



荒木博司*

昇降機の最新技術と将来展望

Latest Technologies and Outlook for Future of Mitsubishi Elevators

Hiroshi Araki

要旨

都市の高層化や回復基調の世界経済を背景に、新設エレベーター市場は世界で伸長が期待されている。また、日本では長年稼働したエレベーターのリニューアル市場が立ち上りつつある。三菱電機は“安全・安心で快適な昇降機を長く使っていただく”ことを基本に技術開発を推進している。本稿では、昇降機の市場/法規動向、次に挙げる最新技術、及び将来の展望について述べる。

(1) 超高速エレベーター

世界最高速^(注1)の超高速エレベーターの技術及び安全装置の最新技術。

(2) 電子安全技術

国際規格に準拠した電子安全技術を適用した、昇降路の

上下寸法の変更なく定格速度の1.75倍で走行できる可変速エレベーター技術。

(3) エレベーターのリニューアル

基本となる制御装置から意匠のリニューアルまで含む“Elemotion+”及び油圧式エレベーターをロープ式へ変える“EleFine”の技術。

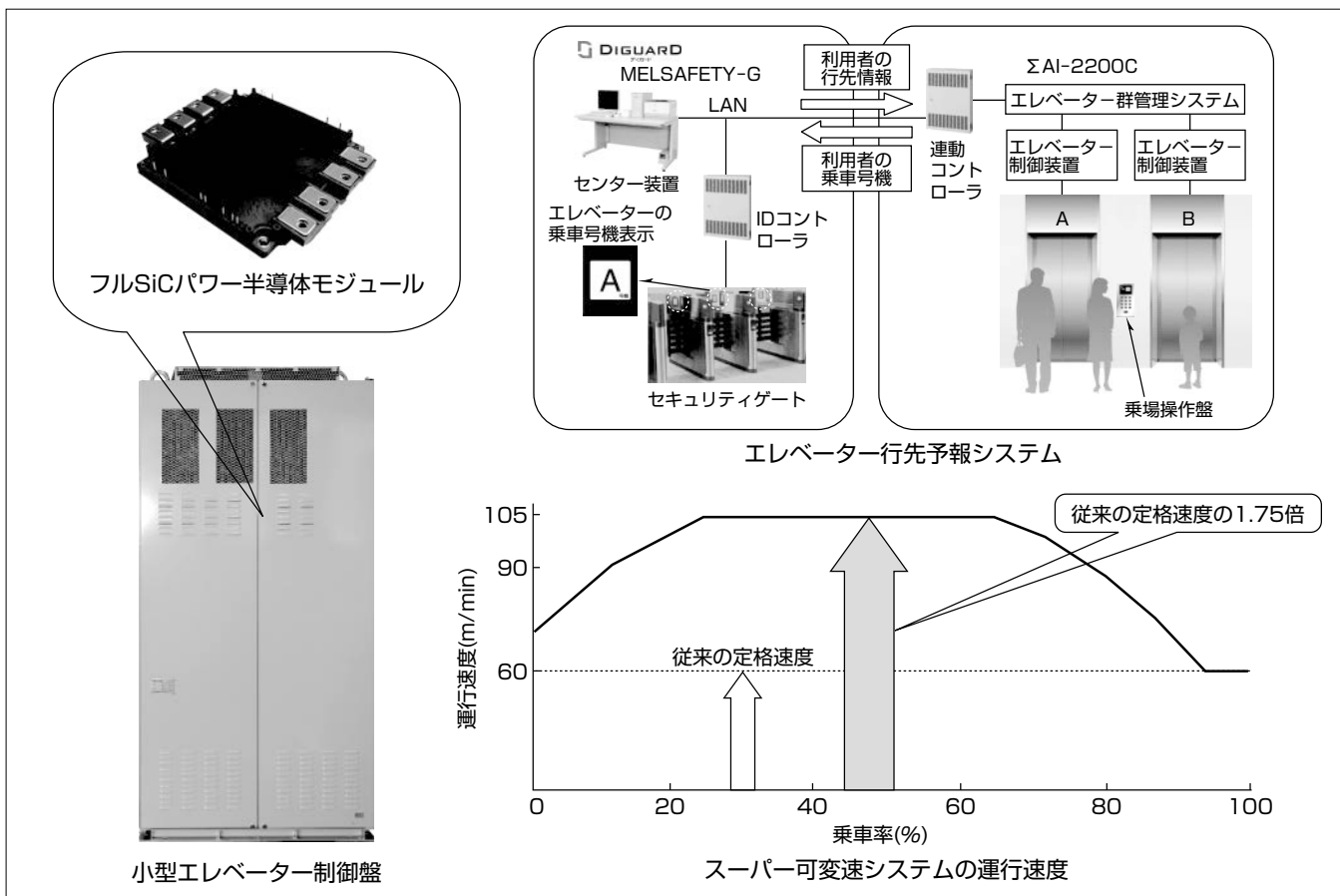
(4) 省エネルギー技術

SiCデバイスによってエネルギーロスを大幅に削減した制御技術やLED照明適用による省エネルギー技術。

(5) エレベーター群管理技術

ビル内のよりスムーズな移動を実現するエレベーター行先予報システムの最新技術。

(注1) 2011年9月1日現在、当社調べ



