

# 三菱電機技報

11 | 2025  
Vol.99 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	Foreword to Special Issue on Elevators, Escalators and Building Systems Masaaki Arikawa
有川真明		
“Ville-feuille”ロボット移動支援サービス の複数ロボット統合管理機能……………	2-01	Integrated Management Function for Multiple Robots for Robot Mobility Support Service with “Ville-feuille” Ayumu Yagasaki, Ryo Suzuki
矢ヶ崎 歩・鈴木 嶺		
ライフサイクルCO <sub>2</sub> 削減に向けた 木造ZEBへの挑戦 ……………	3-01	Reducing Life Cycle CO <sub>2</sub> Emissions by Achievement Wooden ZEB Katsuhiko Anazawa, Tomohiro Kano, Nanami Okada, Yuki Katayama
穴澤勝彦・鹿野智裕・岡田菜々美・片山勇気		
新デザインの乗場機器及びDXによる業務合理化 ……	4-01	New Design Hall Equipment and Streamlining Operations through DX Takuya Inoue, Kohei Kurose, Eiji Yuasa, Daichi Tanaka
井上卓哉・黒瀬浩平・湯浅英治・田中大地		
顧客向け情報提供サービス“M’s BRIDGE mobile” …	5-01	Customer Information Service “M’s BRIDGE mobile” Seiichi Kumagai, Akihiko Watanabe, Kazunari Mori
熊谷誠一・渡邊明彦・毛利一成		
中低層共同住宅用エレベーターリニューアル “Elemotion+ for MELWIDE” ……………	6-01	Mitsubishi Elevator Renewal “Elemotion+ for MELWIDE” for Small Residential Buildings Tomoaki Suzuki
鈴木智昭		
明石海峡大橋向けエレベーターリニューアル工事……	7-01	Elevator Renewal Work for Akashi Kaikyo Bridge Seiji Matsumoto
松本誠司		

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



有川 真明 Masaaki Arikawa

三菱電機ビルソリューションズ(株) 執行役員 稲沢ビルシステム製作所長

Corporate Executive, Senior General Manager, Inazawa Building Systems Works, Mitsubishi Electric Building Solutions Corporation

ウクライナ情勢をはじめとした世界的な政情不安に加えて、資材価格や人件費の高騰、少子高齢化による人手不足、エネルギー問題など、社会情勢を取り巻く環境はますます大きく、早く変化しています。こうした環境下で、三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)は、“安全”に“安心”して“快適”に利用できる製品・サービスを通じて、多様化する社会課題や顧客のニーズに応えるソリューションを提供し、健全な社会の発展に貢献しています。

少子高齢化やビルの大型化、高層化に伴い、ビル管理業界では警備や清掃の労働力不足が課題となっており、省人化のためのロボットの活用が加速しています。今後ロボットの業務拡大や導入台数の増加が見込まれる中、ロボットが効率的に移動できる環境の整備が必要になっています。MEBSは、スマートシティ・ビルIoT(Internet of Things)プラットフォーム“Ville-feuille”(ヴィルフィーユ)の機能を拡充することで、エレベーターを利用したロボットの縦移動に加えて、ロボットの効率的かつ安全なフロア内の平面移動を実現し、複数メーカー・複数台のロボットの一元的な統合監視によってロボット管理業務の省力化に貢献しています。

省エネルギーの観点では、ZEB(net Zero Energy Building)の需要が高まっています。MEBSはZEBプランナーとして空調・換気・照明・給湯・BEMS(Building Energy Management System)の設計・施工を一手に担っており、ビル全体の設備計画の提案を行っています。持続可能な建築として注目されている木造建築物でも、木造特有の課題を各種設備の設計・施工の工夫によって解決し、ZEB化を達成するなど、ZEB推進の取組みによって環境負荷の低減や持続可能な社会の実現に貢献しています。

昇降機のデザインでは、建築空間に調和するプロダクトデザインと快適なビル内移動を実現するUI(User Interface)／UX(User Experience)デザインを推進しています。新たに開発したエレベーターの乗場ボタンはステンレス薄板の絞り加工で突出感を軽減し、“先進性”と“堅牢(けんろう)性”を両立させたデザインとして、ホールランタンはピクトグラムを建築壁面にプロジェクション投影する新方式を採用することで多様な顧客ニーズに対応したデザインのカスタマイズを可能にしました。

保守サービス事業では、グローバル保守基盤システム“M's BRIDGE”(エムズブリッジ)によって世界各国に納入した昇降機の運行状況を24時間365日監視しています。遠隔で故障検知・解析を行い、故障発生時の早期復旧を実現するとともに、遠隔点検データを活用して高品質で効率的な保守サービスを提供してきました。それに加えて、昇降機の保守状況や稼働状況をスマートフォンから簡単に確認できるサービスを開発し、ビルオーナーや管理者に提供することで、安全・安心の更なる向上に貢献しています。

リニューアル事業では、稼働年数が高い昇降機が多くなり、需要も高まっています。MEBSが1997年から出荷開始した4人乗り小形エレベーター“MELWIDE”(メルワイド)もリニューアル対象時期を迎えており、耐震性能向上や戸開走行保護装置の付加といった市場要求機能を備えたリニューアル機種を開発・整備することで、安全・安心と利便性の向上に貢献しています。

今後も社会環境や市場・顧客ニーズの変化を捉えて、快適で安全・安心なビル空間を創造するソリューションプロバイダとして新たな価値を創出しながら製品・サービスを提供することで、社会課題の解決に貢献していきます。

# “Ville-feuille”ロボット移動支援サービスの複数ロボット統合管理機能

Integrated Management Function for Multiple Robots for Robot Mobility Support Service with “Ville – feuille”

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

## 要 旨

三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)は、ビル内でのロボットの円滑な縦・横移動を支援するため、エレベーター連携機能や、入退室システム連携機能などを実装した“Ville-feuille”ロボット移動支援サービスを提供してきた。

今回、警備、清掃、搬送など複数種類のロボットが導入される大規模ビルで、ロボットの維持管理を担うビルオーナー、ビル管理者向けに、当該維持管理業務の負荷を軽減するための機能として、“ロボット管制機能”(Ville-feuilleで管制することでビル内のロボットの効率的かつ安全な平面移動を支援)と、“ロボット統合監視機能”(Ville-feuilleの画面にロボットの位置や状態を表示し、ロボットの業務状況や異常有無を監視)を開発した。

## 1. ま え が き

少子高齢化やビルの大型化、高層化などを背景に、ビル管理業界でも警備・清掃などの労働力不足が課題になり、ロボットで代替する動きが加速するなど、業務の省力化が求められている。また、ロボットが効率良くビル内を移動できる環境の実現が不可欠になってくる。今後ロボットが担う業務の拡大や利用推進によって更なるロボット導入台数の増加が見込まれるが、ビル内で複数種類・複数台のロボットを同時に運用するには様々な課題が考えられる。

- (1) 各々自律的に移動するロボット同士の衝突によるロボットの損傷
- (2) 狭い通路や交差通路でのロボット同士の対面での膠着(こうちゃく)による稼働効率の低下
- (3) 監視対象のロボット種別や台数の増加による管理者の監視業務の煩雑化や負荷の増加

これらの新たな課題に対応するため“ロボット管制機能”と“ロボット統合監視機能”を開発し、ビル内でのロボットの安全かつスムーズな運行と、複数種類・複数台ロボットの一元的な統合監視を提供し、サービスの付加価値を向上させる(図1)。

本稿では、今回開発したロボット管制機能とロボット統合監視機能について、その特長を述べる。

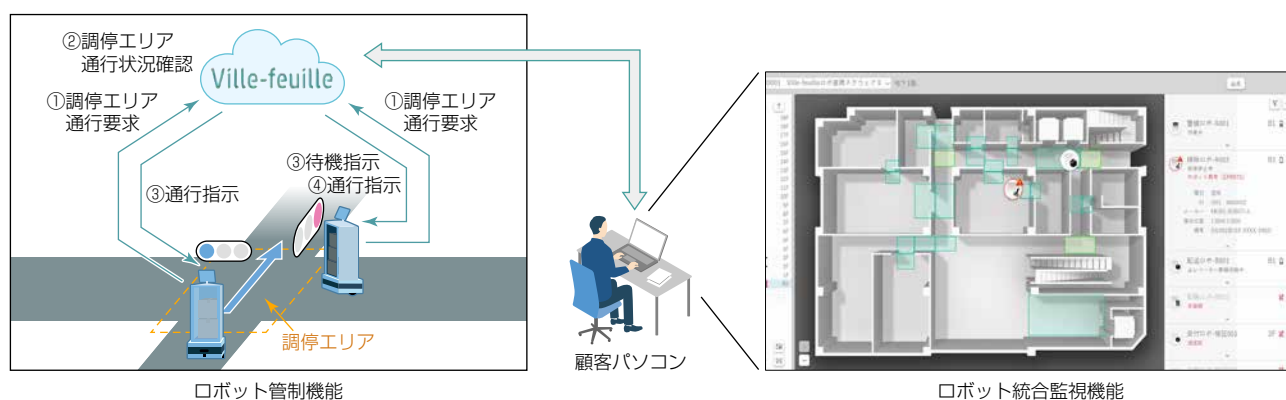


図1-今回開発した機能のイメージ

## 2. Ville-feuilleロボット移動支援サービスの構成

図2に、Ville-feuilleロボット移動支援サービスと関連する設備、ロボット、システムの構成を示す。ロボット移動支援サービスはビル設備とロボットとの仲介役として、ロボットの移動、ビル設備の利用を支援する役割を担う。今回の開発で効率的なロボット移動、一元的な統合監視機能を実装することで、ビルオーナー、ビル管理者の負荷軽減を実現する。

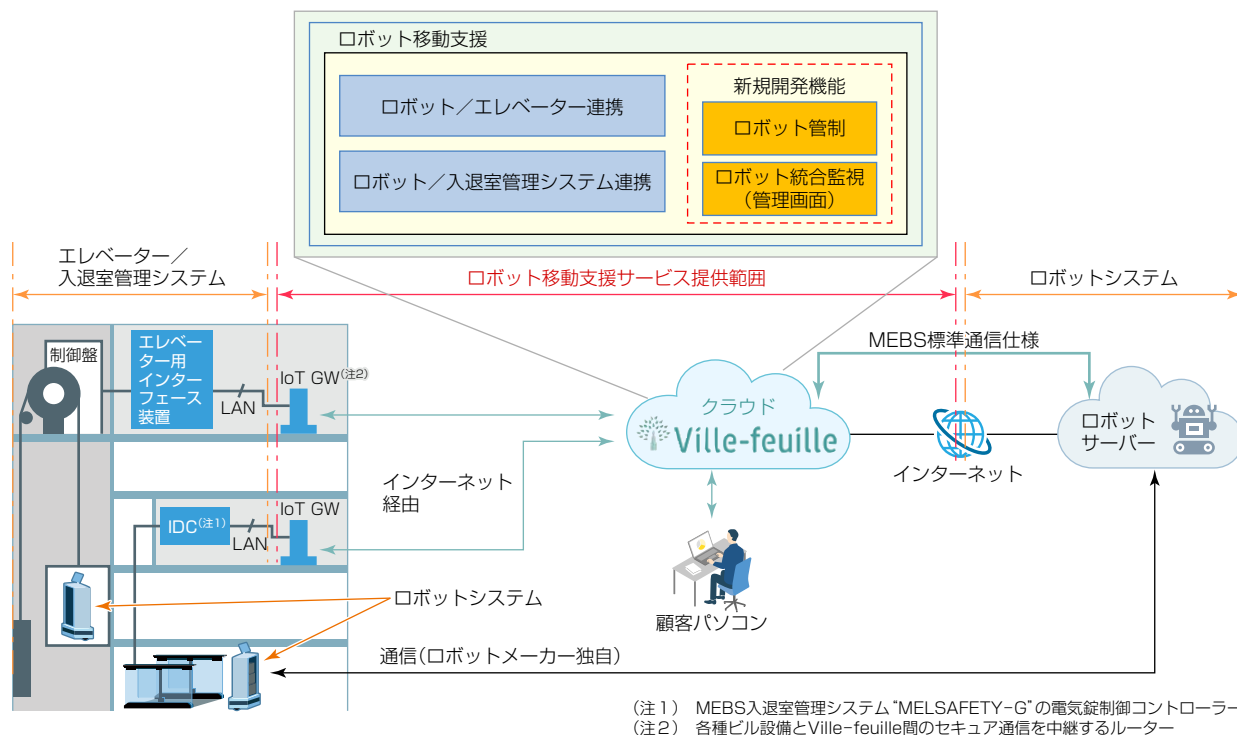


図2 - Ville-feuilleロボット移動支援サービス構成図

## 3. ロボット活用推進による課題への対応

この章では、今回開発したロボット管制機能とロボット統合監視機能の課題についてそれぞれ述べる。

### 3.1 ロボット管制

複数台、複数メーカーのロボットを同じ階で運用する際、狭い通路や交差通路で、ロボット同士の衝突や対面膠着による稼働効率低下は避けて通れない課題になる。これを解消するには、狭い通路や交差通路でロボットの通行順を制御する管制が必要になる。今回開発したロボット管制機能では衝突や対面膠着のリスクが考えられる狭い通路や交差通路を“調停エリア”として設定し、調停エリアへのロボットの進入の可否、通行の待機・優先順位をロボット管制機能が判断し、通行指示を出すことによって円滑なロボットの移動を支援し、1章に述べた課題を解決してロボットの稼働効率向上に寄与する(図3)。

