



家庭から宇宙まで、エコチエンジ



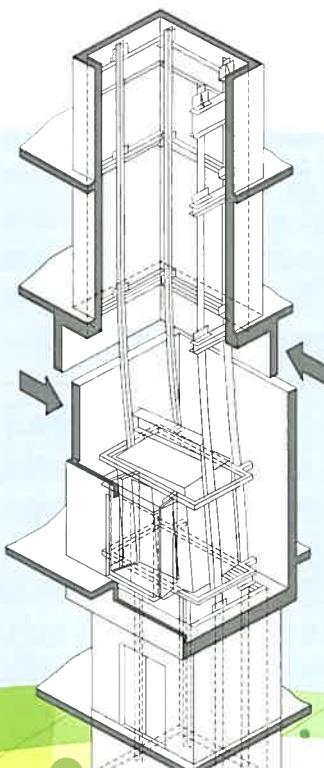
三菱電機技報

5

2020

Vol.94 No.5

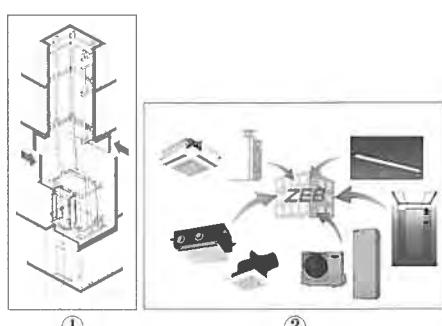
昇降機・ビルシステム



目 次

特集「昇降機・ビルシステム」

昇降機・ビルシステム特集に寄せて.....	卷頭言	1
林 美克		
三菱電機のスマートビルソリューション.....	卷頭論文	2
石井周作		
免震建物用エレベーター.....		7
山田智己		
"BuilUnity" エレベータークラウド制御サービス		11
町田幸喜・鈴木一弥		
油圧エレベーター用独立型戸開走行保護装置.....		16
金井博章・酒谷佳紀		
3Dカメラを用いた昇降路計測技術		20
三本木慧介・岩間晴之・榎本 優・布施 航		
エスカレーター用低剛性ウレタン手摺.....		24
野末紗海人・毛利圭佑・西村良知・井上和哉		
高速エレベーター用巻上機の軸受発熱低減技術.....		28
木村康樹・新介脩平・多田順一・長濱秀紀		
昇降機向けグローバル保守基盤 "M's BRIDGE"		33
高井真人・毛利一成・渡邊啓嗣		
国内の昇降機設備及びZEBへのビル設備納入事例		37
羽坂佳穂里・飯田隆義		
最近の昇降機海外納入事例.....		42
工藤友里		
三菱電機のZEBプランニング活動		46
柿迫良輔・中島 理・南 知里		
関連拠点紹介.....		51
特許と新案		
「エレベーター監視装置およびエレベーターシステム」		
「ガイドレール固定装置」..... 53		
「管理装置」..... 54		
表紙：昇降機・ビルシステム		
三菱電機では、縦の移動を支える昇降機、建物を適切に管理するためのビルシステムを提供している。		
①免震建物用エレベーター		
中間階免震方式を採用する免震建物は、地震時には免震層部分で建物が分割される。このような建物向けとして、当社は特殊な機器対策を施した免震建物用エレベーターを市場投入しており、また市場要求に応じて仕様の拡充を図っている。		
②ZEBを実現する五つの省エネルギー対象設備		
当社は、ZEB(net Zero Energy Building)において、そのエネルギー収支計算対象となる五つの設備を全て自社グループ内で製造している数少ない企業の一つである。ZEB実現に向けた事前相談から、納入後の保守対応までを一貫して対応できるZEBエンジニアリングの体制を整えている。		



卷頭言

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



林 美克 *Yoshikatsu Hayashi*

稻沢製作所長(現・三菱電機ビルテクノサービス株)

Senior General Manager, Inazawa Works (Current affiliation: Mitsubishi Electric Building Techno-Service Co., Ltd.)

近年、地球温暖化や気候変動などの環境問題が深刻さを増しています。世界的に都市化が進展し、人口集中が進む一方で、高齢化が急速に進展すると見込まれています。日本では労働人口の減少や自然災害がもたらすリスクなどの社会課題が顕在化しています。持続可能な社会を実現していくために、SDGs(持続可能な開発目標)への対応が必要になっており、特に都市空間の整備や管理方法での課題解決が重要になっています。

三菱電機では、スマートビルとスマートシティの実現に向けて、ビル統合プラットフォームを構築し、省エネルギー化や快適性向上、安心・安全の強化、省人化や利便性向上を実現するソリューションの技術開発に取り組んでいます。

省エネルギー化に関して、年々ZEB(net Zero Energy Building)の要望が拡大しつつあります。当社はZEBプランナーとしてビル全体での設備計画の提案を進めています。設備導入後もビル内のデータを収集・分析することによって、ビルで過ごす人々の快適性を確保しつつ、エネルギー消費量を更に低減し、最適化していきます。

ビル内の入退室管理システムや映像監視システム、昇降機等を連携させて、人の移動情報を収集していきます。リアルタイムに把握した人の流れを基に、ビル内の設備を制御し、サイネージやダイナミックサインを表示することによって、通常時の行き先案内や非常時の避難誘導等への活用を進めます。また、省人化のために搬送、清掃、警備など様々な種類のロボットの導入が拡大しつつあります。縦方向の移動にエレベーターを活用してロボットの移動範囲の拡大を図り、ビル内の誘導制御を行うことによって、労働人口の減少に伴う省人化の課題対策や利便性向上に貢献していきます。

昇降機は都市空間で欠くことのできない縦の交通機関になっています。エレベーターの巻上機やロープ、エスカレーターのキーパーツに対して、構造解析技術と寿命評価試験によって、信頼性や耐久性の向上を追求しています。

また、自然災害発生時の安全確保に加え、災害発生後の早期復旧、運行継続も重要な要素となっています。大地震や長周期地震動に対する昇降機の構造的な耐震性能向上を進めるとともに、地震後の健全性を遠隔で診断し、自動復旧させる技術も高度化させてきています。

高層ビルでの群管理で、エレベーター行先予報システムの制御可能範囲を複数バンクに拡大して、より多様な条件で、運行効率とセキュリティー性を確保できるようにしました。スマートフォンなどの非接触媒体を用いてセキュリティーゲート通過やエレベーターの呼び登録ができるように乗客の利便性向上にも取り組んでいます。

昇降機は設置後、長期間利用され、その間、機能維持のための保守を行います。日本国内では遠隔保守サービスを導入してきましたが、2019年、独自のIoT(Internet of Things)プラットフォームを活用して、遠隔で監視・点検、データ解析を行うグローバル保守基盤を開発し、アジア地区から展開を開始しました。世界各国に納入したエレベーターに対して、遠隔での故障検知・解析を行い、早期故障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いきます。稼働年数が長い昇降機も多くなり、リニューアルの需要も増加しています。リニューアルでは、駆動制御部分の最新化を行い、省エネルギー化や高い耐震性、安全機能を備えたメニューを開発・整備しています。また、エレベーターとエスカレーターのリニューアル工事による長期間の連続停止を必要とせず、工事期間内であっても一定の時間は移動手段として活用できる部分改修工法に対応したメニューも充実しました。

今後も、安全・安心・快適な製品とサービスを提供し、維持していくための技術開発を進めていくとともに、ビルや街のスマート化に寄与する顧客価値を高めるソリューションの創出を進め、持続可能な社会の実現に貢献していきます。

三菱電機のスマートビルソリューション

Mitsubishi Electric's Smart-Building Solutions



石井周作*
Shusaku Ishii

要旨

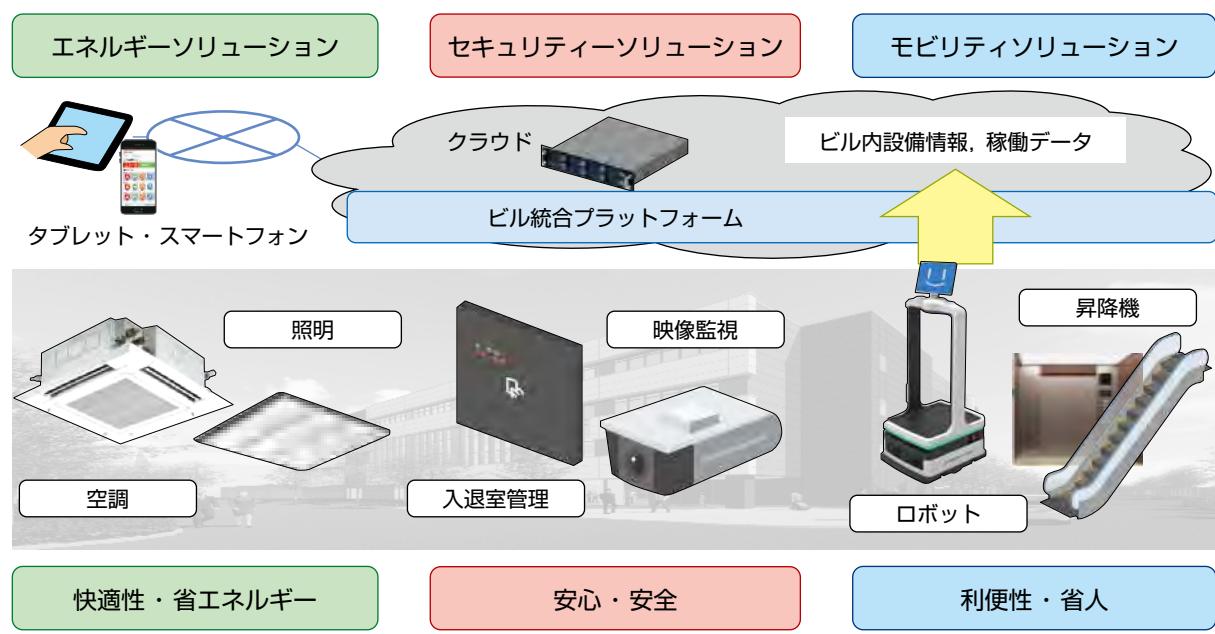
少子高齢化、気候変動など社会情勢を取り巻く環境が厳しくなる中、ビルでは快適性・安全性・利便性を低資源で実現することへの要望が高まっている。そのためにIoT(Internet of Things)、AI(Artificial Intelligence)など高度な技術を活用し、省エネルギー・省人化を実現しながら居住者が安心できる安全な環境で効率的な仕事を行える空間を提供する“スマートビル”を実現していく必要がある。

三菱電機のスマートビルソリューションは、“快適性・省エネルギー”“安心・安全”“利便性・省人”のそれぞれを実現する“エネルギー”“セキュリティ”“モビリティ”的三つのソリューションで構成している。

従来の設備・機器を監視、制御し、運用に生かすビル管

理の方式に加え、今後は設備・機器・人の動きなどから収集されるデータをAI技術などを活用して高度な分析を行うことにより、制御・運用にフィードバックし、効率化していく必要がある。

また、設備情報や稼働データを複数のソリューションで相互に利活用するために有効な技術基盤としてクラウドの活用が進んでおり、実運用を通じてのビル統合プラットフォームの構築、充実化が必要である。IoT化を進めるための重要な要素である設備・機器を含めたエッジコンピューティングも併せてスマートビルソリューションのアーキテクチャ開発を進めていく。



当社のスマートビルソリューション

当社グループのスマートビルソリューションは、ビル内設備の監視、制御、データ分析ほかを行うビル統合プラットフォームを用いて、ビル内の利用者、管理者に“快適性・省エネルギー”，“安心・安全”，“利便性・省人”を提供する。

1. まえがき

当社の目指す“スマートビル”とは、AIやIoT技術を活用し、省エネルギーと省人化を実現しながら居住者が安全で安心できる環境で効率的な仕事を行える空間を提供するビルである。スマートビルに欠くことのできない“快適性・省エネルギー”“安心・安全”“利便性・省人”を実現する三つの“エネルギー”“セキュリティ”“モビリティ”ソリューションについて述べる。また、持続可能な社会を築く上でビルや住宅・ホテルといった街づくりで国内外で注目されている“スマートシティ”も、基盤となる電力、通信などのエリアインフラとともに需要家としてのスマートビルが重要であり、その連携についても述べる。

