

# 安心・安全と快適を提供し続ける昇降機

Elevators and Escalators Providing Dependability, Safety, and Comfort

木下 透 小林 清

■ KINOSHITA Toru

■ KOBAYASHI Kiyoshi

近代的なエレベーターが実用化されておよそ150年になるが、エスカレーターを含めた昇降機は、ビルの高層化や高福祉社会の進展などにより、ますますその存在価値が高まっている。そのような状況のなかで、東芝エレベーター(株)は、ユーザーに安心して使用してもらえるとともに、感動してもらえる昇降機の実現を目指し、それぞれの時代に合わせて最先端技術を積極的に開発し、製品に反映してきた。

当社は、今後も多様化し高度化する市場ニーズに応えていくため、より便利で安全かつ快適な昇降機を追求していく。

Approximately 150 years have passed since the first modern elevator was installed for practical use, and the presence of elevators and escalators is becoming increasingly significant due to the spread of both high-rise buildings and the welfare society. Under these circumstances, Toshiba Elevator and Building Systems Corp. has continued its development activities aiming at the realization of impressive elevators and escalators that offer a comfortable ride. We have been actively introducing the latest technologies in the development process to match the requirements of the times, and embodying them in our products.

For the future, we are committed to the development of elevators and escalators that respond to diversified user needs while offering greater convenience, safety, and comfort.

## 1 まえがき

東芝エレベーター(株)は、1966年に昇降機事業を創業して以来、標準型から世界最高速機種までの幅広いエレベーターと、エスカレーターや動く歩道など、数多くの製品を世の中に提供してきた。

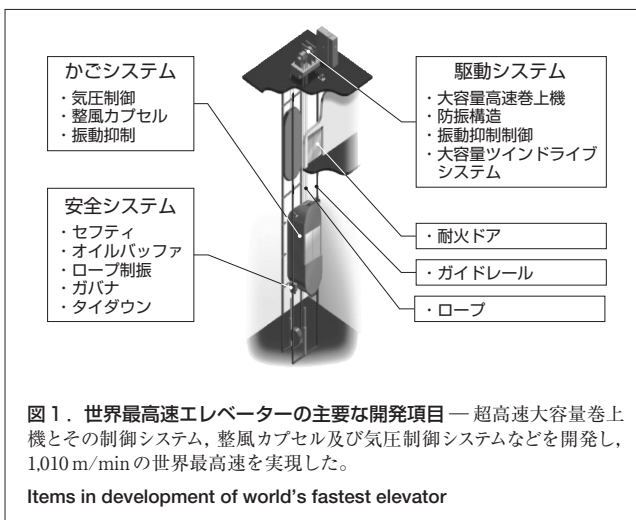
ここでは、当社の昇降機を中心に、これまでの技術の変遷を述べ、更に、最近の動向と今後の展望について考察する。

## 2 昇降機の変遷

### 2.1 高速エレベーター

日本では、速度120 m/min以上の機種を高速エレベーターと分類しており、大規模事務所ビルや高層ビルなどに設置され、高性能、高級意匠、インテリジェント化など、付加価値の高い商品と位置づけられている。また、近年、高層マンションが大都市圏を中心に増加しており、住宅用エレベーターにも高速エレベーターが採用されるようになった。

制御技術は、1970年代後半からサイリスタレオナード方式とマイコン制御が採用され、省エネルギー効果をもたらした。その後、交流駆動制御技術の発展により、交流可変電圧可変周波数(VVVF)インバータ制御方式が主流となった。当社は、このインバータ制御による高速ギヤレスエレベーターを世界で初めて開発した。主回路変換素子には大容量パワー



トランジスタ(GTR)や絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)が用いられ、専用マイコンによる全デジタル制御で精度及び信頼性の向上を図った。

また、台湾の台北市に建設された、世界一の高さ(508 m)を誇る“TAIPEI 101”ビル向けに、速度1,010 m/minの世界最高速エレベーターを開発し、2004年12月に納入した。このエレベーターの実現にあたっては、超高速大容量巻上機とその制御システム、整風カプセル及び気圧制御システムを搭載した気密かご、高性能ガイド装置、各種安全装置などを開発した(図1)<sup>(1)</sup>。