調停エリアには出入口となるポイントを複数設定できる。ただし、調停エリアへ進入できる入り口は一度に一つだけを許可する。ロボットは調停エリアのどの入り口から進入するかを通行要求としてVille-feuilleに送信する。これを受信したVille-feuilleは、各入り口に通行要求を出した順にロボットを並ばせて、進入を許可した入り口の先頭にいるロボットにまず通行指示を出す。その後同じ入り口に並んだ順にロボットに通行指示を出していく。その入り口で通行指示が出るのを待っているロボットが存在しなくなるか、一定時間ごとに通行を許可する入り口を切り替えることで、異なる入り口からのロボットの同時進入を防ぎ、衝突や膠着を回避する。

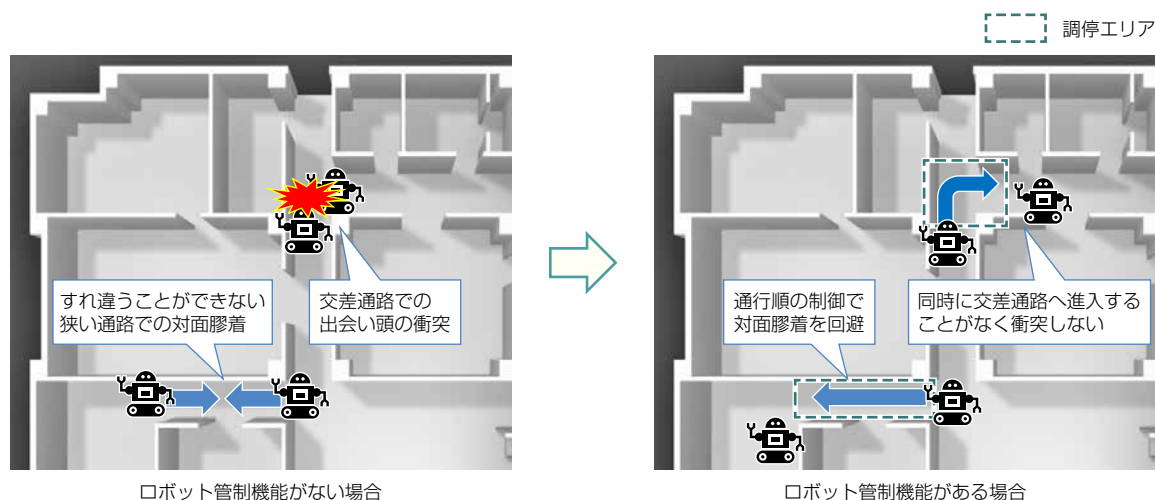


図3 - Ville-feuilleのロボット管制のイメージ

調停エリアの各入り口に並ぶロボットの中に、警備ロボットなど仕事の重要度の高い役割を担うロボットが通行要求をVille-feuilleに送信した際、調停エリアの通行が遅れて緊急の対応が間に合わないことが想定される。こういった課題を解消するため、ロボット管制機能では各ロボットの管理情報に“優先度”を設定可能にした。Ville-feuilleが進入を許可する調停エリアの入り口を切り替える際、通行要求を出して各入り口で待機している全てのロボットの情報を確認し、最も優先度の高いロボットが待機している入り口の処理を優先的に実施する。これによって優先度の高いロボットが仕事の対応に遅れる事態を軽減できる。

Ville-feuilleは図4に示すような連携によってロボット同士の通行制御を行う。

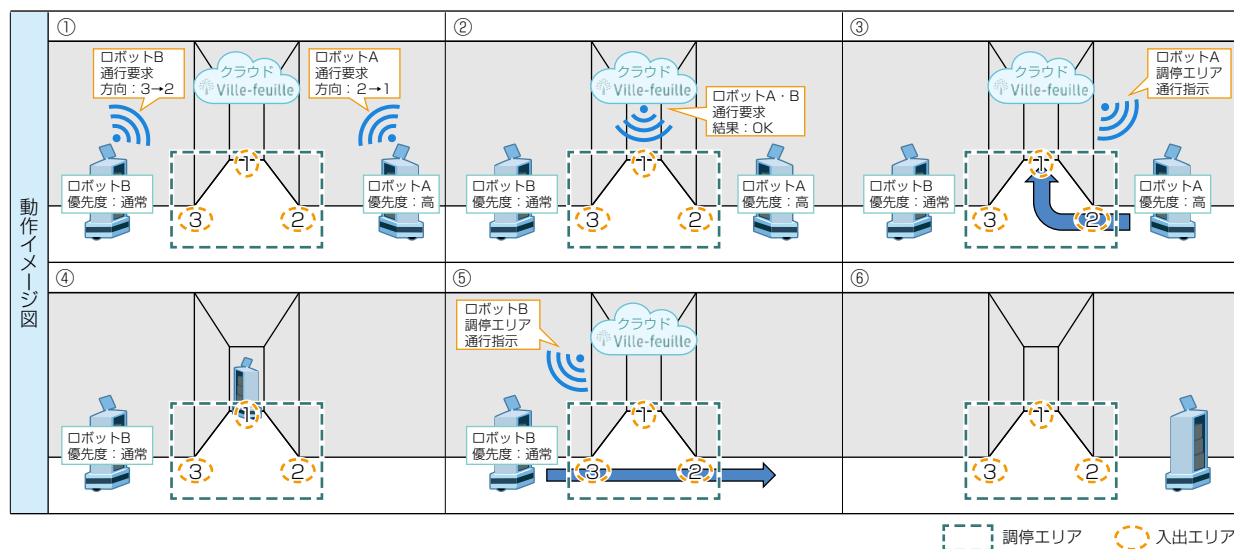


図4-ロボット管制の流れ

- ①ロボットが調停エリアを通行する際、Ville-feuilleに対して、通行要求をそれぞれ送信する。
- ②Ville-feuilleは通行要求の結果を通知し、許可の通知を受けたロボットは待機場所で待機する。
- ③通行可能になったタイミングでVille-feuilleは、優先度の高いロボットが待機している入り口の先頭にいるロボットに、先に調停エリアの通行指示を送信する。
- ④調停エリアの通行指示を受けたロボットは、調停エリアを通行する。
- ⑤後続のロボットが待機するほかの入り口の制御に切り替える。
- ⑥調停エリアの通行指示を受けたロボットが、調停エリアの通行を完了する。



また、ロボットの通行量が多い調停エリアでは、進入できるロボットを1台に限定すると稼働効率が低下する要因になる。そのため、事前にロボットの速度調査などの結果から、追越しや衝突の問題がないと判断された場合、複数のロボットが順次同じ入り口から調停エリアの通行を開始できるように設定を可能とした。また、調停エリア内にロボットが想定していない物体が置かれた場合などに、ロボットが通行に失敗することがある。こうした場合、Ville-feuilleは該当の調停エリアをほかのロボットに通行させない状態にする。通行に失敗したロボットは“救出待ち状態”として、事前に登録されたメールアドレスに、ロボットが調停エリアの通行に失敗して救出待ち状態である旨のメールを送信する。このようにロボットが通行に失敗しても、迅速に担当者が救出できる仕組みも実装した。

### 3.2 ロボット統合監視

従来のロボット監視機能はロボットメーカー独自で提供する形態が主流で、ビルオーナー、ビル管理者は、ビル内で稼働する複数メーカー、複数種類、複数台のロボットに対して別々の手段で監視することになるため、監視業務負荷が高くなる。Ville-feuilleでは、これらの管理業務の課題を解決するため、ビル設備で稼働する複数メーカー、複数種類、複数台のロボットを統合的に監視するためのロボット統合監視機能を開発した。

グラフィック表示画面では、ビルのフロア図にロボットの座標位置をアイコン表示することで、ロボットの現在位置や状態を視覚的に把握できるようにした。ビルのフロア図、ロボットアイコンの画像は、サービス稼働後でもユーザーが自由に登録できるという、ユーザビリティを考慮した設計にしている。グラフィック表示エリアには、ビル設備やロボットが動作するために重要な各種エリア(エレベーターの乗場エリア、セキュリティドアの出入エリア、ロボット管制の調停エリア)を表示可能で、ロボットが通行しているエリアを視覚で捉えることができるため、ロボットが何をしているかを直観的に把握できる(図5)。

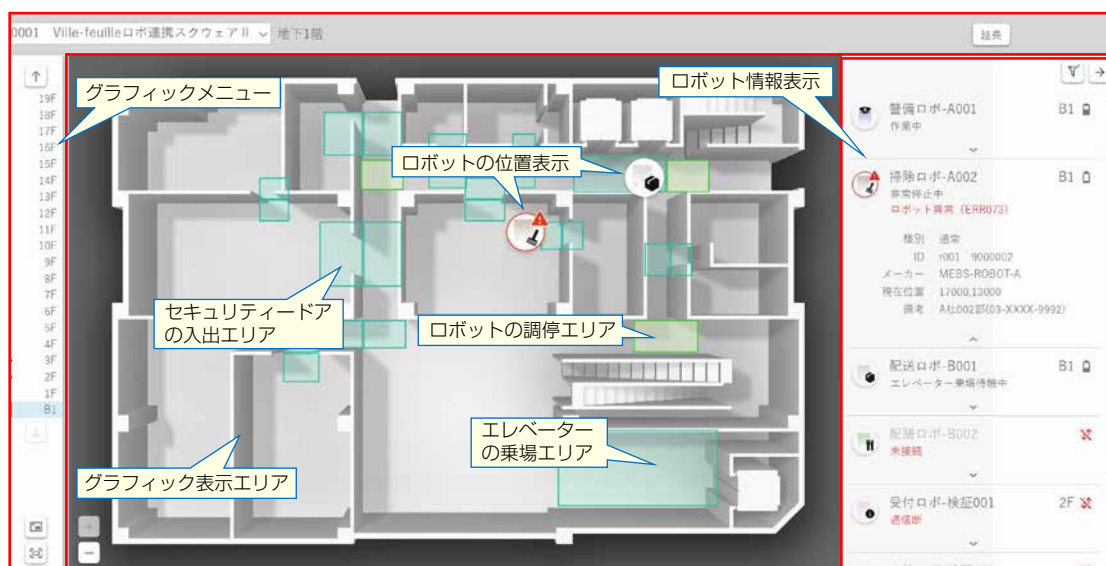


図5-グラフィック表示画面

ロボットに異常が発生した際には異常発生を視覚的に判断できるよう、グラフィックメニュー、グラフィック表示エリア、ロボット情報表示に表示する機能を開発した(異常発生を通知する機能を持っているロボットが対象)。

グラフィックメニューでは異常発生ロボットの存在する階を表示し、グラフィック表示エリアではロボットアイコンに異常発生を強調表示する。ロボット情報表示欄には異常発生したロボットから取得した異常情報(エラーコードなど)を表示する。これらによって、異常の状況、情報の速やかな把握を可能にした(図6)。

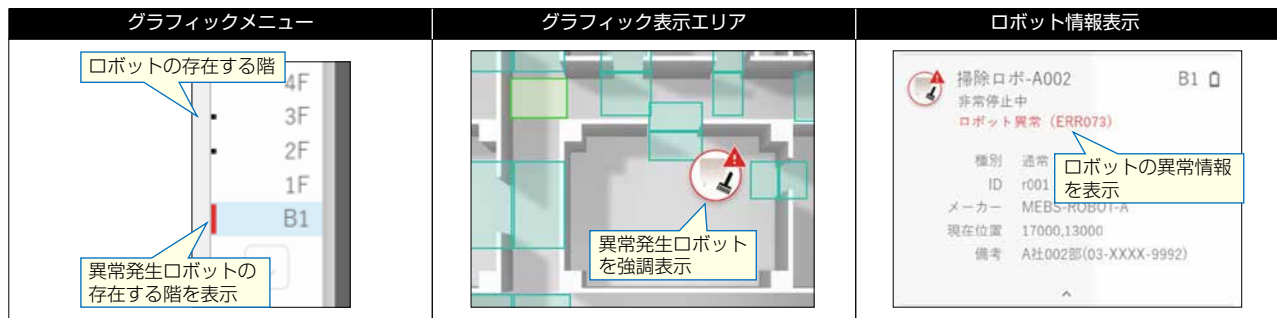


図6-ロボットの異常表示

## 4. む す び

ロボットプラットフォームの国内市場規模は2035年に約2,000億円と予測されており、今後ますますビル内のロボット導入は進んで、ロボットが担う業務の拡大、複数種類・複数台のロボット同時運用が増加することが予想される。Ville-feuilleロボット移動支援サービスは変化する環境に適応するサービスである。今回開発した機能は、ビル設備と複数ロボットを統合的に監視でき、大規模なビルで稼働する複数ロボットの監視業務の省力化に大きく貢献する。