2. エネルギーソリューション

スマートビルでの“快適性・省エネルギー”を実現するエネルギーソリューションについて述べる⁽¹⁾。

2.1 ZEB⁽¹⁾

ZEB(net Zero Energy Building)は、2008年の洞爺湖サミットの際に国際協調すべきターゲットとして取り上げられ、その後、各国で取組みが活発化した。これを受け、日本では、2014年に閣議決定された第4次エネルギー基本計画の中で、ゼロエネルギービルの実現を目指すことが宣言された。

さらには2015年に締結されたパリ協定の中で、日本は2030年度に2013年度比で26%のCO₂削減を約束し、その削減実現のために、エネルギー消費を四つの部門に分けてCO₂目標値を設定している。このCO₂削減目標の中で、最

も高い削減目標が設定されているのはオフィス、商業施設、学校、病院などの業務部門であり、ビルで消費されるエネルギーはこの業務部門に含まれており、ビルのZEB化は、この業務部門の省エネルギーの切り札になっている。

日本におけるZEB実現に向けた考え方と、ZEBの定量的な定義について図1、図2に示す。図2のグラフ横軸は、ビルの設計時に、建築物省エネ法に基づいてビルごとに算出される一次エネルギー消費量を示している。縦軸は、ビルの屋上などに設置される太陽光パネルなどからの再生可能エネルギー供給量を示している。建築確認申請の提出時に必ず適合させなければならない省エネルギー適合判定の“基準値”に対し、再生可能エネルギー一分を含まない“省エネルギー”だけで、50%以上75%未満のエネルギー消費を低減したビルは“ZEB Ready”，更に省エネルギーを進め、75%以上100%未満の低減を達成したビルは“Nearly ZEB”，100%以上の省エネルギーを実現したビルを『ZEB』と呼ぶことになっている。なお、最初に50%省エネルギーを達成すれば、それ以上は再生可能エネルギーを省エネルギー一分に相当すると考えて、省エネルギー量に加算することが認められている。

また50%省エネルギーが困難なこともある10,000m²以

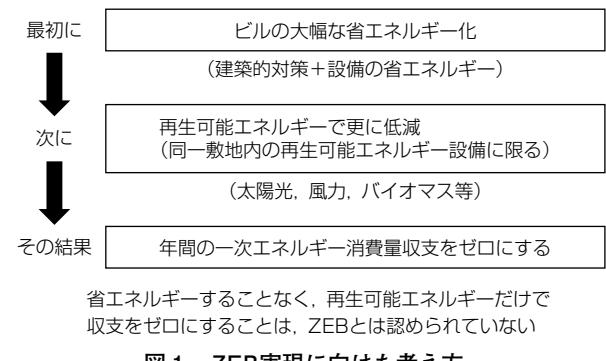


図1. ZEB実現に向けた考え方

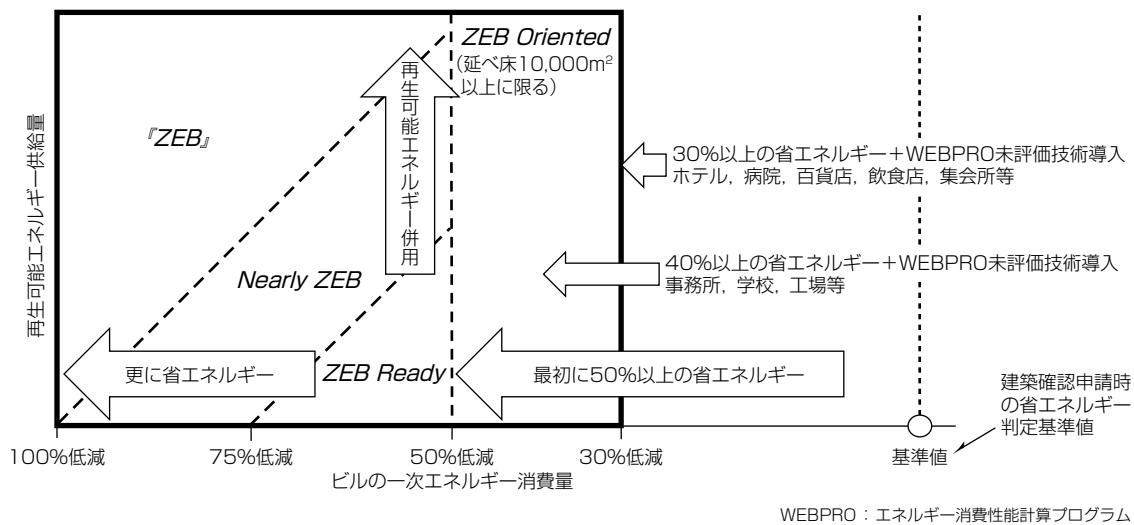


図2. ZEBの定量的定義⁽²⁾

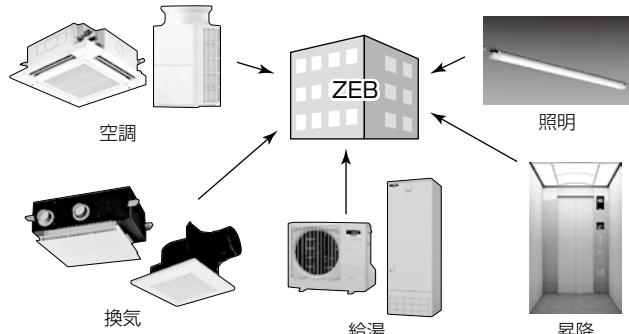


図3. ZEBを実現する五つの省エネルギー対象設備

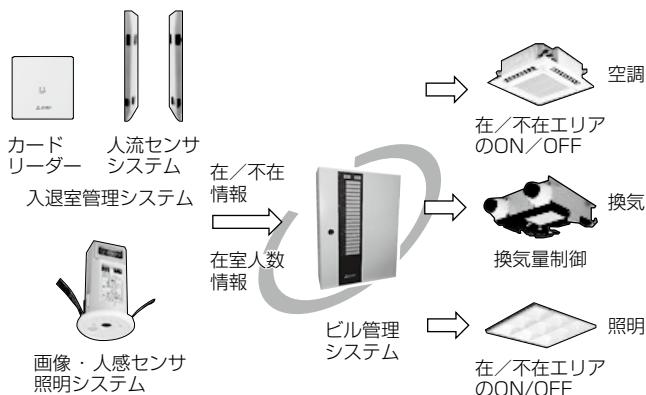


図4. 入退室管理とセンサの連携による制御

上の大規模ビルについては、ビルの用途に応じて、30%、又は40%の省エネルギーを達成すると認められる“ZEB Oriented”と呼ばれる新たなカテゴリーが2019年度から用意された⁽²⁾。

当社は、ZEBでのエネルギー収支計算対象となる5つの設備(図3)を全て自社グループ内で製造している数少ない企業の一つである。それらの設備の選定、エネルギー収支計算、システムの設計、据付け及び納入後の保守や改善提案を行う組織も自社グループ内に抱えており、ZEB実現に向けた事前相談から、納入後の保守対応までを一貫して対応できるZEBエンジニアリングの体制を整えている。

2.2 入退室管理とセンサの連携による制御

入退室管理システムから得られる人の出入りの履歴や照明システムの画像・人感センサによって得られるビル内の人との在／不在、在室人数情報を用いて、ビル管理システム経由で換気装置の換気量や空調システムの温度設定を変更することによって、快適性を保ちながら省エネルギーを実現する(図4)。外気を入れることは室内のCO₂濃度を下げ、快適性を保つ点で有意義だが、外気は空調負荷にもなる。在室人数に応じて、外気取り入れ量を制御することによって、空調負荷を適切にコントロールしながら快適性と省エネルギーのバランスを取ることが可能になる。

3. セキュリティーソリューション

スマートビルでの“安心・安全”を実現するセキュリティーソリューションについて述べる。

3.1 入退室管理と映像監視の連携による監視業務

ビル内で安心・安全を得るために重要なアイテムになるのが入退室管理や映像監視などの物理セキュリティーシステムである。人の入退室を制限し、セキュリティを高めるのが入退室管理システムであり、人の動きを監視し、事案が起こった際にそれを確認するために導入されるのが映像監視システムである。この二つのシステムは外からの脅威や内部での犯罪を防ぐ抑止効果の要素も持っている。これらを運用に合わせて連携させることによって、効率的かつ安全性を増すシステムにすることができる(図5)。例えば、入退室管理システムで異常を検知した際、当該場所の映像を連動させて表示・録画することによって、監視員の瞬時の判断や録画の効率的運用の助けになる。

3.2 人流センサシステム

人の移動の方向を検知できる三菱電機エンジニアリング(株)製“人流センサシステム”は、図6に示すように仕切りを伴わない簡易入館ゲートに活用でき、さらに人数カウントも可能なため、居室の前に設置することで在室者の有無、在室人数のカウントが可能になる。また、2.2節で述べたように、画像・人感センサとの連携によって効率的かつ快適な居住環境を作ることが可能になる。



図5. 入退室管理と映像監視の連携による監視業務

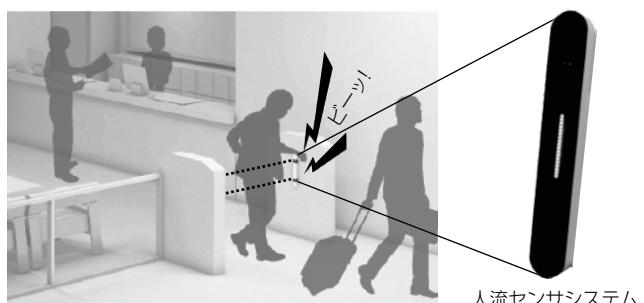


図6. 人流センサシステムによる人数カウント・通行方向検知

3.3 セキュリティーシステムとロボットの連携

4章のモビリティソリューションで述べるロボットの位置情報の把握や、横移動や縦移動の動線管理も入退室管理システムや映像監視システムを活用することで可能になる。入退室管理システムが持つセンサや画像処理技術VCA(Video Content Analysis)を用い、ロボットが何階のどこにいるのかを把握し、ビル内地図とともに情報を提供し、ロボットのスムーズな移動を促すことができる。VCAはエレベーターホールの人数把握も可能でありエレベーターの効率的な運行も実現できる。

4. モビリティソリューション

スマートビルでの“利便性・省人”を実現するモビリティソリューションについて述べる。

4.1 エレベーターのBCP(Business Continuity Plan)対策

地震が発生したときにはエレベーターは安全を確保するために一旦停止する。以前はメンテナンスのエンジニアが現地の機械を点検してから再稼働をさせていたが、大きな地震発生時は対象台数も多く、交通機関の渋滞などによって、復旧活動が進みにくいうことがあった。現在は、三菱電機ビルテクノサービス(株)の地震時自動診断&復旧システム“ELE-Quick^(注1)”を活用して、エレベーターを自動で制御し、画像解析や秤(はかり)を用いての乗客有無、ロープ・ケーブルの干渉、損傷箇所の有無を自動で診断し、安否が確認できたら復旧させることができる(図7)。

また災害時以外にも、スマートフォンなどを用い、クラウド環境経由で夜間に遠隔地からでもエレベーターの運行状況や警報、故障有無の確認や、時間帯によって停止階の設定変更などができるエレベータークラウド監視サービスも実現している(図8)。

いずれもエレベーターをIoTやAI等の新技術を使って賢く管理、制御することで、運営管理コストの削減やビルの居住者に安心、安全な環境を提供し、ビルの付加価値向上を実現できる。

(注1) ELE-Quickは、三菱電機ビルテクノサービス(株)の登録商標である。

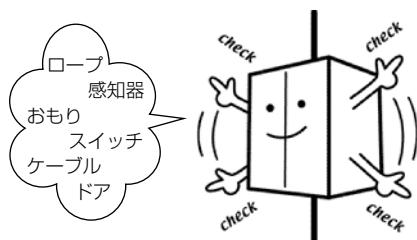


図7. 地震時自動診断＆復旧システム“ELE-Quick”

