

高層ビル用エレベータの群管理

Group Supervisory Control of Elevators in High-rise Building

In line with the recent tendency of modern buildings towards high rising and growth in scale, the controlling of elevators in those buildings needs to display much higher performance than ever before. Especially service to passengers in off-peak periods has become one of the major technical challenges. Hitachi, Ltd. has developed "Directional Chain System" which has enabled to equalize the operating interval of elevators in the group under supervisory control and to allow calling passengers to be serviced by a nearest elevator to them.

宮尾英夫* *Hideo Miyao*
 佐藤正昭* *Masaaki Sato*
 松沢秀登* *Hideto Matsuzawa*

1 緒 言

わが国におけるエレベータの運転の自動化は1960年代に急速に普及したが、これは自動エレベータが単に運転手の労力を省いたのみならず、人間の判断による管理以上の成果をもたらしたからであり、特にエレベータ群を有機的に管理制御する場合には自動化が必須の条件となるためであった。近年、超高層ビルなど建築規模の大形化によって群管理エレベータの需要はますます増加し、近代建築の中核機能をつかさどる重要な設備となっている。図1は最近10年間における日立エレベータのうち高速、中速エレベータについて並設台数およびその制御方式により分類し、台数比率の推移をみたものであるが、群管理エレベータの増加傾向が顕著に現われている。特に、高速エレベータでは単独に設置される割合は10%台に減少し、代わって4台以上の全自動群管理方式(CTP)を採用したエレベータが急増している。

自動エレベータ、特に群管理エレベータの制御目標は、輸送能力を最大限に発揮することと、待ち時間で代表されるサービスの質の向上にある。前者は朝夕の出退勤時や昼食時に特に必要となるが、日立全自動群管理方式ではこれら混雑時間帯には分割急行運転を主体として対処し、設備能力を最大

限に発揮させる制御方法を確立した⁽¹⁾。一方、サービスの質の問題は前述の混雑時間帯以外の時間帯を重点として考慮すべきである。この平常時においては、交通需要の形態は必ずしも顕著な傾向はもたないが全体として交通量が比較的多く、かつ時々刻々変化しているため管理制御の内容の良否がサービスの質に大きな影響を与える。

日立製作所はこのような平常時における制御方式として、始発階以外においても交通需要の状態に即応して運転間隔を直接制御し、待ち時間の短縮と均一化を図る方式を新たに開発した。この方式は、多数の群管理エレベータの納入実績や実態調査に基づいて、交通状況や管理単位に違いがある各種のビルを統計的に考察し、一般中小ビルにおいても効率のよい運転が行なえるようにしたものであり、大事務所向けから小規模ビル向けまで実用性の高い群管理方式を提供できるシリーズ化へと発展させた。

2 間隔制御

平常時において待ち時間の短縮と平均化を図るには、グループ(並設または対向して配置されるエレベータの管理単位)

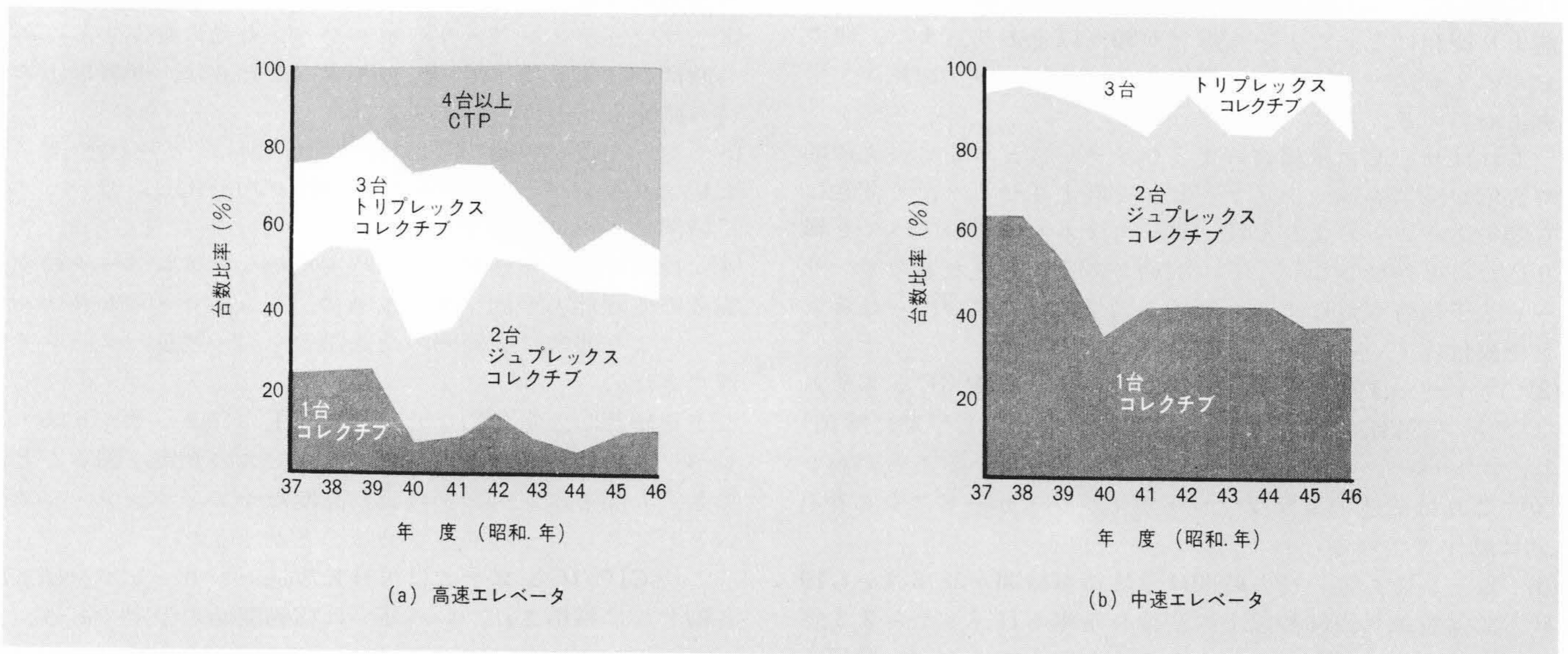


図1 並設台数別の納入比率 ビルの大形化、高層化に伴って、エレベータ台数も増加し、群管理エレベータの需要が増大している。

Fig. 1 Supply Ratio of Number of Sets in a Group

*日立製作所水戸工場

内のエレベータの時間的間隔を均一にすることが必要である。時間的間隔とは、サービス階の任意の場所においてエレベータが同一方向に出発あるいは通過する時間の間隔である。