フルSiCパワーモジュール適用のエレベーター制御盤、エレベーター行先予報システム、及びスーパー可変速システム

フルSiCパワー半導体モジュールを適用し、パワー回路の小型化によって設置面積を40%削減した小型制御盤を実現した。エレベーター行先予報システムは、ビルのセキュリティシステムと連動することで、エレベーター運行の効率性を向上させるとともに、利便性の向上を実現した。スーパー可変速システムは、電子安全技術を開発し、昇降路の上下寸法をそのままに、従来の定格速度の1.75倍での高速走行を実現した。

1. ま え が き

世界の経済発展とともに、縦方向の輸送手段として欠かせない昇降機システムはこれまで様々な進歩を遂げてきた。

当社は、地球環境保護意識の高まり、高齢人口の増加、都市の高層化等の社会変化に応じ、電子化・省エネルギー化・小型／軽量化などの最新技術を取り入れた安全・安心・快適・高効率な新しい昇降機システムを供給するとともに、これらの製品を安心して長く快適に使ってもらうための種々の技術開発を推進している。

本稿では、昇降機の市場動向、最新の技術開発状況を述べるとともに、昇降機の将来展望について述べる。

2. 昇降機の市場動向・法規動向

2.1 市場動向

(1) 国内

図1に国内の新設エレベーター設置台数、リニューアル台数の推移を示す。国内市場は、リーマンショック以降約15%減少し、厳しい市場状況となっていたが、2012年度には市場が緩やかに復調しはじめ、2013年9月には、2020年東京オリンピック開催決定という明るいニュースも加わり、今後は国内の新設エレベーター市場の回復が期待される。

