

# 乗用エレベーター・エスカレーターの発展と今後の動向

## Passenger Elevators and Escalators; Their Development and Technical Outlook

渡辺昭則\* Watanabe Akinori

我が国のエレベーター及びエスカレーターは、今日では技術的にも、商業的にも世界有数の水準に成長した。その原動力は、日本経済の成長とたゆまざる技術革新に負うものである。

本稿は、エレベーター及びエスカレーター発展の原動力となった数々の技術革新のうち、代表として直流エレベーター及び交流エレベーターのサイリスタを主とした速度制御、CIPシステムを中心とした全自動群管理運転、装置の電子化、標準化、利用者にとっての安全性など主要点及び最近の話題点について発展の変遷と特長の概要、並びにこれからの動向について述べた。また、計画者、管理者及び利用者の側で考慮を得たい点についても言及した。

### 1 緒言

昭和30年代以後、エレベーター及びエスカレーターは、技術革新と経済成長とが相まって、質的にも量的にも世界有数のものに成長してきた。とりわけ超高層ビルでは、建築部門の進歩と国産技術の飛躍的向上とにより、ここ数年来目覚ましい発展を遂げてきている。また、規格化された実用性の高いエレベーターが共同住宅の公益性によりいっそう寄与し、エスカレーターも都市交通機関など公共性の高い所で多用されるようになった。

これら乗用エレベーター及びエスカレーターについて、最近の発展と安全面及び主要点での今後の発展方向について述べ、関係者の参考に供する。

### 2 乗用エレベーターの発展と動向

#### 2.1 ビルの高層化と速度制御方式

##### 2.1.1 ビルの高層化とエレベーターの高速化

ビルの高層化に伴いエレベーターも高速化され、速度制御方式についても多くの技術革新が図られた。

一般に高層ビル用として直流エレベーターが、中・低層ビル用として交流エレベーターが実用化されている。輸送能力と運転時間の点からエレベーターの高速化が進められ、日立製作所でのエレベーター高速化の変遷は図1に示すとおりである。日立製作所は、我が国の超高層ビルでの360m/min以上の高速エレベーターの納入実績がいちばん多く、技術を確立しているが、540m/minを超えるエレベーターでは図2に示すとおり、高さが200m程度のビルでは運転時間の短縮にもほとんど効果がないばかりか、その運動エネルギーは速度の自乗に比例して大きくなり、機器の大形化による経済性、安全性及び信頼性について十分な検討が必要であると考えている。

##### 2.1.2 高速エレベーターの速度制御

直流エレベーターでは、着床時にはわずかに毎分メートルの所を制御する必要があり、また、走行距離によって出し得る最高速度が異なってくるなど、必要とする制御範囲が広く、かつ高精度が要求される。このため、機械系及び電気系を総合的かつ協調的に製作する必要がある。とりわけ電気制御系

