

日立製作所創業100周年記念シリーズ

開拓者たちの系譜

- 7 -

安全・安心、快適・便利な移動をめざす昇降機

果敢なる挑戦を続ける日立昇降機の歩み

日立製作所 都市開発システムグループ
水戸ビルシステム本部 担当本部長

荒堀 昇

1 はじめに

今、私は中国は上海、上海環球金融中心の前に立っている。地上101階、建物高さは492 m。94階から100階（地上474 m）には世界で一番高い場所にある展望台があり、日立は地上から一気にこの展望台まで直通運転する二階建て方式（ダブルデッキ）エレベーター（積載質量3,600 kg、速度毎分480 m、昇降行程約440 m）を開発し、最終調整段階を迎えている。まさに世界最大級と言える240 kW永久磁石式同期電動機と1,100 kVAインバータ装置を主要機器とした、このエレベーターは、日立昇降機技術の粋を集めた金字塔であり、技術を追求し続けるあくなき開拓者精神の象徴に他ならない^[1]。

ここでは、最新鋭のエレベーターを眼前にしながら、先人が心血を注いだであろう昇降機の歴史、現代に至る技術革新の過程へと思いを馳せてみたい。

2 エレベーターの誕生

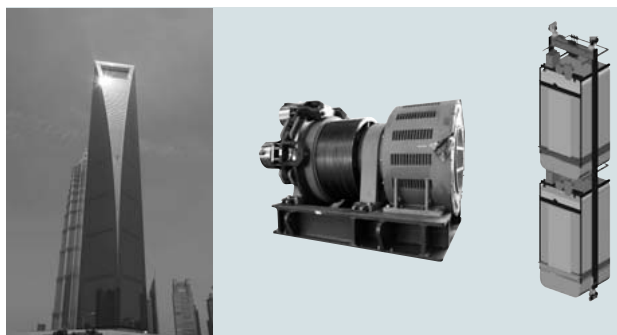
エレベーターの歴史は古く、滑車とロープを使って物を上下に移動する装置としては古代エジプト時代にその原形があると言われている。時を経て1854年、米国ニューヨーク市で開催されたクリスタルパレス博覧会で驚くべき公開実験がなされた。米国人E・G・オーチスは出展

していたエレベーターのロープをみずから斧で切断してみせたのである。エレベーターは二本のガイドレールにしっかり支えられ、落下することはなかった。見守る観衆は拍手喝采（さい）であったという。その後、非常止め装置としてエレベーターには必須の安全装置となって世界に広がっていく。近代エレベーターの誕生である¹⁾。

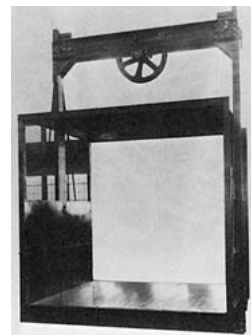
一方、日本では1890年に輸入され、東京浅草に建てられた凌雲閣に設置したエレベーターが最初であったが、日本初のエレベーターを装備したこの凌雲閣は1923年の関東大震災により崩壊してしまう。

日立製作所が初めてエレベーターを本格的に製造したのは1932年。東京電気に第1号機を納入した^[2]。ところが戦争に突入した1937年には一般乗用エレベーターは贅（ぜい）沢品としてエレベーターの製造、販売は禁止されてしまった。戦後、ようやく再開された昇降機の生産は1961年に新水戸工場（現 水戸事業所）が完成すると、それまでの国分工場からその拠点を移すことになる。

北京五輪の開催を契機として建設ラッシュが続く中国は、さながら1964年の東京五輪を迎えて高度経済成長に邁（まい）進した、かつての日本を彷彿（ほうふつ）とさせるものがある。そこから始まって霞が関、新宿副都心へと続く技術的挑戦の数々。まさしく黄金時代であった。そのころ、先輩方の武勇伝を度々聞かされたことが懐かしく思い出される。