並設エレベータにおける各階のホールの呼びボタンは、同一グループ内のすべてのエレベータに対して共通の信号として動作する。一般にタイムディスパッチング方式と呼ばれている従来の管理方式においては、サービス階の上方および下方（一般には端階）に出発を管理する基準階を設定し、それぞれの階において先に出発したエレベータから一定の時間経過後次発エレベータに出発指令を与える制御を行っていた。この方法は、運転手付きエレベータにおいて実施されていた出発信号付きシグナル方式、すなわち始発階における出発時間の制御を自動化する考えに立脚したもので、共通の信号であるホール呼びに対してあいついでエレベータがサービスしようとするのを防止するとともに、各エレベータの運転間隔を時間的に均等化することを目的としている。しかし、エレベータに対する呼びの発生はホール呼びおよび乗かご内の行先階呼びとともにその時間、位置（階）が全くランダムに発生するから、一定の時間間隔で始発階を出発させても途中階の交通需要にตอบสนองしていく間に一般には間隔が不均等になり、エレベータを効率的に配置することが困難となる。特に、高層ビルにみられるように交通需要が増大すると待ち時間のばらつきが増加する傾向が強くなる。

また、上記のタイムディスパッチング方式の改良として、始発階を出発するエレベータの間隔を、各エレベータの一周時間（始発階を出発してから再び始発階に戻り出発準備の完了するまでの時間）の平均値を検出し、グループ内のエレベータ台数で除した値とする方式も行なってきた。この方式は始発階における出発を等間隔とするうえでより合理的であるけれども、過去の運転履歴によって出発を管理するため時々刻々変化する交通需要に対する即応性は低く、管理が後手となりがちである。さらに、出発間隔があまり長くなると、出

発待ちの時間によってかご呼びに対するサービス時間が長くなったり、全体として輸送能力を減殺することが考えられる。

従来の管理方式でタイムディスパッチング方式とは全く異なった背側呼びによる管理方式もある。この方式は、各エレベータが先行しているエレベータの背後に生じたホール呼び（背側呼びと称す）をサービスしあうことによって、共通のホール呼びに複数台のエレベータが応答するのを防止するものである。一般に並設台数が少なく、かつ交通量が比較的少ないビルに設置する自動管理エレベータに適用されており、日立製作所では昭和30年以来2台の並設運転方式（ジュプレックス・コレクティブ・コントロール）にこの方式を採用している。²⁾ 背側呼びによる運転制御は、エレベータ相互の間隔が小さくなるとサービスすべき呼びが発生する確率が低くなるため、先行するエレベータのみが運転を継続して運転間隔が自動的に均等になる特長がある。しかし、交通需要が多くなれば呼びの数やかたよりの変化も激しくなるため、サービスすべき呼びの分担が均等化することは困難となってくる。この傾向は並設台数が増加するとさらに助長されるので、3台以上の並設運転制御にはタイムディスパッチング方式が多用されてきた。

日立製作所は、最近の交通需要の量の増大と多様化に対処して、群管理エレベータの質的向上を図るため、背側呼びによる運転方式に運転間隔を積極的に均等化する管理を加えるとともに、始発階のサービスを強化するタイムディスパッチング方式の長所も発展させた新たな運転制御方式（ディレクショナル・チェーン・システム）を開発した。本システムは、超高層（大事務所）ビルなど交通需要量が非常に多い用途に適合したCIP/ICシステムの基本機能の一つとして開発した間隔制御（フローティング・サービス）の考え方を採り入れたもので、一般ビル向けとしての経済性を考慮した実用性の高い方式である。

