昇降機の歩みと将来展望

ビルシステム事業本部 副事業本部長
髙部克則

1. ま え が き

三菱電機が初めてフルセットの昇降機を製造した1935年から，来年(2015年)で80年になる(**表１**)。

本稿では，これまでの昇降機事業の歴史を振り返るとともに，当社が業界に先駆けて標準機種を導入し，昇降機を量産するようになった1960年代以降の主な製品や技術開発の事例について述べる。また，**４章**では，都市への人口集中，建築物の高層化，大規模化に加え，利用者の安全を求める意識も年を追うごとに高くなるなど変わりゆく事業環境も踏まえ，これからの昇降機が何を目指すのかについて述べる。

2. 事業を取り巻く環境

2.１ 省エネルギー

昇降機を取り巻く事業環境は，ここ20年ほどで急速に変化している。特に日本では，製造物責任法に代表される消費者保護の思想が定着し，昇降機の保守状況にかかわらず，製造者として，エンドユーザーが安全に利用できる製品とすることが，強く求められるようになった。

また，省エネルギーに関する要請も非常に高くなってきており，以前は繁華街のエスカレーターに利用者がいる時のみ運転する自動運転装置を設けてはどうかと提案すると，“止まっているエスカレーターは(人が少ないことを象徴することから)イメージが悪い”などと，顧客に評価してもらえない状況であったが，近年，利用者のいないエスカレーターが動いていると，一般の人から“エネルギーの無駄なので止めてはどうか”との意見が寄せられるようになってきた。建物の所有者のみならず，社会の要請として省エネルギーに注目が集まっていると言える。

2.２ 利用者の高齢化と安心安全

現在進行形の大きな変化として高齢化社会が挙げられる。日本の将来推計人口(国立社会保障・人口問題研究所2012年１月推計)によれば，2020年には，65歳以上の人口が3,600万人を超え，全人口に占める割合が29％に達すると見込まれている。

また，介護が必要になる人が700万人に迫ると見積もられており，こうした人々を支えることが，日本社会の大きな課題になる。これだけの人々の移動を支援する一助として，昇降機の重要性が増すことは言うに及ばないが，高齢者の移動に対応するため，従来以上に使いやすく，ゆっくりした乗降を前提とした運転方法も検討する必要が出てくる。

さらに，高齢者だけではなく，小さな子供が１人で利用することもあり得るため，幅広い利用者にとって，安心して安全に利用できる製品とすることが求められる。ユニバーサルデザインに代表される，より操作しやすく，利用者にやさしい製品を目指して，これからも研究を進める必要がある。

表１．当社昇降機の歩み

VVVF：Variable Voltage Variable Frequency

	1930年代	1940年代	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
技術開発	1933年 当社神戸製作所にエレベーター係発足 1935年 一貫生産エレベーター１号機を納入 1937年 当社名古屋製作所設立と共に昇降機部門が神戸製作所から移転 	1945年 終戦 1946年 昇降機生産累計500台	1955年 欄干部ガラス製のエスカレーター納入 1957年 群管理エレベーター納入 	1961年 “エレペット”発売 1964年 当社稲沢製作所設立 1965年 “エスペット”発売 1965年 昇降機生産累計1万台 1966年 稲沢製作所に高さ65mのエレベーター第１試験塔を竣工	1970年 300m/minの高速エレベーター納入 1974年 昇降機生産累計5万台 1978年 600m/minの高速エレベーター納入 1979年 中間部駆動方式エスカレーターを製品化	1980年 昇降機生産累計8万台 1982年 国内初の高速VVVFエレベーター納入 1985年 世界初のスパイラルエスカレーター納入	1993年 750m/minの当時世界最高速エレベーター納入 1993年 昇降機生産累計20万台 	2000年 昇降機生産累計30万台 2004年 国内初の“可変速エレベーターシステム”を開発 2005年 “AXIEZ”発売 2007年 世界一高い173mのエレベーター試験塔竣工 2009年 昇降機生産累計40万台	2014年 1,080m/minの世界最高速エレベーター納入(予定)

名古屋製作所試験塔(36m)　稲沢製作所試験塔(65m)　稲沢製作所試験塔“SOLAÉ(ソラエ)”(173m)