[1] 上海環球金融中心の外観と大容量・超高速エレベーターの主要機器



[2] 日立エレベーター第1号機（1932年、東京電気納め）

荒堀 昇（あらぼり のぼる）
 1955年滋賀県生まれ。1978年大阪大学
 基礎工学部電気工学科卒業。同年、日立
 製作所入社、水戸工場配属。以降、昇
 降機制御システムの開発に従事。
 2007年都市開発システムグループ水戸
 ビルシステム本部主管技師長、2008年
 同本部担当本部長。昇降機全般、ビル
 システム製品の開発取りまとめに従事。
 （写真は上海環球金融中心の展望階に
 て。後方に上海浦東地区を望む。）



3 エレベーターの挑戦

噂が業界を駆け巡った。日本初の超高層ビルが建つ。その名は霞が関ビルディング(以下、霧が関ビルと記す。)。地震大国日本においては、まさに前人未到の地上36階、高さ147 mに及ぶ。となれば、ビル内の交通手段であるエレベーターも大きく変わる。ビルが高層化すればするほど、エレベーターも高速化が必要になるからだ。

3.1 霞が関ビル時代の挑戦と発展

1963年、建築基準法の改正により建築物の高さ制限が緩和され、日本でも超高層ビルの建設が可能となった。それは同時に超高速エレベーターの幕開けを意味した。それまでの日本最高速度は毎分150 m。霞が関では倍の毎分300 mが求められた。当時、日立には高さ47 mの研究塔が国分工場にあったが、「超高速エレベーターの研究にはもっと高い研究塔がほしい」と技術者の誰もが願っていたときに霞が関ビルの受注が決まった。受注の決定が後押しし、高さ90 mの新しい研究塔が水戸工場内に建設された。正確な速度制御技術の開発、速度の2乗に比例する運動エネルギーを吸収する非常止め装置、風速の約6乗に比例して増大する騒音の対策、高速走行に伴う乗りかごの横揺れ抑制機構の開発など解決しなければならない課題は山のようにあった。昼夜交代、新研究塔

はさながら不夜城であった。そして、1968年4月、遂に霞が関ビルの竣(しゅん)工を迎えるに至った^[3]。

これを境に日本は超高層ビルの時代、エレベーターのスピード競争へと突き進んでいく。世界貿易センタービル、京王プラザホテルと、日立のエレベーターは次々に速度記録を塗り替え、そして1974年、新宿住友ビルに当時世界最高速であった毎分540 mのエレベーターを納入した。

3.2 規格型エレベーターの登場

エレベーターの活躍の場は華やかな超高層ビルばかりではない。1955年には日本住宅公団が設立され、日本全国に庶民のための高層共同住宅が建設されていった。1961年、このような団地向けのエレベーターをはじめ、仕様を標準化し、量産性を高めた規格型(現在では標準型と呼ぶ。)エレベーターが登場した。この規格型エレベーターに使われる誘導電動機は堅牢(ろう)で保守性が良いのだが、その反面、制御するのが難しく当時はオープンループで制御していた。特にエレベーター着床時は電磁ブレーキで制動していたため、着床誤差が大きいという欠点があった。1970年代に入ると、高耐圧大容量サイリスタが産業界に浸透し、規格型エレベーターにも採用された。このサイリスタにより誘導電動機を速度帰還制御し、電氣的に直接着床可能となって着床誤差と乗り心地は飛躍的に改善された。



[3] 霞が関ビル竣工時の記念メダルとエレベーターホール

3.3 省エネルギー技術とエレクトロニクスの進歩

順風満帆に見えたエレベーター業界に激震が走る。1973年と1978年に起こった二度の石油危機（オイルショック）は日本経済を直撃、エレベーターもスピード競争から省エネルギーへと向かうことになった。

オイルショック以前の高速エレベーターでは、電動発電機と制御性能に優れた直流電動機を用いたワードレオナード方式が採用されていたが、1979年には電動発電機からエネルギー変換効率の良いサイリスタレオナード方式に置き換わった。また、規格型エレベーターにおいては同じく1979年、それまでのリレー制御方式に換わって、8ビットマイコンを搭載したエレベーターが発売された。二つの独立したマイコンで重要信号を二重化し、信頼性を向上すると同時に、かご照明や電動機ファンの自動休止などの多彩な省エネルギー機能を盛り込んだ。やがてマイコン制御はすべてのエレベーターに適用されていく。