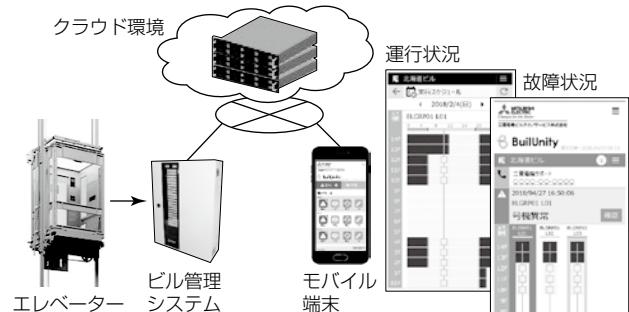


図8. エレベータークラウド監視サービス

4.2 ビル統合プラットフォームによるロボット管制

ビル内では郵便物や宅配便などを届ける搬送業務や共有部・専有部の清掃業務、巡回警備など人手に依存している業務が多く存在する。少子高齢化による労働人口の減少のため、これらの業務を担う労働力の確保が難しいという背景から、搬送・清掃・警備を代行するロボットの需要が高まっている。しかし、これらのロボットをビル内で効率的、安全に動かすためにはロボットにビル内地図情報、目的地までの経路を示して誘導する必要がある。当社では開発中のビル統合プラットフォームを用い、エレベーターによる縦の動きも含めてロボットがスムーズにビル内を移動し、その役割を果たせるようサポートしていく(図9)。

またビル内の案内を分かりやすくするための当社のアニメーションライティング誘導システム“てらすガイド”はビル内の居住者に各種案内を視覚的に訴える情報表示装置である。連続的に同じ内容を表示することもできるが、ビル統合プラットフォームを活用してエレベーターやロボットの動きに連動して表示内容を変更することもできる。例えば、利用者がエレベーターホールでエレベーターを待っている際、ロボットがエレベーターに乗っていることをホールやエレベーターのドアに表示し、注意喚起することも可能であり、ロボットと人の共存をサポートする仕組みを提供する(図9)。

4.3 ビル統合プラットフォームによる設備連携制御

ビル統合プラットフォームでは、設備稼働状況(状態／故障／計測)を把握し、必要な情報の分析を行い、制御や保全に活用する仕組みを取り入れる。例えば設備機器の起動回数や累積運転時間、また電流値の過剰な変化などを分析することで、故障を起こす前に設備機器の適切な交換時期を知らせることが可能になる。設備機器や各システムで得られる状態情報を集約することで、人の出入り情報に合わせた空調、照明制御やエレベーターの運行制御などが実現できる。また、設備の運転状態をクラウドに上げ、遠隔で運行状況や故障通知などサービスを向上させる基盤にもなる。

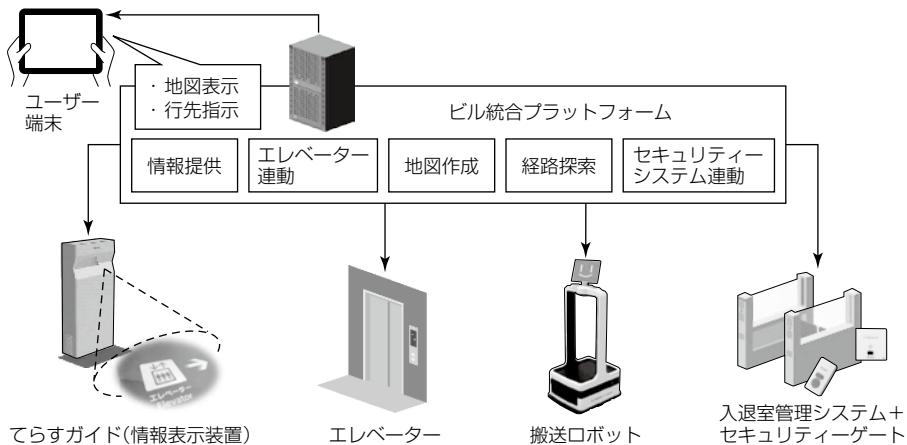


図9. ビル統合プラットフォームによるモビリティソリューション

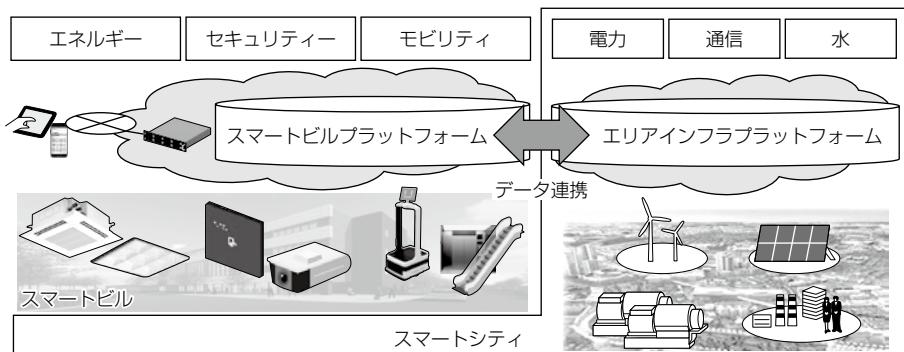


図10. スマートビルとスマートシティの概念

当社グループはビル内の多くの設備機器を製造するとともに納入した設備機器の保守を請け負うことで、その機器の稼働状況を把握し、ビル内での適切な制御や設定、故障予防保全のための部品交換の提案なども行う。更なる顧客価値向上のためにもビル内設備の動きを把握するエンジニアリングが重要であり、2章で述べたZEBエンジニアリングも設備の動きを把握し、顧客価値向上につなげる活動である。

また情報の分析はAI技術の活用の場ではあるが、そもそも何の目的で何の制御・保全に活用できるかの分析エンジニアリングが重要になる。そのためにも各設備の保守・納入・開発・エンジニアリング技術の結集が必要であり、当社グループはその活動を推進していく。

5. スマートビルからスマートシティへ

ここまでではビルを対象としたソリューションについて述べてきたが、このソリューションをビル群に面展開し、エリアの電力、通信システムなどのインフラと連携させることによって、スマートシティのソリューションに広げることができる(図10)。

スマートシティに関する日本国内の取組みについて国

土交通省からの指針は“交通”“自然との共生”“省エネルギー”“安全安心”“資源循環”的五つの視点から課題を抽出し、その課題を解決した持続可能な社会を“目指すべきスマートシティ像”としている⁽³⁾。“省エネルギー”では低炭素社会の実現にBCP対策を加味したエリアエネルギー・マネジメントが必要である。当社では、発電プラント向け電力IoTソリューションを持っており⁽⁴⁾、エリアインフラを構築するシステムと需要側の一つであるビルのシステムとを連携させることによって、エリア内の需給バランスを制御しながら、非常時を含めて安心できる街づくりを築く基盤を持っている。“モビリティ”ではロボットはビル内にとどまらず街を移動しながら搬送・清掃・警備を行う担い手になり、“セキュリティ”も映像監視や人の流れを予測・監視しながら安全な街づくりに貢献できる。

エリア全体とビルの役割・運用を理解し、街に居住する人と来街者のニーズを想定して対応するためのシステムを構築することで、安心・安全な持続性のある街づくりが実現できる。

6. むすび

当社はビル内設備及びインフラを構築する設備を製造・運用・保守するための技術とノウハウを多く持っている。ビルの快適性・安全性・利便性を低資源(人・物・費用・時間)で実現するためにスマートビルソリューションを構築し、インフラ技術を集結させ持続可能な街づくりに貢献していく。

参考文献

- (1) 松下雅仁：ZEBに向けた三菱電機の取組み、三菱電機技報、92、No.9、496～501（2018）
- (2) 経済産業省 資源エネルギー庁：平成30年度ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ（2019）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/support/pdf/1903_followup_summary.pdf
- (3) スマートシティの実現に向けて【中間とりまとめ】、国土交通省都市局（2018）
<https://www.mlit.go.jp/common/001249774.pdf>
- (4) 西都一浩、ほか：発電プラント向けIoTソリューション、三菱電機技報、93、No.11、621～625（2019）

免震建物用エレベーター

Elevator for Seismic Isolated Building

要旨

近年、地震後の建物機能保持、事業継続に対する要求の高まりに伴い、免震装置で地震時の建物揺れを軽減する免震建物の需要が増加している。免震建物の中でも、建物の中間階に免震装置を設置する中間階免震方式を採用する場合、地震時は基礎側と免震側の境界が存在する免震層部分で建物が分割される。

そのため、特殊な機器対策を施した免震建物用エレベーター(以下“免震エレベーター”という。)を市場投入しているが、世の中の変化に伴い免震エレベーターに対する要望も年々変化しており、新たな製品開発が求められている。

今回の開発では、従来の当社製品と比較して次の3点を新たに提供し、製品の競争力を強化するとともに、基本仕

様を標準化することで、市場ニーズに幅広く対応した。

(1) 仕様の拡充

最大積載量2,500kg、最大定格速度300m/minまで適用範囲を拡大した。

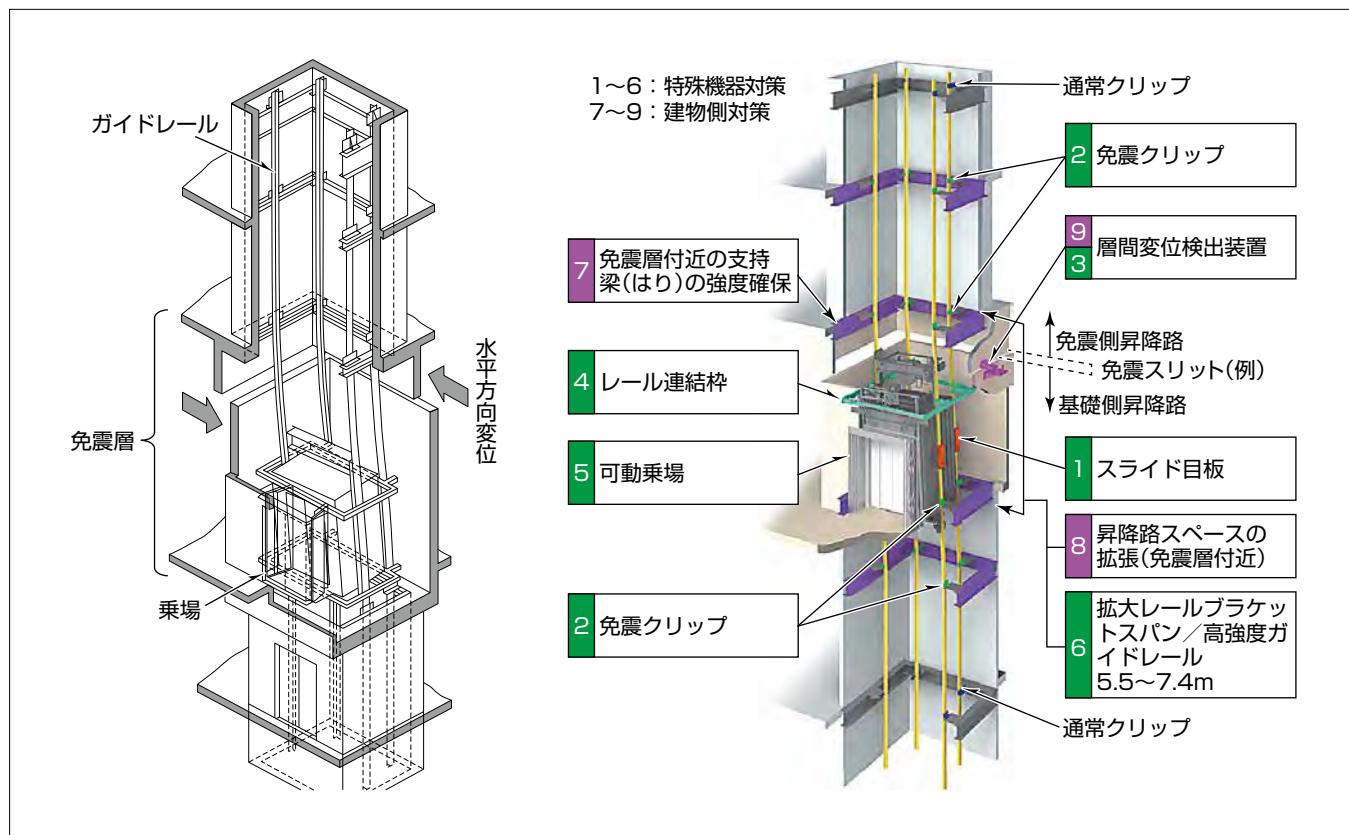
(2) 省スペース

免震対策機器を小型化し、建築レイアウト性を高めた。

(3) 据付け工期の短縮

部品点数削減や機器の設置位置を工夫することで、据付け作業を効率化し、工期を短縮した。

これらの市場ニーズをとらえつつ、機械システムの構造簡素化による部品点数の削減、及び部品共通化による生産性向上を図った。



免震エレベーターの構造

地震時に免震層で生じる水平方向変位への対策として、通常のエレベーターに加えて様々な特殊機器対策を施している。これらの機器対策によって、地震時の建物変位への追従や機器の強度を確保している。