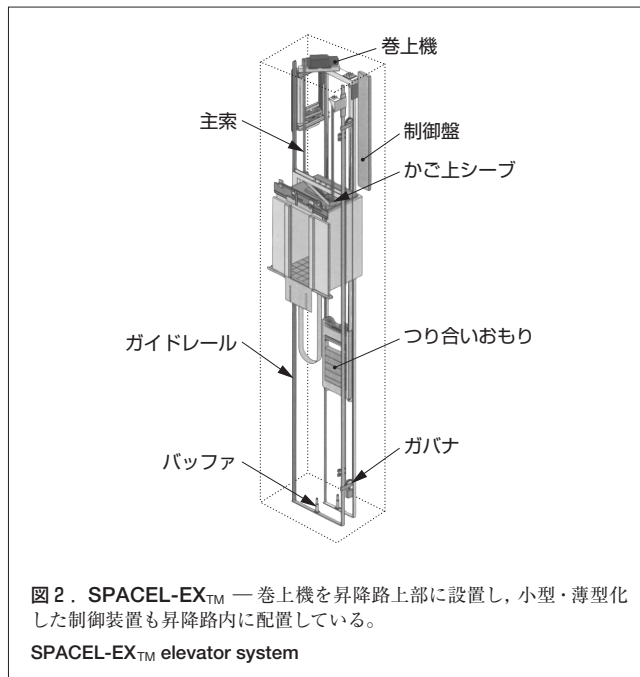
## 2.2 中低速エレベーター

**2.2.1 ロープ式エレベーター** 表1に示すように、制御技術は、乗りごこち向上のため、1970年代前半に主回路にサイリスタを用いた交流帰還制御を実用化した。この時期の制御装置はリレーが主流であったが、高速エレベーターと同様、1970年代後半からマイコン制御となった。また、駆動装置には、振動騒音の低いウォームギヤ巻上機を使用していた。

1980年代半ばからは、この分野でもインバータ制御を採用し、省エネルギーと乗りごこちの向上を図った。主回路素子には当初GTRを用いていたが、その後IGBTを採用した。駆動装置は、ギヤ効率の高いヘリカルギヤ巻上機に移行していった。

当社は、1998年に業界に先駆けて、マシンルームレスエレベーター SPACEL™を開発し商品化した。機械室を不要とすることで、省スペースと建築の自由度を増すとともに、永久磁石同期電動機(PMSM)ギヤレス巻上機と新制御システムの採用により、更なる省エネルギーを実現した。その後、マシンルームレスエレベーターは中低速エレベーターの主流となり、適用拡大と進化を続けている。当社の最新マシンルームレスエレベーター SPACEL-EX™の全体システム構成を図2に示す。

**2.2.2 油圧式エレベーター** 単純な2段速度制御を長らく用いていたが、1980年代になって、流量帰還制御により圧力と温度の影響を減らしたシステムが開発された。その後、ポンプモータをインバータで直接制御する方式が開発・商品化され、技術的な進歩・発展を遂げた。しかしながら、前述のロープ式マシンルームレスエレベーターの出現により、油圧式エレベーターの設置台数は減少し、現在は荷物用エ



レベーターなど一部の機種に採用されているだけである。

## 2.3 群管理システム

群管理システムには、エレベーターを待っている利用者にとって心理的な負担をかけないような、最適なかご運行制御が求められる。当社は、マイクロコンピュータを用い、各階の乗り場での待ち時間を予測演算して短縮するようにかごの割当てを行うCommand-800シリーズを、1977年に世界で初めて商品化した。更に、人工知能技術を応用したCommand-AI、ファジィニューラルネットを応用して最適制御を行うEJ-1000™

表1. 昇降機に対するニーズと東芝エレベータ(株)の技術開発の変遷

History of technical development of elevators and escalators

年代	1970～	1980～	1990～	2000～
社会状況と昇降機へのニーズ	建物の超高層化 高速化	省エネルギー化 省資源化 高齡化 耐震性強化 高機能化 多様化	建物の多様化(個性化・高度化・アメニティ) 超超高層ビル構想, 地球環境, 高福祉 省資源化	バリアフリー 超超高層ビル対応 ユニバーサルデザイン
関連技術	ウォームギヤ 大容量サイリスタ リレー, リニアIC 8ビットマイコン	大容量トランジスタ 16ビットマイコン, 高速伝送	ヘリカルギヤ, 大容量IGBT 32ビットマイコン	PMSMギヤレス
群管理システム	スケジュール制御 割付制御 マイコン制御(C-800)	学習機能 (C-6000L)	ファジィエキスパート (C-AI) ファジィニューロ (EJ-1000™)	
高速エレベーター	ワードレオナード DCギヤレス巻上機	サイリスタレオナード ACギヤレス巻上機 マイコン制御	VVVF (GTR) VVVF (IGBT) (エルブライト)	PMSMギヤレス巻上機 (ニューエルブライト)
中低速エレベーター (標準型)	ウォームギヤ巻上機 交流2段式 交流帰還制御方式 (エレメイト)	VVVF (GTR) (セラプラムVF)	ヘリカル巻上機 VVVF (IGBT) (ルミナス)	マシンルームレス PMSMギヤレス巻上機 (SPACEL™) (SPACEL-EX™)
油圧式エレベーター	2段速度制御	流量帰還制御 圧力温度補償	速度帰還制御 インバータ制御	
その他エレベーター	自動車用エレベーター	4人乗りエレベーター 斜行エレベーター	ホームエレベーター	中低層共同住宅用エレベーター 駅舎用エレベーター
エスカレーター	2速度エスカレーター	動く歩道 高揚程エスカレーター	車いすステップ付エスカレーター 中間踊場付エスカレーター	35°エスカレーター 狭幅エスカレーター 速度切替エスカレーター(高速・低速) (Kindmover™)