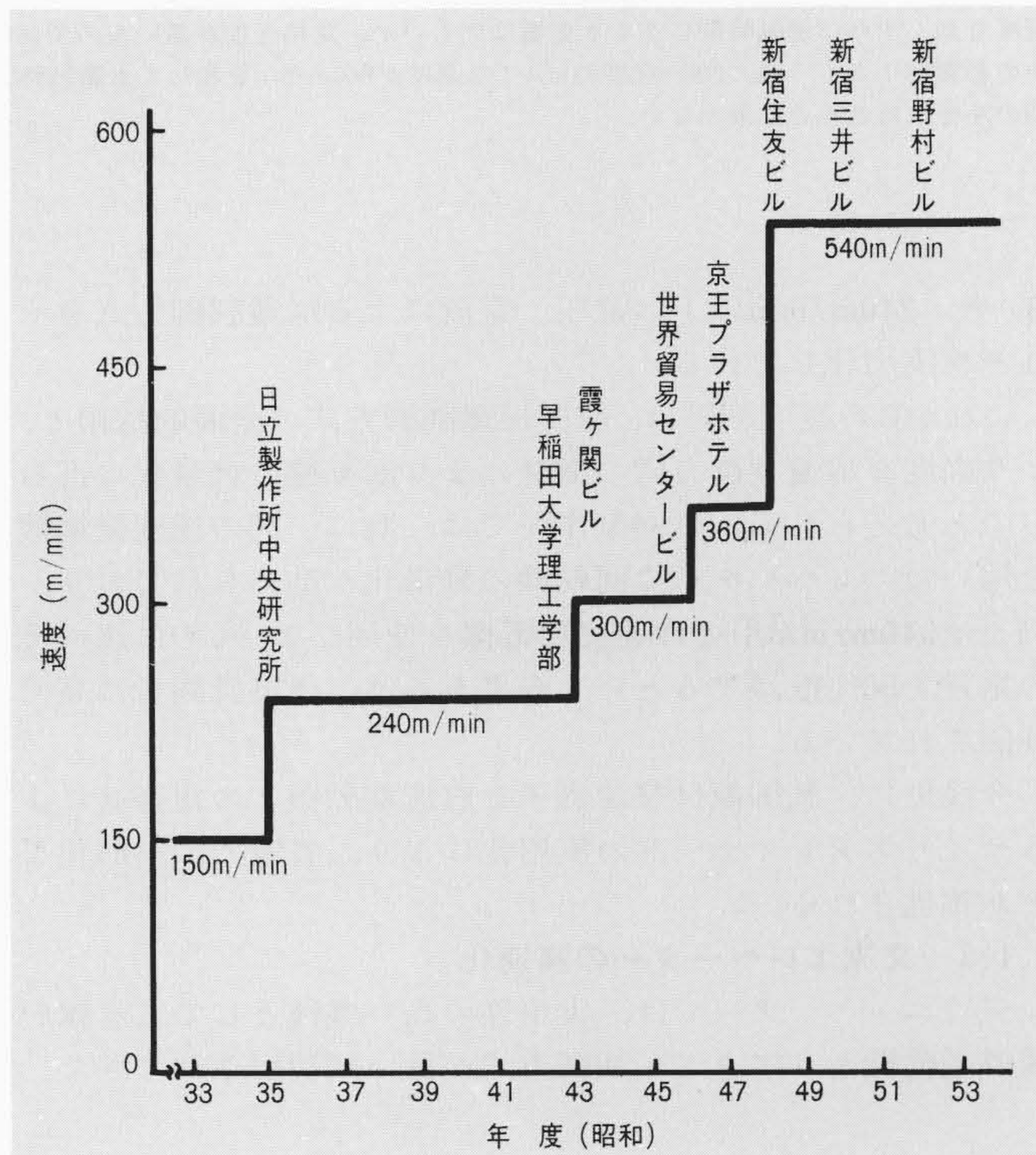


図1 日立製作所におけるエレベーター高速化の変遷 短期間に安全性が高く、特性の良い高速エレベーターを実用化し、超高層ビルの発展に寄与した。

の構成いかんがエレベーターの性能に大きな影響を与える。

直流エレベーターの速度制御方式は、一般に直流の発電機と電動機との組合せによるワードレオナード方式が採用され、オープンループ方式で行なわれていた。日立製作所では、昭和35年にクロズドループとして速度帰還制御方式を実用化し、以来数度にわたり改善を加え、独自の技術を確立して現在300m/min以上は速度発電機を用いた速度帰還制御方式(図

\* 日立製作所機電事業本部エレベーター技術本部



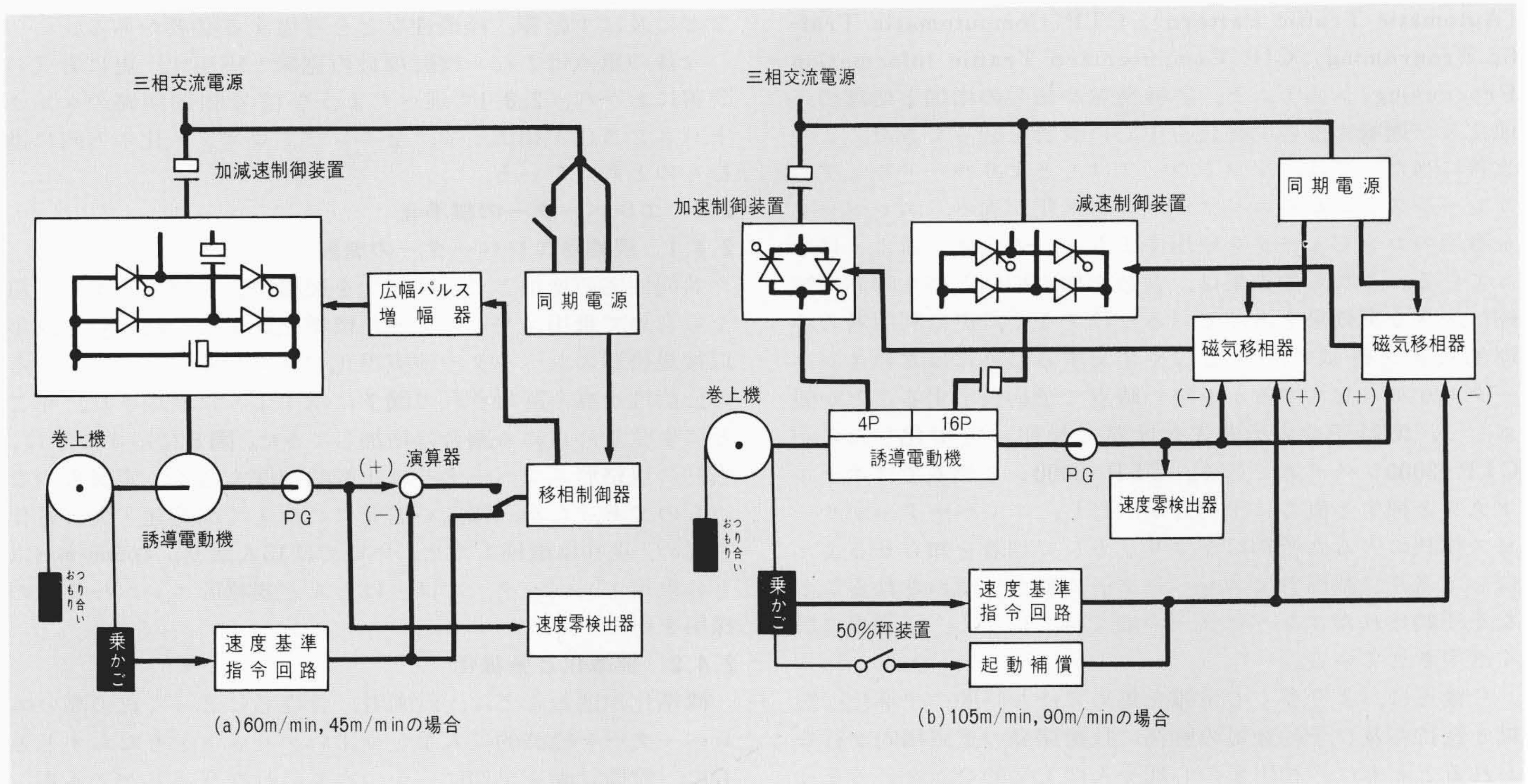


図5 DB制御方式 かご形誘導電動機の主回路を、制御極付整流素子で直流制御し、円滑で精度の高い直接着床方式を実用化した。

シリーズ化し製品化を行なった。

90m/min以上では図5に示すよう二巻線かご形誘導電動機を加減速専用の整流素子回路で、加速時は一相制御し、走行距離に対応して誘導電動機の同期速度以下での最高速度の制御を行ない、減速時には直流制動することにより連続加減速

制御を行なっている。この結果、従来の直流エレベーターで使用していた直流発電機を必要とせず、機械室の小形化、軽量化が図られるとともに、速度特性から運転時間の短縮にも寄与している。

60m/min以下では、かご形誘導電動機と単一サイリスタユニットにより速度帰還制御を行なっている。加速時には一相制御を行ない、減速時には加速制御に使用した整流素子をそのまま使用して直流制動を行なうことで連続加減速制御をしている。この結果、着床前の低速運転を全く不要とし、エレベーターの実効速度を上げ、運転時間の大幅な短縮を図るとともに着床特性を飛躍的に向上させることができた。図6にDB制御エレベーターの特性を示す。

