ISSN 0369-2302/CODEN:MTDNAF

MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

三菱電機技報

11 2026
Vol.100 No.11

昇降機・ビルシステム

No.11

特　集　昇降機・ビルシステム　Elevators, Escalators and Building Systems

巻頭言

昇降機・ビルシステム特集に寄せて…… 1−01
上野寧大
Foreword to Special Issue on Elevators, Escalators and Building Systems
Yasuhiro Ueno

大容量巻上機の小型化…… 2−01
岡本　健・鈴木諒太郎
Downsizing of Traction Machine in Large Class
Takeshi Okamoto, Ryotaro Suzuki

他社製エレベーターリニューアルのための
オートチューニング技術…… 3−01
潮崎晴紀・大塚康司
Auto-Tuning Technology for Elevator Renewal Using Third-Party Traction Machine
Harunori Shiosaki, Yasushi Otsuka

三菱統合ビルセキュリティーシステム
“MELSAFETY-R” …… 4−01
鈴木一弥
Mitsubishi Integrated Building Security System “MELSAFETY-R”
Kazuya Suzuki

情報センターでのシステム構成の高度化…… 5−01
松枝　豊・嶋崎雅弘
Advancement of System Architecture in Information Centers
Yutaka Matsueda, Masahiro Shimazaki

櫃石島橋向けエレベーターリニューアル工事…… 6−01
大塚俊輝・松本誠司
Elevator Renewal Work for Hitsuishijima Bridge
Toshiki Ohtsuka, Seiji Matsumoto

海外市場での昇降機・ビルソリューション納入事例… 7−01
藤田　薫
Latest Supply Record of Elevators and Building Solutions in Global Market
Kaoru Fujita

執筆者の所属は執筆時のものです。
本号に記載されている会社名，製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標です。

三菱電機では，サステナビリティ経営を実現するビジネスエリアとして，「インフラ」「インダストリー・モビリティ」「ライフ」を設定しています。

三菱電機技報ではこのビジネスエリアを中心に特集を紹介しています。

今回の特集ではライフ領域の“昇降機・ビルシステム”をご紹介します。

巻頭言



昇降機・ビルシステム特集に寄せて

Foreword to Special Issue on Elevators, Escalators and Building Systems

上野寧大 *Yasuhiro Ueno*

三菱電機ビルソリューションズ㈱ 取締役 常務執行役員 日本事業統括本部長

Director Executive Officer, Group President, Japan Business Group, Mitsubishi Electric Building Solutions Corporation

ビルシステム事業を取り巻く国内の市場環境は，人口減少や高齢化等による人手不足の加速，資材・人件費の高騰による新規ビル需要の停滞など，厳しさを増しています。一方，省力化や脱炭素等の社会ニーズの高まりに加えて，生成AIをはじめとした新技術や警備・搬送・清掃ロボットの普及，ビル内設備(昇降機・空調等)のデータを活用し運営の効率化・自動化を更に高めていく“スマートビル”の需要が加速するなど，新たなビジネスチャンスが顕在化しています。また，海外でも，インド，ASEANの経済成長や，中国をはじめとした昇降機リニューアル需要の拡大もあり，昇降機事業の更なる成長に加えて，ビルシステムや空調・冷熱事業の拡大が期待されます。

このような中，三菱電機ビルソリューションズ㈱(MEBS)は，MEBSのコアコンピタンスである“昇降機や入退室管理をはじめとした強いコンポーネント”“グローバルに展開している販売／保守チャネル”“保守を通じて蓄積されたビルデータや現場のフィールドナレッジ”を基盤として，ここに“三菱電機グループの最新技術”を掛け合わせて，社会や顧客の課題を解決するビルソリューションを提供してまいります。

昇降機事業は，新設～保守～リニューアルを通して顧客と長期間つながり続ける循環型ビジネスを更に推進していく中で，安全・安心・快適な製品・サービスを提供します。例えば，製品自体のダウンサイジングや国内・海外統一のコンポーネント・新機能を投入することで，建築設計の自由度向上への貢献やグローバルでの高い品質を実現します。また，保守でも，AI故障解析技術の先鋭化や，ビルやエレベーターの情報をサイネージを通して利用者に提供するサービスなど，一層のデータ活用を進めていきます。さらに，長年利用いただいたエレベーター／エスカレーターに最新の技術と新たな価値を付加できるリニューアル機種の開発・投入も図ってまいります。

頻発する地震への対応としては，地震発生時に休止したエレベーター機器の異常有無を自動診断し，安全性を確認したのち自動で運転を再開する“ELE-Quick”(エレクイック)の普及や，長周期地震動に対応した新たなサービスの投入によって，社会の安全・安心に貢献してまいります。

ビルシステム事業は，MEBSの成長エンジンとして，国内での入退室管理システムやビル管理システムのクラウド化を進めて，顧客からの要望が高い省コストや省力化，利便性を高めていくサービスを展開しています。さらに，MEBSのビルIoT(Internet of Things)プラットフォーム“Ville-feuille”(ヴィルフィーユ)を活用し，各種ロボットの縦移動を実現するエレベーター連携システムの機能拡張や，ビルオーナー／利用者向けのスマートフォン専用アプリケーション“BUILDAYS”(ビルデイズ)のメニュー拡充を図るとともに，システム計装や空調設備との連携によるビル内エネルギーマネージメント事業の拡大に取り組んでいきます。そして，これら国内で培ったスマートビル向けのサービスや技術をグローバルに展開し，更なる成長を目指します。

急激に市場環境が変化していく中，今後とも安全・安心・快適なビル空間を創造するソリューションプロバイダーとして新たな価値を創出し，社会や顧客とともに常に前進してまいります。

特集論文

岡本　健*
Takeshi Okamoto
鈴木諒太郎*
Ryotaro Suzuki

大容量巻上機の小型化

Downsizing of Traction Machine in Large Class

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

要　旨

モニュメンタルな建物等の超高層ビルに適用される高速大容量エレベーターの巻上機は大型のため，機械室での占有面積が大きく常に小型化を求められており，特に巻上機の軸方向での干渉が課題であった。また，建物のライフサイクルでのエレベーターの保守やリニューアルでの機器交換時に，大型の巻上機の搬出入経路を確保する必要があった。それに対して，巻上機を現地で交換及び組立て可能な複数のモジュールに分割して搬出入する対応をしてきたが，モジュールでも大型かつ高質量で搬出入の難易度が高く，更なる小型化が求められている。

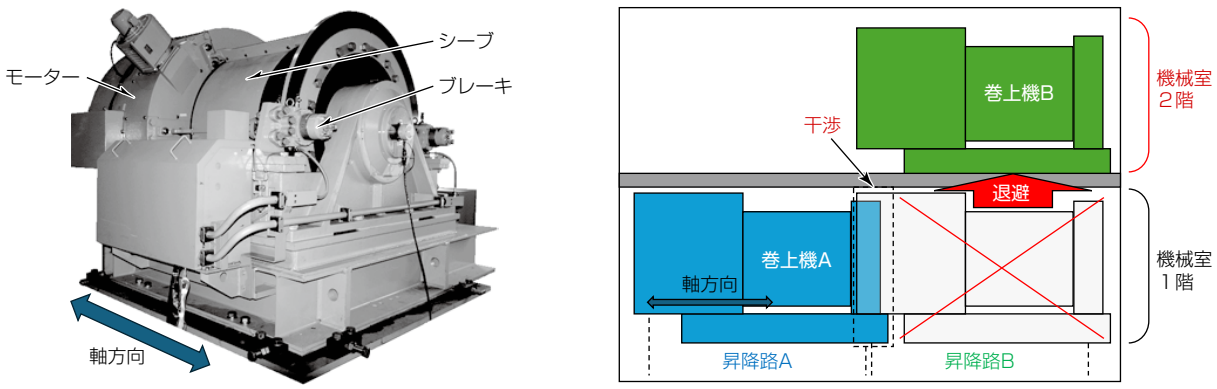
そこで今回の開発は，巻上機の軸長短縮と搬出入容易化を目指した。その結果，巻上機の軸長を従来の約８割に短縮することで，巻上機の軸方向での干渉を回避した。また，分割搬出入時のモジュールの長さを従来の約８割に，質量を従来の約５割に削減することで，巻上機交換時の搬出入の容易化を実現した。

1. ま え が き

モニュメンタルな建物等の超高層ビルに適用されるエレベーターは高速かつ大容量が求められる。これらに適用される巻上機(**図１**左)は，大容量のかごを安全かつ高速で昇降させるのに必要な駆動力と制動力が求められるため大型化しており，機械室での占有面積が大きく，建物スペースの有効活用の観点から小型化が常に求められている。また，隣り合うエレベーター同士が近接する場合，巻上機同士が軸方向で干渉することがあった。その場合，機械室を２階建て構造にするなどの高さ方向での退避が必要になり，建物でエレベーターの機械室が占めるスペースが大きくなることで，建物側の建築自由度を損ねる要因になっていた(**図１**右)。そのため，巻上機の小型化のうち，軸長短縮が特に必要であった。

一方，建物のライフサイクルで，エレベーターの保守やリニューアルのために巻上機の交換を求められる場合がある。交換時には，大型かつ高質量の巻上機の搬出入経路を確保する必要があり，従来，巻上機を現地で交換及び組立て可能な複数のモジュールに分割して搬出入する対策をしていた。しかし，分割後のモジュールさえも大型かつ高質量であるため，エレベーターに載せることができず，交換工事のための搬出入が建物利用での利便性阻害の要因になっていた。

そこで，建物側の自由度向上や負担軽減のために，巻上機の軸長短縮と分割後モジュールの小型化を主なコンセプトに巻上機を開発した。



高速大容量エレベーター用巻上機の外観　　エレベーター近接時の巻上機の配置例

図１-高速大容量エレベーター用巻上機の外観とエレベーター近接時の巻上機の配置例

2. 巻上機の小型化

この章では，軸長短縮の開発内容について２例を述べた後，分割搬出入時のモジュール小型化について述べる。

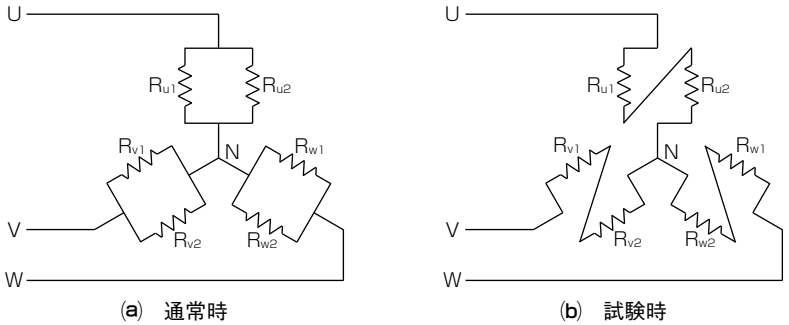
2.1　結線切換方式採用によるモーターの軸長削減

エレベーター用巻上機のモーターに要求されるトルクは，通常のエレベーターサービス時にエレベーターのかごの昇降に必要なトルクに加えて，エレベーターの安全装置の一つである非常止めの試験等，巻上機以外の機器やエレベーターの安全性を確認する試験を実施するために必要なトルクの２種類がある。これらの安全性を確認する試験に必要なトルクは通常のサービス時に必要なトルク（以下，“試験時の高トルク”という。）よりも大きいことが多く，巻上機モーターのサイズが試験時の高トルクによって大型化することが課題であった。対象巻上機は，試験時の高トルクに加えてエレベーターの高速運転での駆動が必要である。しかし，高トルクを出すモーター設計をすると，高速領域での電圧が高くなるためにインバーターの高電圧化が必要になり，高速領域での電圧を抑えたモーター設計をすると，高トルクに対応するためにインバーターの電流容量を大きくする必要がある。そのため，従来はモーターのサイズを大きくすることで，高速運転と試験時の高トルクに対応していた。これを解決するため，高速運転での駆動が必要な通常時と，低速ではあるが通常よりも大きいトルクを要する試験時の結線方式を切り換えることができる構造を今回開発した巻上機に組み込んだ。通常時に必要なトルクで定まるモーターサイズのまま，試験時の高トルクを出力できる巻上機モーターになることで小型化が実現し，モーターの軸長が従来の約９割に短縮した。

結線方式の切換えの具体例を示す。まず，巻上機モーターの各相のコイルを二つのグループに分ける。例えば，U相であればR_{u1}，R_{u2}のように分ける。通常時はこの二つのグループに分かれたコイルは並列接続するように結線されている（**図２**(a)）。一方，試験時にはこれらを直列接続するように結線を変更する（**図２**(b)）。これによって，試験時は通常時と比べて，同じ電流を流した場合の鎖交磁束量が増えて誘起電圧定数は約２倍になり，発生できるトルクが約２倍になるため，試験時に必要なトルクを発生できる。誘起電圧定数が大きくなると高速領域の電圧が高くなるが，試験時の速度は小さいため，インバーターの高電圧化の必要もなく実現可能である。実機では，**図３**のように，巻上機モーターと制御盤から動力が送られる外部線の間にあるターミナルで通常時と試験時の接続を変えることで，モーター内部にアクセスすることなく容易に結線方式の切換えが可能な構造を実現した。なお，この技術については特許第7364015号[3]及び特許第7188627号[4]を取得済みである。