1. まえがき

近年、地震後の建物機能保持、事業継続に対する要求の高まりに伴い、免震装置によって地震時の建物揺れを軽減する免震建物の需要が増加している⁽¹⁾。免震建物の中でも、建物の中間階に免震装置を設置する中間階免震方式を採用する場合、地震時は基礎側と免震側の境界が存在する免震層部分で建物が分割される。

そのため、免震建物に通常のエレベーターを設置すると、かごや釣合いおもりを案内するガイドレールの変形や機器同士の干渉が発生する。これを避けるため、免震層での建物の水平方向変位(以下“層間変位”という。)に追従可能なエレベーターの適用が必要になる。

そこで、三菱電機では通常のエレベーターに加えて様々な特殊機器対策を施した免震エレベーターを開発し、2002年から市場投入してきた。しかし、世の中の変化に伴って免震エレベーターに対する要望も年々変化しており、それに応える新たな製品開発が求められている。

本稿では、新たに開発した免震エレベーターの市場投入に向けた取組み、及び適用技術について述べる。

2. 免震エレベーターに対するニーズの変化

ビルの高層化が進む中で、免震エレベーターの高層建物への適用が増加している。そのため、エレベーターの輸送効率が向上するよう、高速化や大容量化といった仕様拡充が求められている。

また、建物側からの省スペース化の要求が増加し、対策機器の設置に必要な昇降路寸法の確保が困難になってきている。そこで、機械システムの構造簡素化や対策機器の小型化によって、昇降路寸法の拡大を抑制し、建築レイアウト性を高める必要がある。

さらには、建築工事全体(着工から竣工(しゅんこう)まで)の期間短縮が進む中、エレベーターの据付けをより一層効率化する必要がある。

上記市場ニーズをとらえつつ、対策機器の部品点数の削減による機械システムの構造簡素化、及び部品共通化による生産性向上など機器コストの低減を図った。

3. 免震エレベーターへの適用技術

開発した免震エレベーターの構造を図1に示す。免震層付近で機器側と建物側それぞれに様々な対策を行うことで、層間変位への追従や機器の強度を確保している。

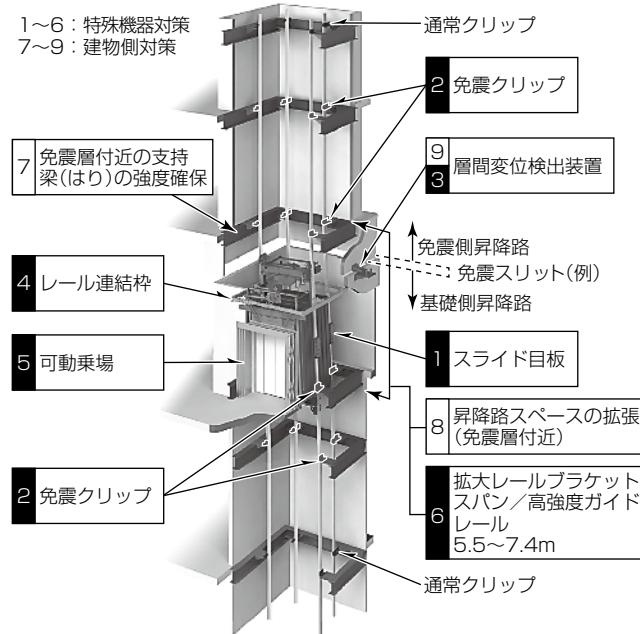


図1. 免震エレベーターの構造

3.1 機械システムの構造簡素化

免震エレベーターでは、層間変位発生時に免震層付近のガイドレールに発生する曲げ応力を抑制するため、免震層をまたぐガイドレールの固定間隔を一般階に比べて拡大し、層間変位に伴うガイドレールの傾斜量を低減している。しかし、非常止め作動時の荷重をガイドレールの圧縮荷重として支持する場合、この固定間隔の拡大には、ガイドレール細長比の制限⁽²⁾を考慮する必要がある。

従来の当社製品では、免震層上方のある部分からガイドレールをつり下げ、さらには、つり下げられたガイドレールは鉛直方向に動きを拘束しない特殊なレールクリップ(以下“免震クリップ”といふ。)で固定している(図2(a))。この方式では、非常止め作動時の荷重を引張荷重として、ガイドレールつり下げ部で支持するため、前述の細長比制限を考慮する必要がなく、ガイドレール固定間隔を6.5~9.0mまで拡大していた。一方で、ガイドレールつり下げ部の施工、そのつり下げ部から下方の全てのガイドレール固定部に免震クリップを適用するなど、対策機器の適用数が増加する。

そこで、免震層をまたぐガイドレールの固定間隔の拡大を細長比制限の範囲内とし、非常止め作動時の荷重を圧縮荷重として支持する新たな免震エレベーター機械システムを開発した(図2(b))。この方式では、ガイドレールの細長比制限によって、免震層のガイドレール固定間隔は5.5~7.4mと従来品に比べて短縮されるが、ガイドレールつり下げ部の廃止、免震クリップの適用数削減が可能になる。

しかしながら、圧縮荷重支持方式にすることで、層間変

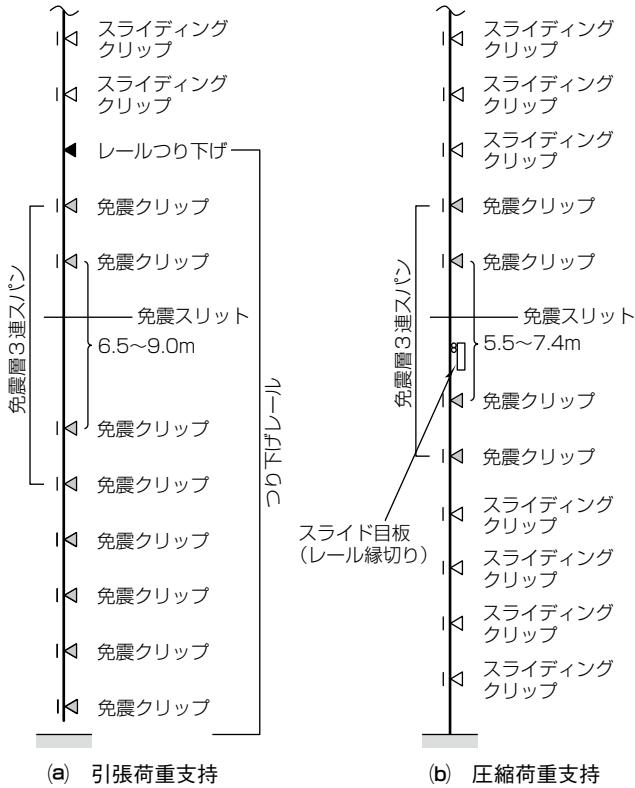


図2. 免震エレベーターの機械システム

位による免震層付近のガイドレール変形に対応する新たな技術の確立が必要になった。層間変位発生時、ガイドレールはS字に湾曲するが、このときガイドレールの長さは不変のため、層間変位発生によってガイドレールは鉛直方向に引き上げられるように変位する。

そこで、新しい機械システムでは、免震層をまたぐガイドレールを縁切りし、その縁切り部のガイドレールに“スライド目板”という鉛直方向の変位を吸収する機器を開発した。スライド目板は、図3に示すように縁切り部の上方を可動側レール、縁切り部の下方側を固定側レールとし、その間にローラを介して固定することで、可動側レールが上方に引き上げられる際、そして地震後に元に戻る際の変位を可能にしている。

これまで述べたように、ガイドレールの荷重支持方式を変更することで、対策機器の適用数を削減し、機械システム構造の簡素化を実現した。

3.2 対策機器の改良開発

免震エレベーターの対策機器に求められる仕様を明確化し、可能な限り通常のエレベーターで使用される部品を適用することで、部品共通化による生産性向上を実現した。次に、その代表事例について述べる。

3.2.1 免震クリップ

免震クリップは、ガイドレール荷重支持方式の変更に

よって、機能としてはレールクリップ固定部での上下の摺動(しゅうどう)は不要になり、単純なレール固定支持だけが求められる。そこで、通常のエレベーターで使用するレールクリップを基に機器を構成し、部品共通化を図った。

ただし、免震層のガイドレール固定部には、層間変位によって建築梁から受ける強制変位荷重やかごと釣合いおもりから受ける地震時荷重が作用するため、通常のレールクリップだけでは強度不足になってしまう。そこで、補強部材としてレールラッチをレールクリップ上面に配し、さらには強度区分の高いボルトで締結することで、作用荷重への耐力を確保した(図4)。

3.2.2 層間変位検出装置

免震エレベーターでは、層間変位量に応じてエレベーターの走行速度を管理する特殊な管制運転を行う必要がある。その際、層間変位量を検知する機器として、層間変位検出装置を適用している。

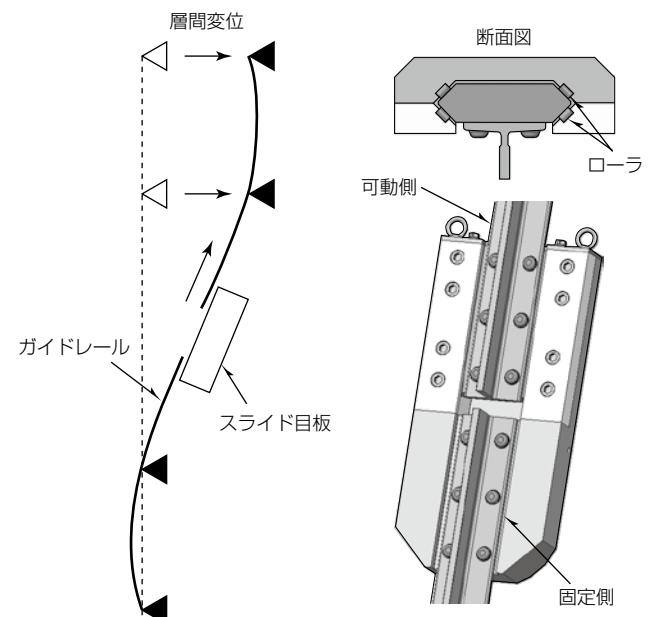


図3. スライド目板

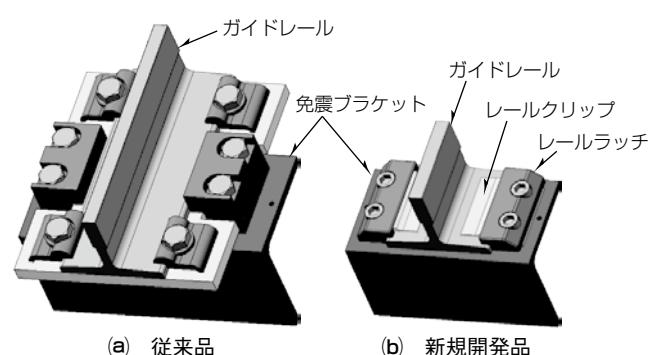


図4. 免震クリップ

免震層を挟むように検出体上にリミットスイッチを設置し、このときスイッチ先端が押し込まれた状態を通常時とする。そして層間変位が発生すると、検出体からスイッチが外れ、先端の押し込みが解消されることで、層間変位の発生を検知し、エレベーターが管制運転へ移行するという仕組みである(図5)。

機器の特長として、一つの装置で2種類の異なる変位量の検知を可能にし、部品点数を削減した。さらには、地震後の自動復帰を可能にするため、検出体の形状を円錐(えんすい)形にし、層間変位が元に戻るのに合わせてスイッチが検出体を乗り上げ、自動復帰する構造にした(図6)。