今後も市場ニーズの動向を見定めて最適なソリューションの研究開発・提供を行うとともに、サービスの充実化を図って、多様なステークホルダーと共創しながら継続的に発展し、安全・安心・快適なビル空間の創造に貢献していく。

## 参 考 文 献

- (1) 根岸啓吾, ほか: “Ville-feuille” スマートシティ・ビルIoTプラットフォーム, 三菱電機技報, **95**, No.10, 638~641 (2021)
- (2) 浅井康久, ほか: 既設エレベーター向けロボット連携, 三菱電機技報, **97**, No.11, 4-01~4-04 (2023)
- (3) “Ville-feuille” ロボット移動支援サービスの拡充, 三菱電機技報, **98**, No.1, 4-1-01 (2024)



ライフサイクルCO<sub>2</sub>削減に向けた  
木造ZEBへの挑戦穴澤勝彦\*  
Katsuhiko Anazawa  
鹿野智裕\*  
Tomohiro Kano  
岡田菜々美\*  
Nanami Okada片山勇気\*  
Yuki Katayama

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

Reducing Life Cycle CO<sub>2</sub> Emissions by Achievement Wooden ZEB

## 要 旨

世界的に運用エネルギー削減からライフサイクル全体のCO<sub>2</sub>削減に注目がシフトする中で、国内でもライフサイクルCO<sub>2</sub>の制度化に向けた動きが始まっている。木材は持続可能な建材であり、地震の揺れを軽減できる特長から、地震の多い日本で以前から活用されている。また、木材特有の親しみや温かみを覚える心理的効果もある。近年では、鉄筋コンクリートと比較したCO<sub>2</sub>貯蔵メリットのある建材として大型の建築物にも木材が使用されるなど、ますます注目が高まっている。

このたび、三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)は木造建築の魅力を発信するポラスグループ<sup>(1)</sup>と連携し、ZEB (net Zero Energy Building)プランナーとして各種設備の設計・施工を一手に担って、国内初<sup>(注1)</sup>の建造物“木造75分準耐火構造+『ZEB』”を含む木造3棟で『ZEB』を達成した。

(注1) 2024年10月21日現在、ポラスグループ調べ

## 1. ま え が き

持続可能な建築の実現に向けた重要な要素として木造建築物が注目されている。理由の一つとして、建設プロセス、廃棄物処理など、建築物の全過程にわたる環境負荷が低いことが挙げられる。まず木材の生産過程では、ほかの建材と比較してエネルギー消費が少なく、CO<sub>2</sub>排出量も低い。それに加えて、木材は炭素を固定化する性質を持ち、建築材料として使用されることで長期間にわたって炭素を貯蔵する役割を果たすことが知られている。

本稿で述べる工事の施主であるポラス(株)は埼玉県越谷市に本社を置く木造建築に強みを持つ大手ハウスメーカーで、不動産、建設工事を中心に27のグループ会社を統括している企業である。ポラスグループの中大規模木造建築(ポラステクノシティ、図1)で新たな可能性を見出したいという強い思いを受けて、『ZEB』達成に向けてZEBプランニングや設備設計・施工について長年の経験を持つMEBSがパートナーになって、設計段階から連携しプロジェクトを組むことになった。

設計や施工を進めるに当たって、木造建築物ならではの課題にも直面した。鉄筋コンクリート(RC)造や鉄骨(S)造とは違って、木造建築で強度確保するためには梁(はり)を更に太く、多くする必要があるが、施工上の障害になった。それに加えて、『ZEB』を実現するに当たってRC造やS造と比較して、木造建築は一般的に気密性が低いため、外気負荷が高くなりやすいという障害もあった。これらの木造建築特有の様々な技術的困難を乗り越えて、国内初の木造75分準耐火構造+『ZEB』建物を含む3棟の『ZEB』を実現させることに成功した。次にこの事例を述べる。



	オフィス棟	研究棟	実験棟
ZEBランク	『ZEB』	『ZEB』	『ZEB』
BEI	-0.06	0.00	-0.03
用途	事務所(交流と学びの場)	事務所(開発現場 見学)	事務所(開発現場 見学)
延床面積	2,252.0m <sup>2</sup>	1,342.0m <sup>2</sup>	1,050.0m <sup>2</sup>
構造種別	木造 75分準耐火構造	木造 60分準耐火構造	木造 60分準耐火構造
建物規模	地上3階	地上3階	地上1階
導入設備(空調)	ビル用マルチエアコンほか 11系統	ビル用マルチエアコンほか 7系統	ビル用マルチエアコンほか 3系統
〃 (換気)	ロスナイ・天井扇ほか 48台	ロスナイ・天井扇ほか 33台	ロスナイ・天井扇ほか 6台
〃 (給湯)	小型電気温水器 14台	小型電気温水器 10台	小型電気温水器 2台
〃 (照明)	LED Myシリーズほか 521台	LED Myシリーズほか 274台	LED Myシリーズほか 101台
〃 (システム)	BuilUnity 1台	BuilUnity 1台	BuilUnity 1台
〃 (昇降機)	三菱エレベーター AXIEZ 1台	三菱エレベーター AXIEZ 1台	

BEI: Building Energy Index(エネルギー消費性能)

出典: ポラステクノシティホームページ

<https://www.polus.co.jp/polus-techno-city/>

図1-ポラステクノシティ及び『ZEB』取得建物概要

## 2. 設備設計／ZEBプランニング

この章では、ZEBの概念と、ZEB化に向けた設計プロセス及び技術について述べる。

### 2.1 ZEBの概念

2019年に確立された日本でのZEBの定義<sup>(2)</sup>は、図2に示すとおり、建築的手法と高効率な設備機器の導入及び適切な設備制御によって、室内環境の質を維持しつつ、大幅な省エネルギー化を実現した上で、基準一次エネルギー消費量の50%以上を削減することが求められる。このようにZEBは環境負荷の低減や運用コストの削減が期待されて、持続可能な社会の実現に寄与している。また、地球温暖化対策やエネルギー自給率向上の観点からも重要な取組みである。

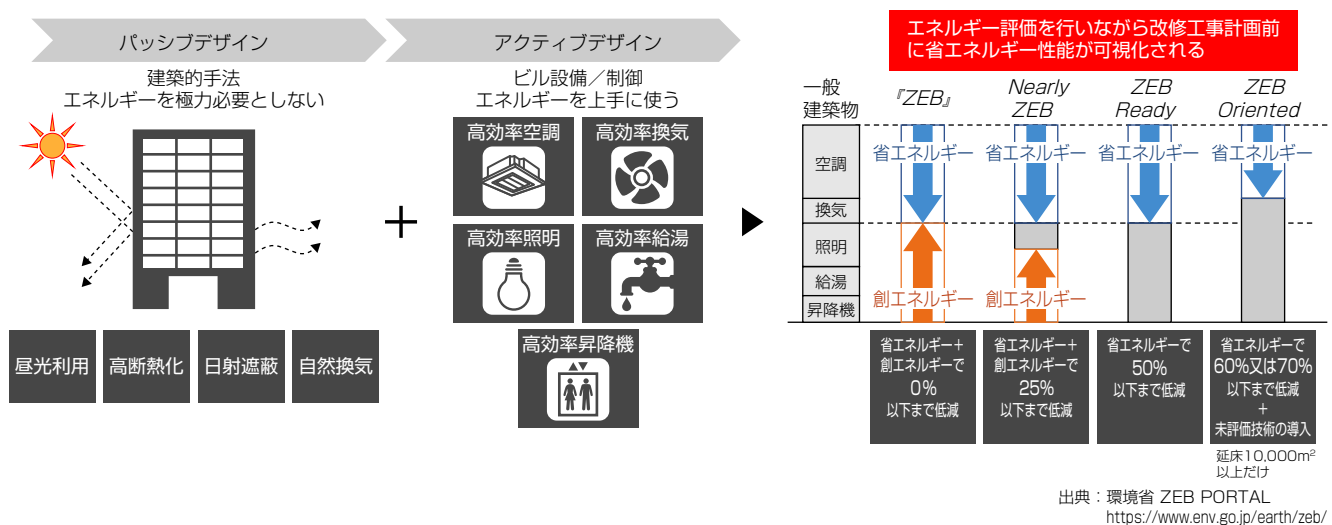


図2-ZEBの定義

### 2.2 ZEB化に向けた設計プロセス

図3に、一般建築物でのZEB化を検討する際の設計プロセスを示す。『ZEB』の達成に向けては、コストや仕様の制約があることから建築計画の初期段階からZEB化を考慮した設計が求められる。この建築計画でも、設計取りまとめを担

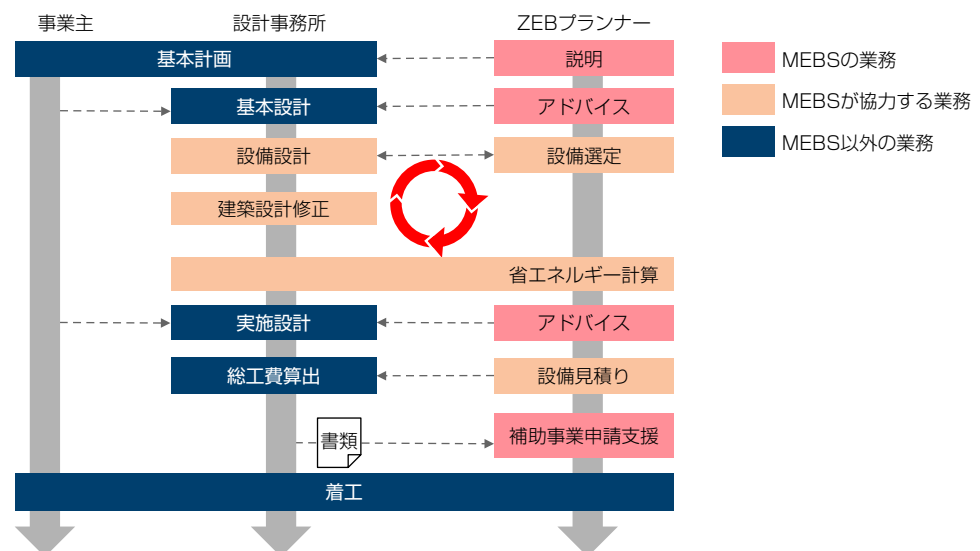


図3-ZEB化に向けた設計プロセス

当するポラテック(株)、(株)ボラス暮し科学研究所と、設備設計及びZEBプランナーを担当するMEBSが基本設計の段階から協力し、この設計プロセスに基づいて建築／設備設計を実施した。具体的には、建築図に基づいて設備を選定し、エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)標準入力法<sup>(3)</sup>(以下“WEBPRO”という。)を用いた省エネルギー計算によってBEIを算出し、目標とするZEBランクの達成有無を確認する。設備機器が確定した段階で設備見積りを作成し、予算化を行った。しかし、『ZEB』達成に向けては木造建築物ならではの障壁があり、一般建築物とは異なる検討が必要であったことから、2.3節でその工夫した内容について述べる。

## 2.3 木造建築物のZEB化実現に向けた適用技術

### (1) 空調設備

ZEBでは省エネルギー性の向上とともに快適な室内環境を保つため顧客との協調が不可欠であり、余剰な空調機器の能力はZEB化の妨げになる。木造建築物は気密性の低さから外気負荷の影響が大きいので、外気負荷以外の負荷要素についてシビアな検証が必要になる。そこで、部屋ごとの用途・人員等のヒアリングを設備設計部門と綿密に行い、WEBPROの計算結果が最良になるまで熱負荷計算と空調機器の能力選定を繰り返し実施した。並行して熱負荷計算及び気流解析の結果を建築設計部門と共有し、断熱材を含む部屋全体の環境構築についても協議を行うことで、最適な空調機器の能力と断熱材の組合せによる省エネルギー性と快適性を両立した。それらに加えて、空調機はマルチ形を採用し、熱源の集約化と台数制御機能を採用することで、更なる省エネルギー化を実現した。

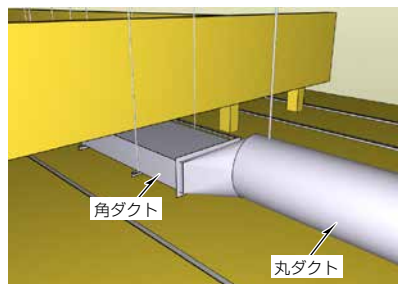
また、空調ダクトの設計では、木造建築物の特徴から梁下のスペースが狭いため、ダクトサイズを部分的に変形する検討が必要になった。このとき、間雲にダクトサイズを小さくすると圧力損失が大きくなり送風機出力の増加につながるため、空間が確保できる部分はダクトサイズを最大化して、梁下の狭い箇所は圧力損失の小さなアスペクト比のダクトサイズを選定し、施工担当者と打合せを実施して最短のダクトルートを検討した。これらを行うことによって、省エネルギー性を損なわずにダクト設計を完遂した(図4(a))。