図2に当社エレベーターの設置時期と台数を示す。これまで長年設置してきたエレベーターが順次交換時期を迎えてきており、使用頻度や環境にも依存するが、設置後25年

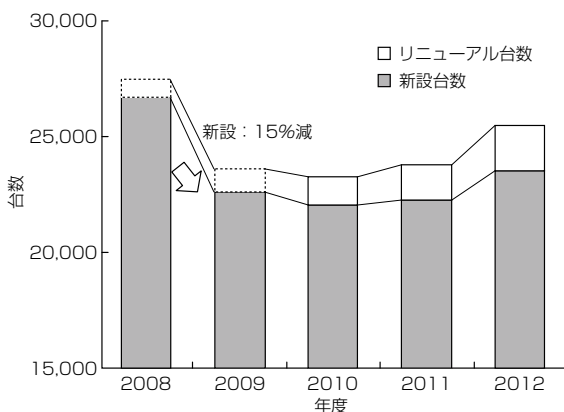


図1. 国内のエレベーター設置台数の推移⁽¹⁾

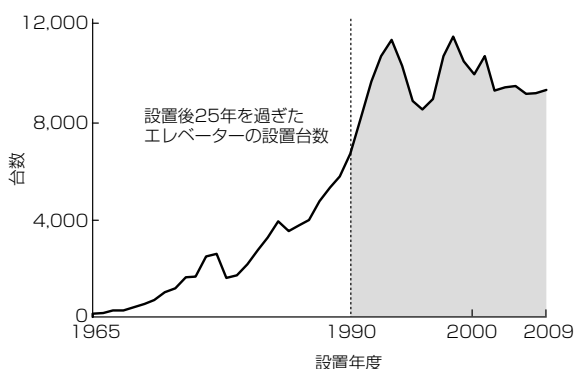


図2. 当社の年度別エレベーター設置台数の推移

を過ぎたエレベーターのリニューアル市場が急速に立ち上がっていくことが分かる。

今後、国内市場は、昇降機を新設・保守していくとともに、長期間使用した昇降機を適正にリニューアルしていくという循環型市場になっていく。

(2) 海外

図3にグローバル市場でのエリア別新設エレベーターの台数推移を示す。巨大市場の中国の成長は続き、今後は中南米、中東・インド・アフリカなどが次の大市場として成長していくと予想される。一方、欧州や北米は日本と同様に新設の大きな伸びは期待できないものの新設→保守→リニューアルの安定した循環型市場が続いている。

建築技術が発達し、新興国では主要都市のランドマークとして高層ビルが建設される傾向にあり、中国・中東を中心に高層ビルが急激な伸びを示している。これに伴い、高速・大容量エレベーターの重要性が増してきており、ビルの顔として利便性が高く、快適な乗り心地性能を持つエレベーターの需要が高まっている。当社は、これらの市場ニーズに応える種々の開発を進めている。

3章ではその開発例として、超高速エレベーター、電子安全技術、エレベーターのリニューアル、省エネルギー技術、エレベーター群管理技術について述べる。

2.2 法規・規格動向

昇降機に関する法規・規格は、市場で発生した災害・事故などによる安全の強化や、技術の革新に対応して各国で改正が行われている。世界の主要な規定として、欧州・米国・日本等の規定が挙げられるが、近年、欧州規定の動向が世界各国の規定に大きな影響を与えている。

(1) 欧州規定の動向と各国の対応

欧州のエレベーターの仕様規定(EN81-1)は、改正EN81-20/50として2014年中に公布され、3年間の猶予期間後に全面変更される予定である。主な変更項目は、①かご・乗場戸の強度、②戸閉装置の安全、③保守作業安全策の強化である。この変更を受けて、国際標準化機構の昇降

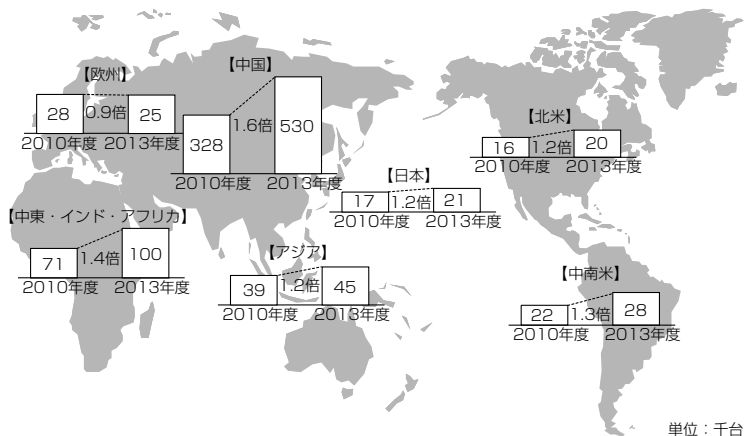


図3. 世界の新設昇降機設置台数の推移(当社推定)

機委員会(ISO-TC178)では、国際仕様規定の検討を2015年から予定し、欧州で実績のある昇降機指令(Lifts Directive)の性能規定と、エレベーター安全規格(EN81)の仕様規定の2つによる構成の国際化を目指している。

このような欧州及び国際標準化機構の動向は、既に欧州の規定を多く取り入れている中国、韓国などに大きな影響を与えるほか、日本や米国などを含め多くの国々に波及すると予想される。