そして1980年代、エレベーターの技術を一変させるインバータ制御の時代が到来する。インバータをひとことと言うなら、「堅牢で保守性の良い誘導電動機を使用しながら、あたかも制御性能の良い直流電動機を制御するがごとく」である。

規格型エレベーターにおいて、従来の制御方式では減速時にエレベーターの運動エネルギーをすべて電動機の熱として消費する方式を採っていたため、日夜、熱との戦いであったが、インバータ制御は加速から減速に至るまで最適な状態で制御でき、効率よく理想的な制御方式であった。しかし一難去ってまた一難。今度はインバータ主回路素子の急峻（しゅん）なスイッチングに起因するノイズで主回路をはじめ、電子回路が誤動作するのである。「熱との戦いが終わったと思ったら、今度はノイズか」と思った。苦難の連続であったが、インバータ制御エレベーターを実現するために、研究所をはじめ、当時的大みか工場、習志野工場（現 株式

会社日立産機システム）の技術者から、組織の枠を越えた絶大な支援を得た。そして1985年、遂に規格型エレベーターにインバータ制御を採用。ここに、従来にはない高性能で正確な着床、省エネルギーを実現したのである。インバータ制御はさらに直流電動機でしか成し得なかった高速、超高速エレベーターにも短期間で適用を拡大し、ここからエレベーターは直流から交流（誘導電動機）制御の時代へと移行した。1991年には東京都庁舎に毎分540 mのインバータ制御超高速エレベーターを納入し、すべてのエレベーターのインバータ化が完了した^[4]。

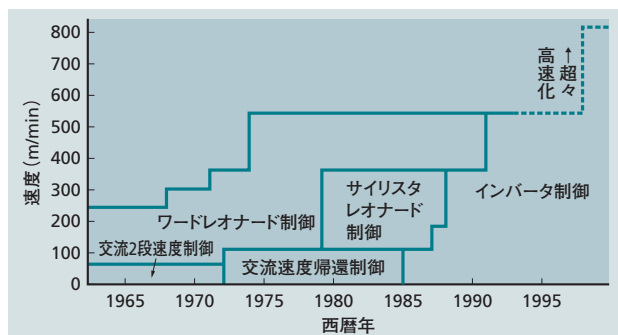
また、このインバータ制御の躍進と並行し、機械関係では規格型エレベーターの巻上機がウォームギヤから高効率なヘリカルギヤへと進化し、さらなる省エネルギーの実現に貢献した。

3.4 機械室レスエレベーターの登場

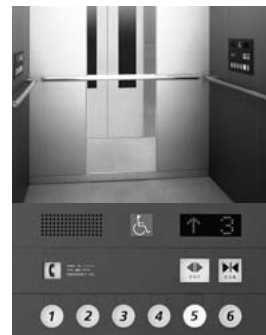
1998年、主力製品である規格型エレベーターに新たな風が吹いた。建物の頂上部に機械室を不要とする機械室レスエレベーターの発売である。

それまで機械室に設置していた巻上機や制御盤をエレベーター昇降路内に設置するためには多くの技術革新が必要であった。まず昇降路内に巻上機を設置するとギヤの騒音が問題になる。そこでギヤレス巻上機とした。すると今度は駆動電動機の出力トルクが大きくなり、従来の誘導電動機では体格が大きく昇降路も大きくなってしまふ。そこで、高効率で小型化が可能な永久磁石式同期電動機を採用した。また制御盤も、乗りがごと昇降路壁との隙間に設置するため、きわめて薄型にする必要があった。ほぼ時を同じくして建築基準法の規制緩和が進んだこともあり、「あの機械室が建物には邪魔なんだよ」とビルデザインと日照権問題に悩む建築家から好感を持って受け入れられた。