### (2) 換気設備

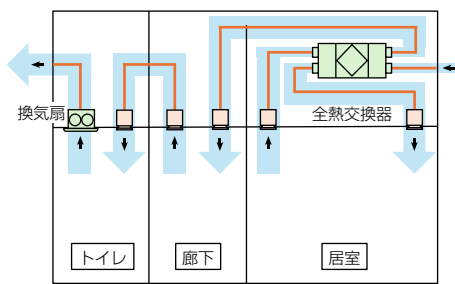
居室の空調熱負荷の軽減に向けて、換気設備に全熱交換器(ロスナイ)を採用し、熱交換効率を最大限確保するために風量を給気量＝排気量と設定した。一方、トイレや倉庫は排気だけを行うことから、適切な給気を行わないと建物内が負圧になってしまう。そのため、通常設計では屋外に排気している全熱交換器の排気をトイレや倉庫の前室(廊下)に供給する計画にして、建物全体の空気圧バランスの均一化を図るとともに、換気設備での無駄なエネルギーを排除した(図4(b))。

### (3) 照明設備

原設計段階から三菱電機照明(株)と連携を図って照明設計を実施した。設備設計部門と打合せを重ねて、意匠、照度計算、機器配置、消費電力の適正化を図った。また、消費電力削減のため、照明制御システム(MILCO.NET)を導入した。人感センサーによるON/OFF制御や各天井面に照度センサーを設置し、昼光の影響を考慮して室内全体の照度を一定に保つ自動調光制御を採用した。また、ボラステクノロジーでは子ども向けの体験イベント等多数開催されていることから、キッズスペースに青空教室をイメージした青空照明“misola”を採用した。省エネルギー一辺倒ではない、居心地の良い温かみを持った空間作りを提供した(図4(c))。



(a) ダクトサイズ検討例



(b) 換気設備系統図



(c) misola天井面設置状況

図4-ZEB化実現のための導入技術例

### 3. 設 備 工 事

この章では、今回の事例の建设工程と設備施工上の課題、及び解決策について述べる。

#### 3.1 工事計画とスケジュール

軸組み工法での木造建築物は、上棟してから仕上げ工事の間に耐力壁工事・耐火外壁工事を行うため、設備工事を実施する場面で建築施工部門との工程調整が多く発生する。特にカセット形室内機は耐火基準によって12mmの石膏(せっこう)ボードで囲う耐火処置が必要であることから、①吊(つ)り金物施工(設備工事)②石膏ボード囲い(建築工事)③室内機吊り込み(設備工事)の順序で施工を行うため、室内機ごとに施工スケジュールについて建築施工部門と綿密な工程調整を実施した。毎日の工程打合せと建築工事の進捗確認を徹底した結果、工期遅延させることなく無事故・無災害で工事を完遂させることに成功した(図5)。

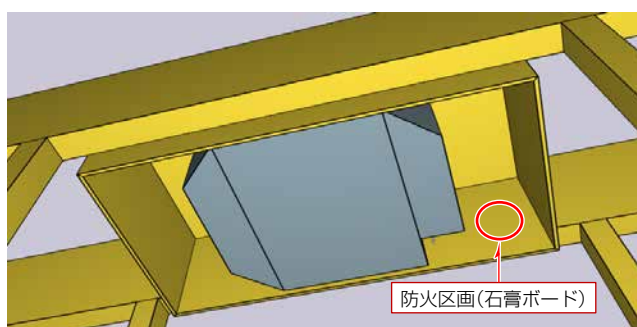


図5-室内機見上げ図

#### 3.2 木造建築物向けの設備施工上の課題と解決策

木造建築物はRC、S造に比べて大スパンを確保するため、柱、梁の本数が増えて梁成が大きくなる。柱と梁は1,000mm以下のピッチで配置されて、梁下と天井面までのスペースは狭い部分でわずか150mmしかなく、設備設計・施工に大きな制約を受ける。今回、天井カセット形4方向吹出しタイプの室内機を多く採用したが、梁に囲まれた855mm四方のスペースに外寸840mm四方の室内機を配置する必要があるため、梁と機器の隙間は15mmしか余裕がなく施工者泣かせの状況であった。また、75分準耐火構造を達成させるために必要になる室内機を囲う石膏ボードの施工によって吊り金物がずれてしまうことを防止するため、石膏ボード施工前に吊り金物の寸法確認、修正を繰り返し実施して、mm単位の精度を確保した(図6)。

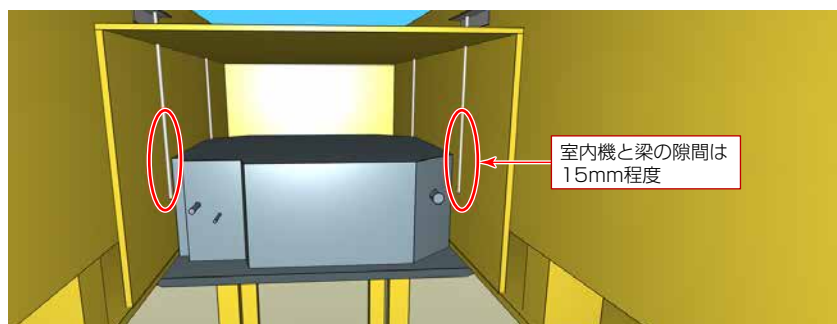


図6-室内機納まり図



## 4. 設備運用

この章では、ZEB化を実現するための設備運用について述べる。

### 4.1 運用段階でのZEB化の実現

この建物は、BELS(Building-Housing Energy-efficiency Labeling System)のZEBランクで『ZEB』の評価を得ている。しかし、WEBPROによる評価は設計値に基づくものであり、あらかじめ設定された条件／運用シナリオに沿った設備稼働を前提としたエネルギー試算である。そのため、実運用でのBEIは、実際の環境(天気などの外部環境、建材や什器(じゅうき)等の内部環境)や社内規則(稼働日、出退勤時間など)、設備のスケジュール設定などの建物運用に基づく設備の使い方に大きく依存することから、実運用で目標とするZEBランクを達成するためには、エネルギーの見える化と運用計画に基づくシミュレーションが必要になる。この技術については、4.2節で詳しく述べる。

### 4.2 BEMS設備の活用

建物のエネルギー利用状況を把握するためのBEMS(Building Energy Management System)設備として“BuilUnity”(ビルユニティー)を導入している。システム構成を図7に示す。BuilUnityは計量データの帳票出力機能やZEBグラフ等の機能を持っており、ZEBの運用支援の役割を担っている。ZEBグラフでは、ZEBの達成状況や日々のエネルギー収支をショールーム内の大画面モニターに表示することで、見学者に対して建物の省エネルギー性能を視覚的に訴求できて、ZEBの実効性を社外に向けて広く発信することが可能になっている。

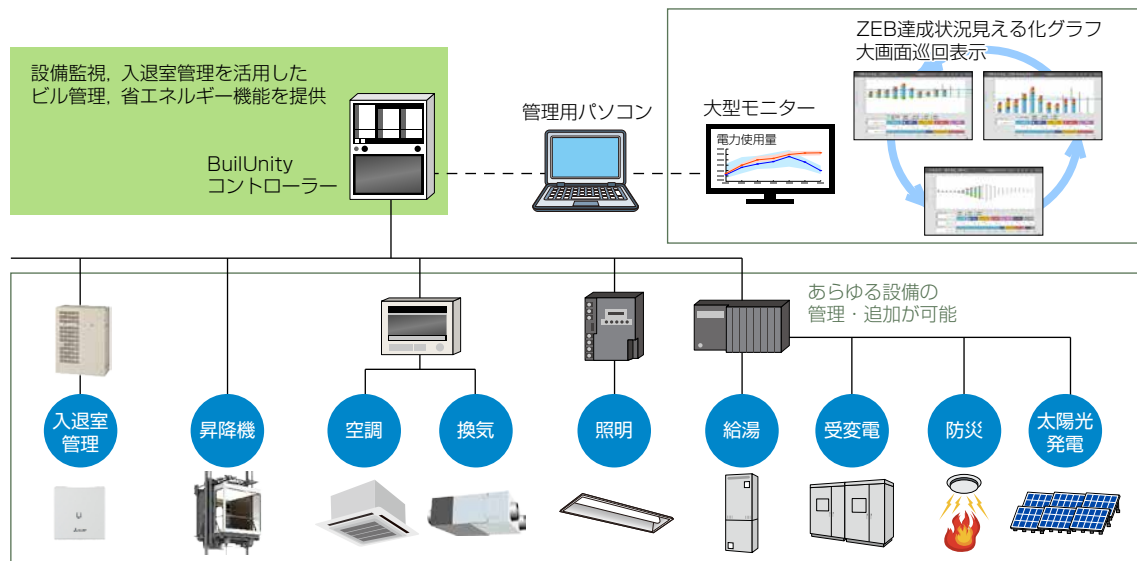


図7-BuilUnityシステム構成図

また、設備運用では三菱電機製空調コントローラー(AE-200J)や照明制御システム(MILCO.NET)と連携し、監視制御の統制を図っている。設備の最適な運用計画の策定を進めて、更なる省エネルギーの達成と『ZEB』を維持するとともに、IoT(Internet of Things)プラットフォーム“Ville-feuille”(ヴィルフィーユ)を活用することで、クラウド上から複数拠点のデータ収集や設備の監視制御を可能にした。今後は蓄積された計量データや運転情報をポラス(株)内で分析し、ZEB化を実現するために実運用に沿ったシミュレーションを行う。また、ダッシュボードによるグラフ表示を行うことによって、ポラスグループ全体での省エネルギー改善計画立案や省エネルギー効果の確認、省エネルギー運用の定着などへの活用も期待できる(図8)。



図8-エネルギーマネジメント機能監視画面

## 5. む す び

今回の事例は、空調・換気・照明・給湯・BEMSの設計施工をZEBプランニング業務から設備設計、施工管理まで一貫して実施したMEBS初の本造新築での『ZEB』案件であり、中でもオフィス棟は木造75分準耐火構造+『ZEB』を達成した国内初の建物である。このプロジェクトに参画したことから、三菱電機グループとして今後更にZEBソリューションへの関わりを深めることで、地球規模で課題になっている温室効果ガスの削減につながるものと確信する。

## 参 考 文 献

- (1) ボラスグループ：トップページ  
<https://www.polus.co.jp/>
- (2) 環境省：ZEB PORTAL  
<https://www.env.go.jp/earth/zeb/>
- (3) 国立研究開発法人 建築研究所：建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報  
<https://www.kenken.go.jp/becc/>



# 新デザインの乗場機器及びDXによる業務合理化

New Design Hall Equipment and Streamlining Operations through DX

井上卓哉\*  
Takuya Inoue  
黒瀬浩平\*  
Kohei Kurose  
湯浅英治\*  
Eiji Yuasa

田中大地†  
Daichi Tanaka

\*三菱電機ビルソリューションズ㈱  
†三菱電機㈱ 統合デザイン研究所

## 要 旨

建築業界では労働力不足やサステナビリティ実現への対応が社会課題となっており、建築の一部を担うエレベーターにおいても“据付性改良”と“環境負荷低減”に寄与するニーズが高まっている。こうした背景を踏まえ“先進性”“据付性”“発展性”をコンセプトに新デザインの乗場ボタンとホールランタンを開発した。ボックスレス構成の採用によって建築負担の削減と据付省力化を実現し、構成ミニマル化による材料削減や製造、輸送効率向上を通じて、環境負荷の低減にも寄与している。さらに、グローバル意匠機器開発ではデザイン合意形成までに時間がかかる課題があるが、今回の開発では初期から3DCG(Computer Graphics)データ(注1)を活用することで、デザイン合意形成の早期化を実現し、開発期間の圧縮と業務合理化の両立を実現した。

(注1) 本稿の図は全て3DCGデータを活用

## 1. ま え が き

乗場ボタンはステンレス薄板の絞り加工によって、従来品よりも壁からの突出感を軽減し、“先進性”と“堅牢(けんろう)性”を両立させたデザインにした。ホールランタンはピクトグラムを建築壁面へプロジェクション投影する新方式を採用し、多様な建築デザインと顧客ニーズに対応するため、デザインを簡便にカスタマイズ可能な製品構成とした。乗場ボタンとプロジェクションランタンのエレベーターホールへの設置イメージを図1に示す。

本稿では、開発した乗場ボタンとプロジェクションランタンの、デザインコンセプトと開発詳細について述べる。



図1-乗場ボタンとプロジェクションランタンの設置イメージ

## 2. デザインコンセプト

三菱電機ビルソリューションズ株式会社(MEBS)では“人と建築の想いをつなぐエレベーターへ。”をデザインコンセプトに掲げて、機器が設置される建築空間に調和するプロダクトデザインや、エレベーターを利用した快適なビル内移動を実現するUI(User Interface)／UX(User Experience)デザインを推進している。

今回の開発では、経年したビルをリニューアルして有効活用するサステナビリティの観点から、新築・既存ビル双方に調和するプロダクトデザインを適用した。また、ビルのスマート化によって様々な情報がビル内で提供されることを見据えて、必要な情報を分かりやすく伝えられるUI／UXデザインの実現を目指した。

### 2.1 乗場ボタンのデザイン開発

乗場ボタンは、多様な建築空間に調和するデザインと国内外の市場に対応可能な堅牢性を目指した。従来の乗場ボタンと同様に、フェースプレート(図2の銀色部品)にステンレスを採用することで堅牢性を保ちつつ、さらに機器が分厚く大きな印象にならないようデザイン上の工夫を取り入れた。

