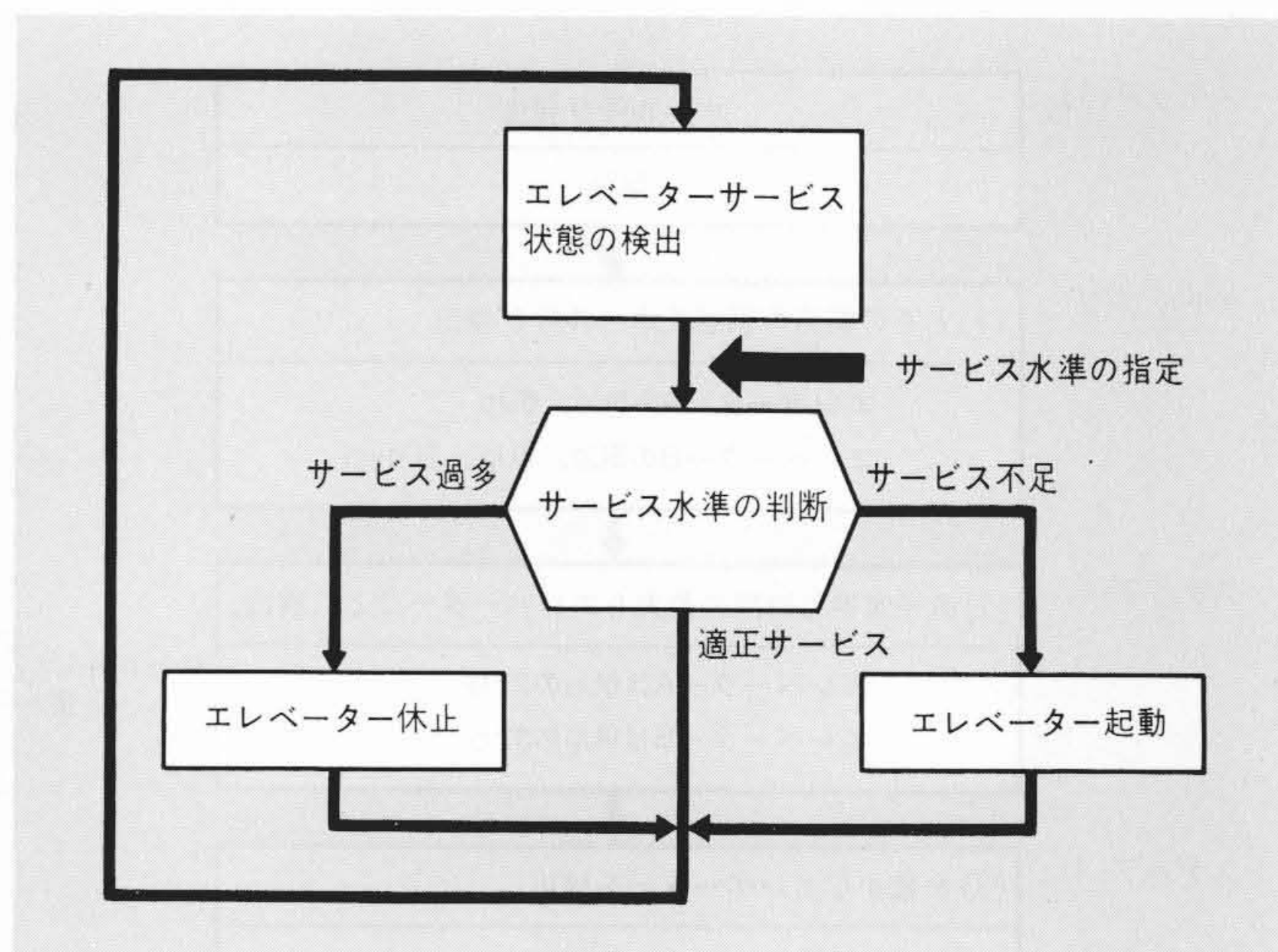


図7 省電力制御のフローチャート 指定サービス水準を維持しながら必要最小台数で運転し、節電を図ることができる。

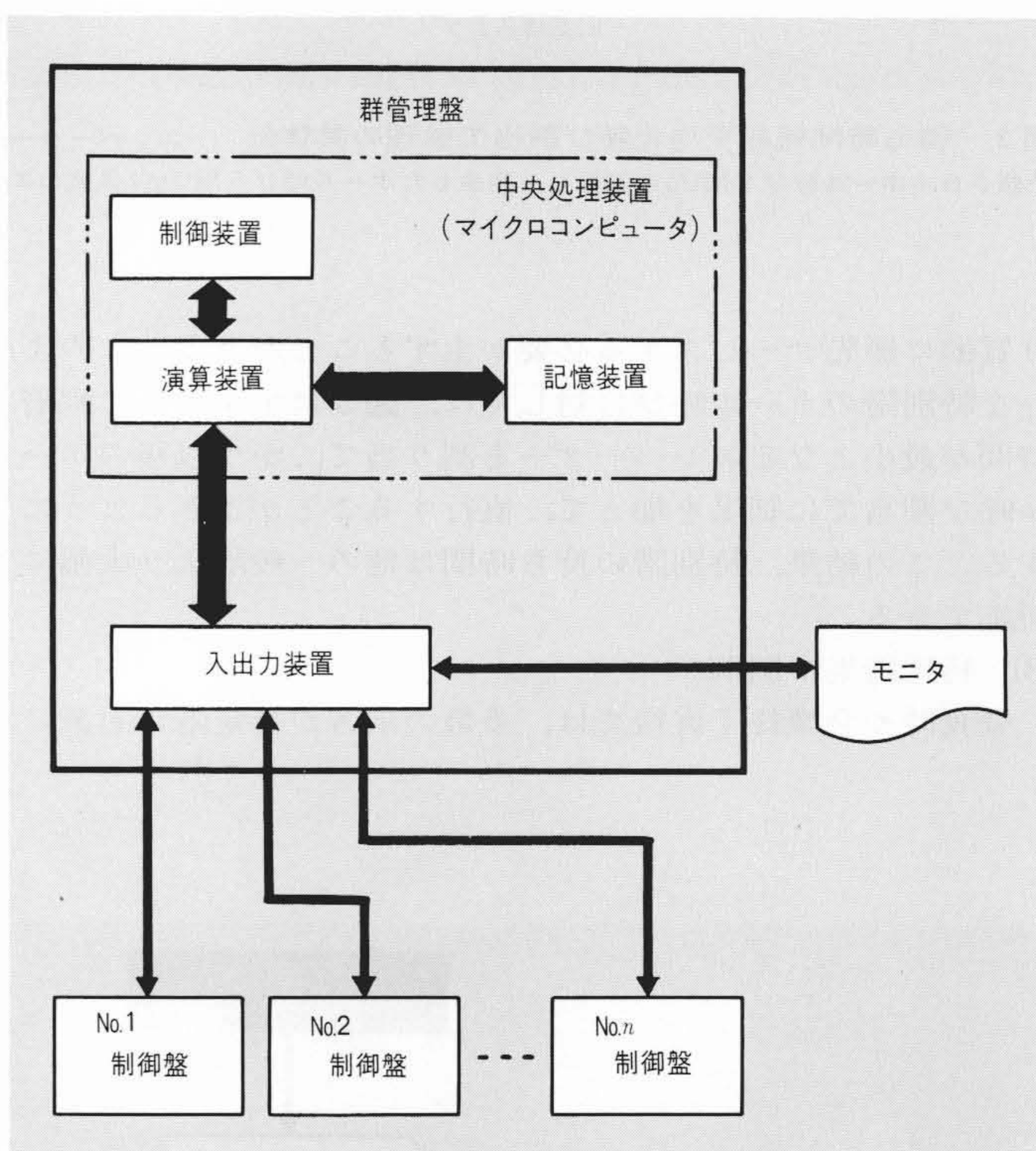


図8 制御装置構成 群管理盤と各エレベーターの制御盤から成り、中核にマイクロコンピュータを使用している。

の運行状態などを、オンラインで出力する装置であり、システムの評価や監視などの目的に必要な応じて付加することができる。

4 CIP-3800システムの効果

ビルの交通需要に応答するエレベーター群の挙動は、複雑かつダイナミックであり、また需要の発生形態は特定化することが不可能であるので、群管理制御システムの詳細解析及び評価には大形電子計算機によるエレベーターシミュレーションが最も有効である⁴⁾。