(2) 日本の規定動向

2011年3月に、日本に甚大な被害をもたらした東日本大震災を教訓とした対策として、日本建築基準法が2014年4月に改正される。主な変更項目は、①エスカレータートラスのビルへの設置、②エレベーターおもりブロックの固定、各々の耐震強化である。

3. 最新技術

3.1 超高速エレベーター

近年、建築技術の進歩とともに300mを超える高さの超高層ビルが多く建設されるようになった。当社はこれまでに、短時間の移動のニーズに応える世界最高速1,080m/minのエレベーター(上昇1,080m/min, 下降600m/min)、輸送能力拡大のニーズに応える積載量最大クラスのダブルデッキエレベーター、さらに世界最長昇降行程となるエレベーターの開発を完了した⁽²⁾。ここでは、かごが異常に増速したときに、かごを安全に減速停止させるための安全装置(調速機、非常止め装置)の最新技術(図4)について述べる。

(1) 調速機

調速機は、かごの昇降に伴って回転し、遠心力を利用して機械的にかごの走行速度を監視する安全装置である。異常を検出した場合には非常ブレーキを作動させるなど、エレベーターの安全を守る砦(とりで)として高い信頼性が要求される。

超高速エレベーターは、上方向に1,080m/min、下方向に600m/minと上下方向で定格速度が異なる。上下方向で定格速度が異なるエレベーターでは、かごの最高速度に応じて安全装置を構成することもできるが、かごの非常止め装置は、下降方向速度に応じた性能であれば良いため、走行方向に応じた速度監視を行うことによって機器の小型化を図ることができる。そこで当社は、回転方向によって異なる速度で非常ブレーキを作動させる調速機を新たに開発した(図4(a))。

(2) 非常止め装置

非常止め装置はかごが下降方向へ異常増速した場合にかごを安全に停止させるための装置である。非常止め装置はかごの持つ運動エネルギーを摩擦熱へ変換することで停止させるが、制動時に発生する熱は速度の2乗に比例して大きくなり、高速になるほどに制動片は高温となる。安定した高摩擦・低摩耗特性を持ち、かつ耐熱衝撃性に優れてい

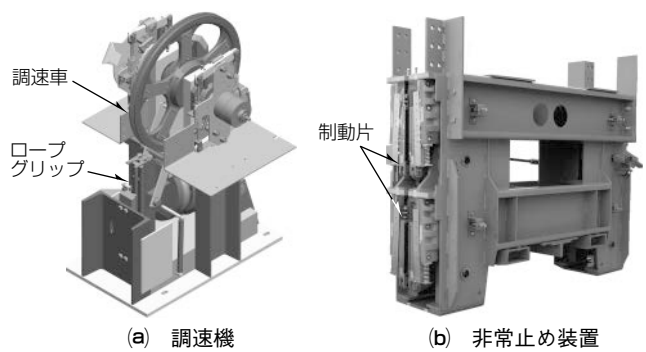


図4. 超高速エレベーターの最新技術

るファインセラミック製の制動片を開発し、超高速エレベーター向け非常止め装置を開発した(図4(b))。

3.2 電子安全技術

エレベーターは、先に述べたとおりかごの異常な増速を検出すると、かごを強制的に停止させる安全機能を備えている。電子安全技術は、これらの安全機能を電子回路とソフトウェアで実現する技術である。当社は、この技術を早くから開発しており、かごの異常速度検出のレベルを、昇降路の上下端に近づくに従って安全側へ徐々に下げるSETS(Smooth Emergency Terminal Stop)技術を開発し、昇降路の上下寸法はそのままに、定格速度の1.75倍で走行できるスーパー可変速エレベーターを提供している。