DB制御エレベーターの適用は、従来15人乗以下のエレベーターだけであったが、今後前記の特長を更に幅広い分野で生かせるように、15人乗を超えるような大形エレベーターのDB制御方式の採用が推進され、また、いっそうの高速化として直流ギャレスエレベーターの分野である120m/minエレベーターの交流エレベーター化が一部で検討されている。

## 2.2 サービスの向上

### 2.2.1 運転方式の自動化

運転手付エレベーターの場合、運転効率が向上するよう種類の改善が図られてきたが、基本的に運転手による管理には限界があり、エレベーターの高効率運転は全自動化しなければ達成できず、今日のように運転手を付けない状態で全自動運転されるように発展してきた。

### 2.2.2 全自動群管理運転とサービスエレベーターの予約

エレベーター計画の基本となる輸送能力、待ち時間とも、エレベーターの台数、定員、速度及びサービス階床数が大きく関係する。特に台数はビルの計画に大きな影響をもたらすために決定に当たっては慎重を要する。

エレベーターのサービスの質は、群管理運転の良否が大きく影響する。このため、日立製作所は昭和33年以後、ATP

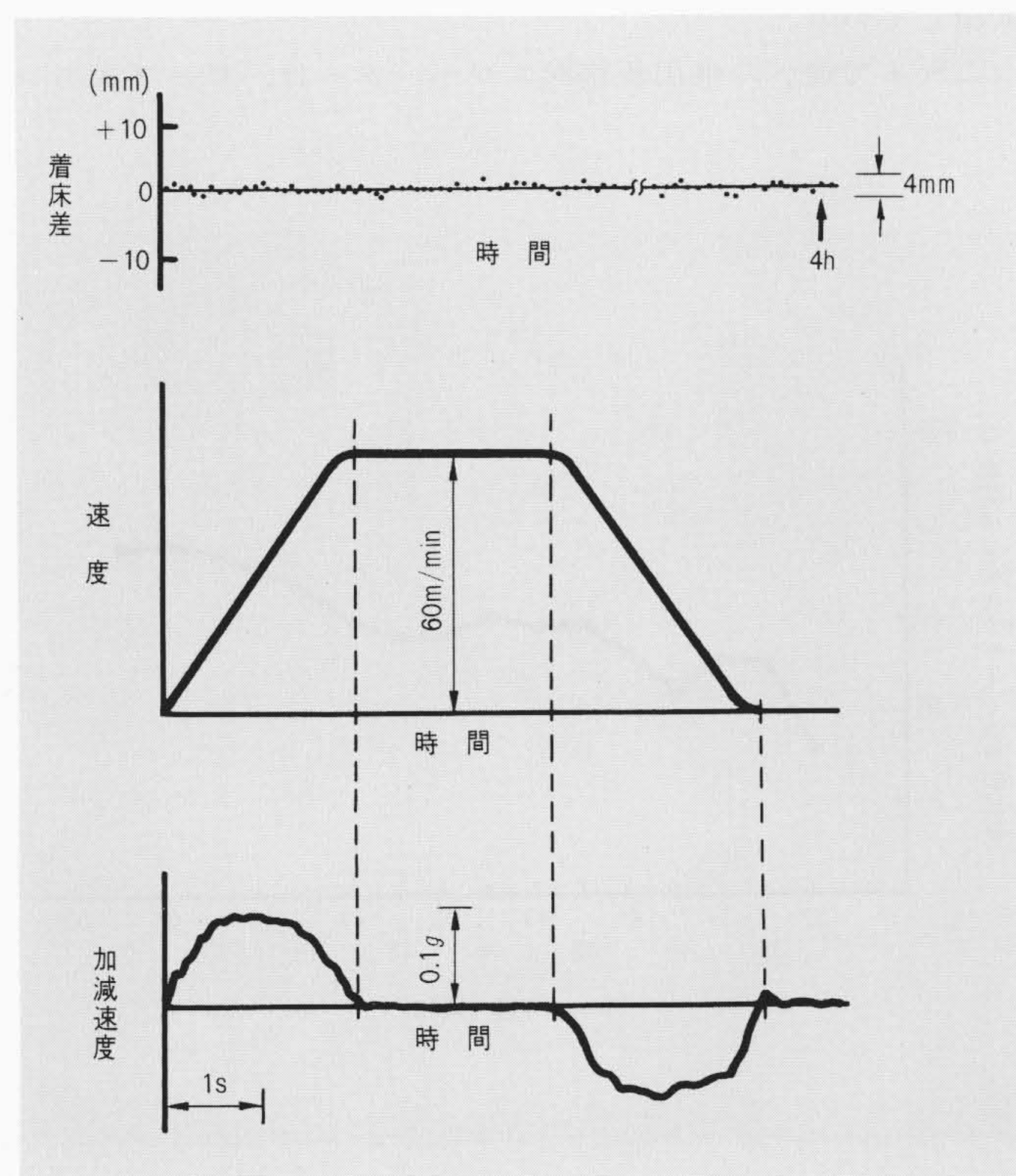


図6 DB制御60m/minエレベーターの特性 円滑で安定した着床性能を得られる。

(Automatic Traffic Pattern), CTP(Computomatic Traffic Programing), CIP(Computerized Traffic Information Processing)システムと、各種情報や信号の増加と処理の迅速化及び運転指令の的確化を中心に改善を図ってきた。この改善に当たっては、ソフトウェアはもとよりハードウェアもリレーシステムからエレクトロニクス化が進み、エレベーター専用のコンピュータを使用するものまで生産するようになってきた。これらの成果は、台数増加の抑制と待ち時間の短縮に大きな実効果をあげているだけでなく、更に利用者の心理的負担を軽減し、利用しやすくするためにはどのエレベーターがサービスするかを早い時点で予約表示することが望ましく、即時予約表示方式を世界で最初に実用化したのがCIP-3000システムである。CIP-3000システムではホールボタンを押すと直ちに予約灯が点灯し、エレベーターがサービス体制に入ると予約灯がフリッカして到着を知らせるようにしてあり、利用者はエレベーターの動きに煩わされることなく予約されたエレベーターの前で待てばよく、好評裏に広く活用されている。