デザインの特長としては、建築の壁面と馴染(なじ)むようにフェースプレートの上下に大きな曲面を設けて、この曲面に周辺の光が映り込むことで、薄さと美しさを感じられる形状にした。また、フェースプレートよりもバックケース(図2右の黒色部品)をコンパクトにすることで、浮遊感を生み出した。建築に馴染む曲面形状や浮遊感によって、従来よりも薄く見えるデザインを実現し、建築空間への調和を一段と高めた。



図2-乗場ボタンのデザインイメージ

### 2.2 プロジェクションランタンのデザイン開発

プロジェクションランタンは、エレベーターの呼び操作時や到着時だけピクトグラムが表示されて、必要な情報を必要とときに提供できる。ビルのスマート化によってビル内で提供される情報が近年増える傾向にあるが、情報を整理して見せることで利用者にとって分かりやすいUI／UXデザインを実現した(図3)。

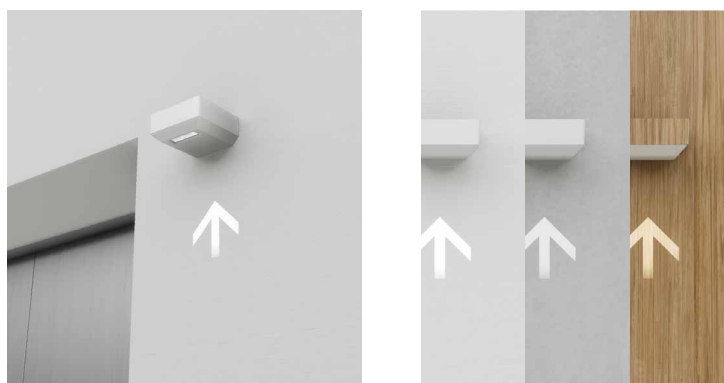


図3-プロジェクションランタンのデザインイメージ

また、ビルのスマート化によってサイネージなど設置される機器も増えて、建築空間が煩雑になることが懸念される。このためプロダクトデザインは主張を抑えたコンパクト・シンプルな形状にして、空間の美しさを保つことを目指した。筐体(きょうたい)下部を斜めにカットした形状にすることで、薄く見える工夫を取り入れた。また、筐体のCMF(色・素材・仕上げ)は、建築の壁面に馴染むよう国内外の建築トレンド調査を基に選定した。

### 3. 開発詳細

この章では、今回開発した乗場ボタンとプロジェクションランタンの詳細について、また、今回開発でのDXによる業務合理化について述べる。

#### 3.1 乗場ボタン

“先進性”“堅牢性”“据付性”“サステナビリティ”をコンセプトとして、乗場ボタンの製品開発を実施した。次にこのコンセプトを具現化させた方法の詳細について述べる。

##### (1) フェースプレートの薄型化(先進性)

従来品ではフェースプレートにステンレスの単板を使用していたが、今回ステンレス薄板の絞り加工を採用することで、曲面を持つ厚板形状を模擬し、先進性のあるデザインを実現した(図4)。フェースプレートの薄型化によって、筐体全体の厚みを従来品より13%削減した。

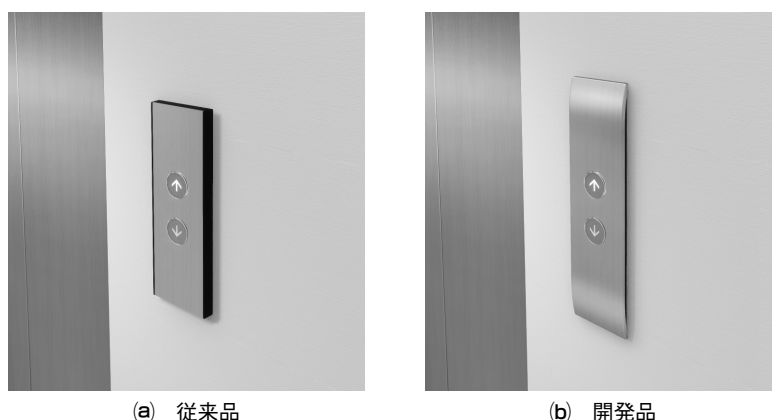


図4-乗場ボタンの新旧比較

##### (2) 薄型化と堅牢性を両立した新構造とワンタッチ着脱構造(堅牢性・据付性)

従来はフェースプレート単体で強度を確保していたが、バックケースをフェースプレートに当てて補強する構造に変更し、フェースプレートの薄型化と相反する堅牢性の両立を実現した(特許1件)。

また、本体を壁に固定するときや部品交換の際、平板治具を使ってフェースプレートをワンタッチで着脱可能にする構造を採用し、据付時間を従来品より10%削減した。

##### (3) カーボンニュートラルに向けた施策(サステナビリティ)

フェースプレートの薄型化によって、ステンレスの材料と質量を90%削減し、材料ロス削減に寄与している。また、プラスチック部品についても、植物由来のバイオプラスチック材やリサイクル材料を活用することを計画しており、更なるCO<sub>2</sub>排出量の削減、天然資源の消費の抑制など、サステナビリティに貢献することを目指している。

#### 3.2 プロジェクションランタン

先進的かつ建築に融合するミニマルなデザインによって、建築価値向上に貢献するプロジェクションランタンを開発した。訴求力のある製品を開発することで、機能ミニマル化とコスト競争力強化の両立を実現させた。また、標準機器として業界初<sup>(注2)</sup>のアイテムである。


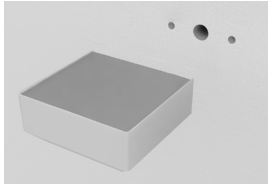
(1) 自由な建築空間を実現する新方式(先進性)

コンパクトな筐体から光のピクトグラムを投影する新方式を採用し、エレベーターの進行方向や号機情報を表示する。先進的なアイデアによって建築空間利用の自由度を向上させて、UX面で他社差別化を実現させた(特許1件、意匠権3件)。

(2) 建築負担軽減とサステナビリティへの配慮(据付性・サステナビリティ)

従来品の建築壁面への埋め込み式ホールランタンに比べて、施工穴加工の必要スペースを最小限に抑えて、建築サイドへの負担を大きく軽減させた。ボックスレス化によって、従来品比で停止数当たりの据付時間を1/3に削減させた。また90%以上の軽量、小型化を実現し、製造・輸送の効率向上を通じてサステナビリティにも寄与している(表1)。

表1-従来品比での据付性改良及び軽量・小型化効果

	従来品	開発品
製品設置イメージ		
建築側への施工穴面積比(%)	100	1
質量比(%)	100	10
サイズ比(%)	100	6
据付時間比(%) (1停止当たり)	100	33

(3) 多様なニーズに対応するデザインバリエーションで建物価値向上に貢献(発展性)

プロジェクター筐体へのアドオン搭載が可能な筐体カバーは、CMFの豊富なバリエーションを用意し、多様な建築スタイルやインテリアに調和が可能な構成とした(図5(a))。

また、内蔵フィルターを交換・追加実装することで、投影サインや投影カラーを簡便に変更可能な構成とし、顧客ニーズに合わせたカスタマイズを可能にした(図5(b)(c))。

(注2) 2025年4月現在、MEBS調べ



図5-プロジェクションランタンのカスタマイズ例

3.3 DXによる業務合理化(3DCG活用)

従来のグローバル意匠機器開発では、開発初期段階で各国の販社と顧客ニーズを把握し、プロダクトデザインの合意形成をデザインモックの繰り返し製作と確認を通じて実施していたため、合意形成に時間がかかるという課題があった。

そこで今回の開発では、開発初期段階からゲームエンジンを用いた高精度の3DCGデータを活用し、プロダクトデザイン情報を販売サイドと共有し、デザインの確認作業をタイムリーに実施した。この取り組みによって、グローバル規模でのデザインの早期合意形成を実現し、顧客ニーズに合ったデザインをタイムリーに提供できた。

また、販売側で個別に実施していたリーフレットやカタログ作成に伴う3DCG製作業務においても、この3DCGデータを流用、活用することで重複業務の削減が可能になった。製作費用と人的リソースの省力化によるコスト低減を図ることで、顧客へのリーズナブルな製品提供を実現させた。

## 4. む す び

建設業界の人手不足や環境配慮といった社会課題のソリューションとして、新デザインの乗場機器開発について述べた。今後も多様化する顧客ニーズや時代の変化、要求に応えられる新たな技術や製品開発をDXの推進を通してタイムリーに実施していくことで、グローバル市場でのMEBS製品訴求力の向上を図って、労働力不足やサステナビリティ実現への対応といった社会課題の解決に寄与する新たな製品開発を実施していく。





# 顧客向け情報提供サービス “M’s BRIDGE mobile”

Customer Information Service “M’s BRIDGE mobile”

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

## 要 旨

2019年から海外のサービス拠点向けに、昇降機とネットワーク接続するグローバル保守基盤システム“M’s BRIDGE”（エムズブリッジ）の提供を開始した。以降、M’s BRIDGEによって収集されたデータは、故障発生時の早期復旧や最適な保全計画の策定に利用されて、保守業務の効率化と高品質な保守サービスの提供を実現してきた。このM’s BRIDGEの付加価値を高めるため、ビルオーナーや管理者に対する顧客向け情報提供サービス“M’s BRIDGE mobile”（エムズブリッジモバイル）を開発した<sup>(1)</sup>。契約された昇降機が世界各地に点在するケースでも、スマートフォンから保守状況や稼働状況を容易に確認できるサービスを提供することで、顧客の安全・安心の向上に貢献する。

## 1. ま え が き

M’s BRIDGEは昇降機の運行状況を24時間365日監視している。故障発生時には、各国のサービス拠点へ故障情報が自動送信されるため、利用者からの通報を待つことなく速やかに保守員を派遣できる。また、保守員は遠隔から昇降機の故障状態を確認できるため、現場に到着後スムーズに復旧作業に入ることができる。これによって、昇降機の停止時間を最小限に抑えて、利用可能時間の最大化を可能にしている。さらに、“起動回数や走行距離などの運行情報”“機器の動作タイミングや加速度データから昇降機の性能を自動判定したリモート点検情報”を定期的に収集しており、次回保守点検時に交換する部品の抽出に利用するなど、昇降機の保全計画にも活用している。M’s BRIDGEは、海外昇降機保守事業を支える重要なシステムとして、均一で高品質な保守サービスの提供に寄与している。

M’s BRIDGE mobileは、M’s BRIDGEによって収集された各種データの更なる付加価値向上を目指して開発した(図1)。M’s BRIDGEによる監視とM’s BRIDGE mobileによる保守状況や稼働状況をスマートフォンから簡単に確認できるサービスをビルオーナーや管理者に提供することで、顧客の安全・安心の向上に貢献する。

本稿では、M’s BRIDGE mobileの機能と特長を述べた後、将来展望について示す。



図1-アプリケーションストア掲載イメージ



## 2. M's BRIDGE mobileの機能概要

M's BRIDGE mobileには、定期的に収集しているデータを表示するだけでなく、サービス拠点からのニーズが高かった、昇降機の最新状況を確認できる機能も加えた。また、スマートフォンを情報表示端末としていることから、プッシュ通知で故障を知らせる機能や、限られた画面スペースであっても視認性を高める工夫をしている。

次に、主な機能と特長について示す。

### 2.1 サービス拠点間の昇降機データ統合

M's BRIDGE は昇降機のデータをサービス拠点ごとに管理している。しかしM's BRIDGEの顧客は、ホテルチェーンなど複数国に跨(またが)ってビジネスを展開しているケースがある。このような顧客には、各種情報を一括して表示することが望まれる。そのためM's BRIDGE mobileでは、サービス拠点ごととは別に、顧客ごとに昇降機のデータをグループ化することで複数国の昇降機を統合管理できるようにした(図2)。

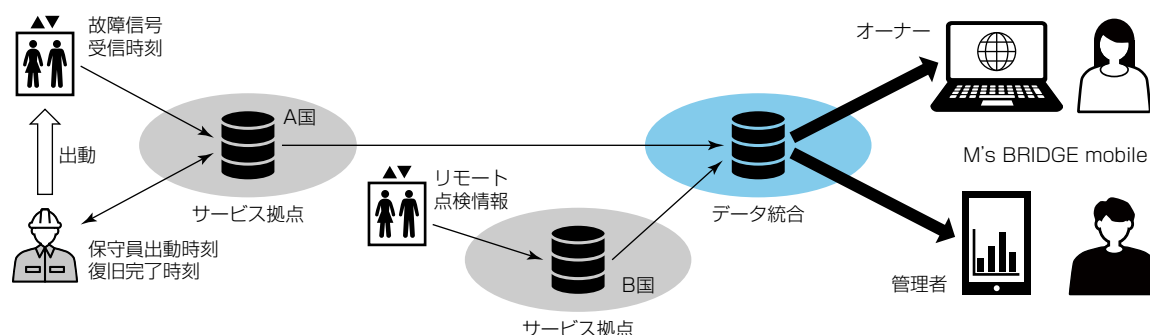


図2-機能概要図

### 2.2 ホーム画面

M's BRIDGE mobileのホーム画面は、スマートフォンの縦画面でも世界各地に点在している昇降機の状態を分かりやすく表示するため、地球儀にピンを立てる表現にした。地球の裏側の昇降機も表示できるように地球儀は回転させることができる。また、昇降機の状態に応じてピンを変えることで直感的に把握もできて、地球儀から建物の詳細位置まで自動で切り替えながらズームアップさせる演出を入れることで、表示対象を明確に示すようにした(図3)。