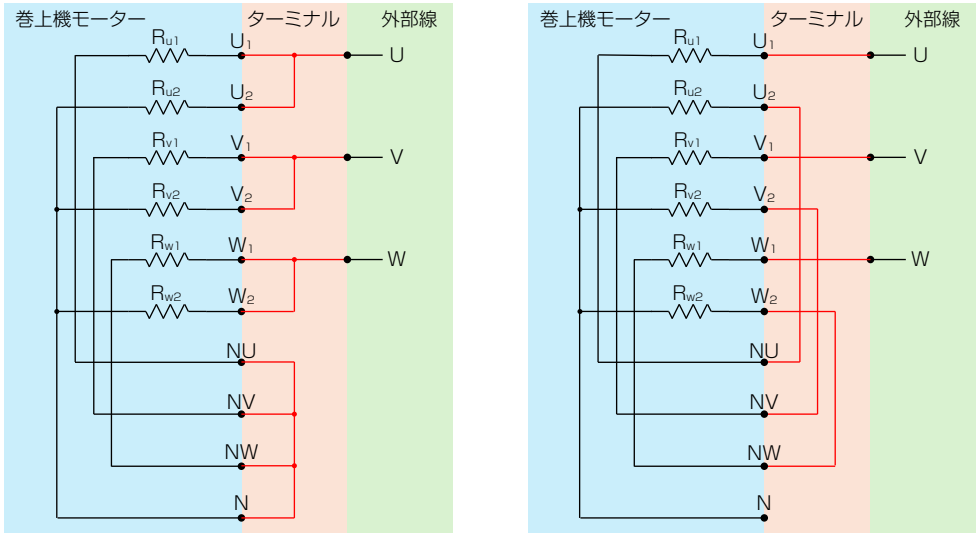
2.2　油圧浮動式ブレーキの最適設計によるシーブの軸長削減

今回開発した巻上機では必要な制動力を担保しつつブレーキ全体の薄型化を実現するため，浮動式ディスクブレーキを採用した。**図４**に従来機種と開発機種のブレーキ部を示す。従来機種では対向式ディスクブレーキを採用しており，ディスクの両側にピストンを配置する構造であるため，軸方向の寸法が大きくなるという課題があった。一方，浮動式ディスクブレーキはピストンを片側だけに配置し，クランパー本体がスライドすることで反対側のパッドをディスクへ押し付けて制動力を発生させる構造であるため，シーブ側への突出部の削減が可能である。また，この巻上機ではブレーキを巻上機本体に合わせて専用設計した。クランパーを巻上機に合わせた最適形状にすることで，寸法制約の中で高出力と薄型化の両立を実現した。



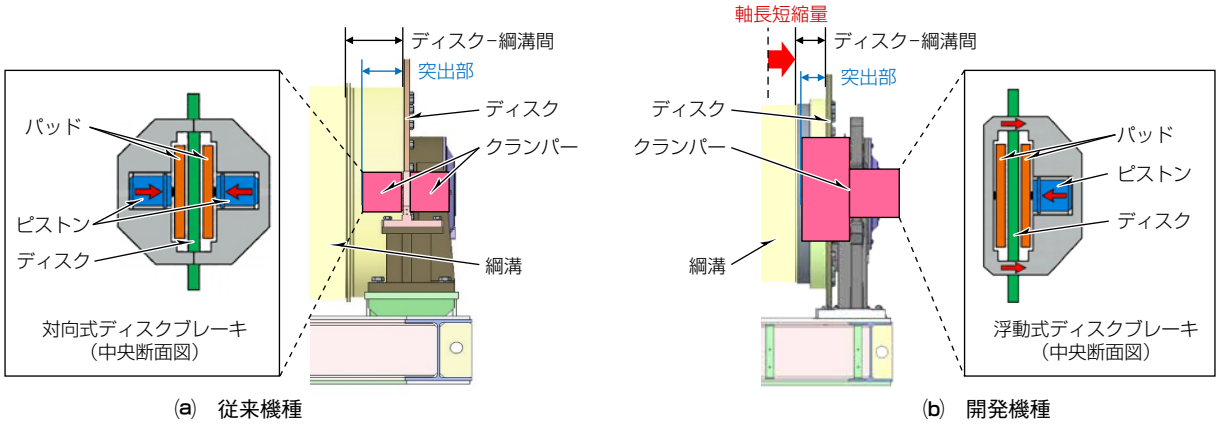
(a)　通常時　　(b)　試験時

図２−結線方式の切換え例



(a)　通常時　　(b)　試験時

図３−ターミナルでの接続例



(a)　従来機種　　(b)　開発機種

図４−ブレーキ部の概略

油圧式と浮動式を組み合わせたブレーキの巻上機への適用は，三菱電機ビルソリューションズ㈱としては初である。対向式ではディスク両側のピストンが互いに近づく方向に動くのに対して，浮動式ではピストンの動きに加えてクランパー本体も反対方向にスライドするため，対向式と比べてストローク量が２倍になる。このストロークの増大によって，クランパーの動作時に傾きが生じやすくなってシール部面圧の乱れが発生することで，油漏れリスクが高まるという課題がある。今回の設計では，油圧構成部品の支持方法を改良し傾きを抑制することで，シール部の面圧分布を均一化し，浮動式の適用を実現した。

これらによって，ブレーキのシーブ側への突出部長さを従来の約５割に削減した。綱溝はこの突出部と軸方向に干渉しない位置に設計する必要がある。突出部の削減によってディスク−綱溝間の距離を短縮し，シーブ及び巻上機全体の軸長削減を実現した。

2. 3　搬出入時の分割モジュールの小型化

巻上機を現地で組立て可能な単位まで分割したモジュールのうち，最もサイズが大きく，かつ最も質量の大きいモジュールは回転子(**図５**)であった。回転子は，モーターのローターが取り付くシャフト部と，ブレーキの制動面になるディスクが取り付くシャフト部との間に，シーブが取り付いたモジュールである。

今回の開発では，高強度ロープの適用によって従来よりもロープ径を縮小してシーブ径を小径化するとともに，ロープ本数を減らすことでシーブの綱溝数を削減しシーブの軸長を短縮した。さらに，**2. 2節**に記載のとおり，モーターやブレーキの軸長削減の開発に合わせて，シーブやシャフトの形状を最適化し，回転子モジュールの軸長を削減した。

これらの小型化開発によって，モジュールの小型化を実現し，長さを従来の約８割，質量を従来の約５割に削減した。

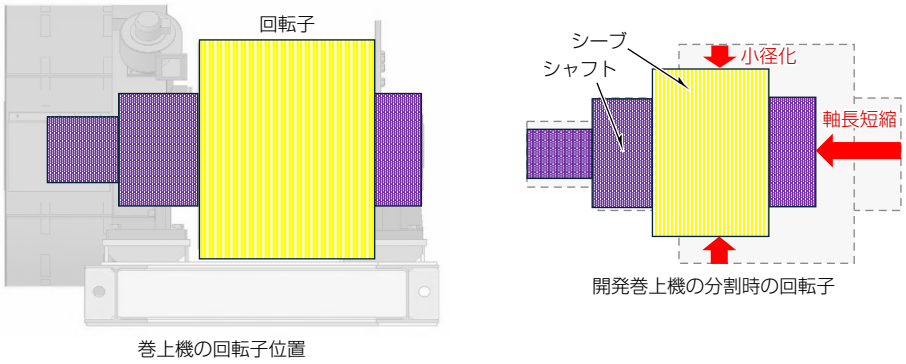


図５−巻上機の回転子位置と開発巻上機の分割時の回転子

3. 軸長短縮と分割モジュールの質量削減効果

図６に開発機種の外形図を示す。小型化開発によって，モーター部，ブレーキ突出部等の各部の軸長短縮を達成し，新巻上機の軸長は従来の約８割に削減した。これによって，隣り合うエレベーター同士が近接する場合の巻上機同士の干渉が回避され，機械室を２階建て構造にするなどの高さ方向での退避が不要になり，建物側のレイアウトの自由度向上を実現した。

また，巻上機を現地で交換及び組立て可能な複数のモジュールに分割した際の最大のモジュールの長さを従来の約８割，質量を従来の約５割に削減した。これによって，エレベーターでの運搬が可能なサイズ及び質量になり，搬出入時の建物利用での利便性の向上を実現した。

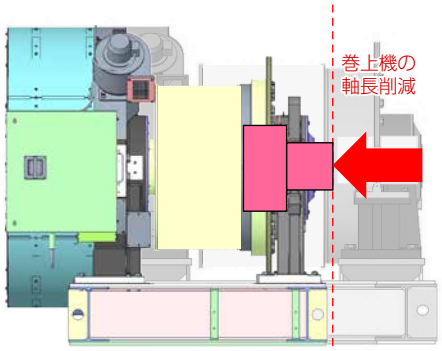


図６−開発巻上機の外形図

4. む　す　び

建物側の自由度向上や負担軽減のために，巻上機の軸長短縮と巻上機交換時の分割モジュールの小型化をコンセプトに開発を行い，エレベーター新設時の建物側への貢献に加えて，建物のライフサイクルを考慮した製品の提供を実現した。

今後も，新たな製品開発・創出を通して，社会に貢献していく。

参 考 文 献

(1)　木村康樹，ほか：高速エレベーター用巻上機の軸受発熱低減技術，三菱電機技報，**94**，No.5，290～294（2020）
(2)　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）
(3)　垣見悠太，ほか：回転電機の結線切替装置、回転電機及び回転電機の製造方法，特許第7364015号（2023）
(4)　納谷健斗，ほか：回転電機，特許第7188627号（2022）

特集論文

他社製エレベーターリニューアルのためのオートチューニング技術

潮崎晴紀*
Harunori Shiosaki
大塚康司*
Yasushi Otsuka

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

Auto－Tuning Technology for Elevator Renewal Using Third－Party Traction Machine

要　旨

海外市場を中心にマルチブランド保守が主流化する中，他社製エレベーターに対応したリニューアルメニューの整備が急務になっている。三菱電機ビルソリューションズ㈱(MEBS)は，三菱製制御盤で他社製巻上機を制御するためのコア技術として，オートチューニング機能を開発した。この機能は，ブレーキ制動状態でモーター電気特性を同定する停止時チューニングと，走行を通じてトルク定数・システム全体の慣性モーメント(イナーシャ)を同定する走行時チューニングの２段階で構成される。走行試験によって，メーカー諸元値を用いた場合と遜色ない制御性能を確認し，モーター定数が入手できない場合でも他社製巻上機の適用が可能になった。この技術を活用することで，メーカーを問わないリニューアルメニューの提供が可能になった。

1．ま え が き

近年，特に海外市場では，製造元にかかわらずエレベーターの保守を行うマルチブランド保守が主流になっている。

三菱電機グループが保守しているエレベーターがリニューアル時期を迎える中，三菱製エレベーター向けだけでなく，他社製エレベーターにも対応したリニューアルメニューの整備が急務になっていた。また，このメニューの整備は，三菱電機グループ以外の保守サービスを利用している顧客に対するリニューアル提案をきっかけとして，三菱電機グループによる充実したエレベーター保守を提供することにつながる。

そこで，他社製エレベーターに対応したリニューアルソリューションとして，三菱製機器と他社機器を組み合わせてリニューアルを行うメニューを開発したため，その概要とコア技術であるオートチューニング機能の開発について述べる。今回開発したリニューアルメニューの構成は，電気機器を交換し，機械機器を流用する制御改修である。制御盤やかご上ステーションなど主要な電気機器は三菱製のものを使用するが，巻上機とかごドア装置は他社製の機器に交換する。

2．他社製エレベーターのリニューアルの課題

エレベーターリニューアルは，大部分の機器を交換する一括改修と，主要機器だけ交換し既設機器(主に機械部品)を可能な限り流用する制御改修に大別され，制御改修が主流である。三菱製エレベーター向けのリニューアルメニューでは，既設機器の設計情報が既知であるため，それに合わせたメニュー開発を行うことができる。一方，他社製エレベーターに対しては情報が少なく，モダニゼーション対象になる他社製エレベーターを絞りにくい。従来のMEBSのリニューアルメニューは三菱製エレベーターを対象にしていたため，他社製エレベーター向けに展開することが難しかった。特に，他社機器との接続が重要になる巻上機やかごドア装置では，この課題が顕著であり，適用する際には案件ごとの調査や設計検討が必要になるため，リニューアル提案に向けての大きな課題になっていた。また，海外市場では専業のパーツメーカーがリニューアルへの適用も織り込んだ機器を販売しており，これを活用したリニューアルを行うことが一般的になっていたが，このメニュー構成は，競合他社も同様のメニューを構成可能であるため，大きな差別化を図ることができない。そこで，各地域で実績のあるパーツメーカーの部品を活用することで他社製エレベーターへのリニューアルでの仕様対応力を確保しつつ，三菱製制御盤と組み合わせることで，保守サービスを中心に差別化を図ったリニューアルメニューを提供する。

他社製の巻上機を制御するための課題としては，ブレーキ駆動電圧やエンコーダーインターフェース仕様が三菱製巻上機の標準仕様と異なる点，及び事前の実機評価による仕様の作り込みができない点が挙げられる。専用設計の規模を小さくするため，制御盤は従来のリニューアルメニューで使用していたものをベースとし，三菱製巻上機の標準仕様との差