そこで、CIP-3800システムの効果をシミュレーションにより日立製作所の従来システムと比較し検討した。

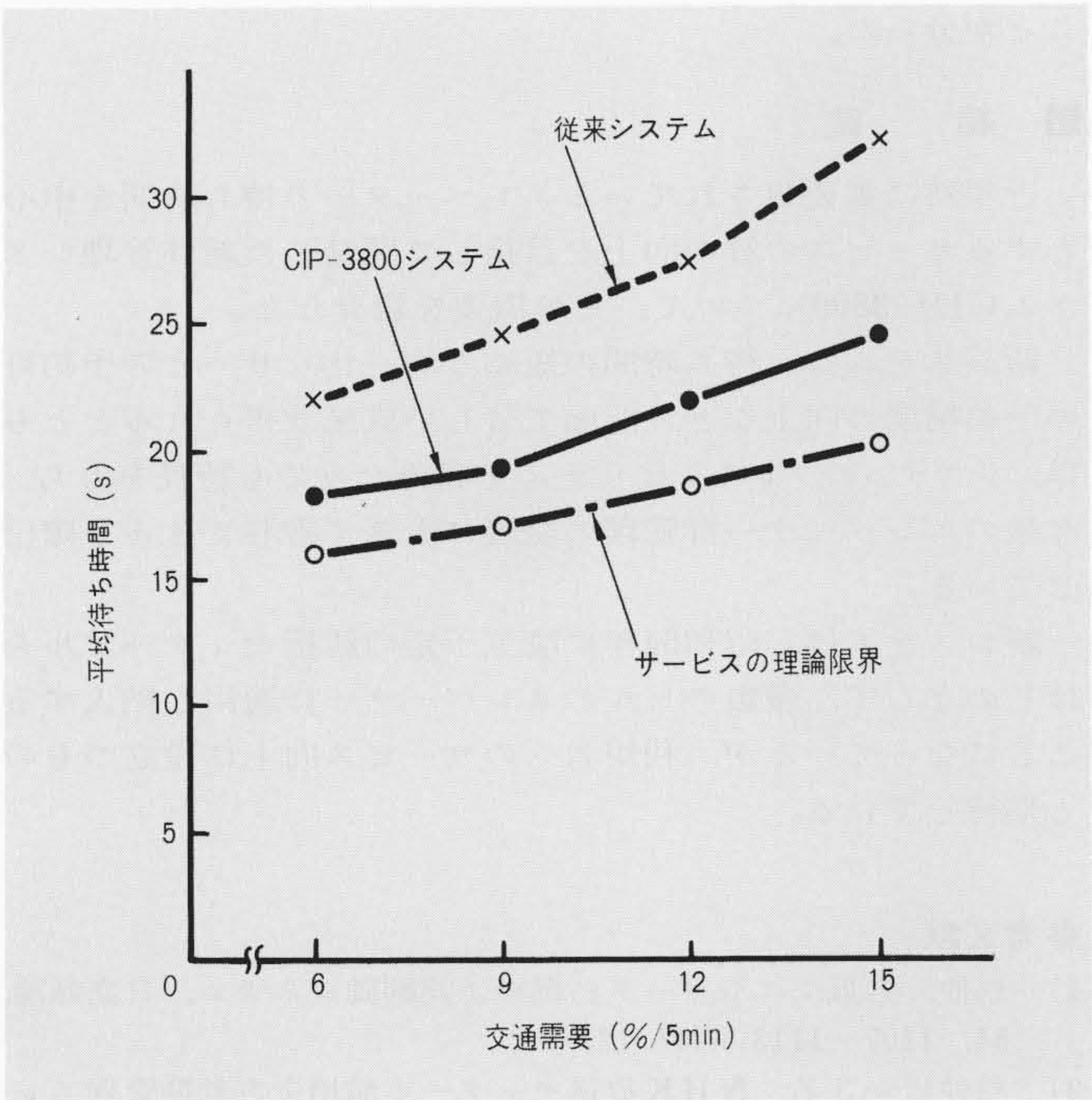


図9 平均待ち時間 CIP-3800システムは、従来システムに比べて平均待ち時間が20%以上短縮され、サービスの理論限界に近い(表1の条件による)。

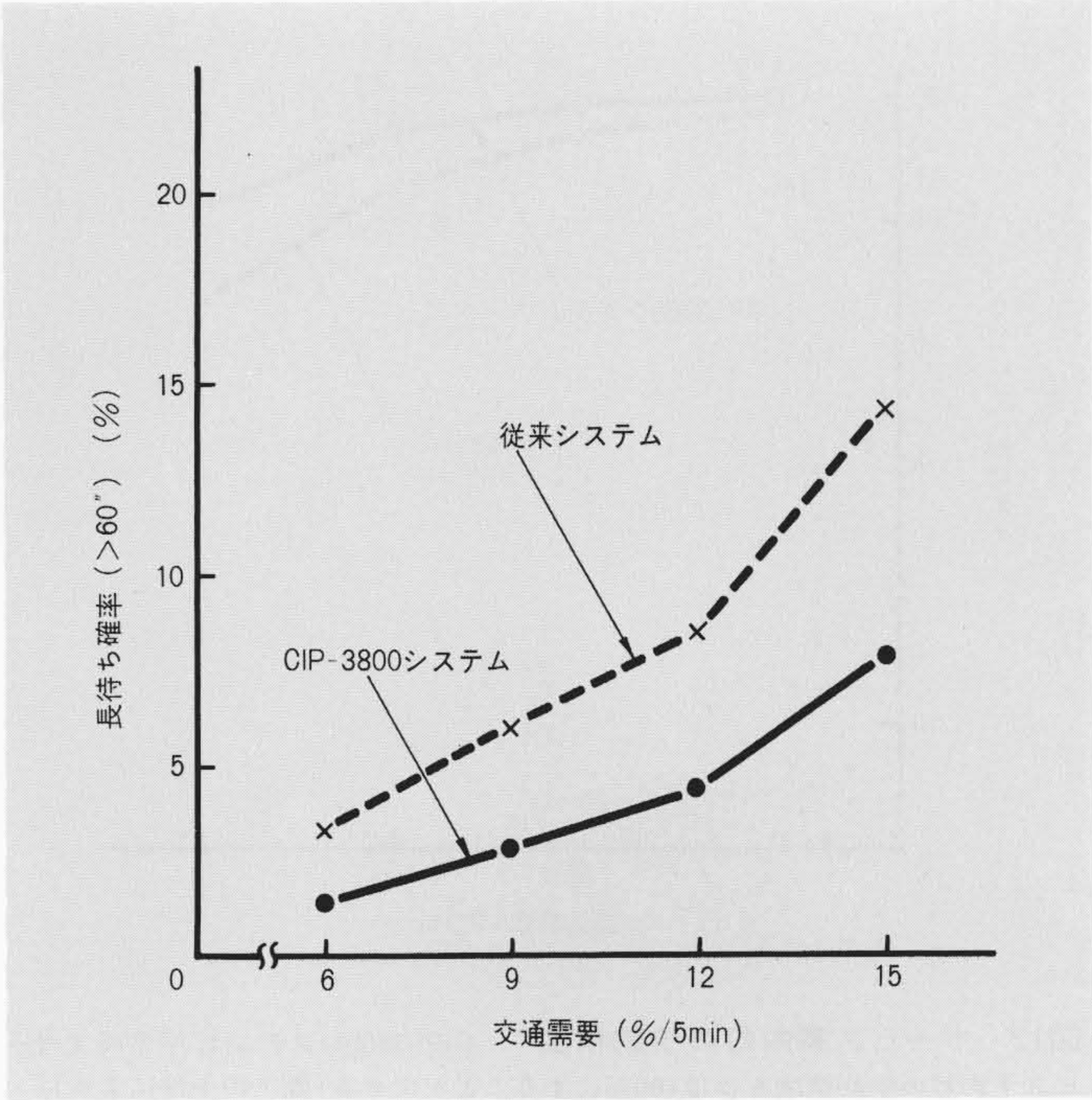


図10 長待ち確率(>60") CIP-3800システムは、従来システムに比べて60秒以上の長待ち確率が半減する(表1の条件による)。

4.1 シミュレーション条件

シミュレーションでの主な設定条件を表1に示す。ビルは館内交通比率が高く、エレベーターに対して最も複雑な需要形態をとる一社専有の事務所ビルを想定した。交通需要の量は群管理制御の性能が最も顕著に表われる平常時から混雑時を対象として、5分間当たりビル在館人員の6～15%がエレベーターを利用するものとした。

4.2 シミュレーション結果

(1) 待ち時間

図9に交通需要量に対応する平均待ち時間のシミュレーション結果を示す。どの交通需要にでも、CIP-3800システムと従来システムとの間には明確な有意差がある。平均的にみると、CIP-3800システムは従来システムに比べて、平均待ち時間が20%以上短縮されている。また、確率論的マクロモデル解析^{5),6)}によって求めたサービスの理論限界に非常に近づいている。

図10は待ち時間が60秒以上となる長待ちの発生確率を示したものである。新システムは、従来システムに比べて長待ち確率が半減していることが分かる。

表1 シミュレーション条件 代表的な一社専有事務所ビルを設定して、性能の評価を行なった。

項 目	仕 様
エレベーター速度	150m/min
エレベーター台数	6台
エレベーター定員	17人
サービス階床数	13(1～13階)
階 高	3.6m/階
在 館 人 員	150人/階
交通需要(ロビーと一般階)	50%
交通需要(一般階相互)	50%