電子安全技術を適用した安全機能の開発には高度な信頼性が求められ、現在では、主としてIEC(国際電気標準会議)61508規格で示された開発手法が適用される。この規格に従えば、要求する安全機能のリスク分析から、安全性能を表す安全水準度(Safety Integrity Level: SIL)を設定できる。機能を実現する電子回路及びソフトウェアの開発には、設定したSILレベルを満たすための設計、製造、検証、更には販売後の保守管理までが課せられる。当社のSETS技術は、欧州の認定機関からIEC 61508規格に合致した認証を、また日本と中国からは、これに準じた認証を各々得ている。電子安全技術は、今後の昇降機の安全・安心の高まりに対して、高い信頼性で応えていく1つの技術と考えている。

3.3 エレベーターのリニューアル

全世界で稼働している昇降機は1,000万台以上と推定され、日本では75万台以上が稼働している。日本で本格的にビル建築が進んだのは1964年の東京オリンピック前後であり、昇降機もこの時期から1990年代初めまで設置台数が急増している(図2)。その間の社会環境の変化も著しく、エレベーターは乗り心地の良さや省エネルギーのみでなく、最新技術による安全性への要求も高まっており、昇降機のリニューアルも社会的要請になっている。リニューアルの実施によって、最新技術による信頼性向上、性能向上、省エネルギー、意匠性向上、新しい安全基準への対応を実現でき、建物の付加価値を上げることができる。また、古い昇降機は、保守部品の確保・維持が困難となっており、

この観点からもリニューアルが必要となっている。当社は国内向けに“Elemotion+”，海外向けには“ELEMOTION”を投入し、制御装置のリニューアルを中心とする基本メニューから、意匠のリニューアルを含むステップアップメニューを展開している。特に国内では、油圧式エレベーターを制御・駆動部の変更でロープ式へ変えることができる“EleFine”も投入し、工事によるエレベーターの連続休止期間の短縮も図っている。このように種々のメニューを取りそろえて幅広いニーズに応えている。

3.4 省エネルギー技術

当社は、これまでも省エネルギーを重視した開発を進めてきたが、最新の電子デバイス技術・電気回路で更なる改善に取り組んでいる。エレベーターの消費電力量は、かごを昇降させる際の走行時電力量と制御機器の待機時電力量に大別される。

走行時電力量の削減に関しては、近年インバータに使用する次世代パワーデバイスとして注目されているSiC MOSFET (Silicon Carbide Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) を用いた省エネルギーの駆動技術を実現した。SiC MOSFETは導通損失、スイッチング損失が大幅に少ないのが特長で、当社は、高速エレベーター用SiC MOSFET制御盤を開発し、損失を65%削減するとともに、パワー回路の小型化などによって制御盤の設置面積を40%削減した⁽³⁾。さらに、価格低下が進んでいる蓄電デバイスを活用し、電力系統回生が制限されている小規模ビルでの回生電力利用技術を開発した。

待機時電力量に関しては、従来の待機時電力削減のため、停止中はかご内照明を消灯している。従来の光源は点灯回数の寿命が短いため、かご停止後に一定時間の照明を継続点灯し、点灯回数を削減していた。そこで、点灯回数の寿命が長く、発光効率の急速な向上と価格低下が進んだ白色LEDをかご内の照明に採用し、停止後の点灯時間を大幅に短縮することで、待機時電力量を削減した。

3.5 エレベーター群管理技術

高層建築物では垂直方向の移動距離が大きく、エレベーターによるビル内交通が重要な要素となっているため、複

数台のエレベーターを効率的に運行管理するエレベーター群管理システムに対するニーズが高まっている。一方、機密保持やテロ・犯罪への対策のため、高度なセキュリティ機能はオフィスビルに必須なアイテムになりつつある。

そこで当社は、エレベーター群管理システムとセキュリティシステムを組み合わせた“セキュリティシステム連動・エレベーター行先予報システム”を開発し、国内で初めて実用化した⁽⁴⁾ (図5)。