を埋めるためのブレーキインターフェース盤を新たに開発した。また，オートチューニング機能を開発し，据付け現場で巻上機のモーター定数を推定して制御プログラムに反映することで，事前の作り込みなしに巻上機の制御を可能とした。オートチューニング機能の詳細は，**3章**で述べる。

3. オートチューニング機能

三菱製制御盤と他社製巻上機を組み合わせる上での障壁は，制御パラメーター設計に必要なモーター定数の入手性にある。従来，他社製巻上機を採用する場合，モーター定数を事前にメーカーから入手する必要があり，適用可能な巻上機が限定される要因になっていた。今回の開発では，未知の巻上機モーター，エレベーターシステムの特性を据付け現場で自動的に同定し，制御パラメーターを決定するオートチューニング機能を実装した。この機能は，ブレーキによる制動状態で実施する停止時チューニングと，機械系の調整完了後に走行を通じて実施する走行時チューニングの２段階で構成され，作業員のスキルに依存することなく，高精度なエレベーター制御を実現することを目的としている。

3.1　停止時チューニング

停止時チューニングは，巻上機のブレーキによる制動状態で，モーターの電気的特性を同定するプロセスである。磁極推定，インダクタンス同定，抵抗同定，電流制御調整の四つで構成される。

磁極推定は，同期モーターの制御に不可欠な初期磁極位置を推定するための工程である。この工程は，位相をずらしながらパルス電圧を印加し，磁気飽和によって変化する電流を検出して磁極位置を算出する方式である。しかしながら，未知のモーターでは磁気飽和を誘発する最適な電圧が不明である。そこで，**図１**に示すように，パルス電圧の印加時間を徐々に増加させて，電流が磁気飽和を判定するために設定された基準値を超えるまで探索を行う。磁極位置の決定では推定された磁極位置の変化量を監視し，複数回にわたって推定値の変化量が基準値以下に収束した段階で，最適な電圧が印加されたと判断して推定を完了する。このようなアルゴリズムを導入することによって，高精度な磁極位置推定が可能になった。

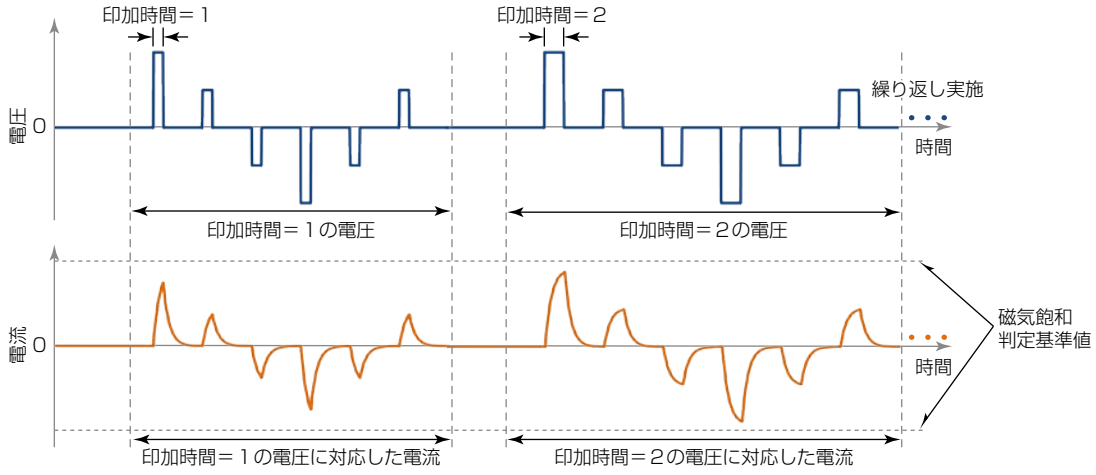


図１−磁極推定

次に実施されるインダクタンス同定は，前工程の磁極推定で算出された磁極位置を基にdq軸を確立し，d軸及びq軸のそれぞれに高周波の交番電圧を印加する工程である（**図２**）。印加電圧の振幅をランプ状に増加させることで過電流を抑制しつつ，同定に必要な電流レベルまで安全に到達させる仕組みを採用した。この工程の測定原理は，高周波域でモーターインピーダンスがインダクタンス成分に支配される物理特性を利用したものである。電流振幅が所定の値に達した際の電圧指令と電流からインダクタンスを算出する。

抵抗同定は，d軸電流指令をステップ状に変化させて，異なる電流レベルでの二つの定常状態を利用する手法とした。定常状態では，電流の変化率が０に収束するため，印加電圧は抵抗による電圧降下とインバーターのデッドタイム等に起因するオフセット電圧の和として表される。**図３**に示すとおり，電流I_1，I_2及びそれに対応する定常電圧V_1，V_2の差分を用いて算出することで，非線形な電圧誤差成分を相殺し精度を向上させている。

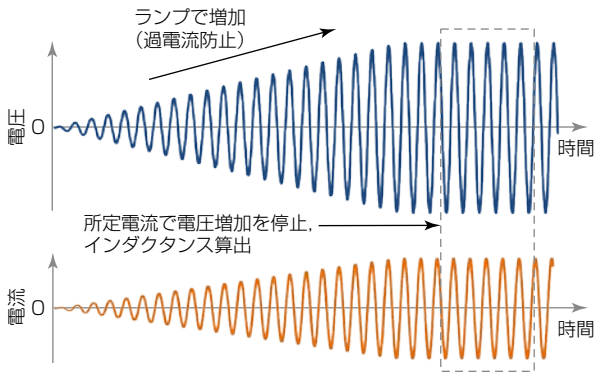


図２−インダクタンス同定

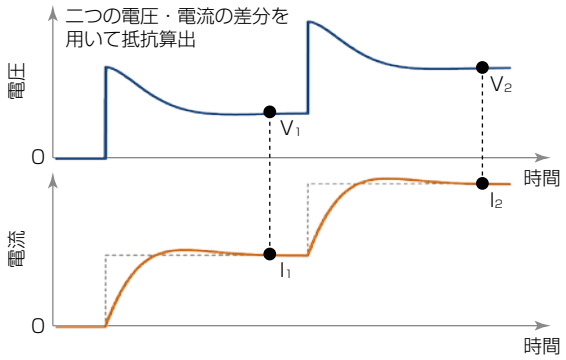


図３−抵抗同定

最後に，同定したインダクタンスと抵抗に基づいて，電流制御調整を行う。これは，**図４**のように，電流指令をステップ変化させた際の実電流を理想的な一次遅れ系の応答である理想電流と比較し，電流制御のPI制御ゲインを調整するプロセスである。ステップ変化を複数回繰り返すことで電流制御の応答を微調整し，最終的な電流制御ゲインを確定する。これによって，前段の同定誤差を修正し，安定した電流制御系を構築できる。

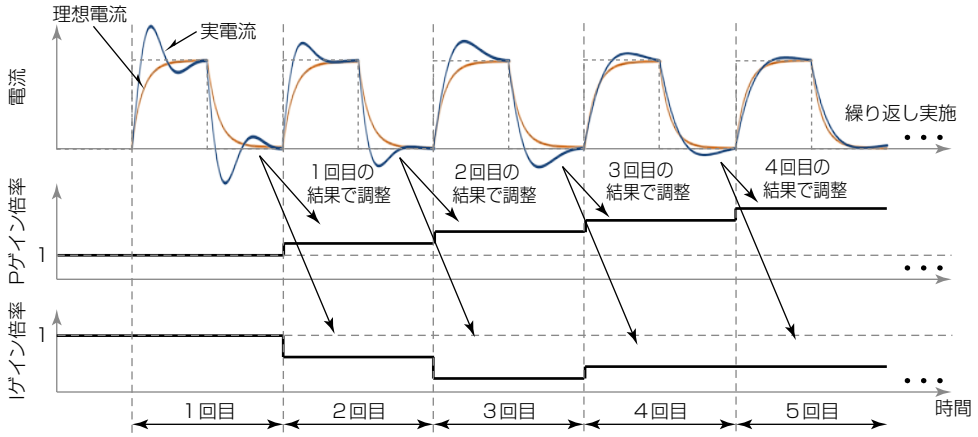


図４−電流制御調整

3. 2　走行時チューニング

走行時チューニングは，機械系の据付け及び釣合いおもりの調整が完了した後に，かご内を無積載とした状態で終端階を往復運転させることで実施する。この目的は，モーターのトルク定数及びシステム全体のイナーシャを高精度に同定し，速度制御ゲインを調整することにある。

具体的な同定手順では，**図５**に示すように，上昇運転及び下降運転で，加速時，一定速時，減速時のそれぞれのタイミングで加速度と電流を取得する。トルク定数の算出は，かご内無積載時のアンバランストルクを，一定速走行時の電流の平均値で除する手法を用いる。ここで，アンバランストルクは，定格積載量，カウンター率，ローピング，シーブ径などのエレベーターの機械的諸元から理論的に導出可能である。

一方，システムイナーシャは，加速時と減速時の電流差と加速度差の関係から，ニュートンの運動方程式に基づいて算出する。また，上昇運転時に同定したイナーシャと下降運転時に同定したイナーシャの平均値を最終的なシステムイナーシャとして採用する。重力の影響が反転する往復運転のデータを組み合わせることで，摩擦やアンバランストルクの影響を相殺し，純粋なイナーシャ成分だけを抽出することが可能になる。

同定されたこれらの値は速度制御ゲインに反映されて，エレベーターの乗り心地と着床精度に寄与する。

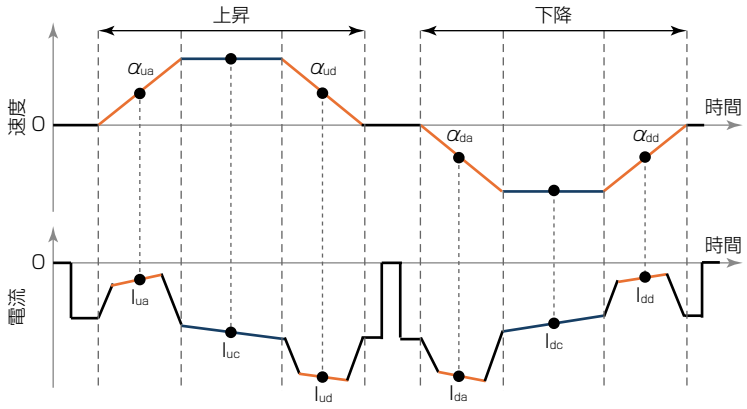


図５−走行時チューニング

3. 3　走行試験結果

3. 1節，**3. 2節**でオートチューニングした制御パラメーターを用いて走行した場合と，メーカーから入手した諸元値で制御パラメーターを設定した場合との性能比較を実施した。速度，電流，かごの上下加速度の比較図を**図６**に示す。なお，**図６**はかご内負荷がフルロードでの下降運転の波形である。

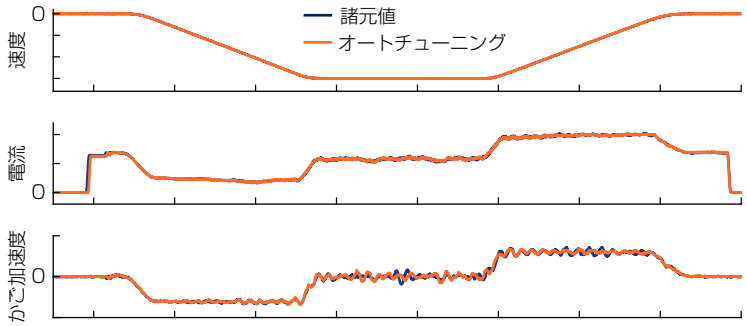


図６−走行波形の比較

オートチューニングによる制御パラメーターを用いた走行は，諸元値による制御パラメーターを用いた走行と遜色ない結果になっている。この結果から，この開発のオートチューニング機能の有効性を示すことができて，メーカーからモーター定数を入手できない場合でも他社製巻上機を適用することが可能になった。

4. む　す　び

エレベーターリニューアルで，三菱製制御盤で他社製巻上機を制御するコア技術である，オートチューニング機能の開発について述べた。今後は，チューニング機能を据付け調整の範囲まで広げて，現場固有の振動・騒音の抑制など，更なる対応力の強化を図る。特定メーカーに依存しない保守やそれに伴うリニューアルの要求は，海外だけでなく日本国内にも広がっている。三菱製制御盤によるリニューアル手段を確立・発展させることで，既設エレベーターメーカーを問わない充実した保守サービスの提供に寄与していく。

特集論文

三菱統合ビルセキュリティーシステム“MELSAFETY-R”

Mitsubishi Integrated Building Security System “MELSAFETY-R”

鈴木一弥*
Kazuya Suzuki

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

要　旨

三菱電機ビルソリューションズ㈱(MEBS)は，これまで入退室管理システムである三菱統合ビルセキュリティーシステム“MELSAFETY-G”を様々な用途のビルに数多く納入してきた(1)。今回，入退室管理業務を担う管理者の運用効率の向上を主目的として，新たな三菱統合ビルセキュリティーシステム“MELSAFETY-R”を開発した。このシステムは，クラウド化によって多拠点管理を実現するとともに，案件規模に応じた段階的なサービス(サービスプラン)提供を可能とし，WebAPI(Web Application Programming Interface)(注1)による就業・受付・人事管理システムなどの業務システムとの連携，操作画面のユーザビリティー向上を図った。