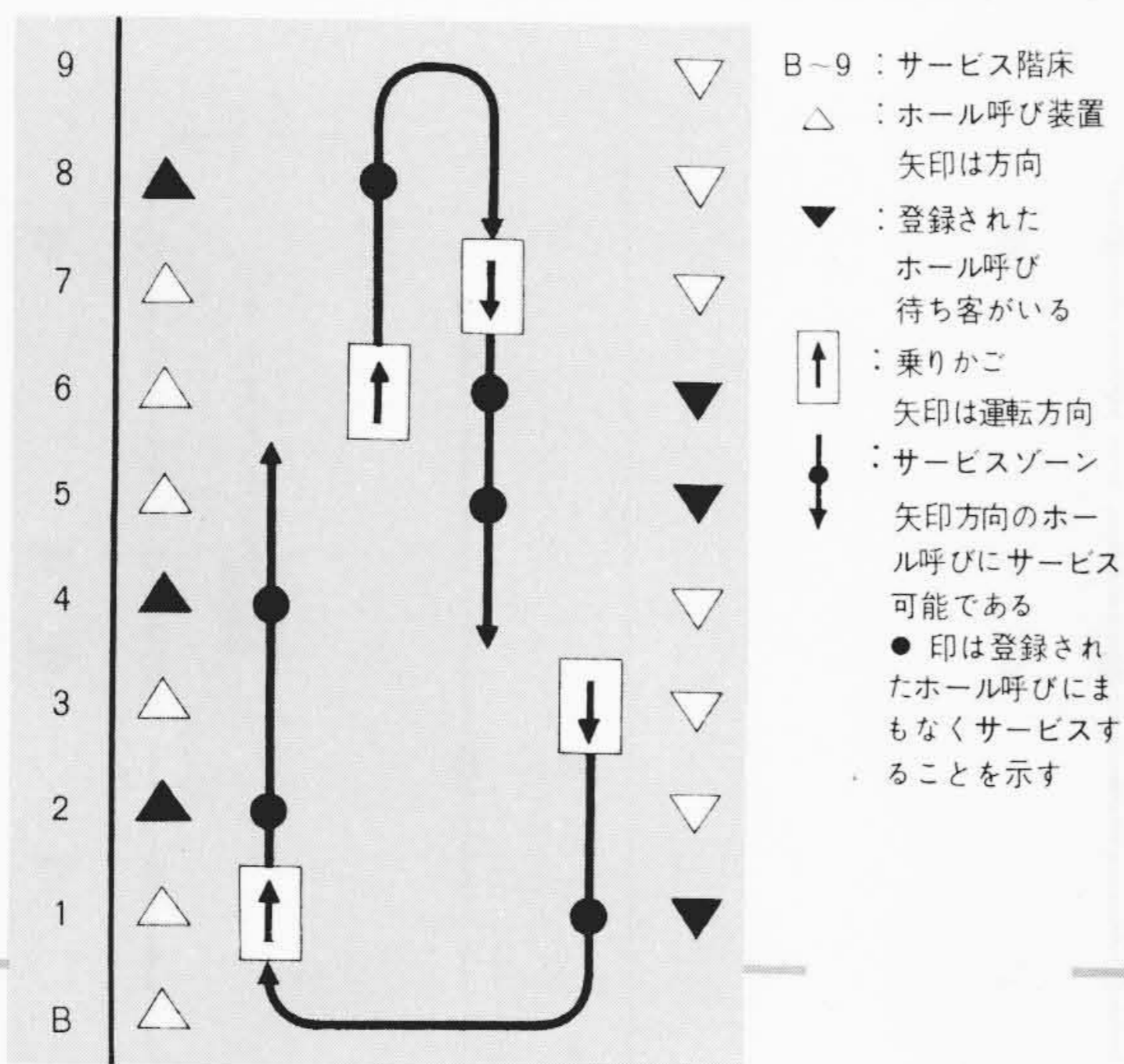


図2 ディレクショナル・チェーン・システム説明図 グループ内のエレベータは、相互に先行するエレベータまでのホール呼びに対してサービスし、運転方向にサービス・ゾーンのリングをつくる。かご呼びにはどの階にもサービスする。

Fig. 2 Explanatory Figure of Directional Chain System

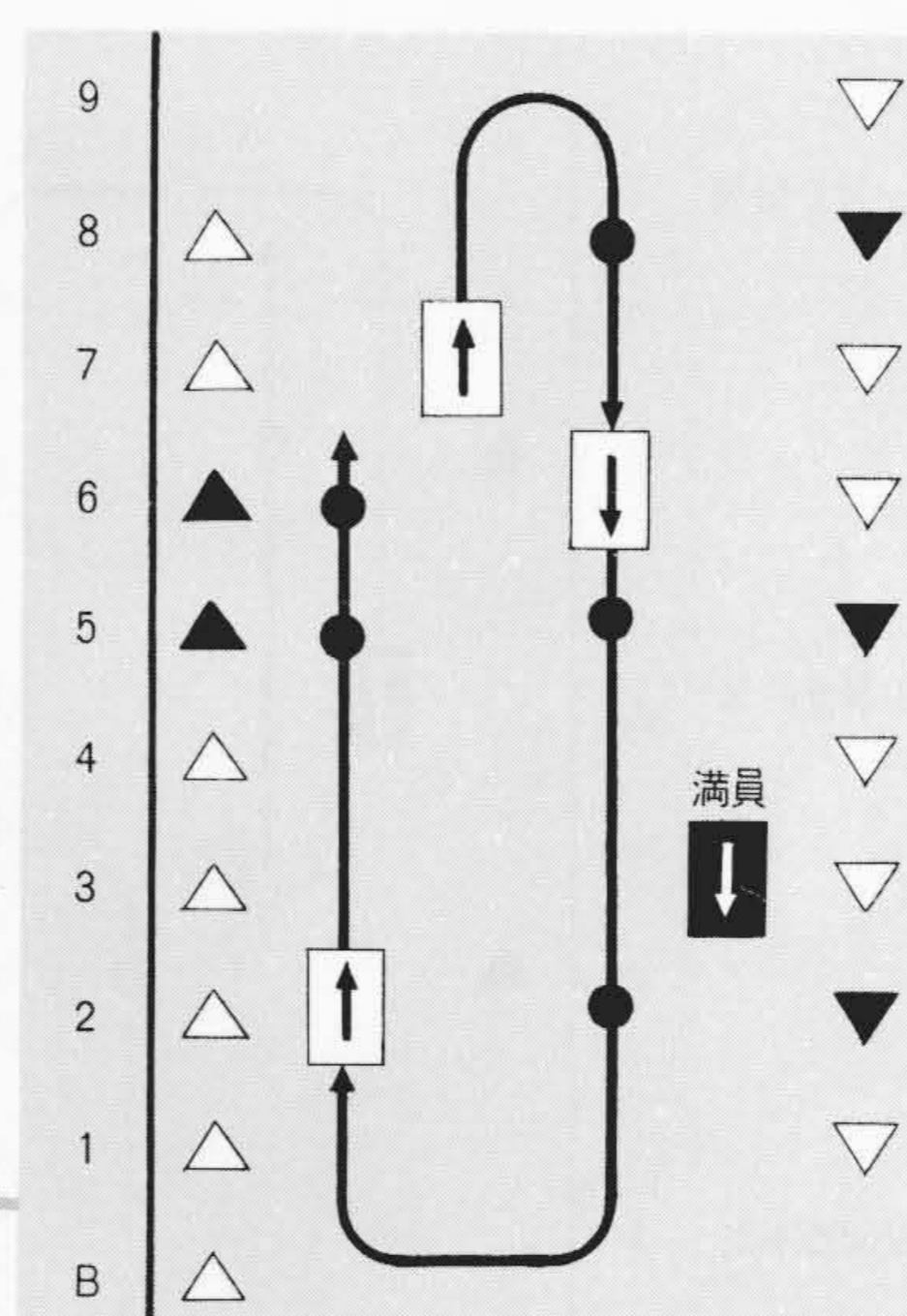


図3 満員かごがあるときのサービス・ゾーンの分担 満員になったかごには、サービス・ゾーンを割り当てないで残りのかごでサービスするので、サービス・ゾーンがとだえることはない。

Fig. 3 Assignment of Service Zone When a Car is Full

3 ディレクショナル・チェーン・システム

ディレクショナル・チェーン・システムによる制御の基本は、背側呼びによるホール呼びの割付けである。図2は、エレベータ台数が4台の場合のホール呼びに対するサービス状態を示したもので、各エレベータは、その運転方向で先行するエレベータがサービス可能な階の直後までをサービス・ゾーン（ホール呼びに対してサービスする階の範囲）としている。すなわち、グループ内のエレベータはサービス・ゾーンの分担によって関連づけられ、運転方向に回転するリングを構成している。各エレベータのかご呼びに対しては、これらのサービス・ゾーンとは無関係に進行方向のすべての階にサービス可能であるから、後続していたエレベータが先行エ