図11は平常時に相当する交通需要6%/5minでの待ち時間の分布状態を示している。新システムは、従来システムより待ち時間の短い割合が増え、逆に待ち時間の長い割合が減少して、図1の理想的待ち時間分布に近づいた良好な分布となっている。これらの結果は、CIP-3800システムの中核機能である待ち時間短縮平均化呼び割当て論理が予想されるあらゆる交通需要の変動に対して的確にエレベーター群を制御するものであることを立証している。

(2) サービス予約灯

サービス予約灯を予約精度によって評価した。予約精度とはホール呼びに対してサービス予約灯を点灯したエレベーター

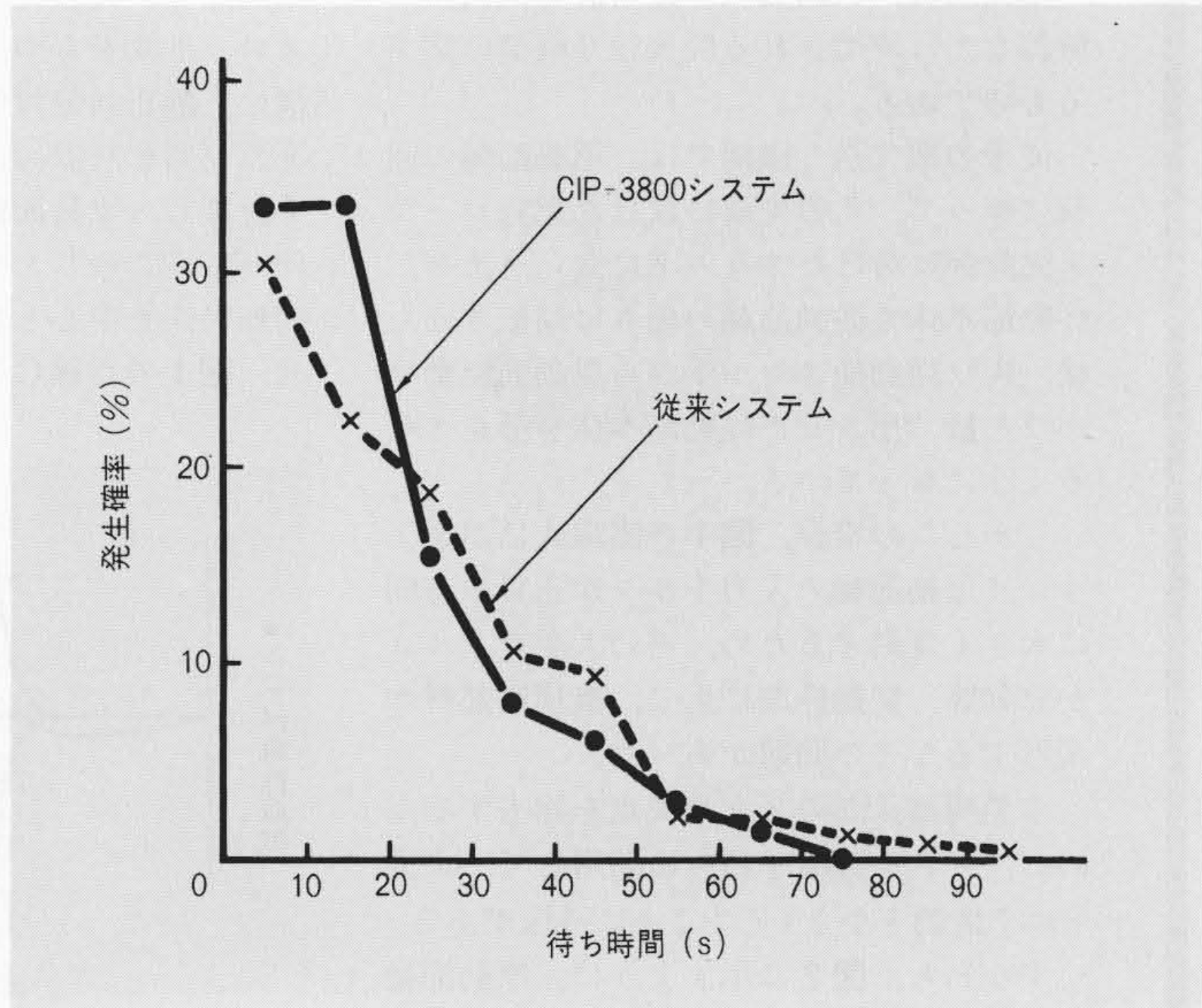


図11 待ち時間分布(交通需要6%/5min) CIP-3800システムは、従来システムより待ち時間の短い割合が増え、逆に待ち時間が長い割合が減少した良好な分布となる(表1の条件による)。