(注1)　ソフトウエア間で機能やデータをやり取りするための接続仕様を指す。

1. ま え が き

入退室管理システムとは，ビルや部屋への利用者の通行を管理することで，不正侵入を効率的に防止するシステムである。利用者を特定して扉の通行可否を判断し，通行が許可されている利用者だけがビルや部屋に入ることができる。利用者を特定するための認証媒体として，カードやタグ，生体情報(指紋，顔)などがある。

労働人口減少に伴う人手不足を背景に，入退室管理業務でも効率化の要求が高まっている。また，情報技術分野ではクラウドコンピューティングや通信・Web技術が急速に進歩したことによって，外部システムとのインターネット経由での連携の一般化，操作画面のユーザビリティー向上が加速している。

三菱統合ビルセキュリティーシステムMELSAFETY-Gはリリースから約20年が経過し，これまで多くのビルに納入されてきた。今回，先に述べた情報技術の進歩を踏まえて，管理者の業務効率化を主目的として，新たに三菱統合ビルセキュリティーシステムMELSAFETY-Rを開発した。このシステムの特長は，次の(1)～(3)のとおりである(**図1**)。

(1)　クラウド化による多拠点管理と，案件規模に応じたサービスプラン提供による柔軟なコスト設定を実現している。

(2)　普及が進むSaaS(Software as a Service)(注2)型の業務システム(就業・受付・人事管理システムなど)とは，WebAPIを介したインターネット経由での連携が可能である。

(3)　MEBSがこれまで入退室管理業務を担う管理者からのニーズを継続的に収集・把握してきたノウハウと最新のWeb技術を操作画面に適用し，ユーザビリティーを向上させている。

(注2)　インターネット経由でソフトウエアの機能を提供するサービス形態を指す。

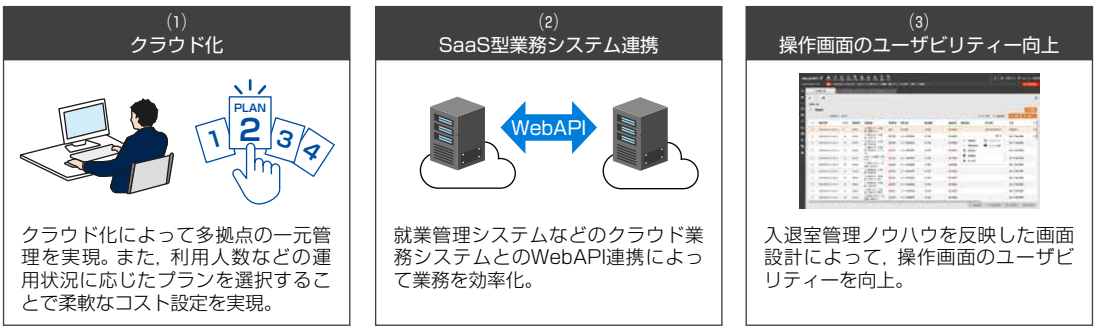


図1－MELSAFETY-Rの特長

2. MELSAFETY-Rのシステム構成

図2にMELSAFETY-Rのシステム構成を示す。このシステムは，サーバー機能を実装したクラウドと拠点側の機器(コントローラー，カードリーダー等)で構成される。クラウドと拠点間は暗号化通信によってセキュリティー性を確保している。就業・受付・人事管理システムなどのSaaS型業務システムは，WebAPI通信によって連携する。管理者はパソコンのWebブラウザーから，HTTPS(Hypertext Transfer Protocol Secure)通信によってクラウド上のサーバー機能にアクセスし操作画面を利用する。

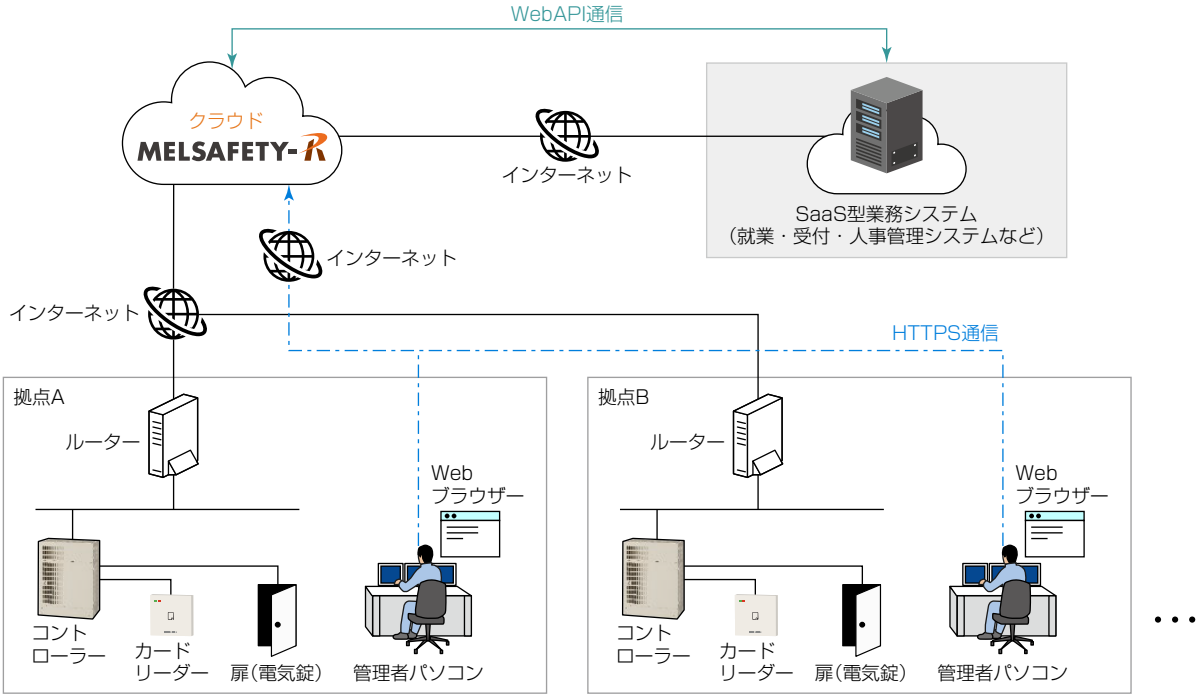


図2- MELSAFETY-Rのシステム構成

3. MELSAFETY-Rの特長

この章では，**1章**で述べた特長(1)～(3)を実現するMELSAFETY-Rの開発ポイントとして，サーバー機能のクラウド化による多拠点管理の実現とサービスプラン設計，WebAPI機能の実装，ユーザビリティー向上の3点について述べる。

3.1　サーバー機能のクラウド化による多拠点管理の実現とサービスプラン設計

拠点ごとにサーバーを設置する構成ではなく，**図2**のとおり，サーバー機能を持つクラウドによって多拠点を一元管理できるようになる。これによって，例えば勤務地変更を伴う人事異動の際は，利用者の勤務地情報を変更するだけで，異動先の拠点でも入退室が可能になる。また，出張時には一時的に出張者に対して出張情報を付与することで，出張先でも社員証を使ったシームレスな入退室が可能になる。さらに，拠点にサーバーを設置する必要がなくなるため，設置スペースの確保やサーバー保守も不要になる。

クラウドの利用料は，サーバー機能の処理性能やデータ容量などによって異なる。そこで，案件規模(ビル利用人数など)に応じた5段階のサービスプランを用意し，ビルの規模に適したコストで導入できるよう設計した(**表1**)。例えば，サービスプラン1は，利用者が最大200人までの規模に適した処理性能やデータ容量とし，サービスプラン5は，最大120,000人までの規模に適した処理性能やデータ容量とすることで，最適なコスト設計とした。また，ビル稼働後のテナント入居状況に応じて，プランを柔軟に変更することも可能である。利用者が増えると扉の通行が増加する傾向にあり，サーバー機能に対して高い処理性能が必要になる。各プランで，通行が集中する始業・終業や昼休憩の時間帯での処理負

荷を低減するため，一時的に通行情報を保持し順番に処理することで負荷を平準化する仕組みをサーバー機能に実装している。

表１-サービスプラン(ビル利用人数の例)

項目	プラン１	プラン２	プラン３	プラン４	プラン５
ビル利用人数(人)	200	750	3,000	12,000	120,000

また，MELSAFETY-Gは多くのビルに導入されており，各拠点にはコントローラーやカードリーダー等の機器が設置されている。MELSAFETY-GのサーバーをMELSAFETY-Rのクラウドに移行した場合でも，拠点側に既に設置されている機器を更新することなく継続して利用できるよう通信互換性を維持した。

3.2　WebAPI機能の実装

近年は，業務システムのクラウド化(SaaS)が急速に進んで，インターネットを介したWebAPI連携が一般化している。こうした背景から，MELSAFETY-RではHTTPS通信によるWebAPI機能を実装し，業務システムとの連携を可能とした。

この機能では，通行履歴や利用者情報の取得及び編集ができる。業務システムとの連携での主要なユースケースをカバーしており，次のような連携が可能になる。なお，これらの連携では，指定した条件に合致する情報だけを抽出して取得することも可能であり，データ連携の効率化や連携先の業務システムの処理負荷軽減に寄与する。

⑴　就業管理システムとの連携

MELSAFETY-Rから通行履歴を取得し，就業管理システムの出退勤時刻に自動反映できる。

⑵　人事管理システムとの連携

人事管理システムに登録した従業員情報を，MELSAFETY-Rの利用者情報として自動登録できる。

⑶　受付システムとの連携

受付システムに登録した来訪者情報を，MELSAFETY-Rの利用者情報として自動登録できる。受付業務を効率化できて，来訪者もスムーズに入退室できるようになる。

WebAPIは，“通行履歴”“利用者”“扉”など，データの種類ごとに整理されており，データを全件取得する場合も，条件を指定して必要な分だけ取得する場合も，同じ考え方・同じ手順で利用できるように設計されている。例えば，利用者の一覧を取得する場合と，特定の利用者の通行履歴を絞り込んで取得する場合とでは，対象データは異なるが，WebAPIの利用方法は共通している。そのため，業務システム側でWebAPIを利用して開発する際にも，使い方を一度理解すれば，他のデータにも同様に応用できて，効率的に開発を進められる。また，この統一されたルールによって，将来的な機能追加にも対応しやすく，ソフトウエアの保守性・拡張性の向上にもつながっている。さらに，WebAPIの利用に当たっては，連携先である業務システムを認証し，適切な権限を付与して認可を行うことで，安全なWebAPIアクセスを実現している。

3.3　ユーザビリティー向上

これまでの実績から，入退室管理業務の運用ノウハウを活用し，操作画面の機能性や操作性などのユーザビリティー向上を図った。

⑴　操作性の向上

管理者が頻繁に使用する画面操作を分析し，操作ステップを削減する設計を行った(**図３**)。例えば，設定画面の左側に一覧情報を表示し，設定対象の情報をすぐに切り替えられるようにすることで，一覧画面と設定画面を往復する画面遷移操作を不要としている。

また，入退室管理業務は，異常などを監視する用途と，利用者情報などを設定する用途に分類される。このシステムでは，監視用途と設定用途をそれぞれ別のウインドーに表示できるほか，各ウインドー内でタブによって最大３画面を表示可能とすることで，様々な監視・設定操作を並行して行うことができて，管理者の運用効率を向上させる。

⑵　マテリアルデザインの適用

Googleが提唱するマテリアルデザイン(注3)のガイドラインに基づいて，ボタンや入力欄などの画面部品，アイコン，カ

ラーを選定した。また，デザインルールを統一することで，操作時の視覚的フィードバック（押下時の反応表現，階層構造の明示など）を分かりやすくし，直感的な操作を可能にした。さらに，警報発生などの重要情報はアイコンで強調表示し，視認性を高めた（**図４**）。

⑶　レスポンシブデザインの採用

Webブラウザーの表示領域のサイズに応じて，レイアウトが最適化されるレスポンシブデザインを採用した。これによって，様々な解像度の端末でも，一貫した操作性を確保した（**図５**）。