今後更に、より多くの情報を集めて待ち時間の平準化、短縮と長待ち及び予約変更の解消に技術開発の重点指向が行なわれるとともに、利用者の心理や人間工学的な面をいっそう考慮した方式の検討が進められる。この種の一機種として、既にCIP-3800システムが開発されている。

エレベーターを運転するに当たって予測や割付精度の向上が進むと、待ち時間の短縮や輸送能力の増強につながることはもとより、予約変更などもなくなるが、利用者にとっては利用上の改善として何秒後にどのエレベーターが来るかなどを知ることができるようになり、その待ち時間表示の方式やデザインなどと相まって、快適に利用することができるようになる。これらは、極めて高度な技術の裏付けがあって初めて実用化できるものであるが、日立製作所のCIP-3800システムでは、既にこの待ち時間表示方式を装備することができる。

## 2.3 エレクトロニクス化に伴う省エネルギー化

### 2.3.1 装置のエレクトロニクス化

設置されるエレベーターの台数増加や高速化に対応して機能の高度化、情報処理の増大と迅速化、信頼性・生産性の向上などのため、運転や制御に使用される電気装置は電磁装置から電子装置へと変わりつつある。現在は呼びボタン装置、時限装置、フリッカ装置、位置検出装置、ドア開閉装置、管理運転装置、速度制御装置など、ユニットごとのエレクトロニクス化が進められて電磁装置と組み合わせられて使用されているが、今後更に、信号、制御回路をトータルとしてエレクトロニクス化し、エレベーターの機能、生産性の向上とともに省資源、省エネルギー化を図る方向へ研究開発が進められている。

### 2.3.2 速度制御のエレクトロニクス化

直流エレベーターでは、界磁制御を行なうことによって速度制御を行ない、界磁制御は多くの場合電磁器具によって行なわれているが、日立製作所では界磁制御をエレクトロニクス化して、性能向上とともに省エネルギー化を図っている。エネルギー節約時代を迎えて、よりいっそうの省エネルギー化を図ることが必要であり、各社で制御極付整流素子と直流電動機とを組み合わせる速度を制御する方式(サイリスタレオナード方式)が研究されている。これによると、従来、回転機で発生していた損失をなくし、20~30%の電力使用量低減が見込まれる。技術的に、正負に変化する電動機負荷に対する性能の安定化、安全面からみた信頼性、電源や他電子装置

などに及ぼす影響、経済性などを考慮する必要がある。

今後の重点はこれら検討項目の克服と実用化、更に方式の改善におかれ、2.3.1で述べたような信号制御回路のエレクトロニクス化と相まって、全エレクトロニクス化の方向に進むものと考えている。

## 2.4 エレベーターの標準化

### 2.4.1 規格形エレベーターの発展

共同住宅の増加とビル高層化を契機に、一般中・小ビル用をも含めて乗用エレベーターの標準化が進められ、昭和36年以後規格形エレベーターが実用化されている。発表以来、その公益性が高く評価されて図7に示すように多用され、年ごとに生産量に占める割合は増加してきた。図8に示すように、当初の規格形エレベーターは比較的速度も遅く、定員も少ないものであったが、幅広い需要にこたえて高速化・大容量化を進め、現在は機種も増え、今日では15人乗り、105m/min以下の乗用エレベーターでは、ほとんど規格形エレベーターの採用を得ている。

### 2.4.2 標準化と多様化

標準化が進むことは、計画者、管理者にとって質の高いエレベーターを経済的に入手しやすいメリットをもたらすとともに、設備計画を早期に、かつ容易に行なうことができる。このような観点から乗用エレベーター以外についても標準化に対する要請があり、寝台用、人荷用及び荷物用について標準機種が採用されている。

標準化した場合には、基本仕様以外に意匠や機能面での標準化も実施されているが、とりわけ乗用エレベーターにあっては幅広い需要があり、これら用途の拡大に対応して高速化や出入口意匠の増加など、仕様の多様化も行なわれてきた。標準化と多様化は相矛盾する面をもっているが、設計の根本からこの点を考慮し、仕様の多様化に対処しながら標準化をいっそう推進することにより、実用性、公益性の高いエレベーターを規格形エレベーター及び標準形エレベーターとして供給している。