エレベータを追い越すこともありうる。この場合においても、追越し直後にサービスゾーンは再設定されるので、ホール呼びに対するサービスはとぎれたり重複することはない。また、**図3**に示すように満員になったエレベータがある場合には、満員が解消するまでそのエレベータにサービスゾーンは割り付けず、残りのエレベータによってすべての階のホール呼びがサービスを予約される。

このようなサービスゾーンの割付けを行なったディレクショナル・チェーン・システムでは、交通量の大小にかかわらず昇・降方向および上・下層の需要が平均して発生していれば、各エレベータの運転間隔は均一に保たれ、各階に対して均等なサービスが行なえることは明らかである。しかし、実際の交通需要は時々刻々変化し、上述したように平均して分布することは期待できない。このため、交通需要の変化に対応して運転間隔が常に均等に保たれるよう、次のような積極的な自動管理を開発した。

(1) 分散運転

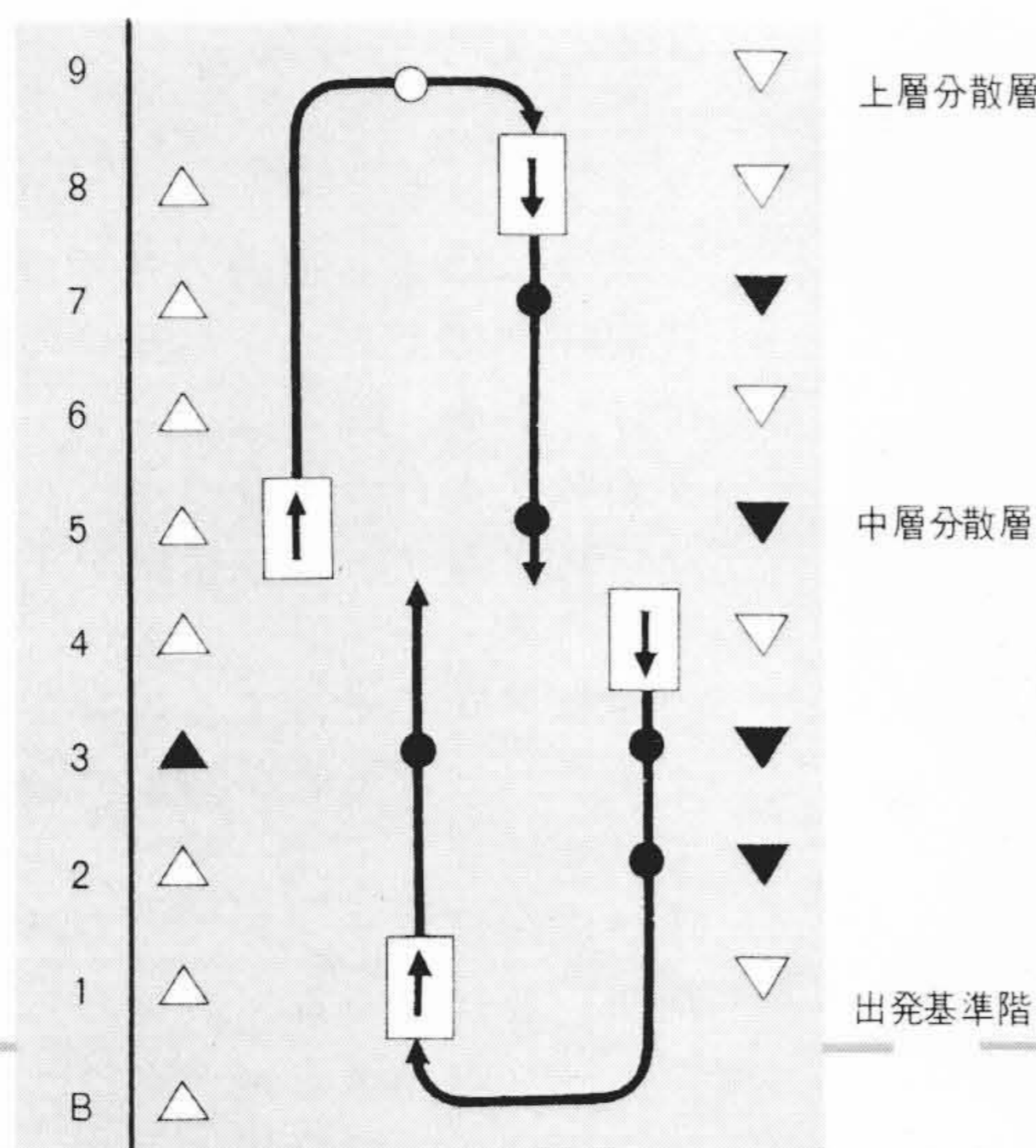
各エレベータは、サービス・ゾーン内のホール呼びとかが呼びにサービスするよう運転しているが、同時にサービス階の両端と中間にあらかじめ設定した分散階に向けて運転し、エレベータ群は相互にローテーションを図りながら運転間隔を自動的に調整するようにする。したがって、一時的に呼びがとだえたり、需要にかたよりが生じて、サービス・ゾーンに呼びのないエレベータは他のエレベータとの間隔が均等になるように分散階まで運転し、混雑しているゾーンの次の呼びに対して即応できる態勢をとることができる(**図4**参照)。さらに、**図5**に示すように呼びに対してサービス中のエレベータの相互間隔が非常に接近した場合には、後続のエレベータが所定の距離内に接近したことを検出して、先行エレベータはサービス・ゾーン内のホール呼びに対しては一時的に通過するよう指令し、積極的にエレベータのローテーションを行なわせて運転の均等化を図っている(全自動群管理方式の場合)。

(2) 降りサービスの強化(ハイエスト・ゾーンコール・リターン)

ホール呼びの分布が方向によってかたよりを生ずることはしばしばある。退勤時はその最も典型的な例であり、全自動群管理方式ではこのかたよりを検出してホール呼びを上・下層に2分割し、急行運転を行なって輸送能力の増強を図り対処しているが、退勤時以外にも一時的に交通需要がかたよることがある。また、大事務所ビルにみられるほど交通量が多くない一般事務所ビルにおける自動管理方式でも、このような需要の変化に迅速に回答できることが必要である。一般に、従来の管理方式においては降り呼びが偏在したときに待ち時間のばらつきが大きくなる傾向があった。このため、降り呼びが多くなったときにも自動的にサービスが強化されるようハイエスト・ゾーンコール・リターンを開発した。この方法は、昇り方向に運転中のエレベータがかが呼びおよびサービス・ゾーン内のホール呼びがなくなり、かつ前述した分散階への運転指令も受けていない場合には、ただちに方向を反転して降り方向の呼びにサービスするものである(**図6**参照)。ハイエスト・ゾーンコール・リターンにより反転したエレベータは、他のエレベータとの位置によりサービス・ゾーンが再設定され、かつ近接したエレベータがある場合は先行エレベータの運転を促進するから、降り方向の呼びに対するサービスが強化されるとともに、1台のエレベータがサービスゾーン内に多数の呼びを持つ不具合を解消することができる。したがって、従来サービス階床数が多い高層ホテルや一般ビルにおける混雑時に見られた降り呼び特に下層の降り呼びの長待ちが解消され、ばらつきの少ない均等なサービスを実現することができる。