このシステムは、利用者がセキュリティゲートでIDカードをかざすと、セキュリティシステムのIDコントローラがセキュリティゲートで得られた各利用者のID情報を行先階に変換し、エレベーター群管理システムに送信する。エレベーター群管理システムは、送信された行先階情報に基づいて各利用者に対して最適なエレベーターを配車すると同時に、セキュリティゲートに設置された表示器に、各利用者が乗車するエレベーターの号機名を表示する。このシステムでは利用者の行先階ごとに乗車するエレベーターを振り分けることによって、エレベーターの停止回数を削減して周回時間を短縮し、エレベーターが単位時間あたりに輸送する人数を増加させることができる。またID情報に基づいて利用者ごとに事前に設定された行先階を自動登録することで、利用者はセキュリティゲートでIDカードをかざして乗車号機に乗れば、その他の操作は不要となり、利便性も向上する。

4. 将来展望

今後日本は、オリンピック開催の決定を契機に、国際的な視点で誰でも安心して移動できる街づくりが進むとともに、中期的には高齢化社会の急激な進展、生産年齢人口の減少に対応した街づくりが進むと予想される(図6)。世界は、今後の経済成長圏である東南アジア、中南米、アフリカなどで新しく都市化が進み、地球環境保護(省エネルギー化)や安全性に対する意識が急速に向上していくと想定される。また、欧州や北米は日本と同様に持続的な社会維持を目指した都市化が進むと想定される。次に、このような社会変化に伴うニーズに応じた昇降機の将来展望について述べる。

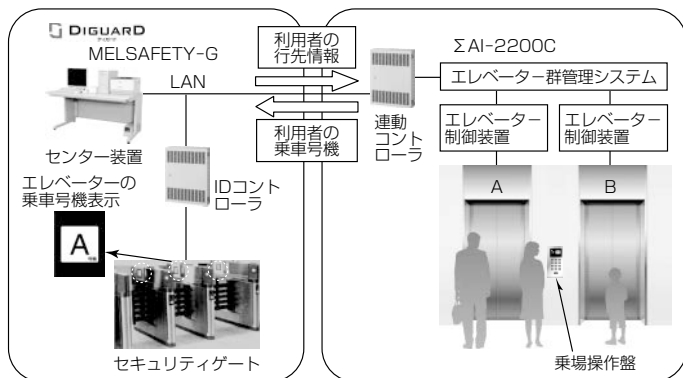


図5. セキュリティシステム連動・エレベーター行先予報システム

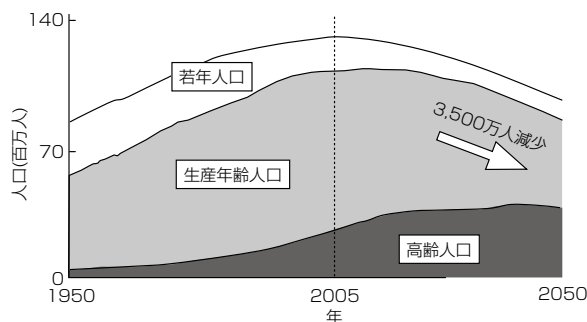


図6. 日本の年齢別人口の推移予測⁽⁵⁾

4.1 誰でも安心して移動しやすい

当社は、高齢者・身体障がい者・健常者などが区別なく、安全・安心にビルや都市内を移動するためのユニバーサルデザインに早くから取り組んできた⁽⁶⁾。その将来形の1つとして、個人連動動作型の昇降機開発が進んでいくと予想される。普及が進むスマートフォンや高性能化が進む監視カメラ、無線機器等複数の情報を複合活用し、車いすや杖(つえ)、シルバーカー等の補助具はもちろん、歩行速度や動作、様態等個々の特性を確実に認識する特徴認識技術を開発していく。認識された特徴に基づいて、必要なときにその人に適した昇降機の動作(エレベーターのドア閉開や走行制御、エスカレーター速度制御)を行う連動制御技術と組み合わせて、高度な昇降機のユニバーサルデザインが実現されていくと想定される。

4.2 誰にでも使いやすい

当社は、液晶タッチパネルやビルエネルギーマネジメントシステム、非接触カードやゲート連動型群管理など、使いやすさやビルセキュリティシステムと連動した昇降機システムの製品化を進めてきた⁽⁶⁾。今後は、無線タグやビル動態管理システム、高精度測位衛星(準天頂衛星)等と複合連動し、効率的に誰にでも使いやすい昇降機の実現が進んでいくものと考えている。