これまで述べた乗用規格形エレベーターは、ロープ式エレ

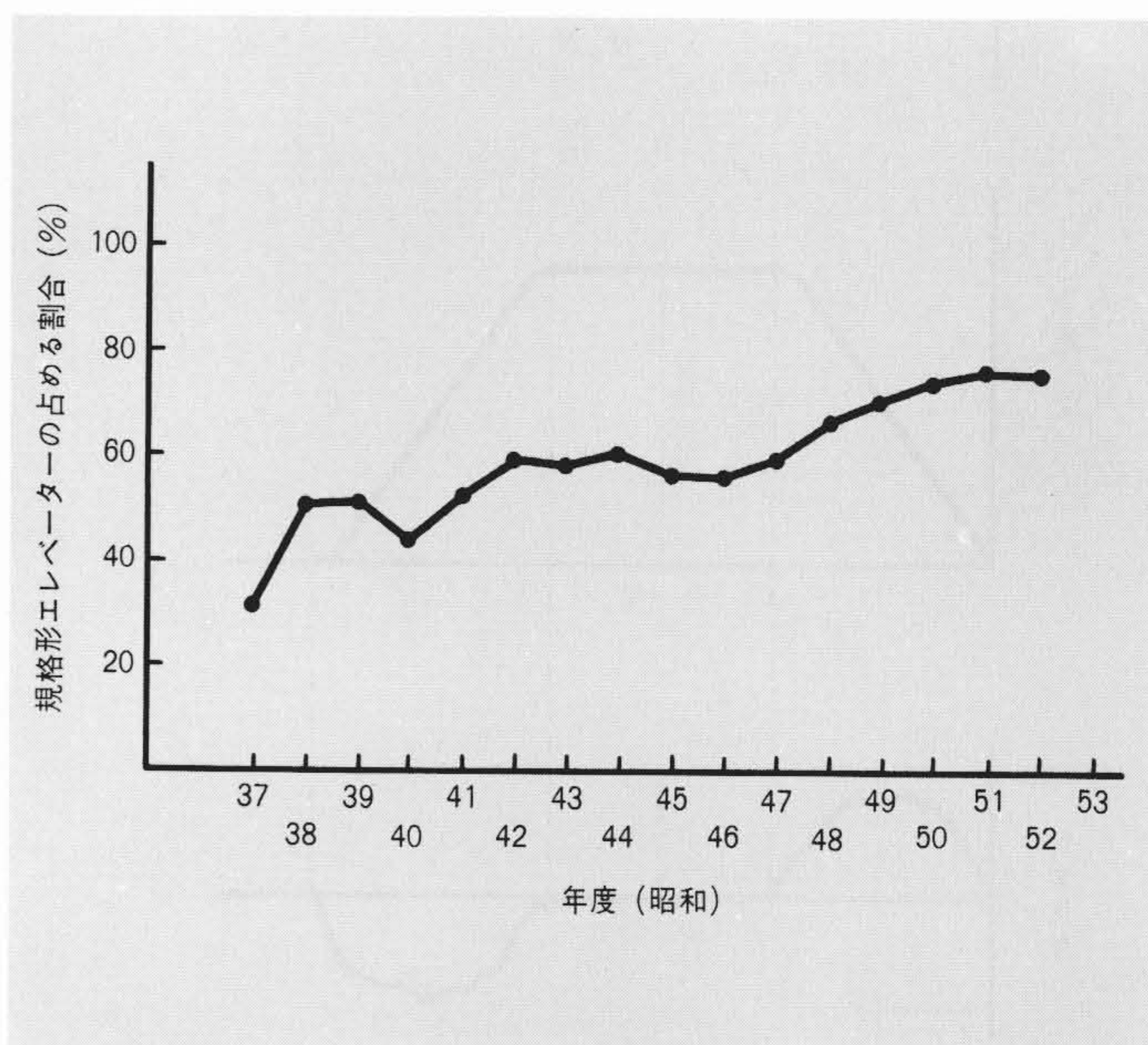


図7 規格形エレベーターの占める割合 規格形エレベーターの実用性が高く評価され、広範囲な需要により、規格形エレベーターの占める割合は年とともに増加してきた。

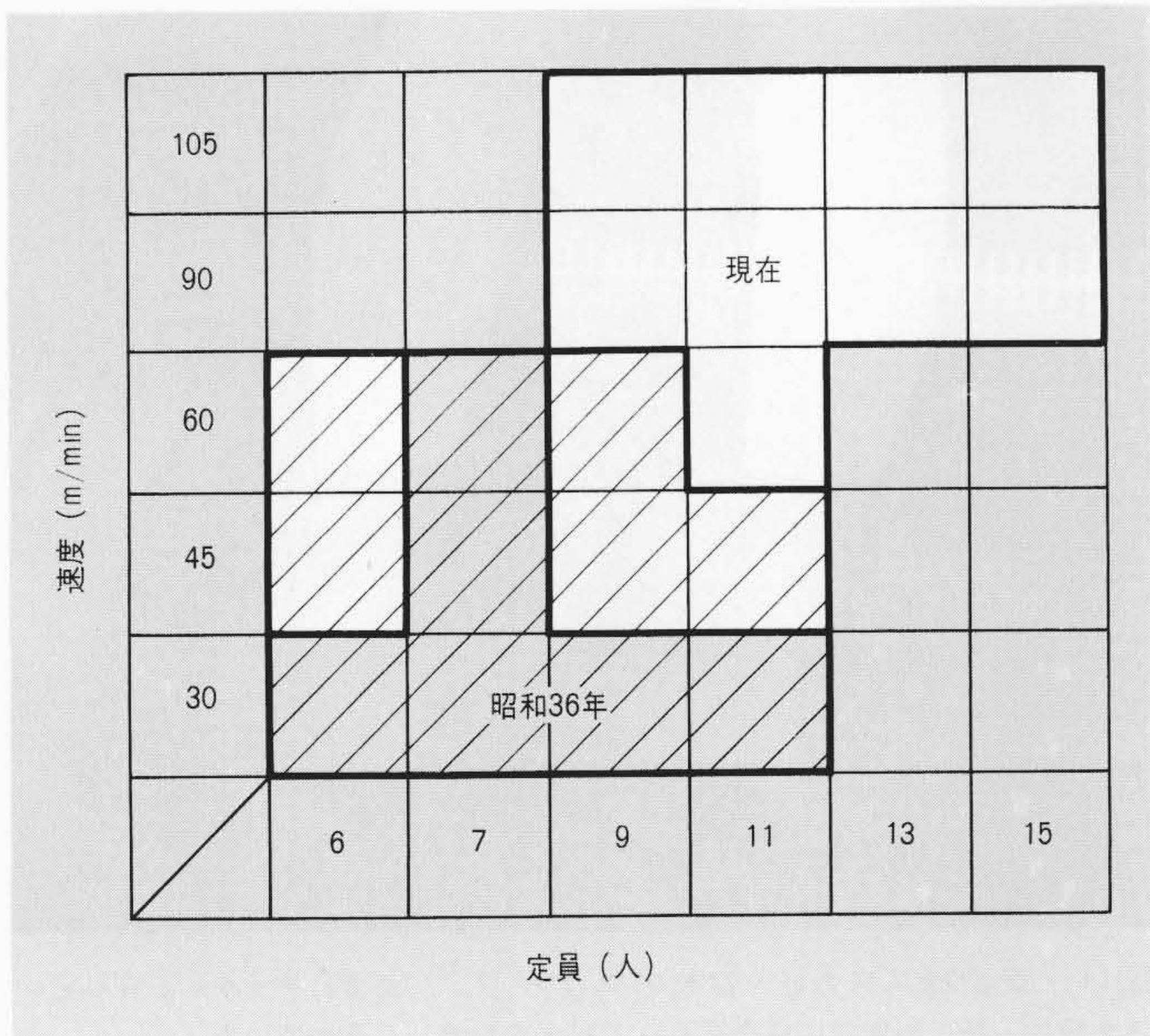


図8 規格形エレベーターの基本仕様 規格形エレベーターの需要層の拡大に対応し、大容量化・高速化が進められ、ますます好評を博している。

ベーターであるが、5階以下の共同住宅ビル、日影制限を受けるビル、あるいは風致地区での建築計画などに標準機種として油圧エレベーターの標準化が進められている。既に一部油圧乗用エレベーターの標準化が実施されているが、今後メーカーの努力によって油圧式住宅用エレベーターの実用化が推進され、またロープ式では直流ギヤレスエレベーターの範囲に対して、標準化の積極的な拡大が図られていくものと考えられる。