(3) ロビー・サービスの強化

一般に、ロビー階の交通需要は他階に比べ非常に多い。したがって、ロビー階においては乗客の乗降時間が長くなることや便乗客の便をも考慮して適正な停留時間を設定することがより効率的である。ディレクショナル・チェーン・システムでは、ホール呼びに対するサービスエレベータが明確化されているから、このロビーにおける停留時間は従来のように運転間隔を調整する意味はなく、必要最小限の時間とすることが



○：分散階への運転指令によって停止する。
図4 分散指令による運転の例 一時的に呼びがなくなった乗かごも分散階への運転指令によって、他のエレベータとの運転間隔を調整する。

Fig. 4 An Example of Dispersion Control

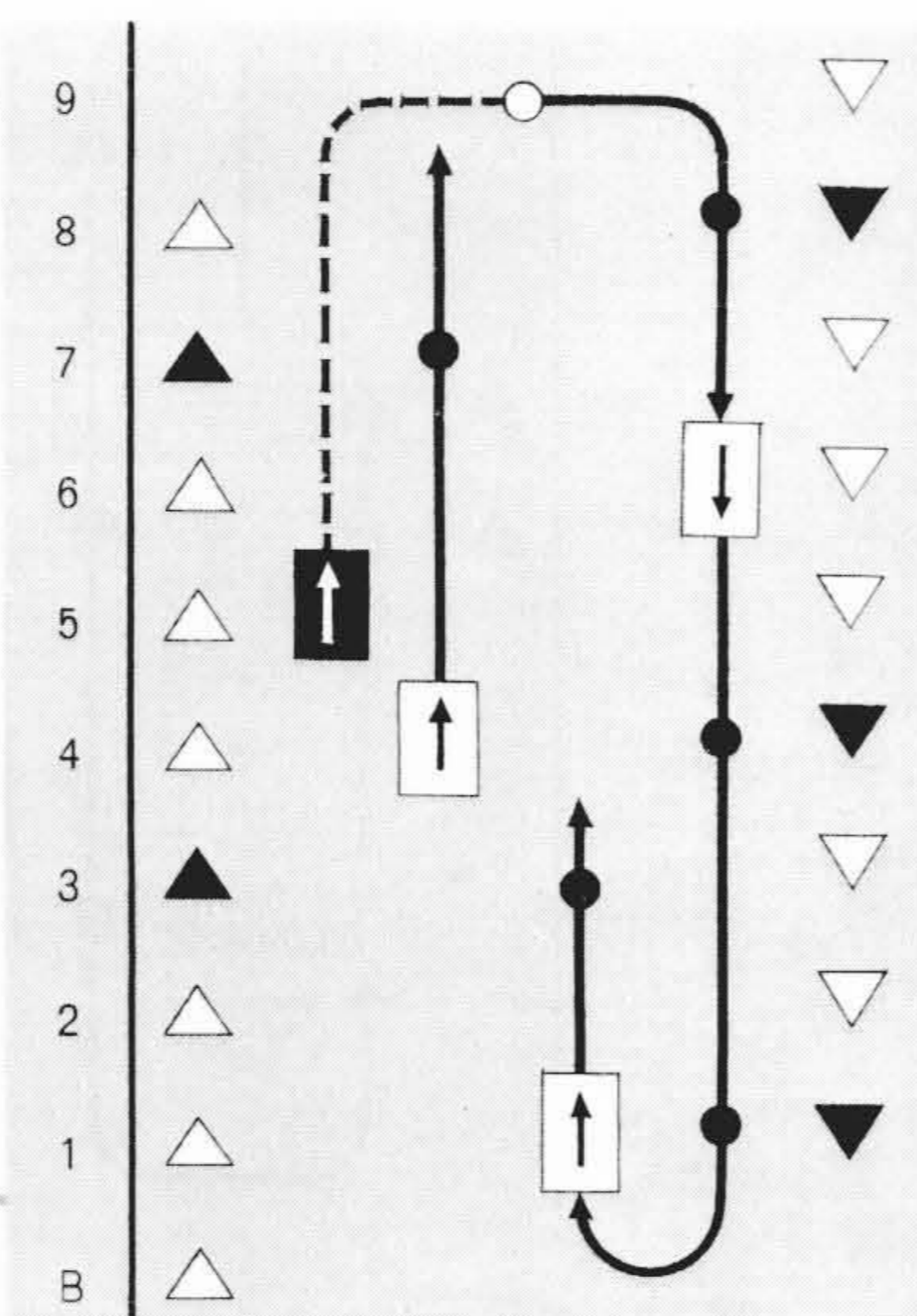
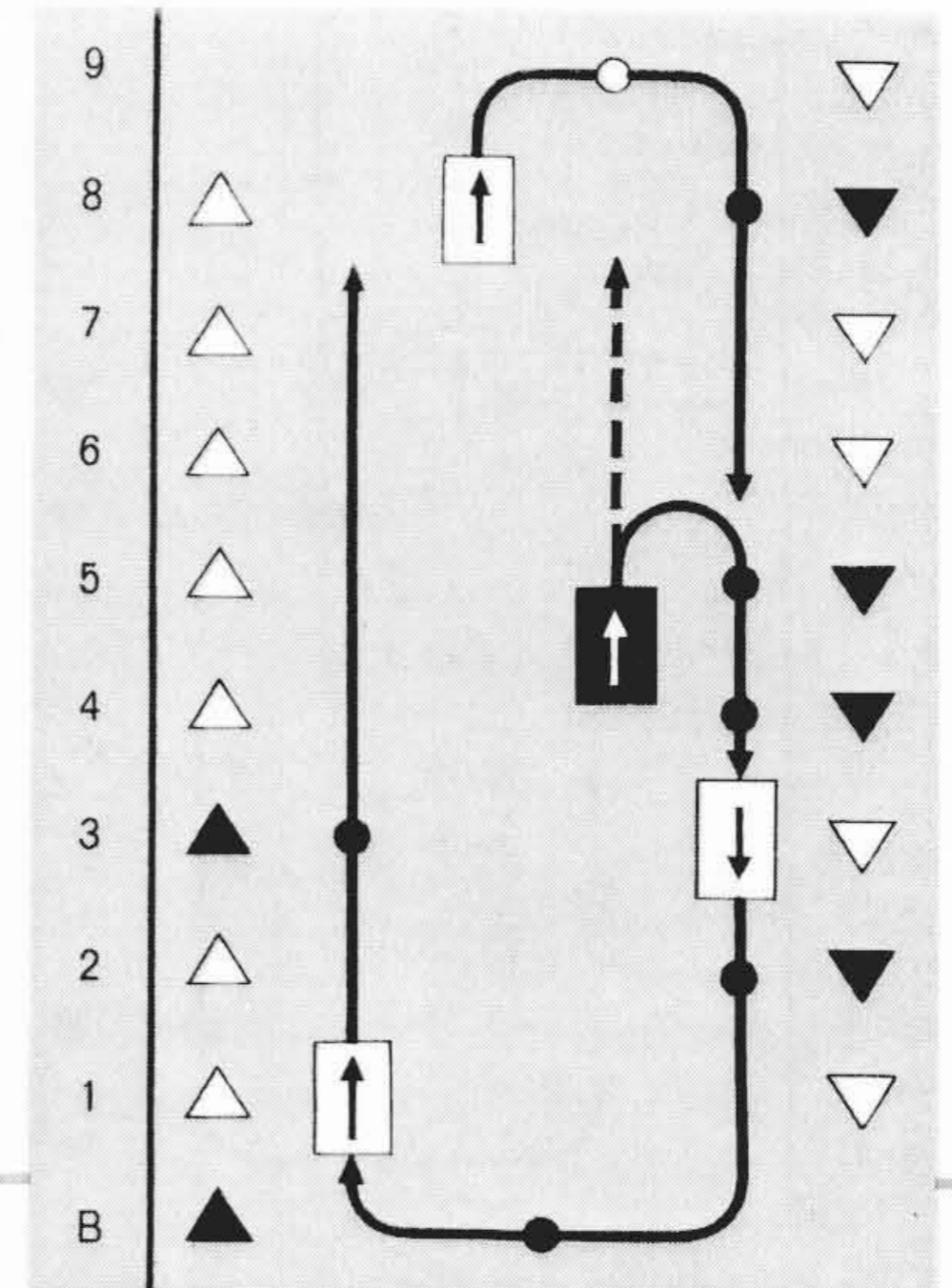