図3-ホーム画面とズームアップ

### 2.3 運行情報表示

M's BRIDGE mobileの“運行情報表示”機能は、いつでも簡単に昇降機の稼働結果を確認したいという顧客のニーズから開発した。昇降機の起動回数や走行距離などをグラフ表示するに当たって、複数の昇降機やフロアごとのデータを一覧

表示すると、スマートフォンでは視認性が悪くなる。そのため系列名や数値といった詳細情報は、マウスオーバーやタップ操作によってポップアップウィンドーへ表示するようにした(図4)。



図4-運行情報表示

## 2.4 最新状況表示

ニーズが高かった昇降機の“最新状況表示”機能は、顧客が確認したいタイミングで昇降機から最新データを収集して表示するようにした。近年、昇降機の状態をリアルタイムに確認したいというニーズが増えているが、リアルタイム表示は昇降機から連続してデータを収集する必要があるため、多くの通信が発生する。この機能で想定される利用シーンは故障発生直後など確認したいタイミングが限定されると考えて、最小限のデータを必要時だけ送受信する設計にすることで通信費を抑えて、顧客に広く利用される機能を実現した。

最新状況を画面表示するまでは地球儀が回転するアニメーションを表示し、データ収集時間を感じさせないように工夫した(図5)。また、昇降機に故障が発生しているケースでは、昇降機の簡易的な構成図を示して、故障部位が一目で分かるようにした。



図5-最新状況表示の画面遷移

## 2.5 稼働状況表示

M's BRIDGE mobileの“稼働状況表示”機能は、昇降機の稼働状況を次の四つの状態に分類し、円グラフで表現するようにした(図6)。集計期間は、1か月、3か月と1年から選択できるようにしている。また、集計期間と比較して累計時間が少ない状態はグラフでの視認性が低下することから、一定のサイズで表示されるように工夫した。

- (1) 正常運行中(in operation)：昇降機の機能が提供されている状態
- (2) 故障中(Troubleshoot)：昇降機の故障発生(自動通報や故障連絡)から復旧までの状態
- (3) 保守中(MNT Service)：保守作業の開始から終了までの状態
- (4) 休止中(Suspend by Req)：顧客からの連絡によって昇降機を休止させた状態

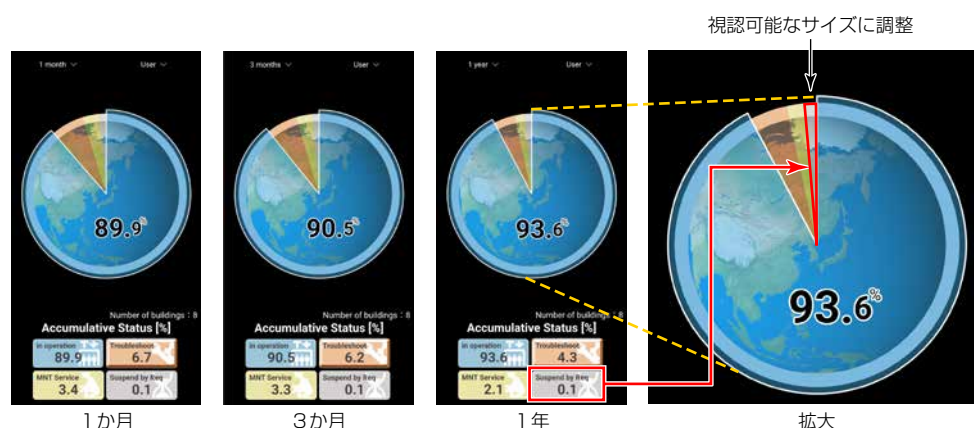


図6-稼働状況表示

### 3. M's BRIDGE mobileの将来展望

昇降機は縦の交通を担う重要な社会インフラである。この社会インフラの安全性を持続していくために、シンガポールのように政府主導で遠隔監視システムの導入を推進している国もあり<sup>(2)</sup>、今後も各国で規格やガイドラインの制定が進んでいくと考える。これらの規格やガイドラインでは遠隔監視システムによって収集した各種データを情報提供するプラットフォームも求められるため、M's BRIDGE mobileは情報提供ツールとして各国で制定される規格にも対応できるように機能拡張を進めていく。

また、M's BRIDGEは、サービス拠点の保守業務を効率化するだけでなく、故障発生時のダウンタイム削減など顧客へ高品質な保守サービスの提供を可能にしているが、M's BRIDGEを顧客に積極的に導入してもらうためには更なる付加価値向上が必要不可欠であり、この役割を担うのがM's BRIDGE mobileであると考え。適切な保守サービスが提供されて、昇降機の品質が維持されていることを客観的な数値データに基づいて示すだけでなく、昇降機を更に便利に利用できる遠隔操作ツールとしての機能拡張も期待されている。

### 4. む す び

顧客向け情報提供サービスM's BRIDGE mobileの機能、特長及び将来展望について述べた。昇降機の安全・安心の更なる向上には、M's BRIDGEの導入を推進し、サービス拠点の保守業務を効率化するだけでなく、故障発生時のダウンタイム削減など高品質な保守サービスの提供につなげていく必要がある。M's BRIDGE mobileは、M's BRIDGEの更なる付加価値向上を目指して開発し、顧客に契約された昇降機の保守状況や稼働状況をスマートフォンから容易に確認できるサービスを提供した。今後も適切な保守サービスが提供され高品質が維持されていることを客観的な数値データに基づいて示すだけでなく、昇降機を更に便利に利用できる遠隔操作ツールとしての機能拡張も進めていくことで、顧客の安全・安心の向上に貢献していく。

### 参 考 文 献

- (1) 高井真人, ほかに: 昇降機向けグローバル保守基盤“M's BRIDGE”, 三菱電機技報, **94**, No.5, 295~298 (2020)
- (2) Building and Construction Authority (BCA): Remote Monitoring & Diagnostics for Lifts in Singapore  
<https://www1.bca.gov.sg/regulatory-info/lifts-escalators/remote-monitoring-diagnostics-for-lifts-in-singapore>

# 中低層共同住宅用エレベーターリニューアル “Elemotion+ for MELWIDE”

Mitsubishi Elevator Renewal “Elemotion+ for MELWIDE” for Small Residential Buildings

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

## 要 旨

中低層共同住宅向けとして1997年から出荷を開始した4人乗り小形エレベーター“MELWIDE”(メルワイド)のリニューアル機種として“Elemotion+ for MELWIDE”を開発した。これは三菱電機として初めて市場投入した機械室レスエレベーターのリニューアル機種である。市場要求が高まっている耐震性能の向上、戸開走行保護装置の追加、最新の制御方式の適用によるエレベーターの安全・安心な機能の提供、及び直感的に分かりやすいアニメーション表示が可能なかごインジケーターの採用を実現するとともに、LED天井照明や操作盤にバイオプラスチックを採用するなど環境に配慮した製品を、従来の機械室ありリニューアル機種と同等な利用停止期間で提供する。

## 1. ま え が き

中低層共同住宅向けとして1997年から出荷開始した4人乗り小形エレベーターMELWIDEがリニューアル対象時期を迎えたことから、国内向けエレベーターリニューアル“Elemotion+シリーズ”として市場要求に対応するため開発に着手した。開発コンセプトは“耐震性能の向上(2014年度耐震基準)”“戸開走行保護装置の付加”“利用者の利便性向上”“エレベーター利用停止期間の最小化”“環境に配慮した製品の提供”である。

## 2. Elemotion+ for MELWIDEの機能

この章では、Elemotion+ for MELWIDEの構成と、開発課題及び対応策について述べる。

### 2.1 中低層共同住宅用エレベーターMELWIDEの構成

リニューアル対象になる中低層共同住宅用エレベーターMELWIDEの機器構成について述べる。この機種は機械室レスエレベーターであり、昇降路の上部にかごレール及び釣合いおもりレール(以下“CWTレール”という。)に据え付けられた機械台がある。機械台の上に巻上機を配置し、両端に釣合いおもりとかごを接続したロープを駆動させる構造になっている。かごレールとCWTレールをかごの側面に配置することで最小限の昇降路スペースでエレベーターを構成し、制御盤を最上階乗場三方枠内に配置することで機械室ありエレベーターと同等の保守性を維持した製品である。

中低層共同住宅用エレベーターMELWIDEの全体構成を図1に示す。

### 2.2 開発課題及び対応策

既設エレベーターにおける課題と今回開発での対応策を述べる。

#### 2.2.1 制御盤取付ブラケット(2014年度耐震基準対応)

2.1節で述べたとおり、既設エレベーターの制御盤は最上階乗場三方枠内に設置している。2014年度版の耐震基準で制御盤を取り付ける部品の材質について規定されたため、リニューアル制御盤を耐震基準に対応させるには、耐震基準を満たさない材質である三方枠に設置できない。しかし保守性をリニューアル前と同等にするため、最上階乗場三方枠内に制御盤を配置する取付方法について検討した。図2に示すように

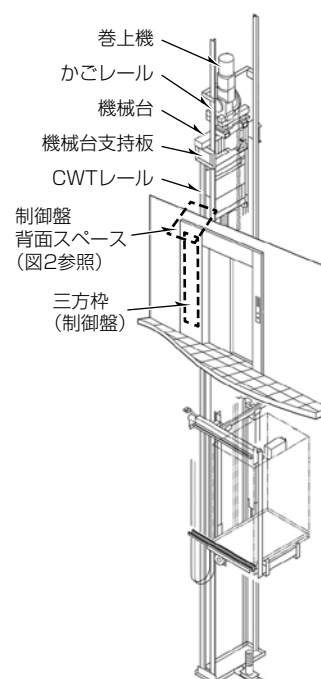


図1-エレベーター全体図



既設制御盤の背面には乗場扉、かごドア装置、かごドア装置に取り付けられている着床装置などが配置されており、リニューアル制御盤を取り付ける取付腕が配置できるスペースに制約があった。また地震時の揺れによる制御盤の損壊や制御盤と周辺機器が接触することによる損壊を防ぐため、制御盤の移動量を最小限に抑える必要がある。それらの課題を解決するため、構造解析及びモーダル解析を駆使して最適な取付ブラケット形状を検討した。解析結果から、制御盤取付腕は機械台支持板及びかごレールに取り付ける角形鋼管材で構成したL字型構造を採用した。その後、実機で加振試験を行い、耐震基準を満たすことを確認した。

リニューアル制御盤の取付構造を図3に、モーダル解析・構造解析の結果を図4に示す。

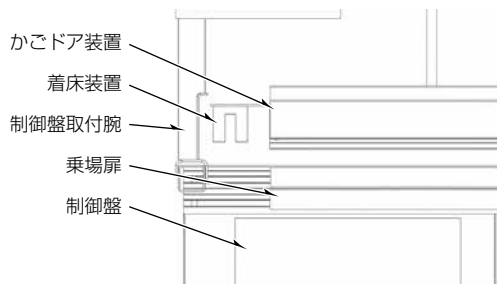


図2-制御盤背面スペース

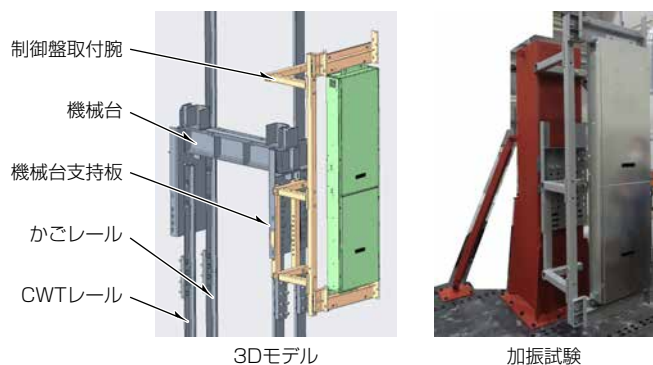


図3-制御盤取付構造

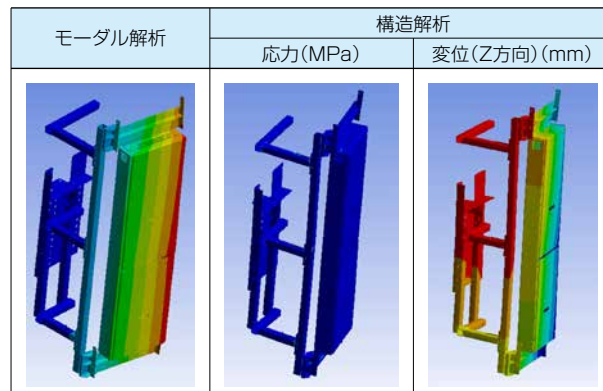


図4-制御盤取付腕解析結果

## 2.2.2 戸開走行保護装置(専用据付治具)

市場要求が高まっている安全機能の一つとして戸開走行保護装置がある。戸開走行保護装置の機能を付加するためには巻上機のブレーキを二重化(ダブルブレーキ化)する必要がある。巻上機を交換するためには昇降路内から既設巻上機を搬出する必要があるが、既設エレベーターは機械室レスエレベーターであるため、昇降路内に巻上機を揚重するための揚重梁(はり)などを準備する必要がある。一般的に昇降路内に揚重梁を設置するための梁受けを、昇降路壁などにアンカーボルト等を用いて設置するが、機械室ありリニューアル機種と比べて揚重梁を敷設するための設置時間が必要になり、エレベーター利用停止期間の増加につながってしまう。また既設昇降路サイズによって揚重梁サイズや設置位置を確認するなど、物件ごとに対応検討が必要になる。