### 3 エレベーター利用者に対する安全上の配慮

#### 3.1 事故と閉じ込め

エレベーターでの事故や閉じ込めは、主として小児・幼児で起こるため発生したときの処理に問題があり、場合によっては痛ましい結果を生ずることになる。

共同住宅ビルの発展は、生活様式を大きく変える要素をもっており、日常生活にエレベーターが取り入れられたのもその一つである。生活環境の変化、遊びの変化、想像を越える行動などととも、共同であるがための管理上の問題などが絡み、共同住宅でのエレベーターの事故や閉じ込めが増加しており、一つの社会問題となっている。

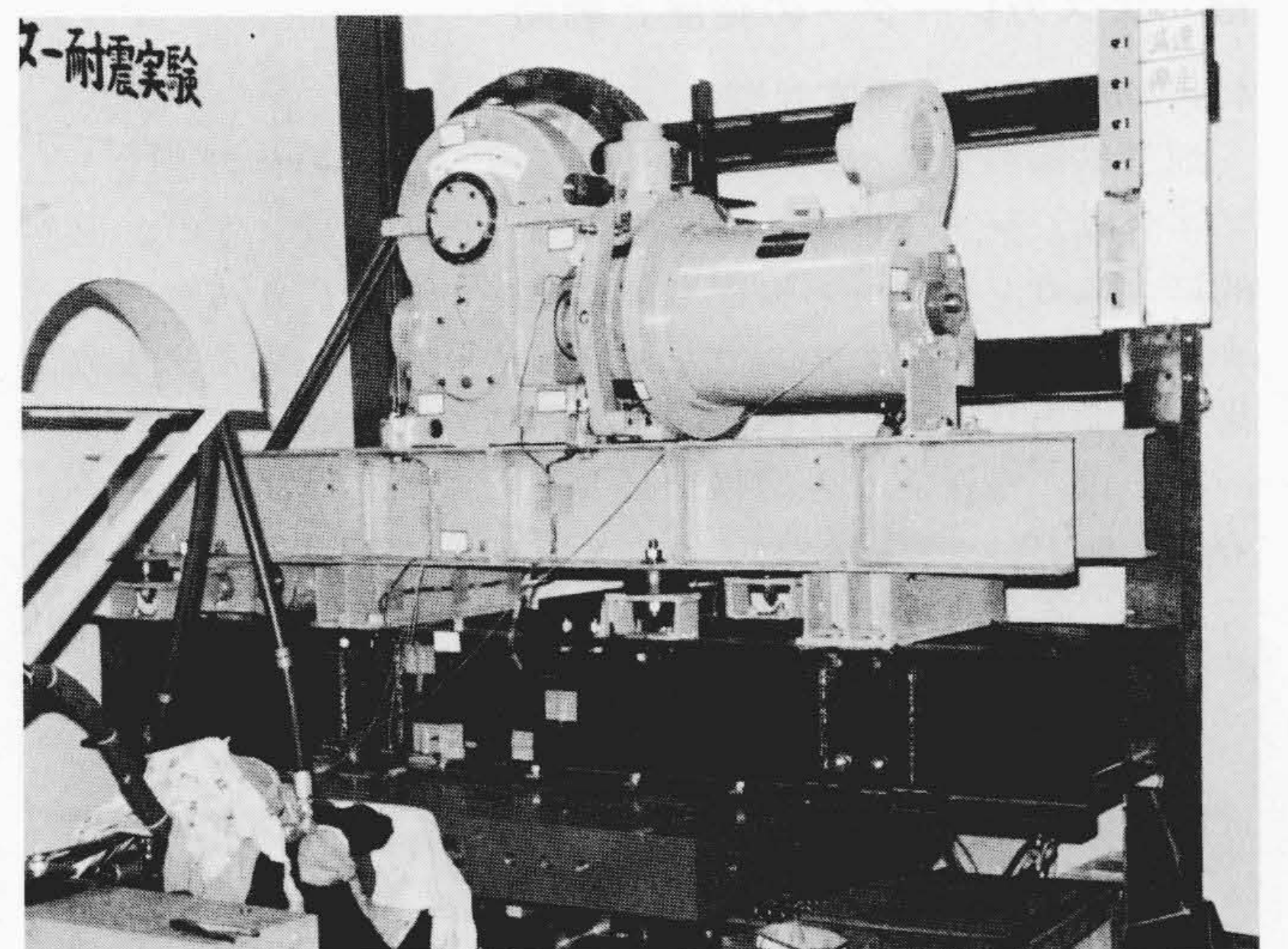
エレベーターでの事故や閉じ込めの発生率（ $\frac{\text{月当たり故障件数}}{\text{対象台数}} \times 100\%$ ）は1.2%程度であるが、共同住宅では2%程度で、とりわけ公的共同住宅では5%程度と異常に高い。共同住宅での事故や閉じ込めの発生は、主に利用者の使用方法や維持管理の不備によるもので、前記のうちの60%程度をも占めている（日本エレベーター協会のデータによる）。

これらの事故や閉じ込めを減らす努力はメーカーとして推進しており、運転盤上の停止ボタンの隠蔽化、戸の異常外力を検出して反転させる機構の実用化、その他機器の改善、救出の迅速化などを図ってきているが、現在官民一体となって更に改善が検討されており、これらの検討結果の研究や実用化が今後重点的に進められる。機器側でも対策改善を進めていくが、更に小児・幼児の事故や閉じ込めをなくし、より安全な利用を図るためには、利用者や管理者の使用上に対するいっそうの留意が望まれる。