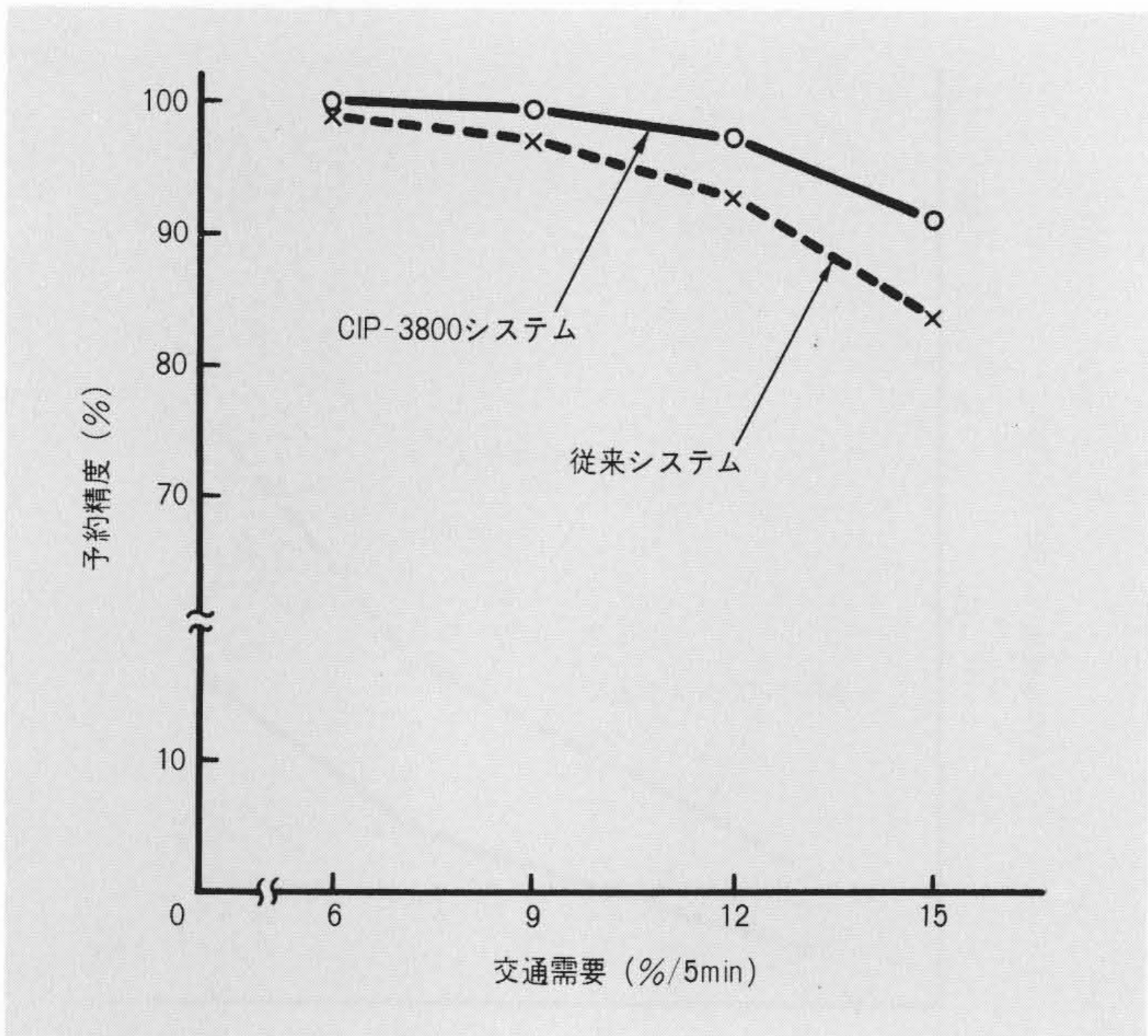


図12 サービス案内灯の予約精度 CIP-3800システムは、平常時でサービス予約灯の予約精度をほぼ100%にすることができる(表1の条件による)。

が、途中で満員などのために変更されることなく到着する確率を表わしたもので、予約精度は高いほど良いと評価する。

図12は、交通需要量に対応した予約精度のシミュレーション結果を示す。CIP-3800システムは平常時ではほぼ予約精度100%であり、また混雑時でも予約精度の低下はわずかであり、既に多数実用化している従来システムを更に改善できる

ことが分った。

5 結 言

近年特に重要視されているエレベーターの待ち時間を中心とするサービスの質の向上を目指して開発した新群管理システムCIP-3800について、その概要を紹介した。

新システムは、待ち時間の短縮と均一化、サービス予約灯の予約精度の向上など性能面で著しい成果が得られるとともに、システムのフレキシビリティを高めた点でも特長をもち、今後のエレベーター群管理の発展に大きく寄与できると確信している。