（注３）　Google，マテリアルデザインは，Google LLCの登録商標である。

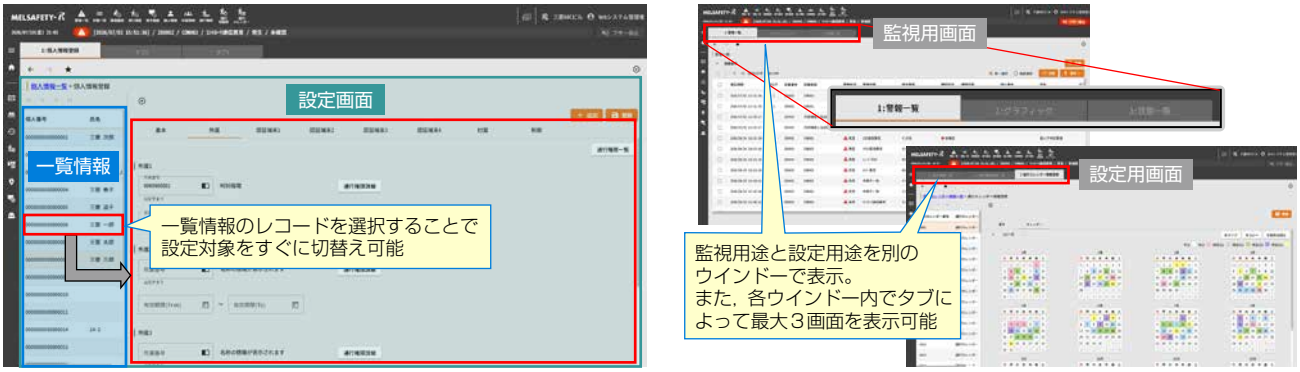


図３-操作画面の例

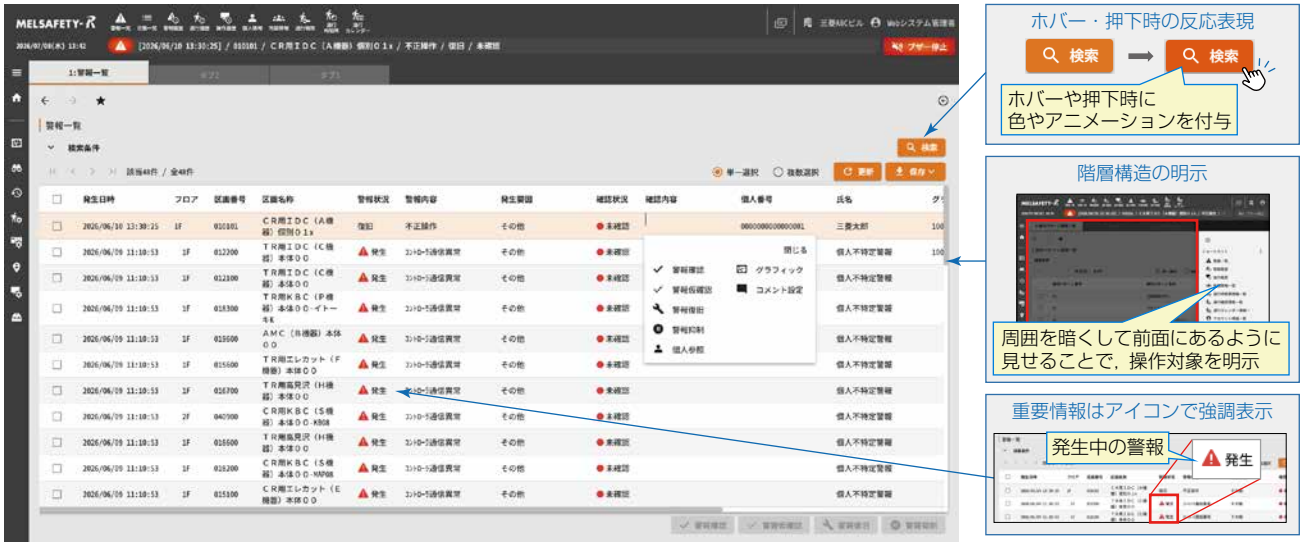


図４-マテリアルデザインの表示例

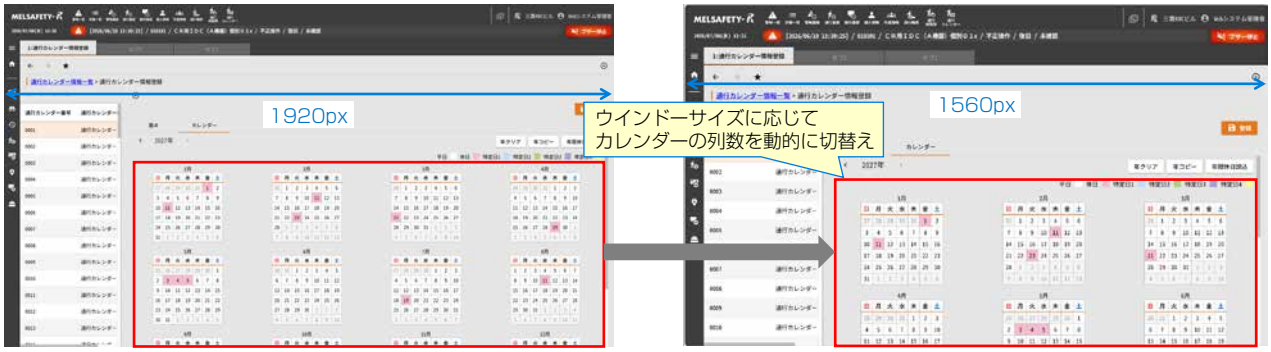


図５-レスポンシブデザインによるレイアウト最適化の例

4. む　す　び

労働人口減少などの社会課題を背景に，クラウド型入退室管理システムの市場は今後も拡大が見込まれ，クラウド活用や業務システム連携へのニーズは更に高まっていくと考えられる。今回開発したMELSAFETY-Rは，こうした市場ニーズに応える基盤を確立したものであり，今後のビルセキュリティーシステムの発展に寄与するものである。

今後も顧客ニーズの把握・分析に努めて，顧客視点で価値の高い製品・サービスの開発を推進することで，入退室管理業務の効率化と安全・安心なビル環境の実現に貢献していく。

参 考 文 献

(1) 水沼一郎，ほか：三菱統合ビルセキュリティシステム“MELSAFETY-G”，三菱電機技報，**81**，No.11，771～774 (2007)

特集論文

情報センターでのシステム構成の高度化

Advancement of System Architecture in Information Centers

松枝　豊*
Yutaka Matsueda
嶋崎雅弘*
Masahiro Shimazaki

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

要　旨

三菱電機ビルソリューションズ㈱(MEBS)の情報センター(Mitsubishi Electric Building Solutions Information Center：MIC)は，昇降機(エレベーター／エスカレーター)をはじめとするビル設備の遠隔監視及び顧客からの電話受付窓口として，24時間365日稼働している。1981年に第１世代MIC(ミック)システムを稼働させて以来，老朽化機器の更新に合わせて機能を全面的に見直して，再構築を繰り返してきた。今回，2016年に稼働した第６世代MICシステムが老朽化に伴う保守限界を迎えたことから，運用コストの削減，フィールドエンジニア支援機能の強化，BCP(Business Continuity Plan)の強化を実現するために，機能だけでなくプラットフォームを含めた全面的な更新を実施した。

1. ま え が き

MICは，昇降機などの保守を契約している顧客とMEBSを結ぶ情報センターであり，災害時のエレベーター閉じ込めなど，火急案件対応を勘案すると，停止が許されない非常に重要な基幹システムである。政府の地震調査委員会によれば，今後30年以内に南海トラフ地震の発生確率が高いとされており，発生時には電力供給や通信網を含む社会インフラに甚大な被害が生じることが懸念される。こうした状況下でもシステム停止を最小限にするため，サーバー類は東京・関西のデータセンター２拠点でネットワークを二重化するとともに，受信拠点を北海道，東北，東京，横浜，中部，関西，中国，九州の８拠点で構成している(**図１**)。さらに，比較的コール件数の少ない夜間帯では，東京・関西の２拠点で集中受信を行うが，緊急時は30分で情報センターを立ち上げる運用としている。

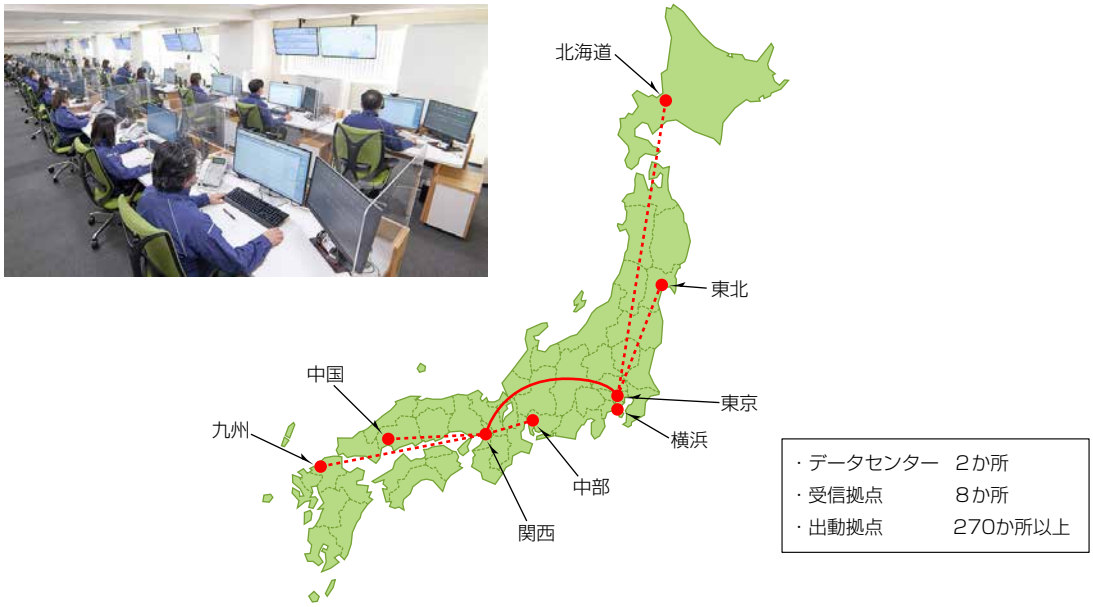


図１−全国情報センター拠点

2. 主 な 機 能

MICは，昇降機約24万台，冷熱機器約42万台，遠隔管理サービス約1.4万件，ビル設備保守約1.9万件の24時間監視及び電話受付窓口として，顧客の設備情報だけでなく個別の約束事項なども一元管理するシステムになっている。情報センターのオペレーターは電話対応と監視装置の信号受信で約１万件/日，バックヤードでは監視装置のデータ収集などの通信が約４万件/日に上る。速やかで滞りのない顧客対応をどんな状況でも可能にするため，オペレーターの操作時間を最小限にする“画面レイアウト”や，途中でオペレーターが交代しても同様の対応が継続できる“対応履歴の自動作成”など，様々な工夫を施している。故障信号を受信した際は必要に応じて技術員を派遣するとともに，その技術員の安否確認機能も兼ね備えている。今回の改修ではこれらの機能は維持しつつ，更なる高度化を求めて各種新機能を追加している。その一部について述べる。

2.1　追加設置の簡易化（どこでもMIC）

大規模災害や停電への備えとして，サーバー及び電話交換機を含むネットワーク機器を東京・関西のデータセンター２拠点で二重化し，24時間365日の無停止稼働を実現している。また，受信拠点になる情報センターは全国の８拠点に配置し，平常時は地域密着型のサービスを維持しつつ，災害発生時には全国相互でバックアップできる体制を整備した。

従来は，一部のサーバー機器が各情報センター内に設置されていたため，受信業務を行う場所が固定されていた。何らかの事情で情報センターが稼働できなくなった場合に，他拠点へ移転しにくいという課題があった。これに対して，第７世代MICシステムでは全てのサーバー機器をデータセンター２拠点に集約し，全社の事務所を社内ネットワークで接続する構成に変更した（**図２**）。

これによって，任意の場所に情報センターを追加で設置することが可能になった。その結果，大規模災害等によって全情報センターが稼働不能になった場合でも，新たに情報センターを立ち上げて顧客への影響を最小限に抑えることが可能になった。

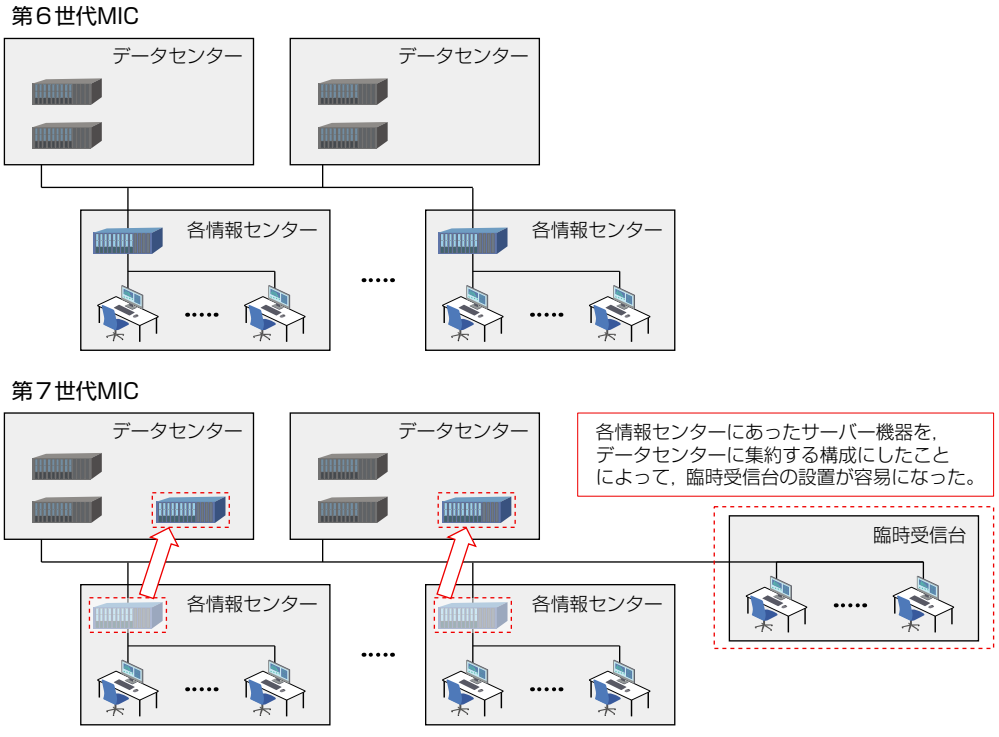


図２−新旧MICの構成図

2.2　Web API連携による拡張性向上

第6世代MICシステムまでは，ファイルを転送するFTP(File Transfer Protocol)の方式を多数採用していたが，この方式の場合，受けたデータをどのように表示させるかはMICシステム側で準備する必要があり，新たな連携や連携先のシステム変更に対する柔軟な対応が困難であった。それに対して第7世代MICシステムでは，各システム間の連携にはWeb API(Application Programming Interface)方式を採用し，国内外を問わず各種共通機能を利用可能な構成とした。これによって，パブリッククラウド上に配置された空調設備の監視システムからMICシステムへWeb APIを介して通報を行う仕組みを稼働させることができた。今後，同様に新たな連携が必要になった場合でも，容易に対応することが可能になった。