エレベーター利用停止期間を機械室ありリニューアル機種と同等にするため、既設エレベーター機器を使用して容易に設置可能な巻上機交換用治具を開発した。巻上機交換用治具の全体図を図5に赤色で示す。今回開発した巻上機交換用治具は、巻上機吊具(つりぐ)、上部作業床、下部作業床、引込治具、タラップで構成されている。巻上機揚重時に発生する吊り荷重は巻上機吊具を介して既設かごレールで保持する構成にした。

巻上機吊具全体図を図6に示す。かごレール上端部に巻上機吊具の構成部品である柱上端部を接触させて既設レールに固定させることで、巻上機吊具に発生する揚重時荷重を既設レールに負担させることが可能になり、昇降路内に治具敷設用梁受けなどを取り付けるアンカーボルトの敷設作業を削減できる。上部作業床はかごレールと機械台支持板で作業床に作用する荷重を保持する構成にした。

上部作業床全体図を図7に示す。かごレールに支持柱を機械台支持板(図3)に接触させた状態で取り付けて、上下の支

持梁で固定する。横手摺(てすり)を支持柱に取り付けて、作業床は支持梁に取り付ける。横手摺に後手摺を取り付けて上部作業床が構成される。

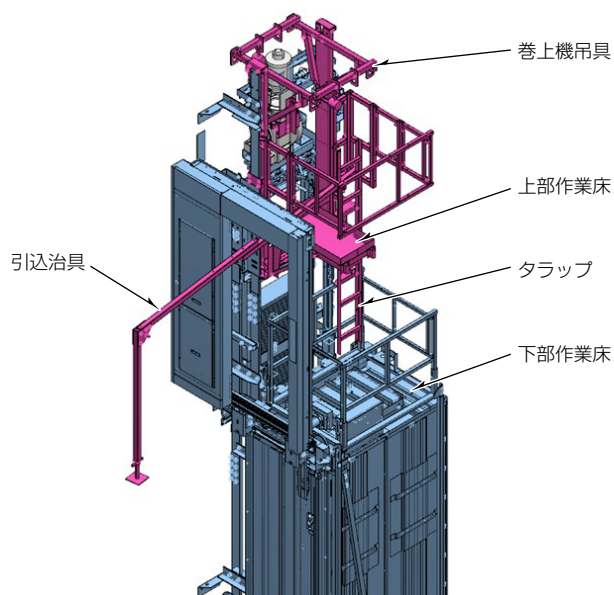


図5-巻上機交換用治具全体図

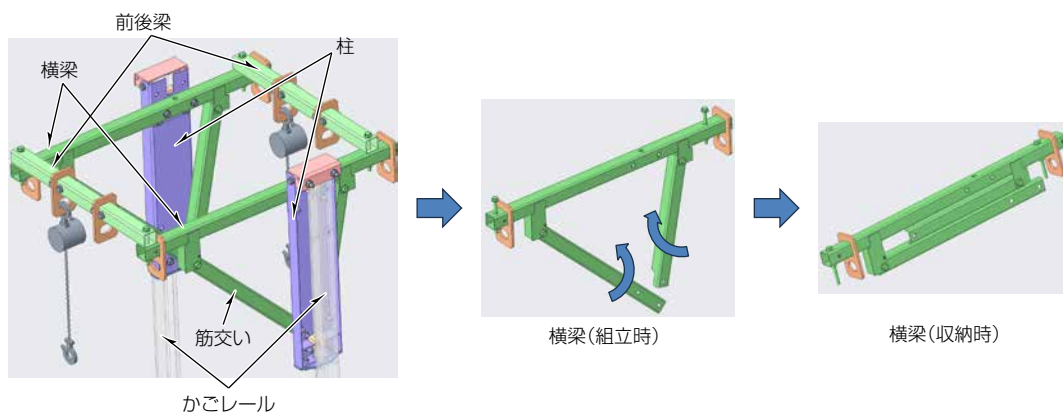


図6-巻上機吊具全体図

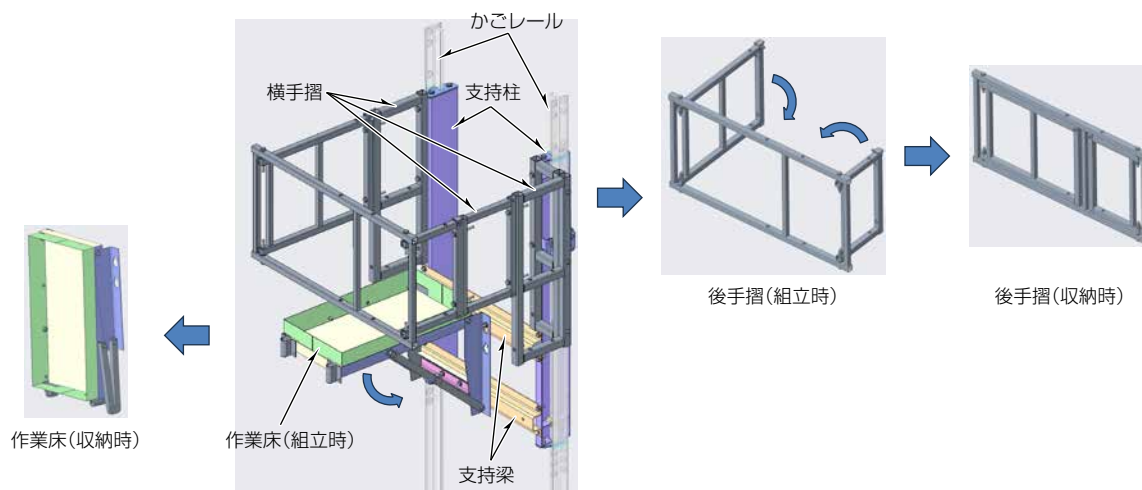


図7-上部作業床全体図

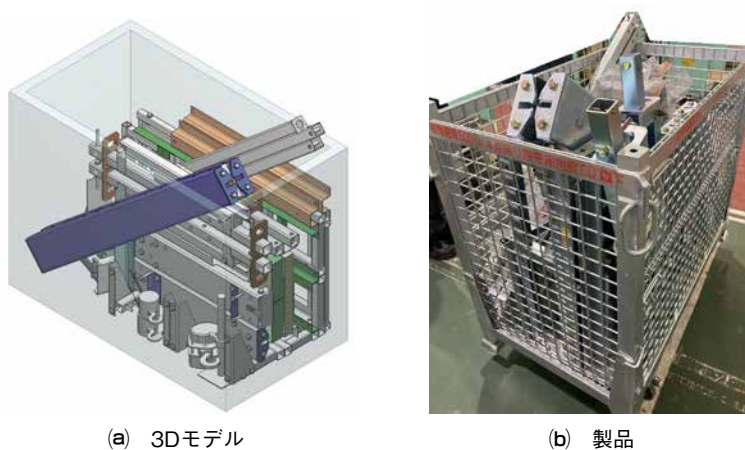


巻上機交換用治具を構成する各部品の質量は組立施工性を考慮し最大20kgまでとして、強度解析を用いて適切な強度が確保できる構造及び材料選定を実施した。

中低層共同住宅用エレベーターMELWIDEは4人乗りエレベーターであり、設置される建物の用途上、エレベーター出入口前にスペースがなく屋外廊下になっている場合がある。

巻上機交換作業を実施する場所は最上階乗場前であり、交換用治具を最上階へ搬入する手段として既設エレベーターを使用することは作業時間短縮にもつながる。巻上機交換用治具一式を既設エレベーター（かご室内法）（幅900mm，奥行き1,400mm）に積載可能な梱包（こんぼう）サイズにして、現場での治具組立てに必要な時間を最小限にするため、図6や図7に示すようなプリアッセンブル構造及び収納性について3Dモデルを活用して検討した。

巻上機吊具梱包全体図を図8に示す。これらの対応によって、従来の機械室ありリニューアル機種と同等な利用停止期間でリニューアル工事を実現することが可能になった。



(a) 3Dモデル

(b) 製品

図8-巻上機吊具梱包全体図

### 2.2.3 かご操作盤

リニューアルによる利用者の利便性向上に向けて、誰もが使いやすいユニバーサルデザインを取り入れたかご操作盤を提供する。液晶ディスプレイ、ボタンに採用する文字、ピクトグラムは視認性・判読性の高いフォントを採用することで誤読の防止を図るとともに、色覚の多様性にも配慮したカラーユニバーサルデザインを取り入れた。さらにボタン表記の文字は、凸形状にこだわることで触っても誤読することなく、かつ痛くならないように触り心地にも配慮した。

また地震などが発生した際、的確に利用者に対応を促すための緊急メッセージ表示を提供することで利用者の利便性向上に取り組んでいる。液晶ディスプレイ表示例を図9に、リニューアル前後のかご操作盤全体図を図10に示す。

先に述べた視覚情報に加えて、音声情報である“気配りアナウンス”を標準装備した。この気配りアナウンスは、行先ボタンの押し忘れ時（図9の通常メッセージ例1）や災害管制運転時（図9の緊急メッセージ）に、かご操作盤の液晶ディスプレイにメッセージを表示するとともに音声で状況を説明することで、利用者の戸惑いや不安を和らげることができて、利用者の利便性向上につながる。



通常

通常メッセージ例1

通常メッセージ例2

緊急メッセージ

図9-液晶ディスプレイ表示

また、かご操作盤の液晶ディスプレイカバー(図10の赤枠部)に植物由来原料を用いて作られるバイオプラスチックを採用することで枯渇資源である石油の消費を削減し、持続可能な社会の実現に貢献している。



図10-かご操作盤

#### 2.2.4 乗場ボタン一体形インジケーター

乗場ボタン一体形インジケーターについては、これまで全面樹脂製のフェースプレートを採用していた。今回のリニューアルでは高級感のあるステンレス製フェースプレートを組み合わせたものを採用した。またリニューアル機種向けに、既設埋め込みボックスを撤去することなく器具の表面だけワンタッチ脱着で取換えが完了する仕様にするすることで、工事期間の短縮を実現している。リニューアル前後の乗場ボタン一体形インジケーターを図11に示す。



図11-乗場ボタン一体形インジケーター

#### 2.2.5 かご室天井照明

2023年11月の「水銀に関する水俣条約」で、一般照明用の蛍光灯の製造・輸出入は、2027年までに段階的に廃止することが決定された。リニューアル時に多くの顧客に省エネルギー・長寿命であるLED照明に交換してもらうために、天井取換えを実施しないことで低コスト・短工期で製品を提供できるLED天井照明を開発した。

また照明カバーを既設グローブタイプからフラットタイプに変更することによって、天井流用でもモダンな意匠への変更を演出できるように工夫した。開発した天井照明を図12に示す。



図12-かご室天井照明

### 3. む す び

今回、中低層共同住宅用エレベーターMELWIDEがリニューアル対象時期を迎えたことを受けて、国内向けエレベーターリニューアル機種Elemotion+シリーズとしてElemotion+ for MELWIDEを開発した。この機種は、耐震性能向上、戸開走行保護装置付加など市場要求機能を付加し、最新の制御方式の適用によるエレベーターの安全・安心な機能の提供、液晶表示ディスプレイの採用によって利用者の利便性向上、従来の機械室ありリニューアル機種と同等な利用停止期間でリニューアル工事を実現することを可能にした。

今後もエレベーターリニューアルを更に拡大させるために、利用者の利便性を向上させる機能付加、エレベーター使用停止期間の短縮、環境に配慮した製品提供による持続可能な社会の実現を目指して、顧客が求めやすい機種の開発を実施していく。

# 明石海峡大橋向け エレベーターリニューアル工事

Elevator Renewal Work for Akashi Kaikyo Bridge

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

## 要 旨

明石海峡大橋向けのエレベーターリニューアルプロジェクトでは、高揚程<sup>(注1)</sup>・特殊環境の課題に対して開発から据付・保守までの一連のプロセスを経て、安全かつ信頼性の高いエレベーターの運行を実現した。このプロジェクトは、事前検討の段階で特殊環境性能の要件を決定し、高揚程及び傾斜昇降路に対応する機器の開発及び特殊環境用の制御ケーブルや主ロープ振れ止め装置の設計を行い、据付・保守時には実環境下で制御ケーブルの調査を実施して機器性能を確認した。このプロセスを通して、特殊環境下でのエレベーターの安全性と信頼性を確保する基盤を築いた。