さらに誰にも優しい思いやりの技術を「ユニバーサルデザイン」として業界に先駆け取り入れたのも日立であ



[4] エレベーターの速度と速度制御方式の変遷



[5] グッドデザイン賞特別賞を受賞したユニバーサルデザインのエレベーター

る。この思想に基づいて操作ボタンを大きく、見やすく、人間工学に基づいた操作しやすい場所に配置した^[5]。こうした努力を積み重ねてきた結果、2002年、日立の機械室レスエレベーターはエレベーターとして初めてグッドデザイン賞の特別賞であるユニバーサルデザイン賞を受賞するに至った²⁾。

4 エスカレーターの挑戦

乗客を大量輸送することについてはエレベーターよりエスカレーターに軍配が上がる。ここで昇降機の一翼を成すエスカレーターの果敢なる挑戦を振り返ってみたい。

4.1 黎明期の日立エスカレーター

昭和初期に設計・生産体制を整え、日立がエスカレーターを初めて納入したのは、エレベーター第1号機(貨物用)の5年後、1937年、大阪阿部野の大鉄百貨店向けの2台である^[6]。

エスカレーター技術に関しては、国内最古の文献・資料と思われる1937年の技術論文³⁾をひもとくと、国産技術を標榜した開拓者の辛苦が窺われる。1900年のパリ万国博覧会で本格デビューした後、建屋の床面からいきなり斜路となるステップに乗るタイプ(通称クリート型)、現状と同様にステップは水平ながら降り口において横に飛び降りるタイプ(通称プレーンステップ型)など、原型が定まらない時代に、日立は今日に続く機構である通称「クリートステップ型」を選択し、その製品化・量産化に邁進した歴史がある。

そして同論文では今日でも課題となっている駅のラッシュアワーに対する高速輸送策、具備すべき安全装置の考え方にも言及し、国内初の輸送力増強策となった定速・高速切換え型で構成部品の信頼性を飛躍的に向上させた製品を1938年、阪神電鉄・梅田地下停留所に納入した経緯が克明に記述されている。

4.2 全透明式エスカレーターの出現

純国産の独自技術を探求する中、戦局の悪化と資材統制によって、エレベーター、エスカレーターの製造禁止令が発令され、既設品も金属回収令に従って全面撤去、主体の製品・製造技術とも完全な空白期に入ることになった。

戦後の本格的な復興は、百貨店隆盛期の1956年、松坂屋上野店向けとして欄干の大半を透明ガラス張りとし、上階側终端のハンドレール駆動プリー部分だけが不透明な通称「半透明式」の納入^[7]を契機とする。続いて2年後には、プリー機構を鉄骨内に移設、併せてプリーを小径のコロ群に変えて全面ガラス張りとした世界初の「全透明式」を完成。この機種はエスカレーターの普及の起爆剤となり、現在でも主流機種の地位にある。しかし、特許面では1955年の出願から異議申立て、無効審判、訴訟など、実に17年間の労苦を経て勝利(審判)に至ったものの、外国出願を怠ったことは猛省すべきであろう。

4.3 安全性の向上とバリアフリー化に貢献した新発想

日立エスカレーターは、草創期から「乗客の安全な利用」を第一義とした製品づくり、独自技術の構築とともに、業界における安全水準のかさ上げや法制化にも努力してきた。中でも、1974年発売の「両側部段付きステップ」⁴⁾は、幼児・児童の靴が引き込まれるなど、人身トラブルの多発部位とされるステップ側部を一段背高にし、かつステップ周囲に注意喚起色の樹脂帯を配設することによって格段の安全性向上に寄与している。この新機軸は、かつて特許権を有償譲渡した複数の同業他社はもちろん、権利満了を待った数社が数年の間に一斉に製品適用した事実からその優位性が証明されている。

また、鉄道駅を中心とした公共施設のバリアフリー化計画の中で開発した「車いす用ステップ付きエスカレーター」^[8]も社会貢献度が大きいと言える。車いす使用者を目的階に運ぶため、ステップ2段あるいは3段を水平移動



[6] 日立エスカレーター第1号機
(1937年、大鉄百貨店納め)



[7] 半透明式エスカレーター第1号機
(1956年、松坂屋上野店納め)