2.3　グローバル事業

当社は昇降機事業を広く海外に展開しており，各国の事情や個別の顧客に対応するための検討事項も増えてきている。例えば，安価であれば多少の振動は厭(いと)わない地域もあるが，その同じ地域内でも一流ホテルであればスムーズな運転と豪華な意匠が求められる。また，国ごとの法律に従う必要もあるなど，市場からの様々な要求に対して，市場価格も鑑みながらラインアップをそろえる必要がある。

3.　製品や技術の変遷

3.1　エレベーター

3.1.1　標準形エレベーターの投入

1961年，業界に先駆けて標準形エレベーター“エレペット”をリリースした(６～11人乗り，速度30～60m/min，かご室のデザインはスタンダードとデラックスの２種類)。それまでのエレベーターは全て個別設計であり，それなりに高額であったが，仕様を限定し標準化することで，安価なエレベーターを市場に供給可能となった。エレペットの登場によってエレベーターの普及が進み，建物の高層化の推進に大きく貢献した。

その後も，エレベーターは世代を重ねるごとに，制御方式の進化による乗り心地の改善や，かごサイズの拡大及び新たなかご室デザイン，利用者の安全にかかわる機能の拡充，機械室スペースを省き機械室レス化するなど，顧客の求めに応じた製品を提供し続けており，現在の標準形エレベーター“AXIEZ(アクシーズ)”がその流れを受け継いでいる(**図１**)。

3.1.2　エレベーターの高速化

建築物の高層化に伴い，エレベーターの運転速度への要請が次第に高くなってきている。当社エレベーターの高速化の歴史をひも解くと，1967年に定格速度240m/minを実現後，1970年には300m/min，1974年には540m/min，1978年には600m/min，1993年には750m/min，そして2014年には完成時世界最高速となる見込みの1,080m/minの超高速エレベーターを据付け完了する予定である。

世界最高速エレベーターは当社昇降機のプレゼンス向上に大きな効果があるのみならず，これらの実現に当たっては，高速化にかかわる様々な技術開発がなされ，併せて高速運転を実現させるための精緻な据付けや，高速化によって生じた振動や騒音への対策など，越えなければならない技術的課題が随所に存在することから，開発力向上の良い機会であると考えている。

以下に，世界最高速対応の具体的な開発の内容について述べる[(1)(2)(3)]。

(1)　大容量巻上機

省エネルギー性を考慮しつつも大出力が得られる二重三相永久磁石モータによって低騒音・低振動を実現するとともに，ブレーキディスクを緊急停止時に発生する摩擦熱に耐え，安定した制動能力を得られる形状とした(**図２**)。

(2)　制御盤

独立したコンバータ・インバータを持つ駆動制御装置を２台用いた並列駆動制御方式の制御盤を開発した。

(3)　かごの外形形状

エレベーターは高速走行させると，かごの風を切る音が飛躍的に大きくなる。空気の流れを整えることによって，この風切り音を抑えるための理想的な流線形状のかご外形を，流体の数値シミュレーションによって導き出した(**図３**)。

(4)　アクティブローラーガイド

かご室とかご枠の両方に加速度センサを設け，運転中の振動やほかのかごの運行で生じる風による振動などを打ち消すようにアクティブ制御することで，スムーズな乗心地を実現した(**図４**)。

(a)　かご室内　　(b)　乗場

図1．標準形エレベーター AXIEZ

図２．大容量巻上機

図３．かご室の外形形状

(5)　非常止め

非常時にかご室を支える非常止めには，新規開発したセラミック製で高摩擦・高耐摩耗性を持ち，かつ耐熱性に優れた制動片を用いた。また，大荷重に対応しつつも省スペースを実現するための上下二段重ね構造とした(**図５**)。

(6)　緩衝器

プランジャを３段化することによって，約25％の小型化を達成した。

(7)　調速機

かごの上昇速度と下降速度が異なる場合に対応するため，かごの走行方向に応じて異常検出速度を機械的に切り替える機能を付けた。

このように，ほぼ全ての部位で新たな開発や改良を実施している。

3. 2　エスカレーター

3. 2. 1　標準形エスカレーター

エスカレーターでも様々なチャレンジをしてきた。1965年にスーパーマーケットが登場したことで，２～３階建ての建築物でも大人数の階間移動というニーズが出てきた。商業施設では建築設備である昇降機も安価であることが求められることから，こうした要請に対応するための標準形エスカレーター“エスペット”を市場に投入した。