図5 乗かごが接近したときの分散指令による運転 2台のかごが接近すると、先行するかごは分散階またはかが呼びのある階まで直行して運転間隔を調整する。

Fig. 5 Dispersion Control When Two Cars Are Close



---：ハイエスト・ゾーンコール・リターンを行なう前のサービスゾーン。
図6 ハイエスト・ゾーンコール・リターン説明図 一時的に呼びがなくなり、分散階への運転指令も受けない乗かごは、その階から反転して反対方向へのサービスを強化する。

Fig. 6 Explanatory Figure of Highest Zone Call Return

できる。したがって、一般には10～15秒程度に設定し、かつ次にロビー階を出発するエレベータがすでに待機していたり、ロビー階に接近してきた条件では即時に出発可能となるようにして、かご内乗客の待ち時間が長くないようにしている。

以上の説明で明らかのように、ディレクショナル・チェーン・システムではエレベータ相互の運転間隔を均等にするように常に管理し、ホール呼びに対してはサービスすべきエレベータを予定しているから、呼びの発生に直接関連した効率の良い運転でサービスの質の向上を図ることができる。このシステムの効果を定量的に評価するため、シミュレーション手法を用いて検討した結果について別稿で報告したが、従来方式に比し20%以上の待ち時間短縮が得られるなど有効性を確認することができた。

4 ディレクショナル・ゾーニング・システム

夜間や休日のように、交通需要が非常に閑散になったときには、最小限のエレベータで経済的な運転を行なうとともに、サービスの質を低下させないことが管理制御の目標である。従来一般には、グループ内の1台のみがサービスするように待機し、所定の時限（たとえば30秒間）呼びが継続して存在するようになるまで、残余のエレベータを休止させていた。また、サービスエレベータは呼びの発生確率が最も高いロビー階で待機し、他のエレベータもロビー階に停留させて呼びの増加に備えていた。この方式によっても、交通量は非常に少ないから平常時に比べてサービスの質が低下することはほとんどなく、かつ経済的な運転管理が行なえる。しかし、ロビー階に待機中のエレベータのサービス・ゾーンは、すべての階の昇降両方向呼びに広がっているから、ロビー階の呼びには即時応答できる反面、上方の階からの呼びに応じて到着するまでの待ち時間が長くなることが多い。また、一時的に呼びが多数生じた場合や交通量が漸増(ざんぞう)して平常時の交通需要に至る過渡期などには、即時にサービスエレベータの台数を増加することが困難であり、需要の変化に即応したサービスができない面があった。

ディレクショナル・ゾーニング・システムは、平常時にお

けるディレクショナル・チェーン・システムの運転と基本的内容を統一し、閑散時には平常時以上にサービスを向上させる一方、運転の経済化をも満足するようにした管理制御である。この方式では、図7に示すようにロビー階の他に上層および中層にも待機階を設定してエレベータを分散配置し、ホール呼びが発生すればそのゾーンの受持ちエレベータがただちに起動し、運転を開始すればディレクショナル・チェーン・システムと同様にサービス・ゾーンも再設定されるから、引き続き発生した呼びに対してもただちに次のエレベータがサービスに入ることができる。前述したように閑散時においてもロビー階の交通需要は最も多い。したがって、上層・中層に待機指定されたエレベータ以外はすべてロビー階に配置し、かつエレベータ台数が少ない場合や、定期点検などによりサービス台数が減少した場合にも、中層待機指令を解除してロビー階には常時1台以上のエレベータが待機するようにして、ロビー・サービスを最も重視した体勢を保つようにしている。