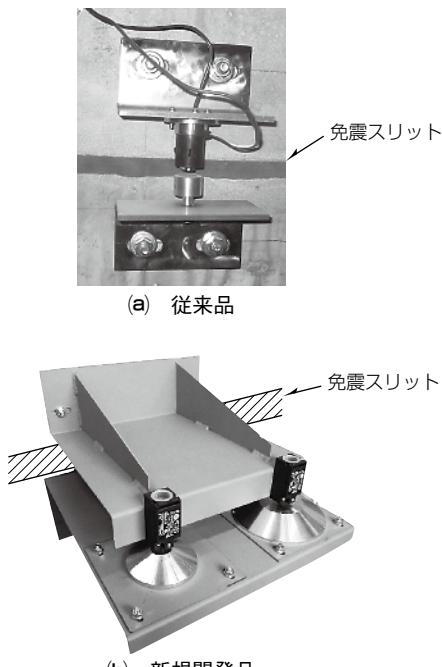


図5. 層間変位検出装置

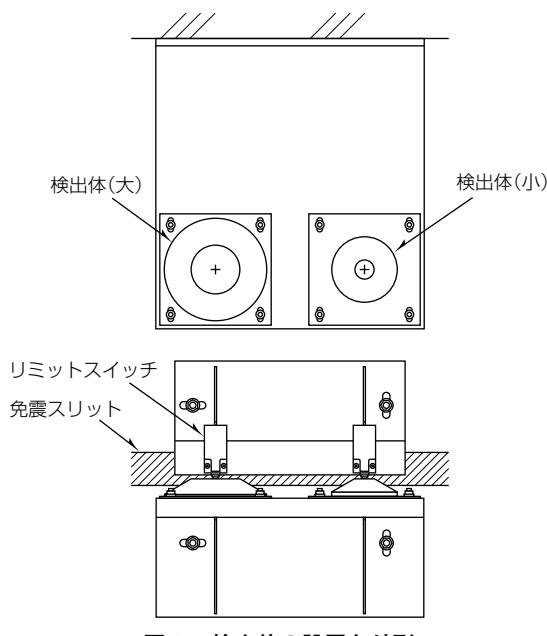


図6. 検出体の設置と外形

3.3 大容量・高速化

免震エレベーターでは、層間変位量に応じた管制運転を行うことで、層間変位発生時のガイドレール変形部をかごが通過する際の安全な走行を提供する。

そこで、解析モデルによるシミュレーションや実機評価によって、管制運転時の減速、ガイドレール変形部のかご通過時の安全性などを確認することで、最大積載量2,500kg、最大定格速度300m/minまで適用範囲を拡大している。

3.4 省スペース

従来の機械システムでは、ガイドレール取り下げ部を固定するために梁やファスナープレートを建物側に設置していた。これらは、非常止め作動時の荷重を支持する強度を確保するために断面積や板厚の大きい部材を適用しており、取り下げ部付近の昇降路寸法が拡大していた。

新たに開発した機械システムでは、ガイドレール取り下げを廃止して昇降路寸法の拡大を抑制することで、省スペース化を実現した。

3.5 据付け・保守作業の効率化

3.1節と3.2節で述べたとおり、対策機器の部品点数削減や通常エレベーターで使用する機器と部品を共通化することで、据付け・保守作業の標準化を行った。

さらには、層間変位検出センサについて、従来はその設置場所を昇降路内部にしていたため、据付け・保守時はかご上に搭乗して作業を行う必要があった。そこで、設置場所を免震装置が設置される建物側の免震フロアへと変更し、据付け・保守時はかご上に搭乗することなく、容易なアクセスを可能にした。

4. むすび

新たな免震エレベーターの開発での取組みと、製品の特長を述べた。

この開発によって、製品の競争力を強化するとともに、基本仕様を標準化することで、市場ニーズに幅広く対応可能な製品を提供している。今後も日々変化する市場ニーズを的確に取り入れ、訴求力の高い昇降機を開発していく。

参考文献

- (1) 一般社団法人 日本免震構造協会：免震建物の最近の動向(2017)
<https://www.jssi.or.jp/menshin/doc/keizoku2.pdf>
- (2) 一般財団法人 日本建築設備・昇降機センター、ほか：建築基準法及び同法関連法令 昇降機技術基準の解説 2016年版 (2016)

“BuilUnity”エレベータークラウド制御サービス

“BuilUnity” Cloud Control Service for Elevator System

町田幸喜*
Koki Machida
鈴木一弥*
Kazuya Suzuki

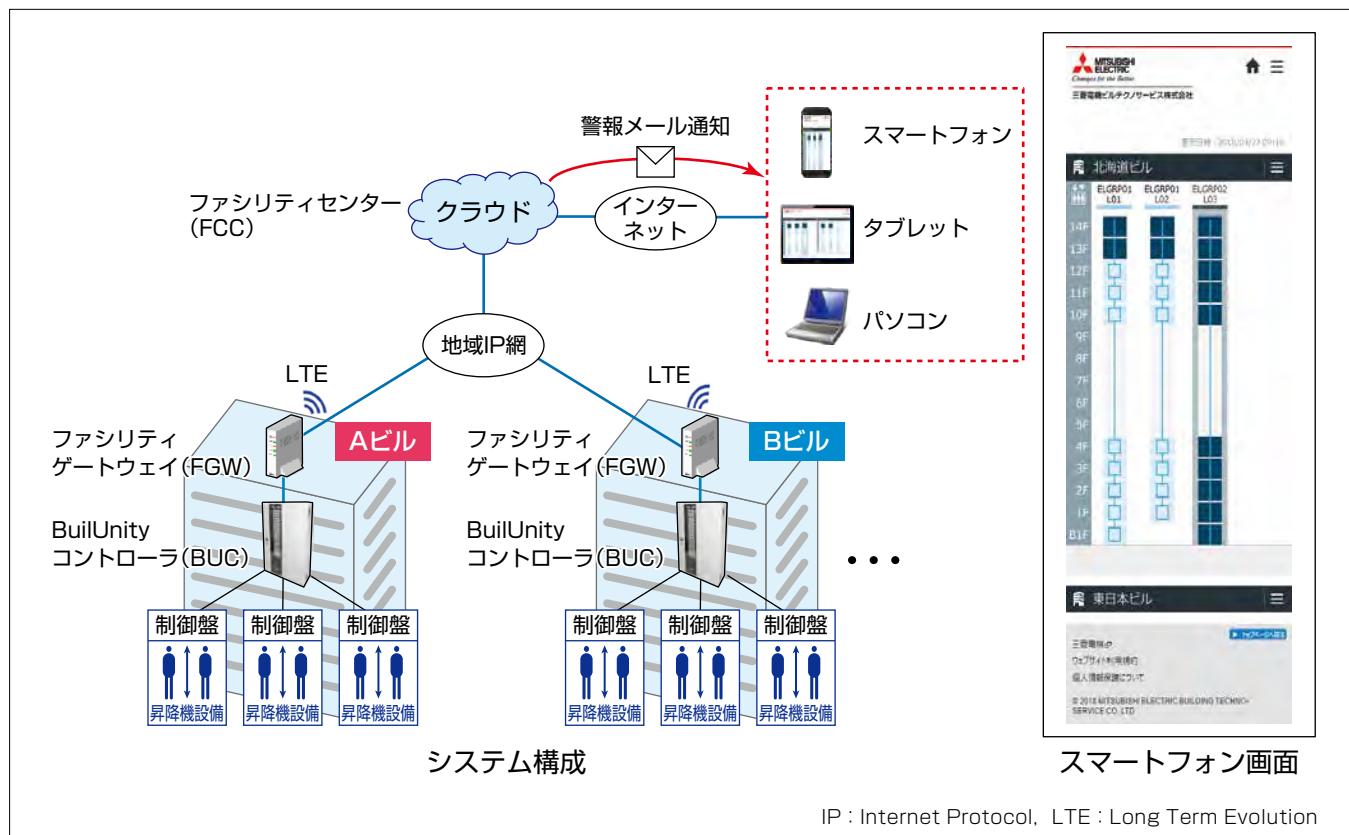
要旨

“BuilUnity(ビルユニティー)”は、ビルでの空調などの設備監視・制御、入退室管理、映像監視などの様々なシステムを1台のコントローラで一括管理し、それらの設備をスマートに連携させることによって、最適な制御を可能にする、三菱電機のビル統合ソリューションである。

今回、BuilUnityと当社のエレベーターシステムを連携させた、“エレベータークラウド制御サービス”を開発した。このサービスは、無人又は管理者が常駐しない中小規模ビル向けに、クラウドによる簡易監視サービスを提供することによって、いつでも、どこでも、エレベーターの状態監視や制御が可能になる点が大きな特長である。さらに、複

数のビルのエレベーターを一元的に管理することも可能である。

顧客(ビル管理者やオーナーなど)は自身が所有するスマートフォン、タブレット、パソコンなどを使用してインターネット経由でクラウドサーバ(ファシリティセンター)にアクセスすることによって、遠隔から複数のビルでのそれぞれのエレベーターの異常監視や、休止・サービス階切り放し制御、スケジュール設定などを一括して行うことが可能になる。このクラウドサービスによって、更なるビル機能のスマート化や利便性向上に寄与できる。



“BuilUnity”エレベータークラウド制御サービスのシステム構成とスマートフォン画面

顧客が所有するスマートフォンなどの端末は、クラウドサーバを経由し、BuilUnityコントローラを介してエレベーター制御盤と接続される。これによって、顧客はどこにいてもスマートフォンなどでエレベーターを制御することや、故障時などに警報メールを受け取ることができる。スマートフォン画面上ではエレベーターが1台ずつ立面図で表示され、サービス階の停止・不停止状態や、異常の有無を一目で確認できる。

1. まえがき

BuilUnity(ビルユニティー)は、ビルでの空調などの設備監視・制御、入退室管理、映像監視などの様々なシステムを1台のコントローラで一括管理し、それらの設備をスマートに連携させることによって、最適な制御を可能にする、次世代のビル統合ソリューションである⁽¹⁾。

今回、無人又は管理者が常駐しない中小規模ビル向けに、顧客が所有する端末から複数のビルでのエレベーターの異常監視や、休止・サービス階切り放し制御、スケジュール設定などを一元的に管理可能にする“エレベータークラウド制御サービス”を開発した。

本稿ではエレベータークラウド制御サービスの特長及び機能、開発時のポイントになった応答性の向上、端末での画面設計、通信機能開発について述べる。

2. サービスの特長

2.1 システム構成

このサービスのシステム構成を図1に示す。エレベーター制御盤にBuilUnityコントローラ(BUC)が接続され、ファシリティゲートウェイ(FGW)を介してクラウドサーバであるファシリティセンター(FCC)と通信を行う。このサービスの顧客(ビル管理者やオーナーなど)は自身が所有するスマートフォン、タブレット、パソコンを使用してインターネット経由でFCCにアクセスすることで、遠隔からエレベーターの異常監視や休止・サービス階切り放し制御、運転スケジュールの設定などが可能になる。

2.2 機能

このサービスの機能を表1に示す。ここではその一部機能について述べる。

(1) 複数建物管理

複数の建物に設置されているエレベーターをまとめて管

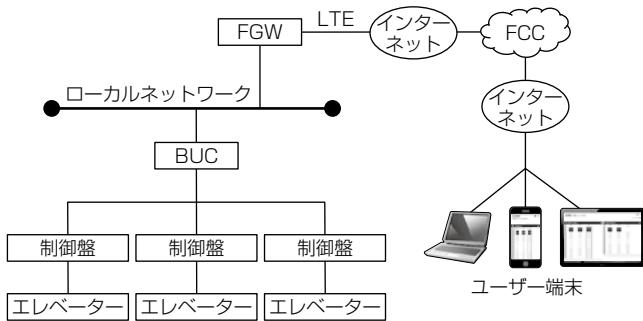


図1. システム構成

表1. サービスの機能

機能	説明
複数建物管理	管理対象の建物を表示し、複数建物の昇降機を統括的に管理できる。
状態表示	運転／休止やサービス階切り放し制御状態を表示する。
遠隔制御	運転／休止制御やサービス階切り放し制御を行う。
スケジュール制御	運転／休止やサービス階切り放し制御のスケジュールを表示・編集する。
警報履歴表示	建物単位で警報履歴を一覧表示する。
制御履歴表示	建物単位で休止制御やサービス階切り放し制御の履歴を一覧表示する。
操作履歴表示	ユーザーが操作した履歴を一覧表示する。
メール通知	警報が発生した場合にメールで通知する。
警報表示	発生中の警報を表示する。
カレンダ表示	スケジュール制御用の祝日や休館日などの特定日を表示・編集する。
メモ表示	建物単位で緊急連絡先や点検日などのメモを表示・編集する。

理できる(図2)。そのため、管理者が常駐しないことが多い中小規模ビルでは、より多くのエレベーターを少人数で管理できるようになる。管理対象の建物はユーザーごとに選択可能である。

(2) 状態表示・遠隔制御

立面図でエレベーターの運転状態やサービス階切り放し状態を監視できる(図3)。また、エレベーターの休止制御やサービス階切り放し制御も可能であるため、例えは、これまでエレベーターの保守会社が行っていた停止階の変更をビル管理者が遠隔から手軽に行うことができる。