新システムは、昭和54年に竣工予定の新宿センタービルをはじめとして、多数のビルのエレベーターに適用し納入することになっているが、利用者へのサービス向上に役立つものと期待している。

参考文献

- 1) 弓仲、岩坂：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)
- 2) 弓仲ほか3名：NHK放送センター本館用全自動群管理エレベータCIP/ICシステム，日立評論，55，1227～1232(昭48-12)
- 3) 平沢：JAISWALL氏のモデルによる集団サービス待ち合せプロセスの数値解析，電気学会誌，91，106～114(昭46-3)
- 4) 弓仲ほか2名：エレベータシステムの計画と評価，日立評論，54，1125～1132(昭47-12)
- 5) 平沢：平常時閑散時のエレベータリング解析技法，電気学会論文誌，47-C16，138～147(昭47-3)
- 6) 平沢、岩坂：エレベータ群の待ち合せ問題，日立評論，54，1119～1124(昭47-12)



特許の紹介

間欠運動機構装置

高梨明紘・舟橋宏明

特許査定済み (特公昭52-25506)

本発明は、自動機械や電子計算機入出力機器などに使用される間欠送り機構に関するものである。

従来の間欠送り機構では、原動節軸の回転に伴って、その先端に設けた駆動ローラを従動節に設けたスロットに食い込ませ、従動節本体を従動節軸の周りに回転させた後、再び従動節スロットから原動節駆動ローラを抜け出させて従動節本体を静止させるようになっている。

しかしこの場合、図1の実線Aに示すように、原動節軸の入力トルクが正負の方向に大きく変動するため、その大きなトルクが原動節、従動節間に生じ、機構内部材が変形するなどの問題があった。

本発明は、このような欠点を除去するために、リンク機構を巧みに利用して、入力トルク変動を小さくしたことに特徴がある。

すなわち、図2に示すように、原動節軸①、駆動アーム②及び駆動ローラ③をもつ

原動節と、従動節軸④、従動節本体⑤及びスロット⑥をもつ従動節とから成る間欠機構に、静止回転対偶⑦、従動節⑧、中間節⑨及び回転対偶⑩、⑪から成るリンク機構を付加し、原動節駆動用アーム②の回転に伴って、このリンク機構の従動節⑧を静止回転対偶を中心として不等速運動を行なわせ、図1の点線Cに近い曲線を得、全体と