2.3　フィールドエンジニア支援機能拡充

フィールドエンジニアへの情報提供機能を拡充するため，情報センターのオペレーターが参照する各種情報を，スマートフォン上でも確認及び操作可能なWebアプリケーションを開発・実装することとした。

また，新たな支援機能として，故障発生後の状態確認を目的として，リアルタイム昇降機モニター機能を開発した。従来は，故障発報時点の状態を表示するだけであったが，この機能では，故障受信後に情報センターから現地設備の状態データを継続的に取得し，その解析結果をフィールドエンジニアのスマートフォン端末で参照可能とした(**図3**)。これによって，故障の継続状況，かご内の状態，及び各種主要信号の状態をより詳細に把握することが可能になり，故障復旧作業の効率化に寄与した。なお，この機能は故障対応中だけ利用できる仕組みとすることで，想定していない外部からのアクセスを防止している。

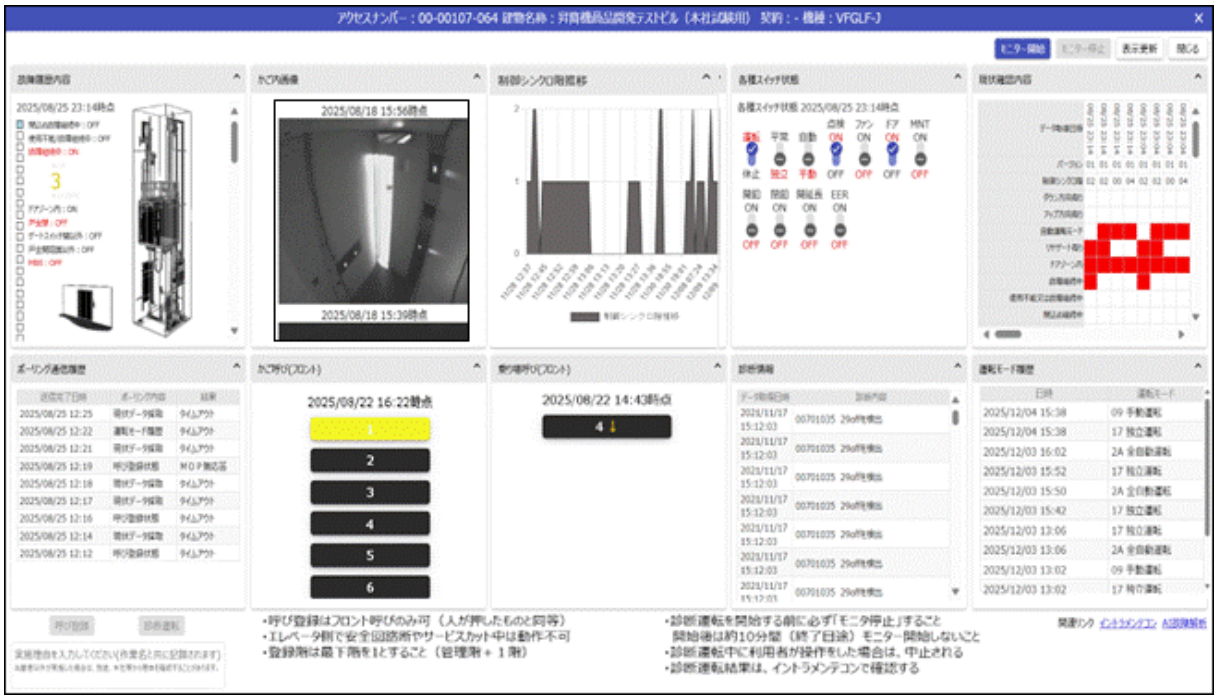


図3-昇降機モニター機能画面

2.4　災害時の安定稼働

昇降機には，地震発生時の乗客安全確保を目的として，地震感知器動作による自動停止機能が実装されている。このうち，自動停止したエレベーターはMICシステムへ自動通報する仕組みになっているが，首都直下地震が発生すると数万台のエレベーターが一斉に通報するような事態も危惧される。これは平常時の数百倍に相当する負荷であり，システムの継続稼働が困難になるおそれがある。

この課題に対して，本番運用環境を模擬したシステムを構築するとともに，より実運用に近い負荷を再現可能な各種シミュレーターを製作した。シミュレーターを用いた各種試験の結果，複数の要因に起因してシステムが利用不能となる事象を確認した。この事象に対しては，データベースでの同時更新が輻輳(ふくそう)した際の排他制御やキューイングによる順序制御と，システム全体のスループットを維持する適正なタイムアウト処理を追加した。その結果，首都直下地震時の数倍に相当する負荷条件下でも，安定稼働が可能になった。

それに加えて，閉じ込めが発生したビルや病院など，優先的な復旧が求められる物件を抽出する機能を追加した。さらに，復旧時間の短縮を目的として，事業所単位に加えて，課，係，担当者単位で停止物件を抽出する機能，及び移動時間の短縮を図るため，任意の距離内での停止物件を抽出する機能を実装した。

3. 無停止でのシステム切替え

24時間365日の受信業務を停止させることなく新システムへ切り替える必要があったため，一時的に両システムを並行稼働させながら，８拠点の情報センターを順次切り替える方式とした。併せて，新旧システムの並行稼働期間を設けることで，新システムに想定外の障害が発生した場合でも瞬時に切り戻して，通常業務を継続できるようにした。

MICシステムは全国でデータを二重化しているが，これに加えて新旧システムのデータベースの同期も必要になった。しかし，前述したように新旧システムで異なるデータベースを採用していたため，データの同期が容易ではなく，新たにデータ同期ツールを開発した。このツールは，同時にデータ操作した際の優先順位や同期タイミングなどについても事前に検討を重ねたことで，利用者に違和感を与えることなく運用を継続できた。

また，この巨大なシステムの切替えには複数拠点に分散して作業する必要があったため，事前に手順・段取りを十分に検討して取り組んだ。その結果，システム停止という重大な障害を発生させることなく，円滑な切替えを実現した。

4. 将来の改修

昨今，少子高齢化に伴って労働力不足が深刻化する中，MEBSの情報センターでも，持続可能な運用体制の構築が急務になっている。MEBSでは，これらの課題を解決するため“コールの受信”から“エンジニアへの対応依頼”，さらには“対応状況の記録”に至る一連の情報センター業務プロセスを細分化した。AIと情報センターオペレーターで役割を分担し，再定義することで情報センター業務の更なる価値向上を目指していく。

5. む　す　び

情報センターシステムの更新に伴って，新規機能の追加及び無停止でのシステム切替えを実施した。システム開発に携わる立場としては，最新機能の追加に注力する余り，情報センターの先にいる顧客の存在を見失いやすくなる傾向がある。しかし，情報センターは顧客との重要な接点であり，“人の温かさ”の重要性を忘れてはいけない。単なる効率化を目的とするのではなく，テクノロジーの力で業務を支援し，スタッフが顧客に寄り添える環境を整えることで，“働きやすさの向上”と“心のこもったサービス”の両立を図って，今後も社会に貢献する仕組み作りを目指す。どのような場合でも，システムの機能面だけに捉われることなく，初心に立ち返って，“顧客の安心・安全”を第一に考えたシステム更新に今後も尽力していく。

特集論文

櫃石島橋向け エレベーターリニューアル工事

大塚俊輝*
Toshiki Ohtsuka
松本誠司*
Seiji Matsumoto

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

Elevator Renewal Work for Hitsuishijima Bridge

要　旨

櫃石島(ひついしじま)橋の主塔に設置されているエレベーター(1)は，供用開始から長期間が経過していることから，制御更新計画を策定し，リニューアル工事を実施するに至った。この橋梁(きょうりょう)の主塔は屈曲構造を持っており，これに伴って昇降路も屈曲している。今回の工事は，屈曲走行エレベーターとして三菱電機ビルソリューションズ㈱(MEBS)初のリニューアル工事になった。

このリニューアル工事では，既設のリレー制御を静止形制御に更新し，制御装置の信頼性向上及び保守部品の安定供給性向上を図った。併せて，屈曲する昇降路構造に対応したローピング方式や低速走行速度を踏襲しつつ，検出方式及び駆動制御方式を最新技術に更新した。さらに，巻上機・ブレーキ・戸閉装置等の安全機能を強化し，かごの乗り心地向上や制御方式の更新を図ることで，特殊な構造及び海上環境下でのエレベーターの安全性・信頼性・保守性を向上させるとともに，橋梁設備の保守性向上にも貢献した。

1. ま え が き

櫃石島橋(**図1**)は，1988年に供用開始された道路・鉄道併用橋であり，瀬戸内海に架かる長大橋として知られている。

櫃石島橋には2基の主塔があり，各主塔には橋梁保全作業の効率化及び安全確保を目的としてエレベーターが2台ずつ設置されている。主塔の昇降路は2回屈曲しており，その屈曲経路をエレベーターが走行する。一般的なエレベーターとは異なる特殊な構造になっており，リニューアル対応には高度な技術的考慮が求められる。今回のリニューアル工事に向けたプロジェクトでは，MEBSの本社・支社及び稲沢ビルシステム製作所が連携し，工事計画の提案から実施までを一貫して推進した。

本稿では，既設エレベーターの概要を述べた上で，リニューアル工事での機器検討・設計内容について詳述する。



本州四国連絡高速道路㈱提供

図1－櫃石島橋(全景)

2. 既設エレベーターの概要

この橋梁の既設エレベーターを構成する主な特徴を，(1)～(6)に示す。

(1) 昇降路形状及びロープピング方式

エレベーターの昇降路は主塔形状に沿って配置されており，全長約130mの区間内に２か所の屈曲部を持っている。昇降路の傾斜角は鉛直方向に対して，**図２**のとおり，昇降路下部で約－９度，中間部で約＋５度，上部で０度へと段階的に変化する構成になっている。また，主塔内の昇降路平面スペースは下部と比較し上部が狭小になっているため，かご側１：１ローピング，釣合いおもり側２：１ローピングという変則的なローピングを採用している(**図３**)。これによって，釣合いおもりの走行区間を設置スペースが確保できる昇降路下部だけに限定し，２：１ローピングによって，かごが昇降路全長を走行する間の釣合いおもりの走行距離を約半分に抑えている。

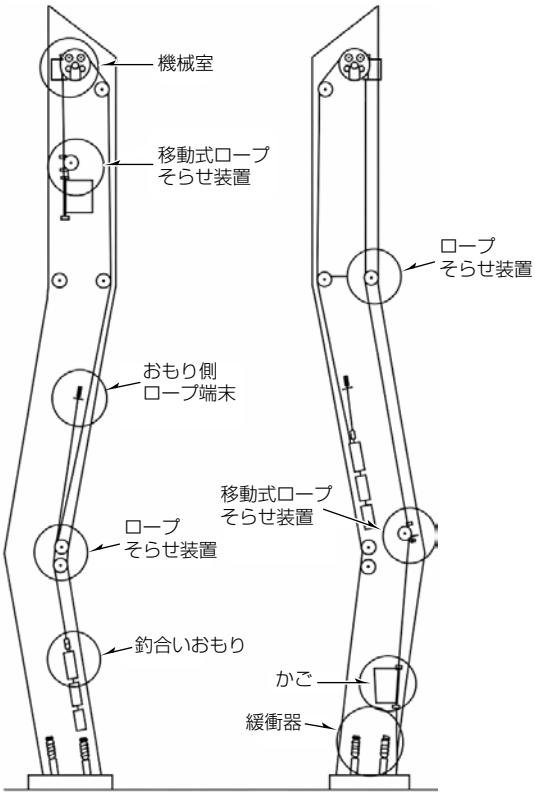


図２-昇降路の全体構造図

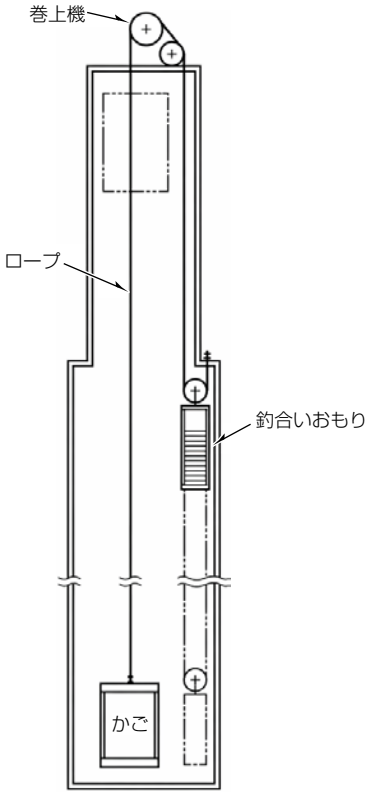


図３-ローピング方式[2]