ディレクショナル・チェーン・システムにおける分散運転は、呼びが少ない閑散時には必要がないから、上層および中層待機階には最初に指定を受けたエレベータがサービス終了後復帰するよう指令し、必要以上にエレベータが運転するのを防止している。また、待機階へ指令されるエレベータの選定は平常時において分散運転を行なった結果から自動的に指定されるので、平常時から閑散時への運転制御の切り替えは、交通需要の減少に伴ってきわめて円滑に行なわれる。また同様に閑散時から平常時への切り替えも、ディレクショナル・ゾーニング・システムにおけるエレベータの運転状況(台数、呼びの発生ひん度)から判断して自動的に行なわれるので、需要の変化に即応させることができる。

このように、ディレクショナル・ゾーニング・システムは閑散時においてもサービスすべき呼びの分担を均等化し、設備能力を最大限に利用してサービスの質の向上を図るとともに、ホール呼びが生じたときのみ必要最少限のエレベータが稼働する運転上の経済性をも満足している。

5 群管理エレベータの計画

エレベータの群管理制御は、ビルの高層化、大形化に伴ってますます重要度が高まっている。群管理方式の選定と計画にあたっては、交通量に見合ったエレベータ台数の決定をもとに、ビルの性質、交通需要の動態およびサービス階床数などから総合的に検討する必要がある。

日立製作所は、本論文で紹介したディレクショナル・チェーン・システムおよびゾーニング・システムを柱とし、従来から多数の実績を持つ分割急行運転や識別機構を応用した交通需要パターン⁽³⁾の認識装置など、効率の良い管理制御要素を織り込んで、あらゆる使用条件に応ぜられるよう群管理エレベータの新しいシリーズを確立した。図8は、グループ内のエレベ