[8] 3枚方式車いす用ステップ付き
エスカレーター

させる特殊機構を備えた福祉志向のエスカレーターで1986年以降、手動車いす用、大型電動3輪車いす用⁵⁾、既設品も改造できる電動4輪車いす用⁶⁾へと順次発展させ、業界最多の累計約700台の納入実績を誇る。

4.4 動く歩道(オートライン)の伸長

旧国分工場内に、動く歩道の原理試作機が初めて姿を見せたのはほぼ半世紀前の1960年。その前年、海外ニュースが伝えた「建設費が低廉で、長い距離を高速で乗客を運ぶ機械」に新交通機関としての将来性を見だし、いち早く反応した営業関係者の要望が製品化の発端とされている。以降、東京(晴海)国際見本市、横浜の山下公園に繋留された氷川丸など展示品的性格の設置から新宿駅の通路、店舗階床間などに販路を広げたものの、「ゴムベルト式」のため、安全性、乗り心地、寿命面での課題を克服するには至らなかった。

そこでゴムベルトに換えてエスカレーター同様の金属製踏板を回転させる機構を開発した。1970年の大阪万国博覧会を皮切りに国内外の空港、公共通路はもちろん、ショッピングビルの階床間往来用として、今日までに国内外で累計1,000台近くを数えるまでに普及している。

4.5 塑性加工技術の進歩

業界一、二のシェアを競うまでに成長したエスカレーターを支えたものとして製造技術、特に塑性加工分野の進歩が挙げられる。

北米市場での伸長を期した1975年頃、当地における基本仕様であった欄干意匠部材の全ステンレス鋼化に挑戦、それまで加工の容易性をもって一般的に採用されていたアルミ合金時代から高級性・耐久性に優れたステンレス鋼欄干時代へと進化を遂げた。

一方、1970年代後半の相次ぐオイルショックによって慢性的な原油高がもたらすアルミ価格の高騰に対処するため、1台当たり1 t近くに上るアルミ合金製ステッ

プを、原材料費が低く内作加工が可能なステンレス鋼に換えた世界初、業界唯一の「ステンレス鋼ステップ」^[9]も塑性加工技術の成果として特筆される。

5 保全事業の進歩

昇降機は、工場で生産された後、現地で組み立てられ、その後、約20年以上、お客様が安心してお使いいただけるように性能品質を維持する保全サービスが不可欠となる。いわば、工場が生みの親ならば保全は育ての親である。この保全事業にも一大変革があった。

1990年代、ビルの24時間稼働、インテリジェント化が進む中で、昇降機運営管理のいっそうの機械化、高度な安全を実現する診断システムへのニーズが広く要求されるようになった。

こうした時代要請に応じるため、1991年、株式会社日立ビルシステム(HBS)全社を挙げて取り組んだのが日立エレベーター遠隔知的診断システム「ヘリオス」である。エレベーター側からのマイコン信号を取得し、故障予兆診断を行い、また遠隔自動点検を実現するシステムである。

この開発にあたって、日立製作所を含め、総勢80名を超えるグループ内横断的組織が発足した。まさに社運を賭けた業界初の挑戦的な試みであった。しかし、「予兆」という未踏分野に踏み込んだ技術陣に「信号」が牙を剥(む)いた。「どうやって故障に至る予兆を発見できるのか」という問題であった。考えに考え抜いた末、技術者たちは過去の情報の宝庫である「故障日報」に着目した。手始めは過去の事例を一件一件、徹底分析することだった。この分析作業は、真夏のうだるような暑さの中、まさに汗とほこり(埃・誇り)の戦いであった。これは、故障を直すことを得意とする技術者が故障をつくることに専念し、実際のエレベーターで実験が繰り返し行われた。



[9] 世界初のステンレス鋼ステップ



[10] 24時間365日お客様を見守る管制センター

この他にも数え切れないほどの困難を克服し、世界で初めて実用化に成功した「ヘリオス」は1999年、企業の近代化に貢献したものが対象となる「石川賞」を受賞することになった⁷⁾。

「ヘリオス」はさらに進化し、エスカレーターにも適用されるようになった。HBSの東部、西部の管制センターとも連動し、日立の昇降機を24時間365日常時監視し、お客様に安心してお使いいただくために、今この瞬間にも活躍している^[10]。