シリーズを開発した。

## 2.4 エスカレーター

エスカレーターは、乗客を連続的に大量輸送できることを特長とし、様々なニーズに合わせて変化し、発展してきた。1970年代から、駅のホームと改札階を結ぶエスカレーターとして、2速度タイプが納入されるようになった。これは、朝夕の混雑時に電動機の極数を変更し、運転速度を通常の30 m/minから高速の40 m/minに切り換えて輸送能力を増加する。現在は、インバータ制御による速度切替えが主流となり、3速度以上の切替えが可能となった。これにより、閑散時には、安全性向上のため低速運転にすることもできるようになった。

1990年代に入ると、駅を中心にバリアフリー化を推進するため、車いす用ステップ付エスカレーターの設置が進められた。その後、既設エスカレーターの車いす用への改造も可能となったが、2002年ころから需要は減少し、現在では、車いす利用者の輸送はエレベーターが主体となっている。

また、2000年の建築基準法改正により、傾斜35°のエスカレーターが設置可能となり、省スペースのメリットからその台数を増やしている。

1980年代から設置され始めた動く歩道は、空港向けに広幅タイプ、商業施設向けに傾斜タイプと多様化している。

## 3 これからの昇降機技術と製品展開

### 3.1 エレベーター

#### 3.1.1 省エネルギーと省スペース

これまでエレベーターは、高効率PMSMギヤレス巻上機やインバータベクトル制御などにより、省エネルギー化を進めてきた。建物全体の消費電力の中でエレベーターの比率は小さなものであるが、これからは省エネルギーに対する要求は続くと考えられる。熱として放出していた回生時のエネルギーを有効活用するため、制御装置内に電池を備え、回生時に充電し力行時に電力を供給することで省エネルギーを可能にした、ハイブリッド駆動方式などが実用化されており、今後も環境調和型製品の開発と普及が見込まれる。

中低速エレベーターでは、マシンルームレスエレベーターの登場により機械室スペースが不要となり、大幅な省スペースを実現した。一方、超高層ビルでは、エレベーター設置面積の占める割合を抑えることが求められる。それへの対応の一つとしてダブルデッキエレベーターがあり、主にシャトルエレベーターとして用いられるようになった。また、一つの昇降路に複数台のエレベーターを配置する、1シャフトマルチカーエレベーターの研究も進んでいる。

**3.1.2 個性化** エレベーターには、ビルの顔として高い意匠性や個性的なデザインが要求される。ガラスを多用

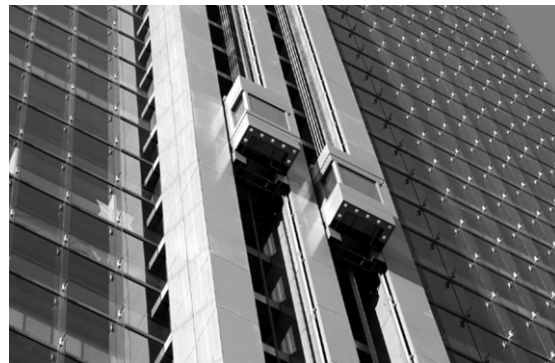


図3. 屋外形展望エレベーター — 2台の屋外形展望エレベーターが建物の壁面に沿って昇降する。

Outdoor type observation elevator

した屋内オープンシャフトエレベーターだけでなく、法改正により、屋外に面する展望用エレベーターも設置されるようになった。当社も、超高層ビル向け高速エレベーターとしては日本初の屋外形展望エレベーターを、東京六本木の泉ガーデンタワーに納入した(図3)<sup>(2)</sup>。

このエレベーターには耐風圧設計、ロープ制振装置、雨雪対策など、多くの設置環境適合施策が施されている。

今後も、建物の魅力を高める様々なエレベーターが登場していくであろう。

**3.1.3 ユニバーサルデザイン** 高齢化社会の到来が叫ばれて久しいが、高齢者や身体障害者が活動しやすい社会インフラ整備に果たす昇降機の役割が重要となっている。公共施設や駅舎などに設置される昇降機ではバリアフリーの考えを一步進め、誰もが使いやすいユニバーサルデザインの導入が進んでいく。当社も、操作ボタンや各種表示の操作性や視認性の向上、視覚障害者のための凸文字ボタンや音声案内、車いす利用者の乗り降りをスムーズにするための乗り場とかごの敷居間距離短縮、などを提供しており、今後も、人に優しい配慮を更に盛り込んでいく。