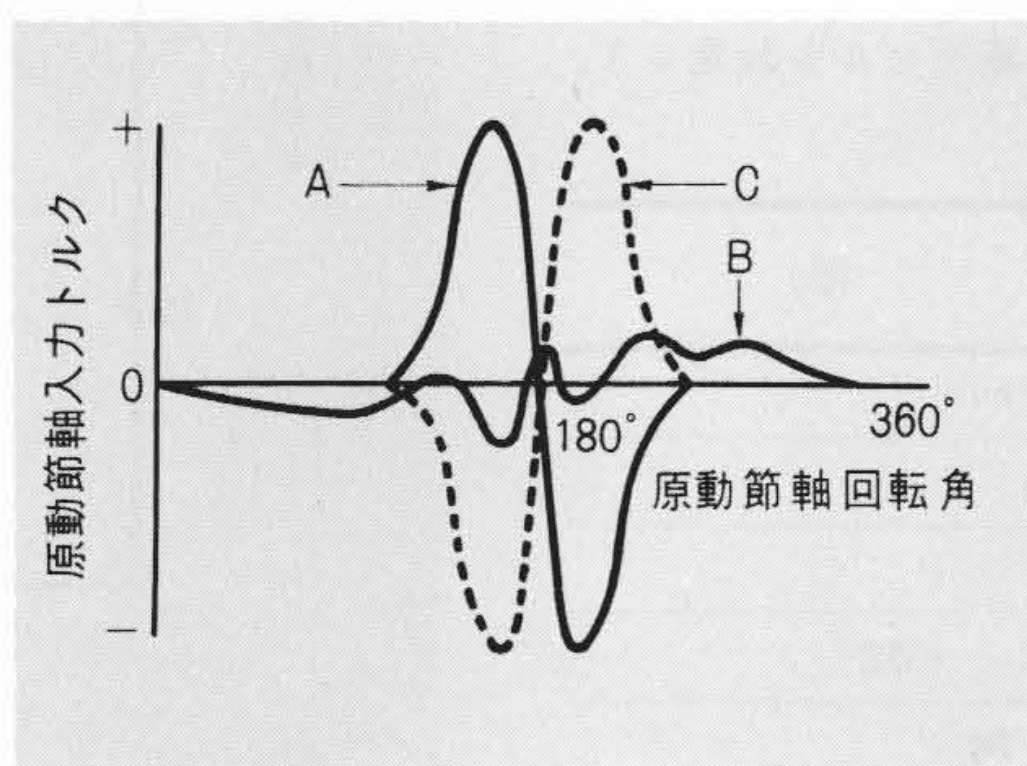


図1 原動節軸入力トルクの特徴図

して、実線Bに示すような小さなトルク変動を得るようにしたことに特徴がある。

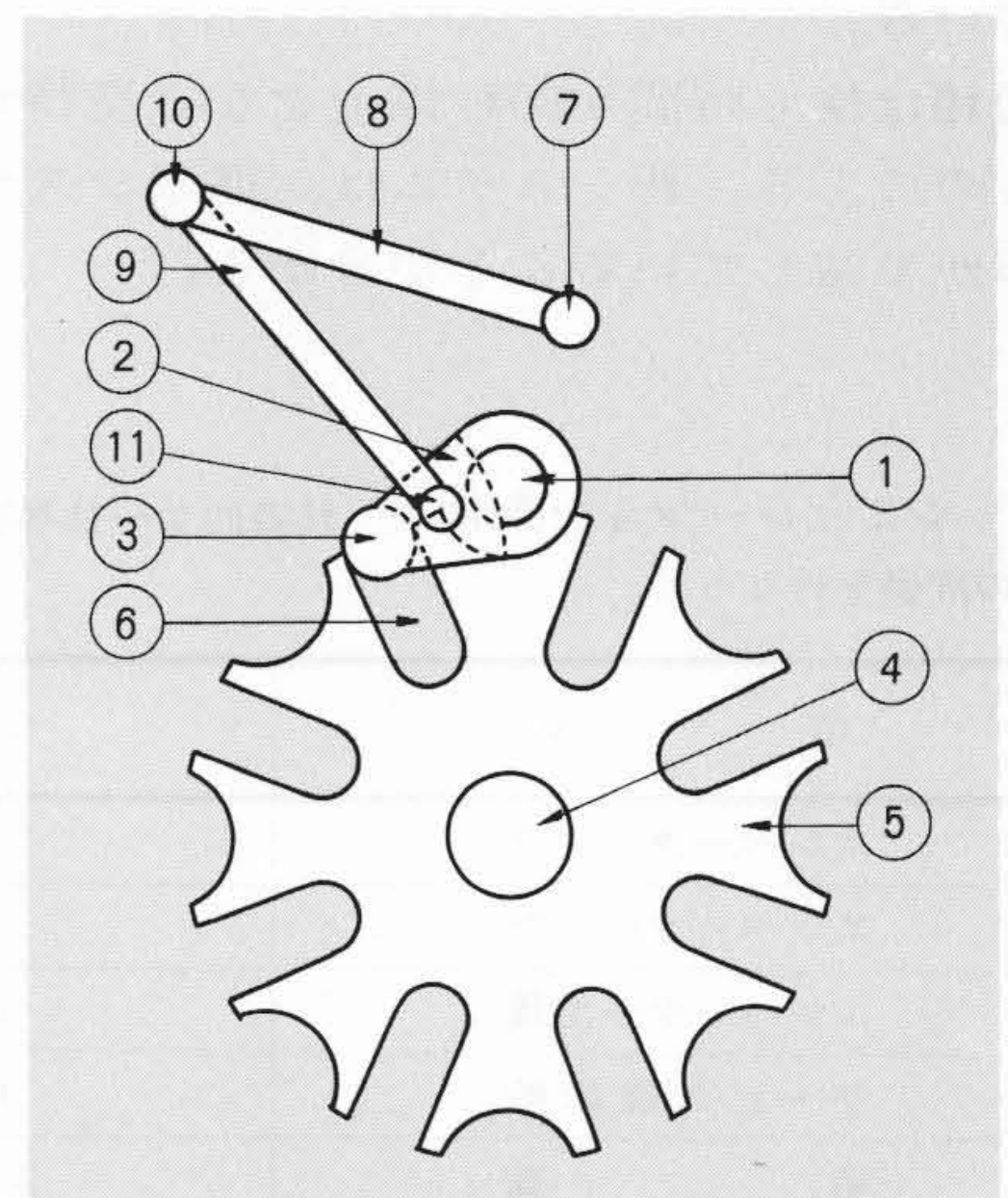


図2 本発明の間欠送り機構の構成図