6 グローバル化の進展

2010年には世界の昇降機需要の半分以上を占めるとも言われている中国。豊富なオイルマネーを背景に活況を呈する中東。グローバル化が進んだ今日、海外事業についても開拓者精神の歴史が刻まれる。

1960年までは輸出事業と言えば、主に香港向けが中心であった。その後、シンガポールを中心に東南アジア諸国へと販路を拡大していった。その他の地域にも特徴のある昇降機を輸出したが、中でも特筆すべきなのが、1978年、世界の同業他社と激しい競合の末に旧ソ連の機械輸入公団から受注した、モスクワ五輪中継用テレビ塔のギヤレスエレベーターである。このエレベーターは塔のため、機械室を昇降路下部に設置する構造となり、使用するロープ長550 mは過去に製作したエレベーターの中で最長であった。公団は過去に同種の塔を建設していたが、幾つもの技術的問題を克服して稼働したこのエレベーターの性能は公団側を驚嘆させ、異例の感謝状が授与された。

さらに、近年では海外企業との技術提携や資本参加をはじめ、中国、シンガポール、香港、タイに製造、販売、保守会社を設立。また2008年、経済成長の著しいインドにも販売・保守会社を設立した。中でも中国には広州、上海、天津にそれぞれ製造拠点を建設し、2008年度では

年間約3万台の昇降機を製造している。これは水戸ビルシステム本部の3倍以上の生産台数である。2004年には世界最大の市場となった中国、さらにはアジア地区向け昇降機の開発拠点として広州工場にアジア開発センタを発足させ、日本、シンガポールの技術者とのコラボレーションを図っている。

グローバル化が進むにつれて海外で活躍する日立人が増えてくる。特に中国には十数名が派遣され、言語、文化、習慣の違いを乗り越え、現地中国人と切磋琢磨(せっさたくま)している。激論を通して互いに認め合い、「朋友」(中国語で親友の意味)となればこれほどの味方はいない。ここには、「和」、「誠」、「開拓者精神」のいずれかが欠けても成し得ないグローバル化の鍵を見いだした思いがする。

7 おわりに

今、中国、中東では超高層ビルの建設ラッシュが続いて、第二のエレベータースピード競争の時代に突入している。われわれは、超高速、大容量のエレベーターを開発すべく世界一の高さ200 mを誇る新研究塔^[11]を建設中である。今後も世界一の昇降機をめざして幾多の技術課題に果敢にチャレンジしていく決意である。

また今後の低炭素社会に貢献するためにインバータ制御エスカレーター(2008年)などの省エネルギー、軽量化をめざすとともに、利用心理・行動分析による安全性向上への「あくなき挑戦」、ビルのセキュリティと一体となった安心・安全システムを追求していきたい。

より速く、より高く、より強く、そしてより美しく、世界に冠たる日立の昇降機はますます安全・安心、快適・便利な移動手段として発展するであろう。

最後に、日立昇降機の開拓の歴史には世界一、世界初がまだまだ多数存在する。今回は誌面の都合上、それらの製品、技術を紹介できなかったことをお詫し願いたい。



[11] 世界一の高さを誇る新研究塔の完成イメージ

参考文献

- 1) 三井：ロープ式エレベーター技術発展の系統化調査、技術の系統化調査報告 Vol.9、国立科学博物館(2007.3)
- 2) 永瀬：サイエンス・パースペクティブ 3、ひたち、67、4、p.28～31(2005.12)
- 3) 加藤：日立電動階段、日立評論、20、9、607～611(1937.9)
- 4) 窪田、外：日立Uシリーズ エスカレータ、日立評論、57、5、439～442(1975.5)
- 5) 小嶋、外：大型車いす用ステップ付きエスカレーター、日立評論、75、7、467～470(1993.7)
- 6) 齋藤、外：既設鉄道駅舎のバリアフリー化を支援する高機能エスカレーター、日立評論、79、9、719～722(1997.9)
- 7) 株式会社日立ビルシステム：HBS50年の挑戦、メンテナンスに革命をもたらす(2007.3)