**3.1.4 セキュリティ** セキュリティに対する需要は近年急速に高まっている。部外者をエレベーターに乗り降りさせないことを目的とするサービス階切離し機能は、従来から数多くの建物に採用されているが、最近では、顔の造作や指紋によって個人を識別するバイオメトリクス技術や、ICカードを利用したシステムが商品化されている。ほかにも、マンションのエントランスホールのオートロックやインターホンと連動してエレベーターの利用を許可するシステムや、エレベーターかご室内に設置された防犯カメラ映像を乗り場や管理人室のモニタに表示するシステムなど、多くのシステムが商品化されている。

今後は携帯電話や短距離無線などを利用した、更に安心で便利な機能が実現されていくだろう。



### 3.2 エスカレーター

エスカレーターにおいても、エレベーターと同様、省スペース化や省エネルギー化が加速されていく。省スペース化としては、狭幅エスカレーターや薄型動く歩道が、今まで以上に普及すると予想される。また、省エネルギー化としては、乗客のいない時には低速運転し、センサが乗客の乗込みを検出するとインバータ制御によって緩やかに定格速度まで加速する、ポールレス自動運転の普及が見込まれる。

ユニバーサルデザインを採用した最新のエスカレーター Kindmover™ (図4)についても、更なるKind(親切的な、優しい)を求めて開発を継続している。その一方で、高効率駆動装置や無給油チェーンなど、環境調和型エスカレーター実現のための要素技術開発も進んでいる。

### 3.3 リニューアル

改廃部品の代替品の開発、機械部品の電子化技術、絶縁性能を診断し回復する技術など、既存の昇降機を長寿命化するための技術革新が進められている。

また、既存昇降機を部分的あるいは全面的にリニューアルすることも年々増加している。リニューアル工事によるエレベーターの停止時間を短くしたいという要望から、最近では、機械装置は既設品を使用し制御システムだけ交換する、制御リニューアルが主流となっている。

高速エレベーターにおいても、既設の直流ギヤレス巻上機を残し、制御装置をPWM(パルス幅変調)コンバータとチョッパ回路による最新システムに置き換える製品を開発し納入した。最新制御システムにより、性能と信頼性の向上、消費電力の低減、オプション拡大の効果が有り、モータの搬出入や交換が不要なことから、低価格、短工期でリニューアルを実施できる。

### 3.4 保守サービス

万一の災害や故障に備えた予防や保全の面では、定期点

検だけでなく、エレベーターの稼働情報を把握し活用することで、遠隔監視や遠隔保守の技術が開発され、エレベーターの快適な運転状態を維持できるようになった。

遠隔監視機能として、エレベーターやビル設備などの異常発生を、遠隔監視装置により24時間365日監視しており、異常発生が確認された場合に、迅速かつ適切に対応できるようになった。

また、遠隔保守は、サービス情報センターからの指令によりエレベーターの遠隔診断を行い、正常値を維持しているかどうかを確認するものである。

更に、現在ではエレベーターの稼働状況を示すデータを定期的に収集・分析し、これらの情報をサービスエンジニアによる定期点検時に活用している。

今後、ブロードバンドをはじめとする高速通信インフラの急速な普及や、各種センサの高度化に伴い、昇降機の運行状況に関する大量の情報が、安価でかつリアルタイムに入手できるようになり、今まで以上に高度な保守サービスが実現されるであろう。

## 4 あとがき

昇降機に対する市場ニーズはこれからも変化していき、それに応える技術革新が進んでいく。将来的には高さ1,000m級の建物の交通手段として考えられている自走式のエレベーター、ビルの玄関から乗れば目的の部屋まで運んでくれるエレベーター、及び建物壁面を縦横に走行するエレベーターなど、より便利で快適かつ安全な、様々な昇降機の実現が予想され、それに対する研究が続けられている。当社は、速度1,010 m/min世界最高速エレベーター技術をはじめとする様々な技術を駆使して、多様化し高度化する市場ニーズに対応して革新を続け、今後も優れた商品を生み出していく。

## 文献

- (1) 中川俊明, ほか. 世界最高速1,010 m/minエレベーター. 東芝レビュー. 57, 6, 2002, p.58-63.
- (2) 木下 透, ほか. 屋外形展望エレベーター・大容量高速エレベーター. 東芝レビュー. 58, 4, 2003, p.60-63.



図4. Kindmover™ — ユニバーサルデザインの採用による、すべての人にKindなエスカレーターである。

Kindmover™ escalator



木下 透 KINOSHITA Toru

東芝エレベータ(株) 技術企画部グループ長。  
エレベーターの開発・設計に従事後、技術企画業務に従事。  
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



小林 清 KOBAYASHI Kiyoshi

東芝エレベータ(株) 技術企画部主任。  
エレベーターの技術管理業務に従事。  
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.