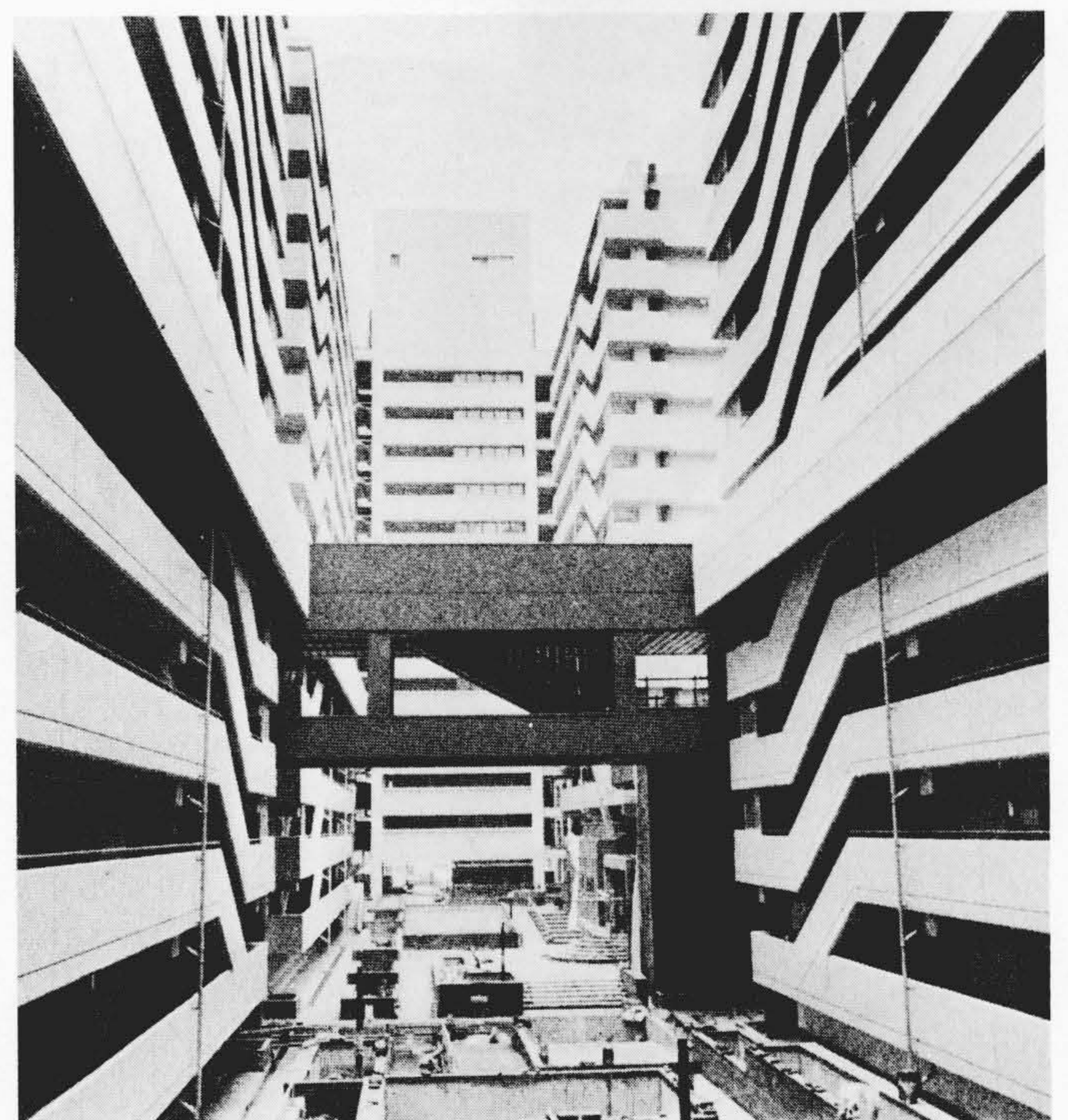
#### 3.2 非常時の運転

非常時に閉じ込めや二次災害を発生することが考えられ、非常時での管理方法や運転方法が検討され、標準化が進められてきた。火災時には管理側の指令により一斉に避難階へ自動運転され、地震時には震度4以上を検出すると最寄階へ自動的に停止したり、停電時には自動的に非常電源による運転継続や停電時自動着床方式による最寄階運転などが標準化されている。非常時の対応策として、これらの諸施策がビル全体の防災管理方式や監視方式の充実の一環として全般的に採用されることが望ましい。

また、防災上の観点から地震時にも十分エレベーターの機能が果たせるよう耐震設計を行なうことが望ましく、建屋設備として耐震基準が検討されている。東京都白鬚防災拠点向け住宅ビルでは、エレベーターについても耐震性能をもたせるようにし、機械室設置品、更にガイドレール、ロープ、テ



(a) 巻上機の耐震試験



(b) 白鬚住宅

図9 耐震試験及び白鬚住宅 防災拠点として、建築物及び諸設備に耐震設計が考慮されている。

ープ類の振れ止め、テールコードの保護などについて十分な配慮が払われている。図9に巻上機の耐震試験及び白鬚住宅の状況を示した。

いったん非常時を迎えたときの処理も大事なことであり、ビルでの監視システムや故障通報システムなどが今後重点的に推進される。

### 3.3 身体障害者に対する配慮

近年積極的に福祉施設の充実が進められ、その一環として車椅子使用者用としての配慮が払われたエレベーターが各所に設置されてきた。このエレベーターは、一般乗用エレベーターと比べてボタンの位置や戸の開閉などに配慮が払われている。車椅子での乗降を容易にするため、乗りかごはある程度の大きさをもつことが必要であり、定員11人以上のものを計画することを推奨している。また重度心身障害者には、付添人が付き添って利用することにより安全な利用が図れるよう切望する。

## 4 エスカレーターの発展と動向

### 4.1 高揚程化と速度制御

地下鉄網の発達や駅の多層化により、乗客の移動を主としてエスカレーターによるものとするが必要になり、必然的にエスカレーターの揚程も非常に高いものになってきた。また、駅であるためエスカレーターの利用者が到着するのは集中的であり、大きな輸送能力を得るため、エスカレーター一台一台の輸送能力の増強が必要となった。エスカレーターの輸送能力は速度に比例するため、速度を上げることが有効であり、監督官庁の認可のもとに一般に30m/minのものを40