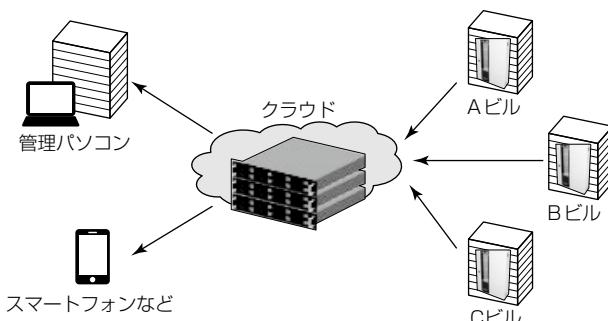


図2. 複数建物管理のイメージ



図3. 立面図での状態表示

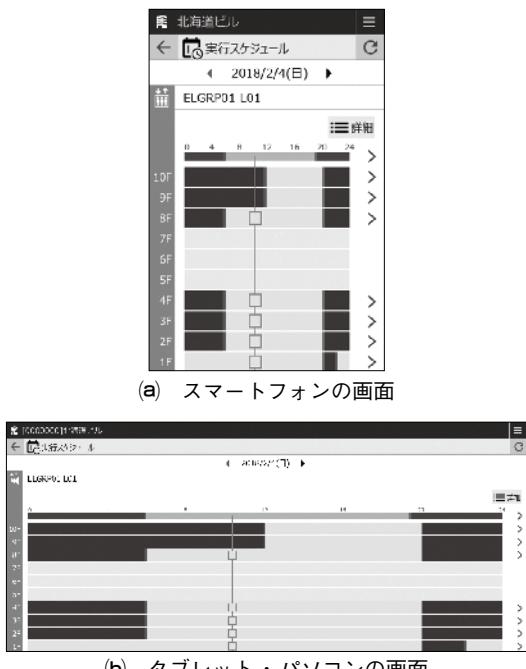


図4. スケジュール画面の例

北海道ビル													
実行スケジュール													
2018/2/4(日)													
ELGRP01 L01													
昇降機	運行スケジュール	昇降機	運行スケジュール	昇降機	運行スケジュール	昇降機							
10F	0:00~4:00	4F	4:00~8:00	8F	8:00~12:00	10F	12:00~16:00	4F	16:00~20:00	8F	20:00~24:00	10F	24:00~0:00
9F		7F		5F		3F		1F					
8F		6F		4F		2F							
7F		5F		3F		1F							
6F		4F		2F									
5F		3F		1F									
4F		2F											
3F		1F											
2F													
1F													

図5. 警報履歴の例

(3) スケジュール制御

休日や平日深夜の運転休止及びサービス階切り放しの設定をスケジュール制御によって自動化することで監視業務を省力化できる。図4の画面は当日の運行スケジュールを表示している。横軸を時間軸とし、現在の状態及び今後のスケジュールを直観的に把握できる。

(4) 警報・制御・操作履歴表示

エレベーターで異常が発生した警報履歴、休止制御及びサービス階切り放し制御の制御履歴、ユーザーの操作履歴を過去13か月分確認できる(図5)。

(5) メール通知

エレベーターで異常が発生した場合にユーザーにメール通知することで早期対応できる。メール本文には発生日時、発生要因などの詳細情報が記載されている。

3. 開発のポイント

3.1 監視・制御のリアルタイム性向上

このサービスは、エレベーターの簡易監視盤という位置付けであるため、ローカル監視と同等のリアルタイム性で監視や制御を実現する必要がある。レスポンスを早くし、異常発生時の迅速な対応など、待ち時間短縮によるユーザビリティを向上させるために次の(1)及び(2)を実施した。

(1) ダイレクトアクセス

従来、休止制御などのユーザー端末からの要求をFGWからFCCに送信する処理は、FCC内のバッチ処理によって10秒周期で行っていた(図6)。そして、制御が完了した後、エレベーターが制御した状態に変化したことを取得するためにFCCから現在値要求を行う。この現在値要求の流れは制御要求時と同様である。このように、既存の仕組み(双方向通信基盤)を利用した方式は、制御を一回行うたびにバッチ処理が2回行われるため、リアルタイム性が低下するという課題があった。この仕組みは他のサービスでも利用されており、元々はビル設備機器側に持っているエネルギーデータ等を定期的に収集することを想定していたため、高いリアルタイム性を実現するためには別の仕組みが必要であった。そこで、図7に示すように、要求を受けたサーバ①からサーバ④へ直接送信する“ダイレクトアクセス”

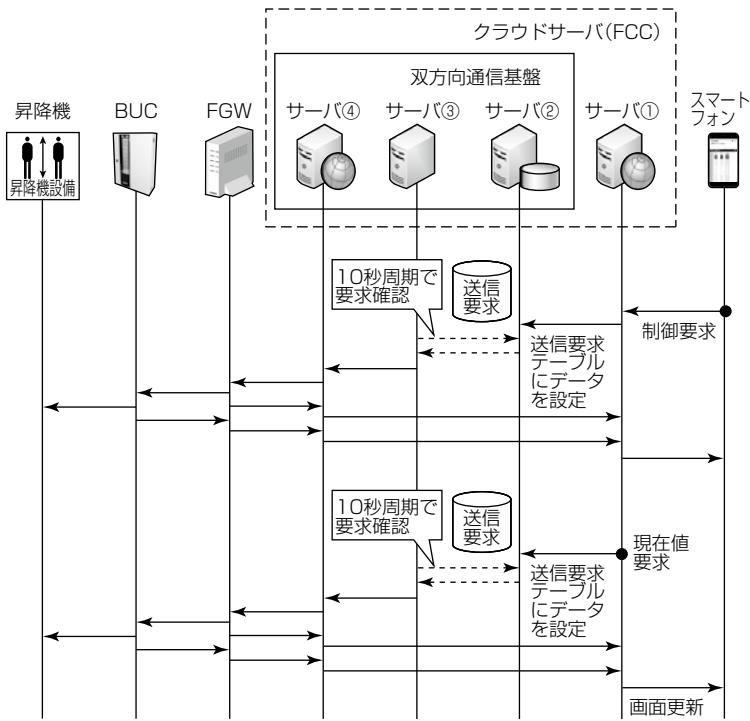


図6. 改善前(バッチ処理)

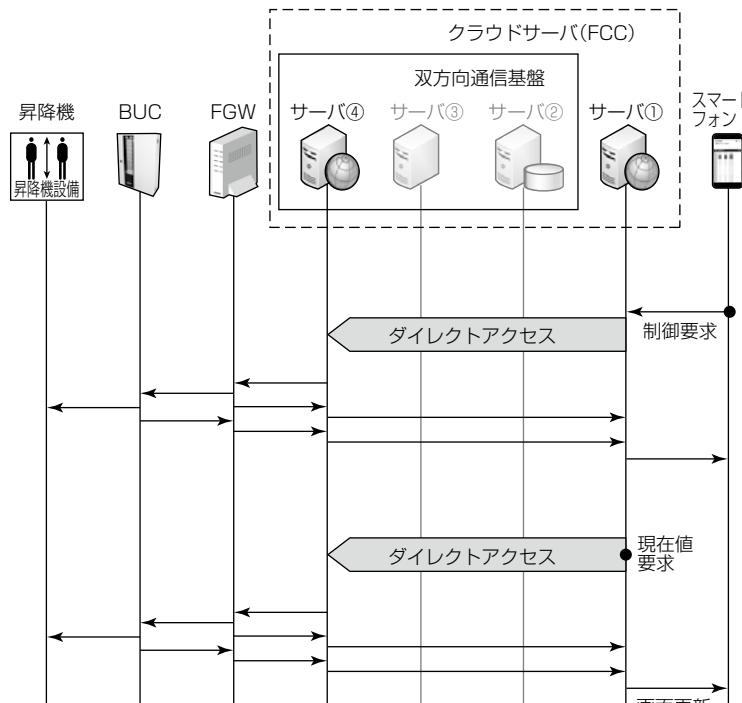


図7. 改善後(ダイレクトアクセス)

へのアクセスが増えるためBUCの処理負荷が高くなる。さらに、状態の変化がない設備も含めて、全ての設備に対して現在値収集の要求を行うと、処理負荷がより高くなり、他設備と様々な処理を行っているBUCに影響が出る可能性があった。そこで、ビル管理システムで広く一般的に利用されている通信プロトコルであるBACnetを利用することでBUCからFGWに対して必要な情報だけを通知可能にした。例えば、図8のように、エレベーターが異常状態になった場合に、状態が変化した異常信号だけをBUCからFGWへ即時通知できる。BUCはBACnetによる状態変化を通知する機能を持っていたため、FGWでの通知を受信できる機能を開発した。この改善によってBUCの処理負荷軽減に加えて、エレベーターの状態変化、例えば警報の発生をいち早くユーザーに通知可能になった。

(注1) BACnetは、ASHRAEの登録商標である。

3.2 ユーザーインターフェースを最適化した画面設計

にすることで周期処理の揺らぎを取り除き、レスポンスを約71%短縮した。

(2) BACnet^(注1)による状態変化通知

BUCは、エレベーターに限らず、ビル内のあらゆる設備機器と接続することができ、監視や制御のために通信を行っている。FGWがBUCの保持しているエレベーターの状態値を収集する際、収集周期を短くするほど最新の情報を得られるためリアルタイム性は高くなる。一方、BUC

(1) 複数建物の一覧表示

トップ画面は管理対象の建物を一覧表示し、異常発生時は強調表示することで、どの建物のエレベーターで異常が何件発生しているかをユーザーがすぐに把握できる画面にした(図9)。