標準形エレベーターと同様に，仕様の制限によって価格を抑えたことで，市場へのエスカレーター普及が進んだ。

3. 2. 2　中間部駆動方式のエスカレーター

一般的なエスカレーターは駆動装置が上部乗降口の床板の下に設置されている。この駆動装置をコンパクトにユニット化してエスカレーターの中間部のトラスに内蔵させることで，駆動装置の設置スペースを抑えた中間部駆動方式のエスカレーターを1979年に製品化した(**図６**)。

従来，上部駆動方式のエスカレーターでは大きな加重が上部にかかり，ローラーや手摺(てすり)の摩擦ロスが大きく問題となっていたが，この中間部駆動方式では，揚程(エスカレーターの高低差)に応じて駆動装置を複数設けることが可能であるため，加重が分散され，摩擦ロスが大幅に軽減できる最大で約30％の省エネルギーを実現した。

また，上部駆動方式の場合は揚程が高くなると，加速的に駆動装置が大きくなり，設置スペースも大きくなるが，このタイプでは揚程に応じて，複数の駆動装置を設ければよいことから，設置スペースが拡大することはなく，省スペースという意味でも画期的な製品である。

当社の高揚程エスカレーターは，現在でもこの方式を採用している。

3. 2. 3　スパイラルエスカレーター

当社のエスカレーターで特筆すべきは，1985年に発売されたスパイラルエスカレーターである(**図７**)。エスカレーターを曲げるというアイデアは，1900年代初頭からあったが，実用化できたのは当社のみであり，現在でも当社以外の昇降機メーカーは製造していない。

開発段階で理論上稼働可能な構造を見つけること，３次元曲線の形状を開発設計，製造，据付けするそれぞれの段階で，極めて高いハードルがあった。スパイラルエスカレーターが世に出て約30年たつが，当社しか製品化していないことが，その証左の１つである。

4. 将 来 展 望

4. 1　今後の昇降機に求められる役割

日本国内では現状より一層の高齢化が進み，特に外出した場合に目的地への移動に時間を要する人が多くなると考えられる。これは歩行者の歩速が緩やかになるだけでなく，ほかの移動手段(電動車椅子や，個人用の移動手段，歩行補助装置等)が増加することにもつながると考えられる。