さらに今後は、高齢者や外国人が急激に増加していく中、誰も迷うことなく感覚的に操作でき、快適に使用できるマルチモーダルインタフェース技術の開発が重要になる。人の動作や表情、視覚や聴覚、嗅覚等の感覚をフル活用することによって、思った動作を誰でも簡単に操作できる昇降機システムを未来像として描くことができる。

4.3 世界でユニバーサルな安全・安心

今後、世界に広がっていく三菱昇降機は、高いレベルで安全・安心を実現し、利用してもらうことを目指している。各国で実施される基本的な保守に加え、普及するインターネットや無線システム、携帯電話、衛星システム等を活用し、グローバルに安全を見守る監視システムの開発を実現し、さらには、グローバルに集められた長期かつ大量なビッグデータの活用によって、より適切な維持・保守、リニューアルが可能になると考えている。

4.4 省エネルギー・軽量化

当社は、これまでもインバータ化に加え、LED化や軽量化、待機電力カット、高効率駆動素子であるSiCデバイスなど世界トップレベルの技術開発に取り組んできた。今後は、SiCデバイスを全面的に採用したトータルシステムでの駆動ロスの削減や環境発電を取り入れた駆動システム、有機EL照明の採用等によって、快適でより駆動効率の高いシステムの実現に取り組んでいく。

また、軽量化は将来の省エネルギー化の決め手の1つである。航空機や自動車での適用が進み、低価格化が期待で

きる炭素繊維(CFRP、鋼材比10倍の比強度)、高性能化が進む1,000MPa級高張力鋼板(鋼材比2.5倍の比強度)や、超高強度樹脂(鋼材比4倍の比強度)などの新材料の最適適用、及び、技術進歩の早い無線技術、非接触給電技術を活用した省線化によって、大幅な軽量化を実現し、省エネルギー化に取り組んでいく。

4.5 維持・リニューアル

昇降機を安全確実に維持し、長期間使用した昇降機を適正にリニューアルしていくためには、劣化診断、寿命予測などが重要な技術になっていく。回路基板や電源回路、モータ、ブレーキなど重要部品の微小な信号変化や出力波形変化などを捉え、故障や寿命を推定する技術開発が重要になっていく。

また、今後拡大するリニューアルでは使用中のビルの昇降機を取り替えるため、工事期間の短縮化が重要視される。加えて、労働人口の減少に対応するためには、据付工事の省力化も重要な課題となる。これに必要な技術は、超軽量化技術とともに、介護や重作業の分野で研究が進む人支援ロボットとの協調による昇降機のスマートインストール化が重要と考えている。さらには、各種機器をモジュール化し、共通のインタフェースと自動認識技術との組合せで世界各国の特色に合わせたシステムを容易に構築できるPlug&Play型の昇降機の実現に取り組んでいく。

5. む す び

日本や世界の社会変化から必要とされる昇降機の将来展望について述べた。当社昇降機の基本方針である“安全・安心で快適な昇降機を長く使っていただく”ことを基本として、更なる安全・安心、快適、維持、リニューアルの技術進化のいずれも欠かすことなく、当社昇降機の将来像に向け開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 昇降機台数調査報告(ホームエレベーター及び小荷物専用昇降機を含む)、エレベーター界、No.176, No.180, No.184, No.188, No.192 (2009~2013)
- (2) 超高層ビル向け超高速エレベーター技術を開発、三菱電機2012年2月3日付ニュースリリース
- (3) SiC適用エレベーター制御装置の開発のお知らせ、三菱電機2010年2月26日付ニュースリリース
- (4) 「セキュリティシステム連動・エレベーター行先予報システム」発売のお知らせ、三菱電機2010年3月2日付ニュースリリース
- (5) 国土の長期展望に向けた検討の方向性について、国土交通省国土計画局 (2010)
<http://www.mlit.go.jp/common/000134593.pdf>
- (6) 池島宏行, ほか: 三菱乗用エレベーターのモデルチェンジ, 三菱電機技報, 72, No.10, 793~798 (1998)