(2) 立面図表示

中小規模ビルでは管理者が常駐しないことも多く、外出先からスマートフォンで利用することが想定されるため、

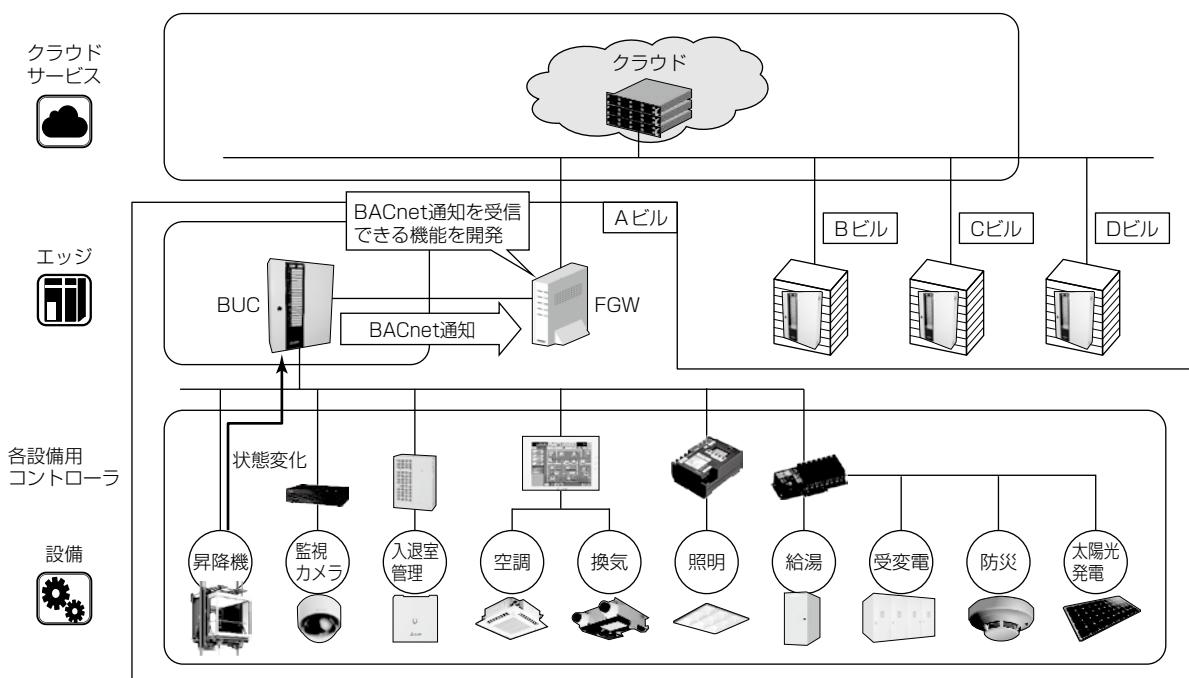


図8. BACnetによる状態変化通知の例

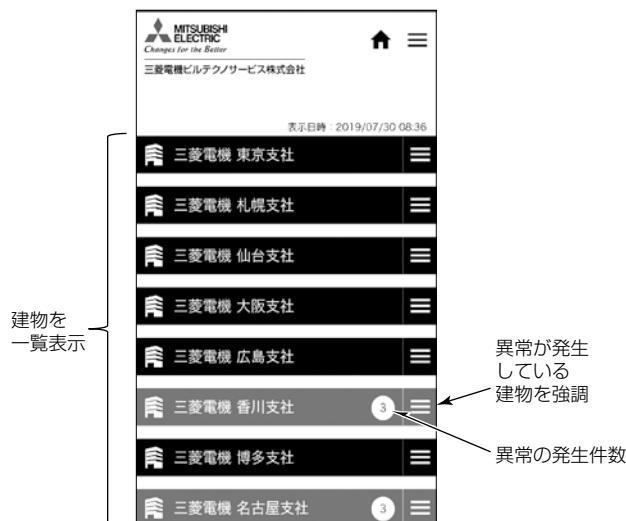


図9. スマートフォンの建物一覧画面

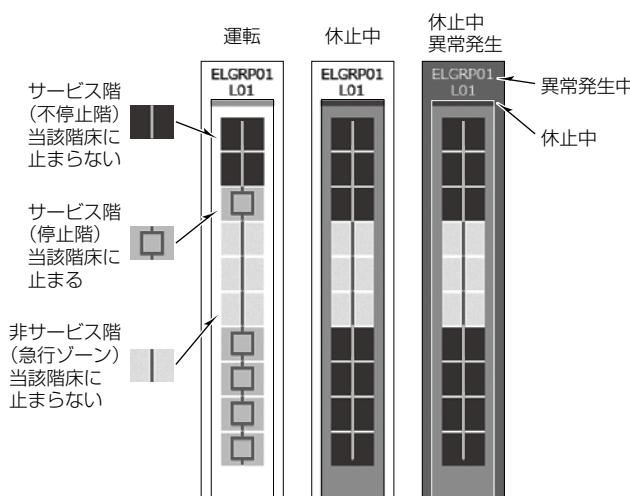
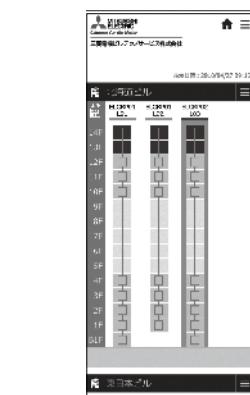


図10. 立面図表示のデザイン

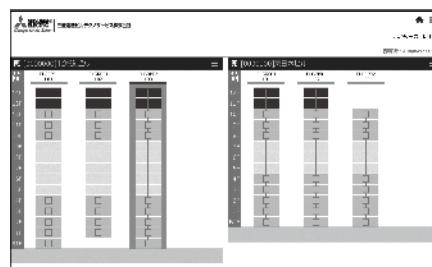
限られた画面内で各号機の状態を分かりやすく表現している。“どの建物のエレベーターが特別な状態になっているか”をユーザーがすぐに分かるように、休止中は号機の背景をグレー表示、異常発生時は赤色で強調している。また、エレベーターは運転状態かつ各階に止まることが通常の状態と言えるため、休止中や不停止階を特別な状態として濃い色で表示している。さらに、その階に停止するか否かを、停止階はかごを意味する四角、不停止階は通過を意味する直線で表現した(図10)。

(3) タブレット・パソコン表示

タブレットやパソコンは画面サイズが大きいため、レイアウト変更などを行うことによって、操作方法は変更せずに違和感のないデザインにした。また、スマートフォン画面を極力流用することで開発コストを低減した。状態表示画面を例にすると、スマートフォン画面では複数の建物を縦1列に並べて表示するが、タブレット・パソコン画面は横幅が広いため横に2列を並べて表示する(図11)。



(a) スマートフォンの画面



(b) タブレット・パソコンの画面

図11. 状態表示画面の例

3.3 エレベーター制御盤との通信機能開発

中小規模ビルでは機器の設置場所が限られているため、極力機器数を減らす必要がある。大規模ビル向けエレベーター監視盤“MITEMAS⁽²⁾”はエレベーターの台数によってMIU(シリアルとLANの変換器)の台数が増えるが、LAN通信のため拡張性が優れると言える。このサービスが対象とする中小規模ビルに設置されるエレベーターは数台であるため、エレベーター制御盤と直接通信する構成にした。エレベーターの接続台数が建物1棟当たり3台までといった制約が生じるが、MIUが不要になり、機器数の削減と省施工化を実現した。

4. むすび

今回開発したエレベータークラウド制御サービスによって、顧客がいつでもエレベーター状態の監視や制御を行えるようになり、ビル機能のスマート化や利便性向上に寄与できるようになった。

今後は、かごの現在位置表示などの更なる機能拡充や、ますます広がっていくであろう、外部システム(入退室管理など)との連携を推進し、新たな価値を創出していく。

参考文献

- (1) 三菱ビル統合ソリューション“BuilUnity”クラウドサービス、三菱電機技報、93、No.1、14 (2019)
- (2) 升降機監視制御システム“自立盤式MITEMAS”，三菱電機技報、93、No.1、63 (2019)

油圧エレベーター用独立型 戸開走行保護装置

Independent Unintended Car Movement Protection for Hydraulic Elevator

釜井博章*
Hiroaki Kamai
酒谷佳紀*
Yoshiki Sakatani

要旨

2009年9月に建築基準法施行令が改正され、エレベーターへの“戸開走行保護装置(Unintended Car Movement Protection : UCMP)”の設置が義務付けられた。既設エレベーターに対してUCMPの設置義務はないが、現在の社会情勢では全ての既設エレベーターへ迅速にUCMPを設置することが求められている。このような状況の中、リニューアル対象にならない比較的新しい油圧エレベーターに対し、少ない追加機器で短工期でUCMP設置が可能になる油圧エレベーター用独立型戸開走行保護装置を開発した。主な開発項目は次のとおりである。

(1) 待機型ブレーキ

既設の非常止めを待機型ブレーキとし、戸開走行発生時

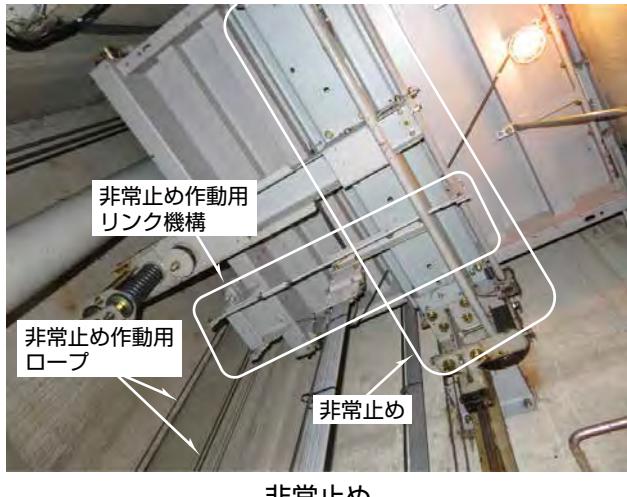
に強制的に非常止めを作動させる非常止め作動装置を開発した。

(2) UCMP制御盤

戸開走行を検出したらモータ電源の遮断及び非常止め作動装置を動作させる機能を持った、エレベーター制御盤とは独立の、安全制御プログラムを搭載したUCMP制御盤を開発した。

(3) 安全制御プログラム

戸開走行の監視・自己診断機能を持ち、エレベーターの通常制御プログラムとは独立の安全制御プログラムを開発した。



油圧エレベーター用独立型戸開走行保護装置の非常止めと非常止め作動装置

油圧エレベーター用独立型戸開走行保護装置の構成機器である待機型ブレーキとして動作する既設の“非常止め”と追加設置する“非常止め作動装置”を示す。

1. まえがき⁽¹⁾

三菱電機の油圧エレベーター(以下“油圧エレ”という。)は2006年の生産中止までに3万台を超える出荷実績がある。一般的にリニューアル対象になる20年を経過した油圧エレに対しては、ロープ式機械室レスエレベーターへのリニューアル用機種として、完全撤去新設、準撤去新設(乗場三方枠・乗場敷居は既設品流用)“AXIEZ”，及び乗場やかご室など既設品を多数流用した“EleFine”がある。

2009年9月の建築基準法改正によって新規出荷するエレベーターへのUCMPの設置が義務付けられた。既設エレベーターに対してはUCMPの設置義務はないが、現在の社会情勢では既設エレベーターに対しても迅速にUCMPを設置することが求められている。既設油圧エレに対しては、上記AXIEZ, EleFineへのリニューアルによって、主要機器を最新のロープ式エレベーターと同等の機器に更新するとともにUCMP設置が可能になる。しかしながら、リニューアル対象にならない比較的新しい既設油圧エレに対して、UCMP設置のためにエレベーター本体のリニューアルを行うことは費用面で受け入れられにくいこと、またリニューアル工事の際、工事期間中はエレベーターが使用できることからUCMP設置が進まないという課題があった。今回、既設油圧エレに対して少ない追加機器で短工期にUCMP設置が可能になる油圧エレ用独立型戸開走行保護装置を開発した。

2. 油圧エレ用独立型戸開走行保護装置

2.1 既設油圧エレの構成

今回開発した独立型戸開走行保護装置を適用した油圧エレの構成を図1に示す。対象とした既設油圧エレは油圧パワーユニットから、油圧ジャッキへの送油やジャッキから戻る油の流量を制御して、かごを昇降させる。この油圧パワーユニット内には回転数によって流量を制御するモータ、及びかごを静止保持するための常時作動型逆止弁を備える。さらに、かご床と乗場床の絶対位置を検出し、かごの停止位置を決める着床装置及び着床プレート、通常の運転制御と機器の故障及びエレベーターの危険動作を感じたときにエレベーターを停止させる通常制御プログラムを搭載したエレベーター制御盤、かごの戸・乗場の戸が開いていることを感知するかご戸・乗場戸スイッチを備える。

2.2 独立型戸開走行保護装置の構成

建築基準法が定めるUCMPを、次の構成要素で実現する。

(1) 制動装置の二重化

油圧エレの場合には、逆止弁(油圧エレでのブレーキ)が故障した場合には下降方向にしか動かない。よって、油圧エレ用独立型戸開走行保護装置では、油圧パワーユニット内の逆止弁が故障してもかごを保持できるように、既設の非常止め(かごが異常な速度で下降した場合にかごを停止させる安全装置)を“待機型ブレーキ”として使用する。

(2) 特定距離感知装置

かごが乗場床面から上下に特定の距離を超えて移動したことを感じる特定距離感知装置は、既設の着床装置及び着床プレートを流用する。ただし、着床装置は、劣化状態や型式によっては新規取替えの場合がある。

(3) 安全制御プログラム

戸開走行を感じたとき、通常の運転制御から独立して自動的に動力を遮断し、かごを制止する。安全制御プログラムはUCMP制御盤に搭載し、戸開走行を感じたとき、モータ電源を遮断し、かごの下降を非常止めによって制動させる機能を持つ。

(4) 戸開感知装置

かご戸と乗場戸の戸開を感じる戸開感知装置は、既存のかご戸スイッチと乗場戸スイッチを流用する。ただし、両スイッチは、劣化状態や型式によっては新規取替えの場合がある。