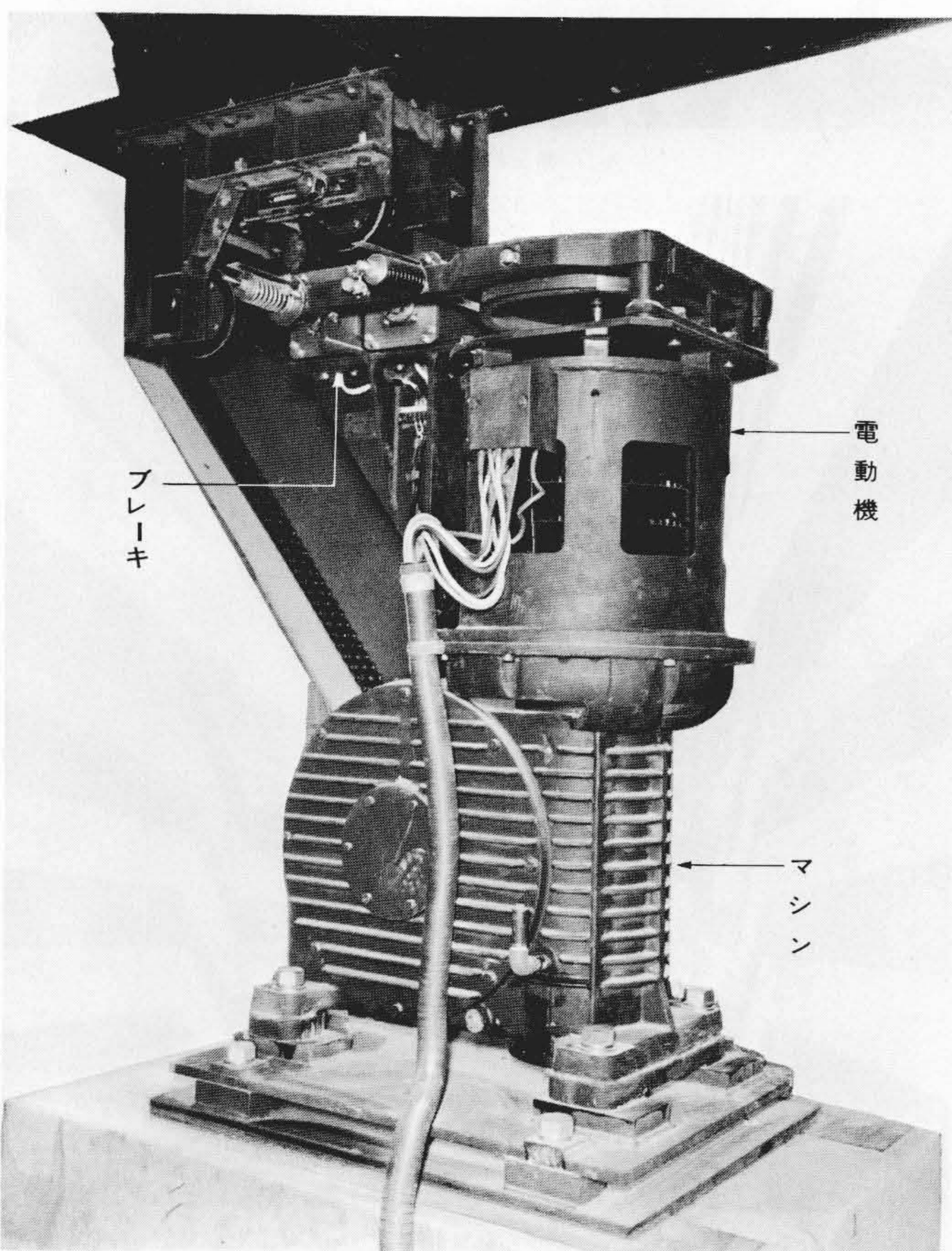


図10 高揚程エスカレーター用駆動機械 高揚程用として、非常停止時の安全を考慮した制動機構(ブレーキ)が設けられている。



図11 安全増エスカレーターのステップ 三方にデマケーションピースを設け、特に両側端は棧を高くして安全性を著しく高めている。

m/minで実用化するに至っている。一般の時間帯には、老人・幼児の利用もあるため、安全上から速度を落としておく必要がある。時間帯によって高速、低速の切替えができるようにしてある。また運転速度の高いエスカレーターでは、非常停止時の安全を考慮して、運転方向に対応してブレーキトルクの大きさが変えられるようにブレーキ構造を工夫しており、その駆動機械を図10に示した。

今後更に、都市交通機関の発達に対応して速度に対する検討が行なわれていく。

### 4.2 安全に対する配慮

通常使用時での安全を確保するための方策は種々施されているが、とりわけ人が乗るステップまわりは幼児の事故が最も起こりやすい所であり、クリートとクリート、あるいは櫓の間の噛み合い構造の改善や、安全スイッチの追加などが行なわれている。

更に、ステップまわりでのより積極的な安全策の一つとして、ステップ踏み面の三方にデマケーションピースを設け、特に左右両側は高くして安全増を図ることが実用化されている。図11にステップを示した。これは靴がスカート部分に触れることを防止するのに有効な方法で、昭和51年に日立製作所が世界に先がけて実用化した方式である。今後更に安全への努力を続けていくが、エスカレーターまわりでの事故発生を防止するため、利用者の正しい乗り方の励行など安全に対する配慮を切望する次第である。

## 5 結 言

エレベーターの主要点である速度制御、群管理制御、省エネルギー化、標準化並びにエスカレーターに関する発展過程と安全上の配慮について、その内容及び今後の動向について要点を述べた。エレベーターの発展は、量的には経済発展、特に建築需要の増大と深く関係し、質的にはメーカー自身の技術開発力と利用者・管理者側の要求に負うところが多いが、今後とも更に広い範囲にわたって、公益性・公共性の高いエレベーター及びエスカレーターの供給に努力を続けていく考えである。

本稿を関係各位の参考にとともに、今後の発展にっそうの御指導、御協力をお願いする次第である。