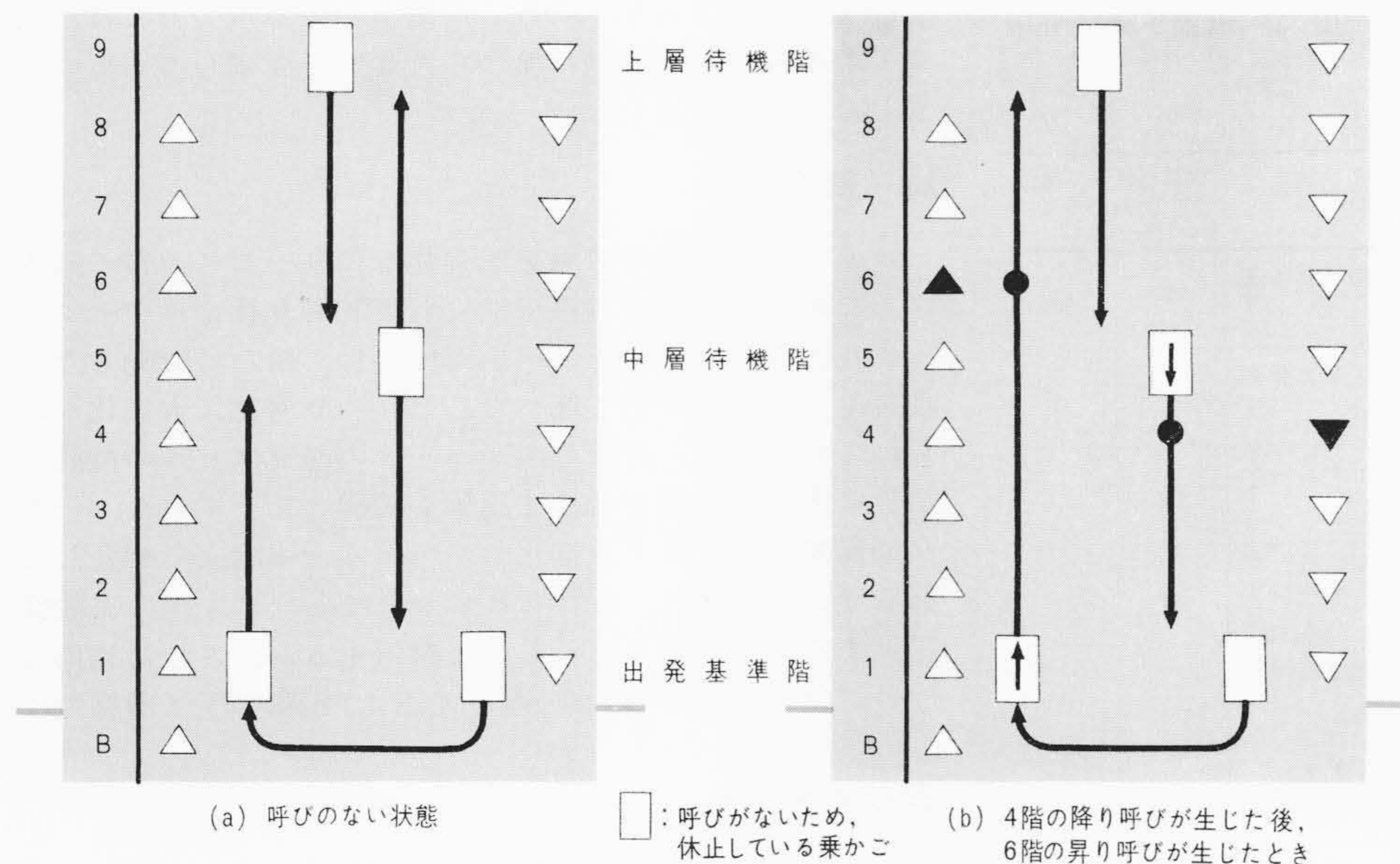


図7 ディレクショナル・ゾーニング・システムの説明図
 タは分散して待機し、サービス・ゾーンを分担しあっている。

Fig. 7 Explanatory Figure of Directional Zoning System

交通需要が閑散などときにも、エレベ

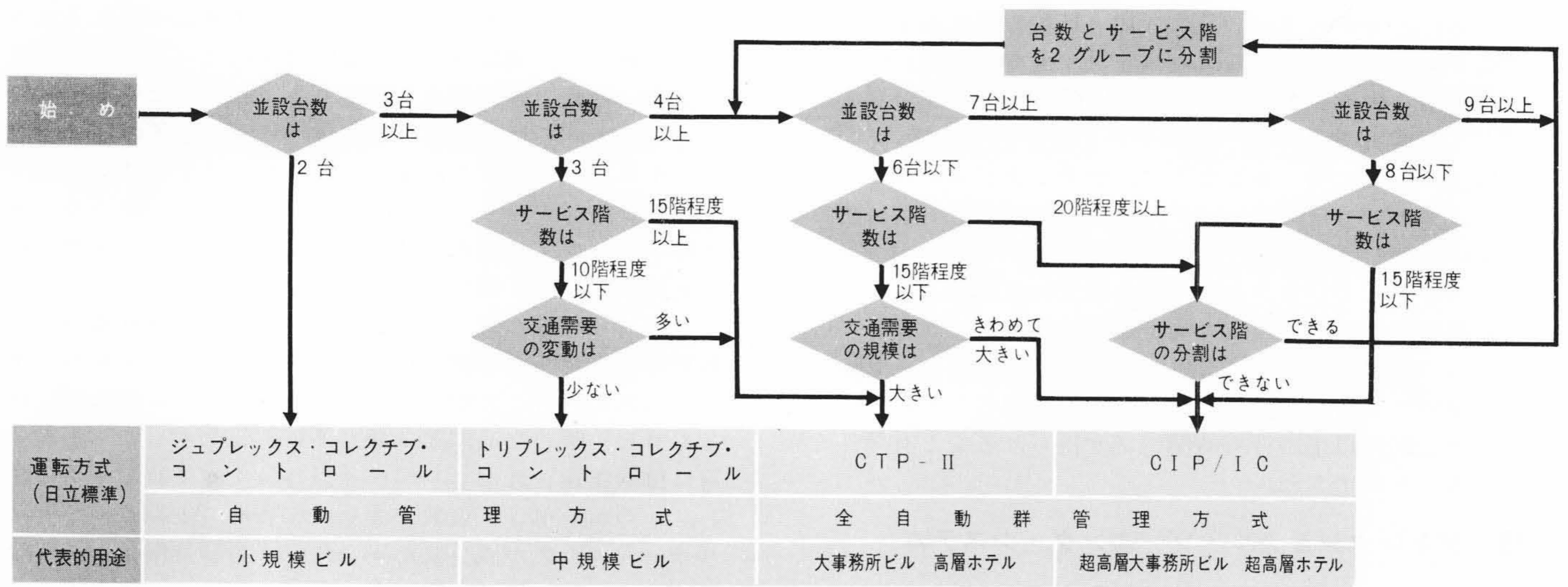


図8 群管理方式を選定するフローチャート 並設台数や交通需要の動態を考慮して、群管理方式を選定する目安である。
Fig. 8 Flow Chart for the Selection of Supervisory Control

一タ台数を基準とした管理運転方式の選定方法であり、本図により大筋を決定することができる。

CIP/IC(Computerized Traffic Information Processing with IC)システムは、別稿で詳細に紹介したが、予測制御を導入してフローティングサービスとサービス予報方式を実現したもので、超高層事務所ビルなど交通需要が最も多く、かつ変動の激しい用途に対しても最大限の能力と性能を発揮する画期的な新方式である。

CTP-II(Computomatic Traffic Programming-II)方式は、昭和33年わが国最初の全自動群管理方式を開発して以来、改良を重ねて確立したCTP方式を、ディレクショナル・チェーン・システムおよびゾーニング・システムの採用によりさらに飛躍させたもので、4パターンから8パターンまで交

表1 全自動群管理方式CTP-IIの標準仕様 CTP-IIは交通需要の動きを迅速に検出し、最も合理的なサービス形態を指令して、輸送能力の増強とサービスの向上を図る。昼食パターンはビルの性質に応じて設ける付加仕様である。

Table 1 Specification of CTP-II

運転パターン	交通需要	サービスの形態	標準パターン構成	
			4パターン	7パターン
出勤	出発基準階から昇り客が多い。	サービス階を2分割し急行運転を行なう。	—	○
退勤	出発基準階への降り客が多い。	ホール呼びサービスを2分割して急行運転をする。	—	○
偏昇	昇り呼びが多い。	ディレクショナル・チェーンで最高呼び反転する。	○	○
偏降	降り呼びが多い。	出発基準階を上層階に移しディレクショナル・チェーンでサービス。	○	○
偏域	上層または下層に呼びが偏している。	上偏域は偏降、下偏域は偏昇と同様な運転をする。	—	○
平常	全般的に呼びが多い。	ディレクショナル・チェーン・システムで運転する。	○	○
閑散	ほとんど呼びがない。	ディレクショナル・ゾーニング・システムで運転する。	○	○
昼食	食堂階が混雑している。	食堂階を出発基準階とし、ホール呼びを分割して急行運転をする。	(○)	(○)

通需要に見合った運転系統の選択が可能である。CTP方式の詳細についてはすでに発表してあるので、本文ではその概要を表1に示した。CIP/ICおよびCTP-II方式は、ビルの規模や交通需要の内容によって選択することができ、ユーザーの需要に対して幅広いバリエーションを持って応ずることができるようにしたものである。

ジュプレックスおよびトリプレックス・コレクティブ・コントロール方式は、一般中小ビルにおける2台および3台のエレベータの並設自動管理制御方式であり、全自動群管理方式における基本的制御内容を採用して、効率の良い経済性の高い群管理エレベータのシリーズの一部として、従来方式を改良したものである。

群管理制御は、輸送能力の増強や待ち時間の短縮および均一化など多くの効果をもたらすが、しかし、交通需要に見合った適切な台数や配置、利用者の便宜を図る案内表示など総合的な検討に基づいた適正な計画とがあいまって真に効果を発揮するものである。これら計画上の要点については、従来までの多数の納入経験に基づいて論文を発表してあるので割愛した。

6 結 言

エレベータの運転間隔を均等化してサービスの質の向上を図るため、積極的かつ直接的に管理制御を行なうディレクショナル・チェーン・システムを中心に、新たに開発した群管理エレベータについて述べた。ビルの高層化、大形化が進められている今日、群管理エレベータの品質はビルの機能や経済性に大きな影響を及ぼす重要な要因となっており、一方、交通需要はますます多様化しつつある。本論文で紹介した新群管理シリーズは、近代ビルにマッチしたエレベータ設備を提供する条件を満足するものと確信するが、さらに利用者各位のご批判をいただき研鑽(けんさん)を深めていく所存である。

参考文献

- (1) 犬塚、越智：日立評論 47, 404 (昭40-2)
- (2) 犬塚、日立評論 38, 1397 (昭31-11)
- (3) 平沢、河竹、弓仲、岩坂：電学誌 90, 1568 (昭45-8)
- (4) 犬塚：日立評論 45, 1272 (昭38-8)
- (5) たとえば、犬塚、弓仲：日立評論 50, 829 (昭43-9)