(注1) エレベーターの移動距離が非常に長いタイプ

## 1. ま え が き

明石海峡大橋(図1)は、1998年4月に供用開始されて国内最長の吊(つり)橋として現在も親しまれている。この橋の道路部分を支える補剛桁は、メインロープを介してメインケーブルに接続されて、4本の塔がそのメインケーブルを支えている。塔は高さ約300mで、各塔には高速エレベーターが1台ずつ、計4台設置されている。雨・風・塩害などの厳しい気候条件にさらされるため、これらのエレベーターの機器開発には高度な技術力が求められて、特殊環境や高揚程の課題に対応する必要がある。今回のプロジェクトでは、その課題に対して三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)稲沢ビルシステム製作所、本社、支社が一丸となって取り組んで、リニューアル提案と実施に至った。

本稿では、事前検討、機器開発、据付・保守調整のプロセスでの検討・設計内容について詳述する。エレベーターの信頼性と安全性を実現することで、橋の保守・運用を支える重要な役割を果たしたことを示す。



出典：本州四国連絡高速道路(株)ホームページ  
<https://www.jp-honshi.co.jp/bridgeworld/index.html>

図1-明石海峡大橋(全景・塔から)



## 2. 海上設置に伴う特殊環境への対応

リニューアルプロジェクトの第一段階として、リニューアルの前に事前調査業務を請け負って詳細な検討業務を実施した。この段階では、1995年明石海峡大橋竣工(しゅんこう)のエレベーター納入設計時(以下“初回設計時”という。)の対策事例や現在の現地状況を分析し、特殊環境性能の要件を明確にすることが重要であった。明石海峡大橋の塔に設置されるエレベーターは海上に位置するため、地上環境よりも温度変化が激しく、湿度も高くなる。このため、適切な温度・湿度管理や風雨対策を重点的に実施する必要がある。また、塩分の影響を受けやすいため、耐塩害性の材料やコーティングの使用が重要である。初回設計時に実施した主な対策には、機械室機器の密閉化、昇降路機器の防食・防滴化、特殊環境対応の制御ケーブルが含まれる。リニューアル時に同等の対策を実施する場合、特に機械室に設置する密閉型制御盤の新規開発や特殊環境用超多芯制御ケーブルの開発には、長い開発期間と大きな費用がかかることが確認された。

### 2.1 事前検討(特殊環境性能の要件の決定)

今回の開発に当たって、環境調査を実施し、特殊環境性能の要件の決定を行った。

#### 2.1.1 環境調査

初回設計時の防食仕様(ステンレス鋼の採用など)によって、盤面に対する明らかな腐食は確認されなかった。標準的な特殊環境対策に基づいた盤構成でも製品品質に問題がないことを確認して適切な防食仕様を決定するため、環境調査を行った。この調査は、図2に示すような環境評価方法に基づいて1年間にわたって実施された。金属の錆(さび)の発生を確認するため、4種類の金属を空中の酸素に触れさせて、錆の発生有無を確認した。また、腐食ガスによる生成物の確認には、ガラス片に金属の薄膜を構成し、腐食ガスの影響を評価した。さらに、塩分による汚染度の確認として、ガーゼを空中の酸素に触れさせて、塩分による汚染の程度を測定した。



図2-環境調査の様子(機械室)と評価方法

#### 2.1.2 環境調査結果

調査の結果、塔内エレベーター機器への飛来塩分量は瀬戸内沿岸部のほかの橋脚よりも少なく、海上設置のこのエレベーターに対しても標準的な沿岸部対策で対応可能と判断された(表1)。しかし、湿度は日平均で99%に達することが

表1-明石海峡大橋の環境調査結果

調査項目		調査結果	環境の評価方法と結果
飛来塩分量 (1か月間測定)		0.001mg/dm <sup>2</sup> /day	JIS Z2382 瀬戸内海沿岸部の年平均飛来塩分量は、10-1mg/dm <sup>2</sup> /day未満であり、昇降機への海塩粒子の飛来は2桁以上低減されている。 塔内換気システム(塩害防止フィルター付き)の効果と考えられる。
湿度	日平均	30~99%	MEBS推奨基準値(日平均95%を超えない、月平均90%以下)に対して機械室で基準を超える日がある。機械室及び昇降路中間部で95%RHを超える日が多数あり、結露が生じていたものと考えられる。
	月平均	46~80%	

RH : Relative Humidity

あり、製品の環境基準を満たしていなかったため、設置環境の改善を目的とした機械室のエアコン設置と壁の設置を提案し、顧客承認を得た。この提案によって開発期間や費用の懸念が解消されて、明石海峡大橋塔内エレベーターの特殊な設置環境を考慮した上で、信頼性と経済性を両立させた対策を講じることができた。

## 2.2 特殊環境対策

海上設置での適用機器の開発設計では、特に錆対策と湿気対策に焦点を当てた。まず、錆対策として昇降路機器の耐久性を向上させるため、筐体(きょうたい)の材質をSUS(ステンレス鋼)に変更し、塩害や湿気による腐食を効果的に防止した。さらに、ねじやそのほかの小物類もSUS製に変更し、全体の防錆性能を向上させることで、昇降路機器の耐久性を強化し、長期的な使用に耐える性能を確保した。次に湿気対策として、昇降路内機器のボックス内にスペースヒーターを設置し、内部温度を一定に保つことで結露を防止した。また、電線の貫通部分には適切な金物を選定し、湿気の侵入を防ぐ工夫を施した。ケースと蓋の間にはゴムシートを貼り付けて密閉性を高めて、水分が内部にたまらないように水抜き穴を設けて、排水が容易にできる構成にした。これらの対策によって、特殊環境下でも信頼性の高い機器の運用を実現した。

## 3. 高揚程の傾斜昇降路への対応

塔内の昇降行程は267.5mで、昇降路は約1度の傾斜を持つ。このため、エレベーターの主ロープや制御ケーブルといった懸垂機器や長尺物の振れ、干渉への対策が必要であり、傾斜による動きの影響を考慮した設計が求められる。また、制御ケーブルのダクト収納が必要で、傾斜に伴うケーブルの干渉を防ぐ工夫も重要である。

この章では、高揚程・傾斜昇降路という課題に対して、主ロープ振れ止め装置、秤(はかり)装置、制御ケーブルでの対策を示す。

### 3.1 主ロープ振れ止め装置

主ロープ振れ止め装置と関係する運転動作フローについて述べる。海風によって塔が揺れると主ロープが昇降路機器に接触する危険があるため、接触を防ぐ対策が必要である。この装置は、かごの上部に設置され、かごの昇降に伴ってドッキング及び分離が行える構造になっている(図3、図4)。具体的には、塔の中央付近である52階より下にある場合は昇降路固定位置にあり、かごが52階より上にある場合はかごとドッキングして動く。振れ止めのドッキングと分離時には衝撃を考慮し、昇降路中間階でのかごの停止措置動作を追加している。また、主ロープ振れ止め装置には位置スイッチが設置されており、エンコーダーからの位置情報との整合性を確認する。万一の脱落時にはエレベーターを機械的に停止させる機能も備えており、主ロープの揺れによるリスクを軽減し、安全な運用を確保している。これによって、昇降路機器の安全性と信頼性を向上させる。

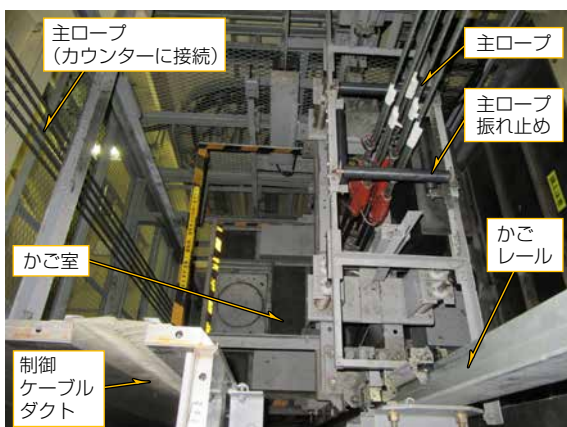


図3-かごとドッキングしている状態(昇降路見下げ)



図4-昇降路固定位置に設置されている状態(昇降路見上げ)



### 3.2 秤 装 置

傾斜昇降路では、かごとおもりの質量のアンバランスを低減する釣合いロープが適用できないため、かご位置による制御ケーブルの荷重影響が大きくなる。制御ケーブルの偏荷重による秤ずれによって、昇降路底部と頂部での検出誤差の影響が大きくなり、エレベーターへの乗り過ぎ検出(質量超過)を誤検出するリスクがあるため、秤装置には専用の補正機能を追加した。この補正機能は制御ケーブルの偏荷重による影響を考慮しており、秤の出力変化を抑えることでかご内の質量検出精度を向上させた。これによって、誤検出リスクを抑えてエレベーター運行の信頼性を確保できた。

### 3.3 特殊環境用超多芯制御ケーブルの開発

特殊環境用超多芯制御ケーブルの開発は、初回設計時と異なる通信方式に対応するために行われた。リニューアル機種に適用可能な制御ケーブルが存在しなかったため、新規開発が必要になった。開発に当たっては、幾つかの要件があった。まず、シールド付きツイストペアケーブルを使用し、銅芯入りの多芯ケーブルであることが必須であり、銅芯はSUS製、さらにすずめっき電線を適用することが求められた。また、ケーブルの自由曲げ径は既設ケーブルダクトに収まるものでなければならない、質量軽減も重要な適用要件であった。

さらに、制御ケーブルの線芯断線対策として、構造を同芯燃り(よ)りからユニット燃りに変更した(図5)。この変更によって、昇降を繰り返す中で芯線の移動が抑えられて、隙間ができにくくなり、断線しにくい構造が期待できる。これらの内容を基に、メーカーと協業し、試作と検証を重ねて特殊環境用超多芯制御ケーブルを開発した。

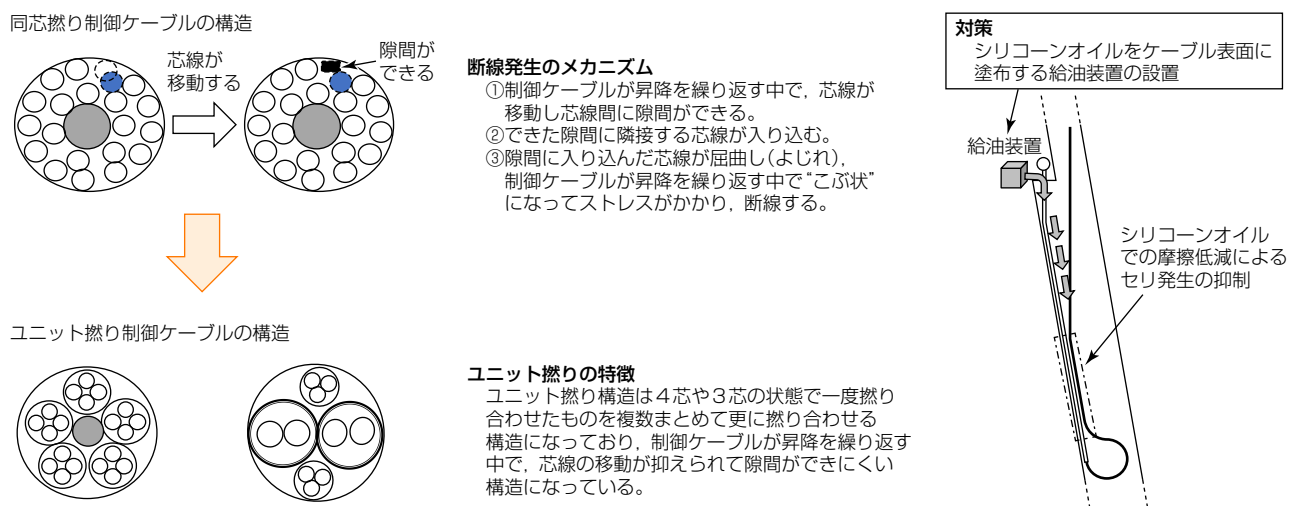


図5-制御ケーブルの検討と開発

新規開発された制御ケーブルについては、自由曲げ寸法や単位質量などの検証が行われたが、高揚程や傾斜昇降路では事前検証が難しいため、工事完了後も定期的に外観チェック、異音確認を実施することにした。さらに、かご上にカメラを設置し、走行時の異音の有無を確認するほか、断線の早期発見を目的として線芯抵抗値の測定も行っている。また、ケーブル同士やダクトとの摩擦を軽減するために、シリコンオイルの定期的な塗布も実施している。

## 4. む す び

明石海峡大橋向けに開発した高揚程・特殊環境対策エレベーターのリニューアルプロセスを詳述した。事前検討から適用機器の開発、据付・調整に至るまでの一連のプロセスを経て、安全かつ信頼性の高いエレベーターの運行を実現した。特に、海上設置に伴う温度・湿度管理や塩害対策、傾斜昇降路での懸垂機器の振れ干渉対策、制御ケーブルの新規開発に注力し、エレベーターの耐久性・運行の安全性を向上させた。

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・技術難易度の高い案件の実現を通して、世の中のインフラを支えて、社会に貢献していく。

三菱電機株式会社