(2) ロープそらせ装置

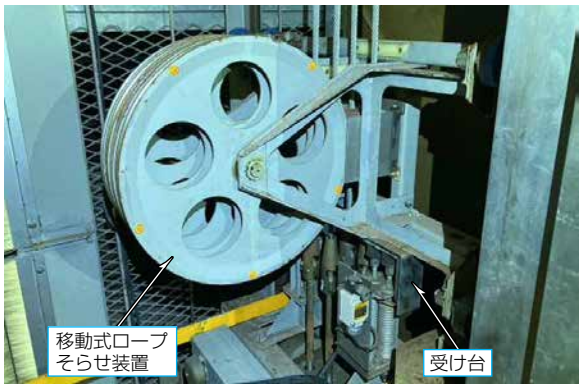
昇降路の屈曲部で，かご側と釣合いおもり側のロープの懸垂方向を変えるため，ロープそらせ装置を配置している。また，昇降路下部屈曲部に設置した移動式ロープそらせ装置は，かごが屈曲部を上昇通過する際にかご上に設けた受け台(**図４**左)と連結し，かごと一体となって移動することによって，巻上機から懸垂したロープが昇降路壁や昇降路内機器に接触することを防止している。

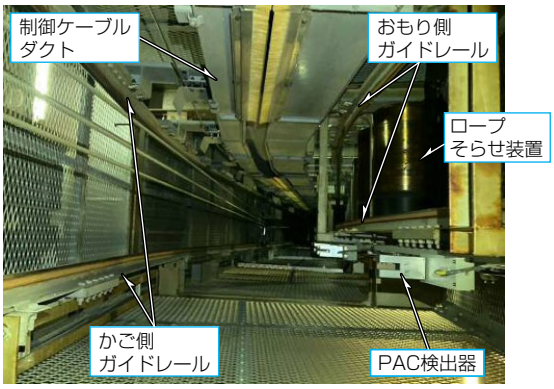
(3) かご床の水平姿勢制御及びかご速度制御

昇降路の傾斜角変化に対応するため，かご床を水平に保持する電動式の可動床構造を採用している。また，かごが屈曲部を通過する際には，定格速度から減速させている。これによって，昇降路屈曲部通過時のかご内乗客の不安感や違和感の低減，及び先に述べた移動式ロープそらせ装置がかごと連結する際の衝撃力・衝撃音の低減，それらに加えて屈曲部の湾曲したレールへの荷重低減を図っている(**図４**左)。

(4) 制御ケーブル

昇降路機器との接触による制御ケーブル自体の損傷や昇降路機器の損傷を防止するため，制御ケーブルは限られた昇降路平面スペース内で昇降路全長にわたるダクト(**図４**右)に収納されている。





PAC：Position Approach switch, ver.C

図４−かご上及び屈曲部の昇降路内（昇降路見上げ）

⑸　戸閉装置

手動戸閉方式を採用しており，かご戸及び乗場戸は手動で開閉する構造である。さらに，かご走行中にかご戸が開かないようにするとともに，かごが乗場に到着したときだけ乗場戸を開くことができるよう，安全装置を設けている。

⑹　特殊環境

各機器には防湿・防錆塗装やステンレス製材料を適用するなど，海上環境下での湿気及び塩害対策を実施している。

3. リニューアル工事の概要

今回の工事では，全てのエレベーター機器を一括して取り替えることなく，取替え機器を最小限に抑えて制御リニューアルを行った。そのため，既存機器の状態や既設構造との取り合い，施工条件などに留意し，新規機器への取替えを行う必要があった。そこで，既設エレベーターの特殊性を踏まえた上で，流用する機器と取り替える機器を精査し，既設設備の構成に配慮した計画・開発・設計・施工を行った。この章では工事概要の一部を取り上げて，その内容について述べる。

3.1　屈曲走行での安全性及び乗り心地への配慮

この節では，屈曲走行での安全性及び乗り心地への配慮について述べる。

3.1.1　屈曲走行制御の対応

リニューアル工事では，**２章**⑵で述べたロープそらせ装置及び屈曲部の湾曲レールを継続使用する方針とした。湾曲レール区間では既設と同様に，移動式ロープそらせ装置の連結時に発生する衝撃や摺動（しゅうどう）抵抗を抑制し，湾曲レールへの荷重を低減させるため，低速走行制御が必須になる。

リニューアルに当たって，次のような見直しを行った。

⑴　屈曲部進入の検出方式

既設ではPAC検出器と検出プレートによる速度切換え方式を採用していたが，機器レイアウト上成立が困難であったため，リニューアル後は新たな構成として，着床装置と仮想階プレートを用いる方式に変更した。それによって，このエレベーター特有のかごが屈曲部に進入する前に低速まで減速を完了させ，屈曲部通過後に加速を開始する制御を実現可能とした。

⑵　駆動制御方式

既設では交流２段制御による極数切換え方式によって屈曲部の低速走行を実現していたが，リニューアルでは最新のインバーター制御によるきめ細かな速度制御を採用し，よりスムーズな加減速を実現した。さらに，屈曲部の異常速度監視についても，既設の機械式スイッチによる検出から，制御プログラムによる監視方式に変更し，安全性の向上を図った。

3.1.2　かごの乗り心地への対応

既設かご床は**２章**⑶に記載のとおり可動床であったが，制御更新に当たって可動床の制御に必要な制御ケーブルの芯線数が確保できない問題があった。制御ケーブルの芯線数増設には関連する機器の設置スペースの確保が必要になるが，限

られた既設昇降路内での既存機器との取り合いを考慮すると工事規模が過大になるため，代案として次のように提案した。

⑴　最適なかご床傾斜角度の設定及び傾斜床の追加

既設のかご床の可動機能を廃止するため，３段階で変化する昇降路の傾斜角度に対して最適なかご床角度を検討する必要があった。そこで，昇降行程が長く，利用頻度が高い昇降路中間部で，かご床が水平になるようかご床を固定した。

また，先に述べた角度に設定した際に，昇降路下部でかご床の傾斜角度が最も大きくなるため，乗客の立ち姿勢による身体への負担を軽減するように床の一部に傾斜床を設置した(**図５**)。

⑵　かご内への手すりの追加

先に述べた⑴の対策に加えて，乗客の立ち姿勢を補助するため，かご内上部に手すりを設置した(**図５**)。

これらの⑴及び⑵の対策について，提案内容を実際のエレベーターで再現し，櫃石島橋の管理会社や橋梁の点検関係者等の参加を得て，立ち姿勢や使用性の検証を行った上で，製品へと反映させた。

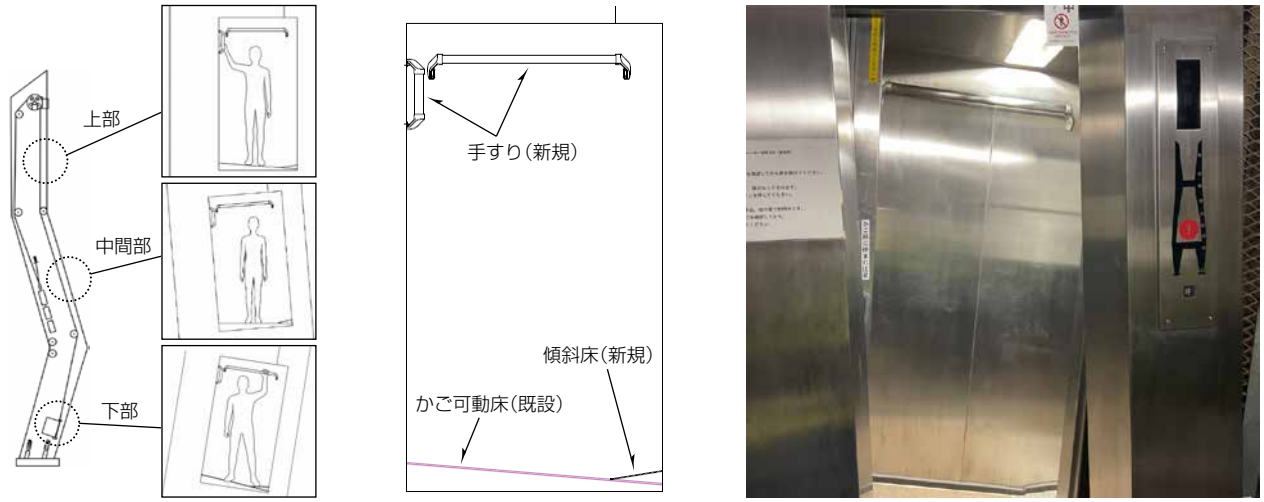


図５−かご床の固定及び新規傾斜床・手すりのイメージ，及び乗場から見たかご室の外観

3.2　安全機能の向上

この節では，安全機能の向上について述べる。

3.2.1　巻上機への対応

巻上機はエレベーターのかごを昇降させる駆動装置であり，減速機・巻上モーター・ブレーキ・綱車などで構成される。

リニューアル仕様として巻上機の取替えを検討したが，巻上機本体を取り替えるための搬入経路の確保が困難という問題があった。

そこでまず，取替え・改造対象を巻上機の主要部品である巻上モーターとブレーキに絞って，その他部品の流用について製品品質上問題がないことを確認した。さらに，安全機能の向上を目的に，意図しないかごの戸開走行を防止する機能を付加した。

⑴　巻上モーターの取替え

制御更新を行うに当たって，**２章**⑹で述べた特殊環境に対応する全閉自冷型インバーター制御用モーターを新規開発し，適用した。また，今後予定される他の屈曲走行エレベーターのリニューアルへの展開も見据えて，仕様の共通化を図った。

⑵　ブレーキ機構の改造

既設巻上機の流用に際して，意図しないエレベーターの戸開走行を防止する安全機能の付加を目的とし，単一ブレーキシステムであった既設巻上機に対して，新規２重系のブレーキシステムを採用した。具体的には，常時作動する機械的に独立した二つのブレーキ構成に変更するとともに，巻上機周辺で使用される潤滑油などがブレーキ部に付着しないよう油切りカバーなどを追加し，ブレーキの信頼性を向上させた。また，乗場床とかご床の位置関係を所定の設定距離で電気的に検知し，さらにかご戸開状態を検知してかごを停止させる制御と組み合わせることで，戸開状態でのかご走行を防止する機能を付加し，エレベーターの安全性を向上させた。

3.2.2　手動戸閉装置流用での対応

リニューアルに当たって，既設手動戸閉装置(**図６**)の流用が製品品質上問題ないことを確認し，更なる安全機能の向上を目的として，意図しないかごの戸開走行を防止する機能の追加を検討した。この機能を実現するに当たって，戸の閉鎖状態を検知する機構についても見直した。具体的には，ゲートスイッチは**２章**(6)で述べた特殊環境に対応し，かつスイッチの誤作動防止を目的とした強制開離構造を持つものを採用した。強制開離構造によって，接点溶着時でも接点を機械的に開離させ，戸開状態を確実に検出できる。



図６-既設手動戸閉(かご戸)

また，既設の乗場インターロック機構による機械的施錠・電気的検出の仕組みを流用しつつ，制御方式については，リレー制御から静止形制御(無接点のスイッチング素子による制御方式)へ移行し，既設と同等の励磁ロジック(電磁コイルへの通電・遮断の動作順序)をソフトウエアによって再現した。さらに，FMEA(故障モード影響解析)によるリスク分析を実施し，異常発生時にも安全側に働く故障形態(フェールセーフ)になることを確認した。物理的制約下でも十分な安全性を確保できる設計とすることで，安全性の向上を図った。

3.3　操作表示器具の視認性・耐久性の向上

かご操作盤・乗場インジケーターでは，この橋梁特有の専用意匠を踏襲した上でデジタル表示に更新することで，階床表示灯・運行表示灯の視認性を向上させた(**図７**)。また，**２章**(6)で述べた特殊環境下での耐久性向上のため，内部基板コーティングや呼びボタンの防滴構造化を実施している。



図７-新規かご操作盤・乗場インジケーター

4. む　す　び

櫃石島橋向けに実施したエレベーターリニューアル工事の機器設計プロセスでの検討・設計内容について述べた。事前検討から適用機器の開発・設計・据付け・調整に至る一連の工程を通じて，特殊な屈曲昇降路を持つエレベーターの安全かつ安定した運行を実現した。今後も継続的な技術革新と改善を重ねて，今回のような特殊かつ技術的難易度の高い案件への対応を通じて，社会インフラの安全性向上と安定的な維持に貢献していく。