このような社会が到来した場合，係員不在でも利用できる装置や，介助者が手助けしなくても利用できるような移

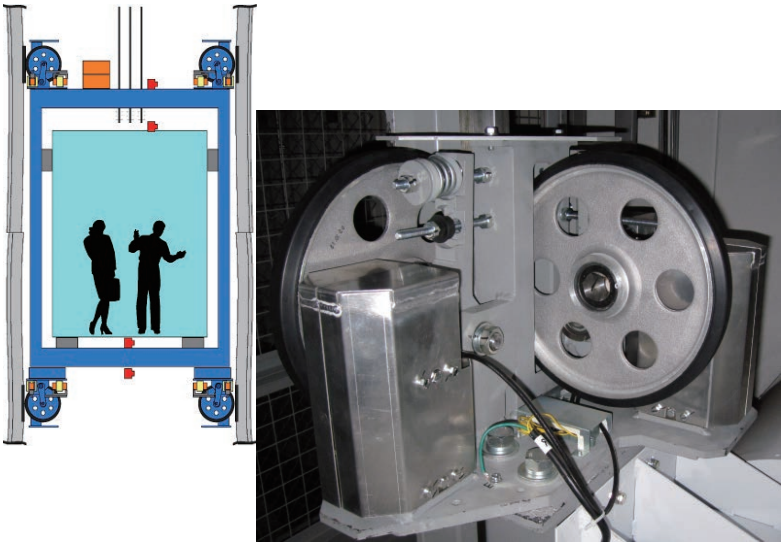

図４．アクティブローラーガイド

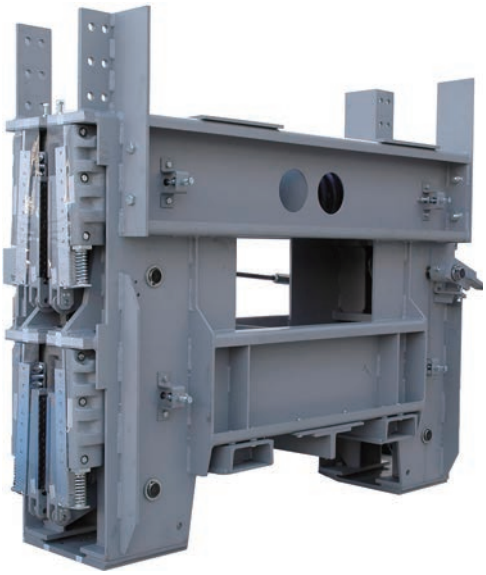

図５．非常止め

動手段が整備されるなど，各個人の自由意思で移動できるように環境が整備されることが，高齢化社会を支える人的負荷を低減する観点から望ましいと言える。昇降機はそうした移動環境を実現するために，今後も様々な利用者に対して，より使いやすくすることで，上下方向の自由な移動を支えることが社会的使命であると考えている。

誰でも自由に移動できる環境整備が，高齢者の社会参加を促し，それに伴い外出の機会が増え，移動の中で適度な運動も促され，健康な高齢者が活躍する社会を形成できる可能性もある。特に高齢化の進む日本で，昇降機の果たす役割はますます高くなると考えている。

4. 2　利用者に応じたスマートな運行

スマートな運行とは，例えば，荷物をたくさん持っている人，松葉杖(づえ)を使用している人，車椅子を利用している人などがエレベーターを利用しようとしていることを検出した場合は，乗り込むまで戸閉ボタンを無効にして待つなどである。

このような機能は周辺の利用者の状況を把握するシステムと，エレベーターの運行を連動させることで，実現可能と考えられる。

当社も好ましい社会のイメージを提起し磨き上げ，次の社会を支えるだけでなく，リードできるように研究開発を進めていきたい。

4. 3　海外の昇降機需要

海外では，国や地域の経済的な発展段階に応じ，昇降機の必要性にかかわる様々なステージがあると考えている。

成長の著しい国ではビルの高層化に伴う大量輸送手段としての昇降機が求められ，他方，昇降機を早くから導入している欧州や米州では，需要の約50％は老朽化した昇降機の取り換えとなっていることから，経済発展にかかわらず今後も建物の増加に比例して需要が拡大すると考えている。

5. む　す　び

昇降機は適切な保守によってその性能を維持し続けることができる。昇降機の稼働期間中，安全に利用してもらえるように技術開発を進めるとともに，これからの社会がどのように変化するのか，望ましい将来像をイメージしつつ，昇降機や関係するサービスやシステムがどのようにそれを支えるのか，日々考え，実現させるよう研鑽(けんさん)する所存である。

参 考 文 献

(1)　加藤　覚，ほか：超高速エレベーターの駆動制御システム，三菱電機技報，**86**，No.8，424～428(2012)
(2)　井村光芳，ほか：超高速エレベーターの安全装置，三菱電機技報，**86**，No.8，429～432(2012)
(3)　飯田真司，ほか：超高速エレベーターの快適性，三菱電機技報，**86**，No.8，433～436(2012)

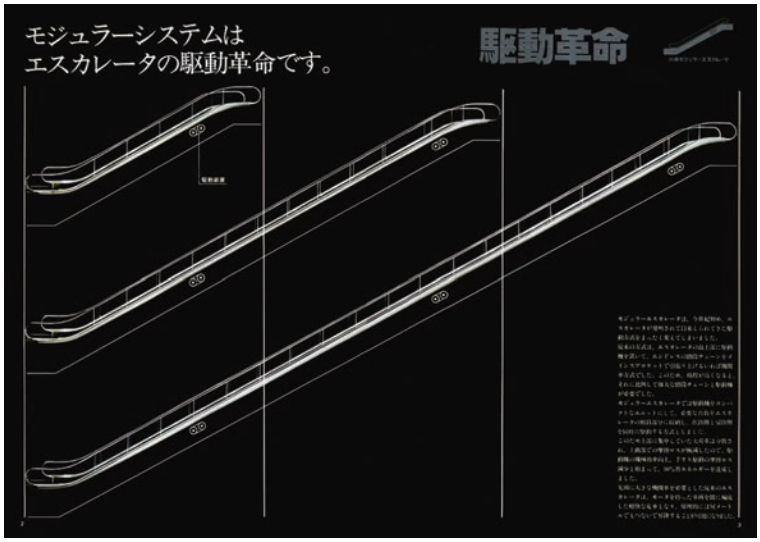

図6．中間部駆動方式のカタログ

図7．スパイラルエスカレーター