参 考 文 献

(1) 池田　弘：本四架橋のエレベーター，クレーン，**26**，No.8，9563～9569 (1988)
(2) 寺園成宏，ほか：エレベーターハイテク技術 世界最高速度への挑戦，オーム社，51 (1994)

特集論文

海外市場での昇降機・ビルソリューション納入事例

藤田　薫*
Kaoru Fujita

*三菱電機ビルソリューションズ㈱

Latest Supply Record of Elevators and Building Solutions in Global Market

要　旨

昇降機には，建物用途や運用条件に応じて，輸送効率の向上，特定利用者向け動線の確保，既設設備の更新，他システムとの連携など，多様な役割が求められている。アゼルバイジャン共和国中央銀行の新本部ビルでは，行先予報システム(Destination Oriented Allocation System：DOAS)とVIP向け特殊運転を組み合わせて，通常利用時の輸送効率とVIP動線を両立した。サウジアラビアのKingdom Centreでは，大型巻上機の搬出入上の課題に対して，巻上機の小型化とローピング方式の変更によって，既設高層ビル内でのリニューアルを実現した。韓国のBanpo Raemian Triniwonでは，エレベーターとロボットの連携によって，大規模住宅での館内配送サービス高度化に貢献している。

1. ま え が き

昇降機・ビルソリューションに対する要求は，建物用途や顧客要求に応じて多様化している。高度な運行制御，人や物の動線管理，ロボットシステムとの連携など，昇降機は縦の移動手段にとどまらず，建物内サービスの利便性やセキュリティー性を支える設備として重要性を高めている。また，既設建物では，建物価値を維持しながら継続利用するため，設備更新での設計・施工対応も重要になる。

本稿では，海外市場での新設，リニューアル，ビルソリューションの三つの事例を取り上げて，建物用途や運用条件に応じた昇降機・ビルソリューションの特長について述べる。

2. アゼルバイジャン共和国中央銀行の新本部ビル

この章では，アゼルバイジャン共和国中央銀行の新本部ビルについて，建物の概要及び昇降機の特長を述べる。

2.1 建　　物

アゼルバイジャン共和国中央銀行の新本部ビルは，首都バクーに建設された高さ約164mの超高層タワーである。国家中枢機関としての象徴性を備えており，都市景観上の新たなランドマークになっている(**図1**)。外観は，建物全体にねじ



図1－アゼルバイジャン共和国中央銀行の新本部ビル

れを持たせたツイスト形状と全面ガラス張りのファサードを特徴とする。内部には大規模な吹き抜け空間，自然光を採り入れるアトリウム，植栽を配した空間が設けられ，快適な執務環境の形成と省エネルギー性の向上が図られている。

2.2 昇　降　機

この事例では，高速エレベーター７台を納入した。このうち乗用エレベーター６台には，群管理による全階床DOAS運転を採用している。また，６台のうち１台は，VIP運用に対応する直角二方向出入口仕様であり，通常利用時の輸送効率とVIP専用サービスを両立する構成とした。

2.2.1　DOASとバンク分割運転を組み合わせたVIP専用運転

DOASは，利用者が乗車前に行先階を登録し，その情報に基づいて最適な号機を割り付けるシステムである。同一目的階の利用者を集約させることで，同一群管理内のエレベーター全体で停止回数を低減し，待ち時間及び乗車時間の短縮を図る。この事例では，VIP対応号機を通常時は６台群管理に組み込んで，群管理全体の輸送性能を有効に活用する構成とした。

VIP運転への切替え時には，対象号機に登録されているDOAS呼びをキャンセルした上で，バンク分割運転によって対象号機を群管理から切り離して，単独運転へ移行させる。あわせて，かご呼び・乗場呼びの有効／無効，行先階登録，戸開方向，表示，アナウンスを一体で切り替えることで，通常利用者を他号機へ誘導し，混乱防止にも配慮した。VIP運転中も，他の５台で通常利用者向けのDOAS運転を継続し，群管理全体の輸送性能への影響を抑えた。

2.2.2　直角二方向出入口と単独昇降路への対応

VIP対応号機は，主階床である０階及び２階でリア側にも出入口を設けた直角二方向出入口エレベーターである。通常時のDOAS運転ではフロント側だけを使用し，VIP運転時に限ってリア側を使用可能とすることで，通常動線とVIP動線を分離している。フロント側・リア側共に停止する０階では，呼び登録に応じて片側又は両側ドアを開く仕様とした。

リア側のサービスはVIP運転時に限定されるため，かご操作盤は１面だけとし，フロント側・リア側で共通になる０階は特殊階床名ボタンで対応した。また，単独昇降路への設置に伴って，EN 81-20／50で要求される退避スペースを確保しながら，必要機器を昇降路内に納める検討を行った。さらに，同一バンク内で昇降路条件の異なる号機が混在するため，号機間で風音値が同等になるよう対策を講じて，快適性の均一化を図った。

3. Kingdom Centre

この章では，サウジアラビアのKingdom Centreについて，建物の概要及び昇降機の特長を述べる。

3.1 建　　物

Kingdom Centreは，サウジアラビア・リヤド中心部に位置する，高さ約302mの超高層複合ビルである(**図２**)。2002年の竣工(しゅんこう)以来，オフィス，ホテル，商業施設，住宅などを備える大規模複合施設として，リヤドを代表するラ



図２-Kingdom Centre

ンドマークの役割を担ってきた。外観は，タワー上部の大きな開口部と，その頂部を結ぶスカイブリッジを特徴とし，独特のシルエットによって遠景からも認識しやすいデザインになっている。また，強い日射を受ける地域特性に配慮し，建物形状やガラスカーテンウォールによって，日射負荷の低減と外観意匠の両立が図られている。

3.2　昇降機リニューアル

今回の対象は，スカイブリッジへのアクセス動線で使用されるＴ８号機である。速度210m/分，昇降行程180m超の人荷用エレベーターであり，利用者の移動と建物内の貨物搬送を担っている。既設エレベーターの積載量は4,000kgであったが，同仕様での更新では，巻上機の搬出入経路の確保や現地組立ての難易度が課題であった。このため，リニューアルでは，運用実態を踏まえて，積載量を通常運転時2,600kg，大型貨物運搬時3,700kgに見直すとともに，ローピング方式を変更することで，既設巻上機より小型のPML-120を適用した。

3.2.1　大型PML巻上機の更新

この事例では，既設巻上機PML-210AからPML-120への更新に合わせて，ローピング方式を１：１から２：１に変更した。大型PML巻上機の更新では，機器性能に加えて，機器質量，寸法，既設機械室のスペース，施工性，保守性を総合的に考慮した機器選定が重要になる。PML-120の適用によって，既設機械室内での据付及び保守に必要なスペースを確保し，既設建物内での更新に適した構成とした。

一方，ローピング方式の変更は，ロープ経路，そらせ車，調速機，かご上枠，おもり枠など，エレベーター全体の機器配置に影響する。このため，機械室内の配置，昇降路内の納まり，保守作業スペースを含めて全体を再検討した。

また，かご上枠及びおもり枠の交換に伴って，施工途中のかご及びおもりの保持方法を検討した。かごはピット内に設けた支持梁上に保持し，おもり側はメインロープを掛けた後の伸びを考慮して組立位置を決定した。既設コンペンセーティングロープは流用し，昇降路内で仮保持することで，現地作業量の低減を図った。

3.2.2　搬出入・施工上の工夫

大型巻上機の搬出入では，螺旋(らせん)階段の階段幅や天井高さが制約になったため，建築側と調整の上，機械室外のスペース，78階の既設開口部及び77階を活用する計画とした。機械室外及び既設開口部付近に揚重設備を設置し，揚重と横引きを組み合わせることで，限られた建物条件の中で大型機器の搬出入ルートを確保した。

既設のPML-210Aは，機械室内の作業スペースが限られていて，部品単位での解体が困難であった。このため，機械室内で溶断によって細分化し，搬出可能な寸法・質量にした上で搬出した(**図３**)。稼働中の高層複合施設内での火気作業になるため，作業時の安全確保や周囲設備への影響防止に特に配慮した。新巻上機は分割出荷・現地組立てとし，追加の揚重ビームや仮設作業床を設けることで，限られた作業条件下での更新を実現した。

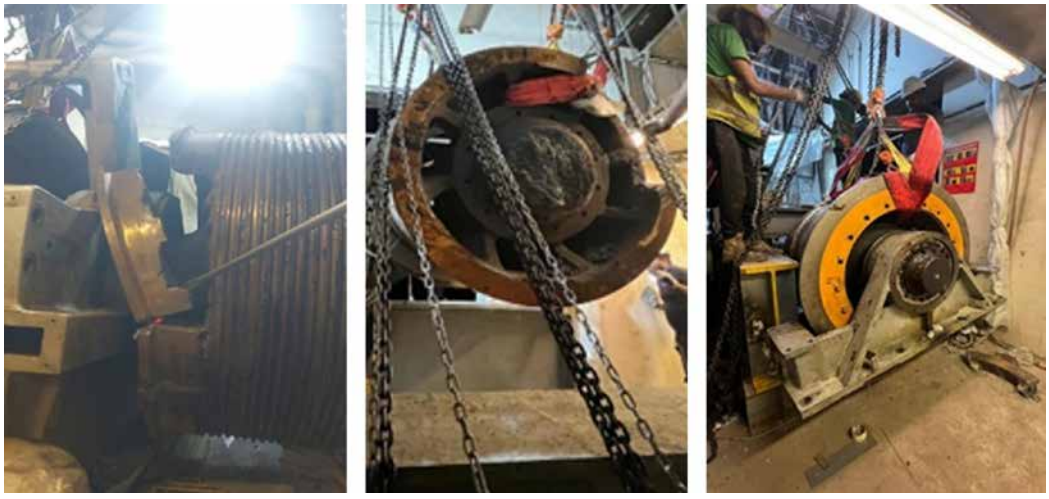


図３-既設巻上機の溶断解体作業

4. Banpo Raemian Triniwon

この章では，韓国・ソウル市のBanpo Raemian Triniwonについて，建物の概要及び昇降機の特長を述べる。

4.1 建　　物

Banpo Raemian Triniwonは，韓国・ソウル市盤浦地区の再建築事業によって整備された大規模高級住宅団地である。地下鉄駅に近接する交通利便性の高い立地を生かして，ソウルを代表する高級住宅エリアにふさわしい住環境を提供している(**図４**)。



図４-Banpo Raemian Triniwon

この物件では，従来の住宅機能に加えて，IoT(Internet of Things)技術やロボット活用などの先進的なデジタル技術を導入し，高級住宅としての利便性と付加価値向上を図っている。入居者向けには，搬送ロボットを用いた宅配荷物のラストワンマイル配送サービスが整備されており，ロボットの階間移動は，当社エレベーターとロボットシステムの連携によって実現している。

4.2 エレベーター・ロボット連携システム

この事例では，韓国三菱エレベーター製のローカル機種“Nexpia”エレベーター65台を納入した(**図５**)。Nexpiaは，韓国市場向けに展開している機種であり，住宅用途を中心とした市場ニーズに対応している。



図５-エレベーター乗場

入居者向けラストワンマイル配送に対応するため，ロボットがエレベーターを利用して建物内を移動できるよう，エレベーター・ロボット連携システムを導入した。大規模住宅団地では，荷物配送需要が高まる一方，住居エリアのセキュリティー確保も重要である。配送業者が住居エリア手前で荷物を引き渡して，ロボットが受取人住居の玄関先まで自動で配送できる環境を整えることで，居住者の利便性とセキュリティー性の向上，館内サービスの効率化に貢献している(**図６**)。



図６-搬送ロボット

高層住宅や大規模集合住宅では，ロボットが目的階まで円滑に移動できることが，配送サービスの実用性を左右する。このシステムでは，ロボットサーバーとエレベーター側の連携装置を介して，乗場呼び登録，行先階登録，戸開，戸閉を制御する。ロボットは現在地と搬送先に応じて乗車階と行先階の情報を送信し，エレベーター側は，かご位置，進行方向，戸開閉状態などを基に乗降可能な状態を通知する。ロボットはこの通知を受けて乗降動作を行い，完了信号を送信する。

ロボットの乗降には，人の乗降よりも長い時間を要する場合があるため，エレベーター側では，ロボットサーバーからの要求に応じて戸開を継続し，安全に乗降できる時間を確保する。所定時間内に完了信号を受信できない場合は，戸開継続や動作中止などの制御を行い，ロボットの円滑な移動とエレベーターの安全な運行を両立させている。

また，エレベーター・ロボット連携では，人とロボットの同乗可否や，複数台群管理時にロボットが利用する号機の固定・任意設定など，建物の運用に応じた設定が可能である。これらは，荷物配送の頻度・優先度，ロボット利用時間帯のエレベーターの混雑状況，安全面などを踏まえて，乗客輸送とのバランスを考慮して決定される。

5. む　す　び

海外市場での新設，リニューアル，ビルソリューションの三つの事例を述べた。今後も，建物の使われ方を踏まえて，製品，制御，施工，サービスを組み合わせることで，安全・安心で快適な移動を提供するとともに，建物価値の向上に貢献していく。

三菱電機株式会社