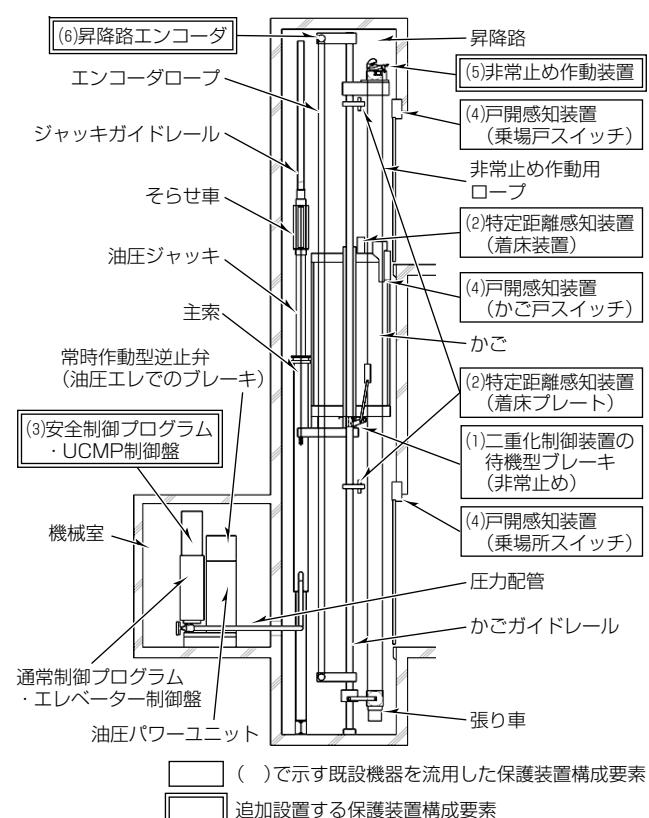


図1. 独立型戸開走行保護装置を適用した
油圧エレベーターの全体構成図

(5) 非常止め作動装置

二重化制動装置の一つである特機型ブレーキ(非常止め装置)を作動させる。

(6) 昇降路エンコーダ

戸開走行を監視するための基準速度とかご移動距離を検出する。

2.3 開発機器・プログラム

2.3.1 待機型ブレーキ⁽²⁾

2.2節で述べたように、UCMPには制動装置の二重化が要求される。この装置では、一つの制動装置を既設常時作動型逆止弁とし、既設の非常止めをもう一つの制動装置“待機型ブレーキ”としている。これによって、常時作動型逆止弁の故障が発生しても、待機型ブレーキである非常止めによって戸開走行を防ぐことができる。ここで、“常時作動型逆止弁”とは、通常の運転時に常時、逆止弁を作動させることから“常時作動型”と定義している。一方、“待機型ブレーキ”とは、戸開走行を検知したときに動作するブレーキであり、通常の運転制御では動作しないことから、“待機型”と定義している。

戸開走行発生時に非常止めを作動させるために、非常止め作動装置を追加設置している。図2に非常止め作動装置の外形図を示す。非常止め作動装置は調速機にソレノイドを追加した構造になっている。このソレノイドの電源が遮断された状態でかごが下降する方向に綱車が回転すると、振り子に設けたピンにカムが係合することによってシャーが非常止め作動用ロープをつかみ、このロープとつながっている非常止めを強制的に作動させることができる。よって、戸開走行発生時には、UCMP制御盤によってソレノイド電源を遮断することで、かごを制動することが可能になる。なお、ソレノイドの電源を投入している状態では、ソレノイドの吸引によってカムが振り子と干渉しない位置に移動するため、通常のエレベーター走行や床合わせ運転等が可能になる。

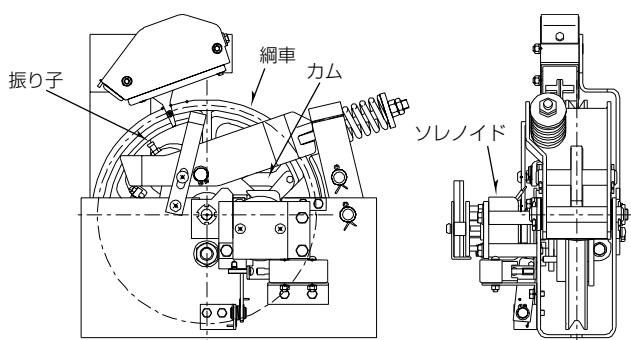


図2. 非常止め作動装置の外形図

2.3.2 UCMP制御盤

既設油圧エレが標準的な機械室サイズである場合、従来機器の必要寸法しか確保されていないため、新たにUCMP制御盤を機械室床面に設置することが難しい。また、機械室床面に設置できるスペースがあっても、メンテナンス用として必要なスペースの確保が難しいといった課題がある。これら課題を解決するため、UCMP制御盤を既設エレベーター制御盤上部に設置することにした。図3にUCMP制御盤の据付け状態を示す。

油圧パワーユニット、エレベーター制御盤などの懸垂機器は、“昇降機耐震設計・施工指針”によって転倒・移動防止の耐震基準が定められており、UCMP制御盤が追加設置された状態でも既設油圧エレの耐震基準を満たすように設計・試験を行っている。

2.3.3 安全制御プログラム⁽³⁾

安全制御プログラムは以下の機能を持ち、エレベーターの安全運行を監視している。このプログラムはエレベーターの通常制御プログラムと独立した構成になっており、エレベーターの戸開走行を未然に防止する次のような機能を持っている。

(1) 戸開走行監視機能

図4に戸開走行監視機能の状態遷移図を示す。ここで図中の基準速度、かご移動距離を検出するために、昇降路エンコーダを新規に設置している。

まず、状態①はエレベーターが走行中又は戸閉停止中の状態を示す。走行する場合には、エレベーター制御盤から起動指令が入力され、UCMP制御盤が安全を確認できればモータ電源、ソレノイド電源を投入する。

通常であれば、特定距離範囲内に着床して戸開する。このとき、状態①から②に遷移する。特定距離範囲内であれ

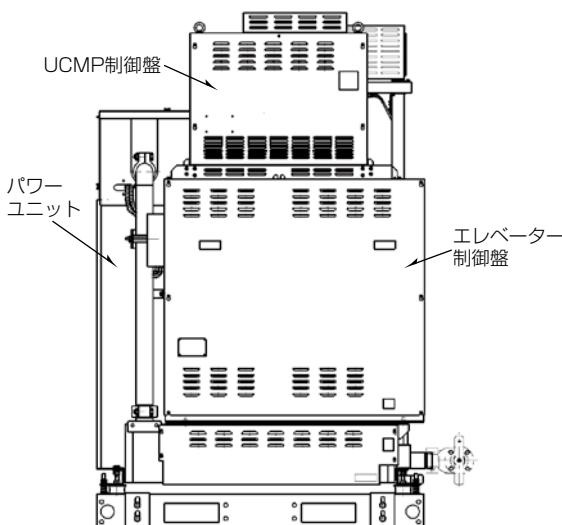


図3. UCMP制御盤の据付け状態

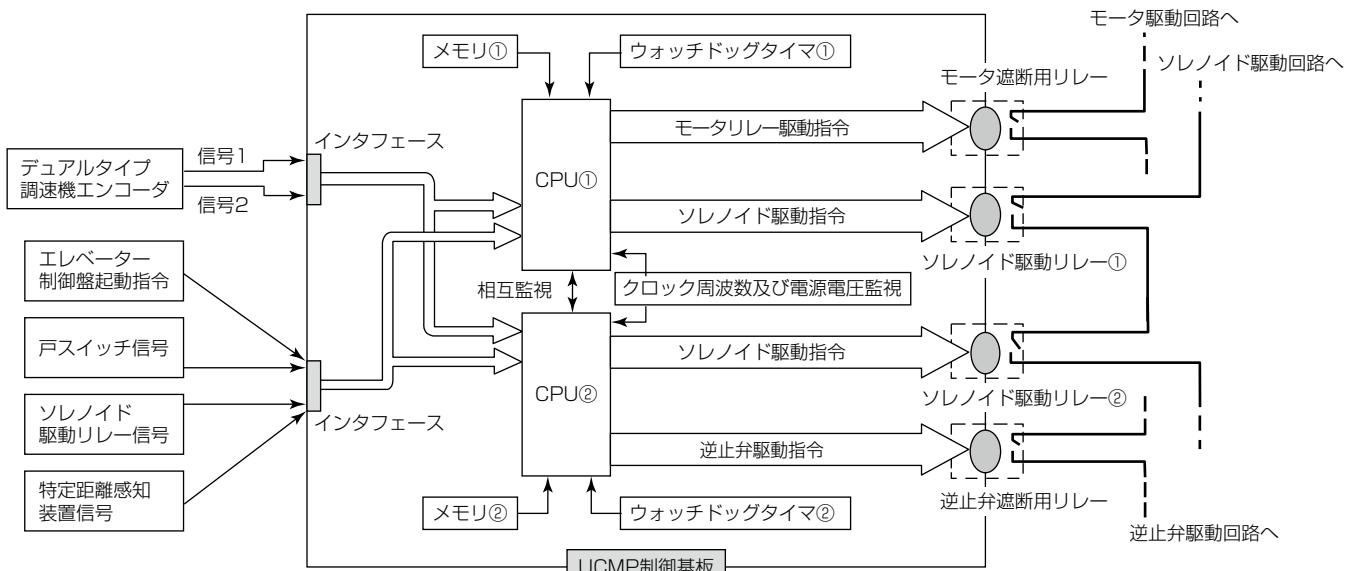


図5. UCMP制御基板の構成

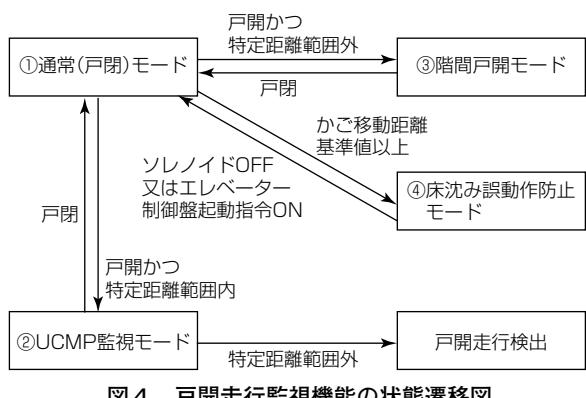


図4. 戸開走行監視機能の状態遷移図

ば戸開状態でも床合わせ運転を行うため、エレベーター制御盤からの起動指令が入力されればモータ電源とソレノイド電源を投入する。逆止弁の故障によって、かごが下降して特定距離範囲外を検出するとモータ電源とソレノイド電源を遮断する。

走行中に何らかの要因によって特定距離範囲外で戸開する場合がある。このとき、状態①から③に遷移する。戸開のまま特定距離範囲外でエレベーターが動作することはないため、モータ電源を遮断する。ソレノイド電源は、非常止め誤動作防止のため、かごが停止したことを確認してから遮断する。ただし、逆止弁の故障によって、かごが停止せずに下降していく可能性もあるため、戸開時点からのかご移動距離を監視し、基準値を超えた場合にはソレノイド電源を遮断する。

油圧エレの場合、夜間等で停止状態が長く続いた場合で気温が低いと油圧ジャッキ内の油の体積が縮小し、かごの位置が徐々に下がる床沈み現象が発生する。このとき、ソレノイド電源を遮断したままだと、非常止めの誤動作が発生してしまう。よって、状態①からかご移動距離が基準値

を超えた場合には、状態④に遷移し、ソレノイド電源を投入し、非常止め作動装置のカムを動作位置から外すように制御している。

(2) 自己診断機能

図5にUCMP制御基板の構成を示す。UCMP制御基板は、ロープブレーキを用いたロープ式エレベーター用独立型戸開走行保護装置と同じ基板を使用しており、安全に対して二重系のシステムを構築している。また、電子安全装置に関する国際規格：IEC(International Electrotechnical Commission)61508に基づく各種診断技法、及び安全アーキテクチャを採用している。

3. む す び

今回開発した独立型戸開走行保護装置によって、少ない追加機器で機械室レイアウトを変更することなくUCMP制御盤を設置することが可能になった。これによって、古いエレベーターに対してより安心・安全な利用環境の提供を実現できた。また、既設油圧エレをリニューアルする場合と比較すると、工期が最大で1/15になるため、エレベーターが使用できない期間を最小限に抑えることができた。

今後、この装置の開発を通して得た経験と知識をロープ式エレベーターにも広げていき、全てのエレベーターに対して更なる安心・安全を推進していく。

参 考 文 献

- (1) 兵藤英一, ほか: 油圧エレベーターモダニゼーション“EleFine”, 三菱電機技報, 86, No.8, 457~460 (2012)
- (2) 福田正博, ほか: 卷胴式エレベーターリニューアル『Elemotion+ for Compact4』の開発, MELTEC技報, No.293, 9~12 (2012)
- (3) 福田正博, ほか: エレベーターの独立型戸開走行保護装置, 三菱電機技報, 88, No.3, 189~192 (2014)

3Dカメラを用いた昇降路計測技術

Elevator Shaft Measurement Technologies Using 3D Camera

三本木慧介*

Keisuke Sambongi

布施 航†

Wataru Fuse

岩間晴之†

Haruyuki Iwama

榎本 優*

Yu Enomoto

要旨

近年、バブル期に納入された昇降機の多くがリニューアル(モダニゼーション、以下“モダニ”という。)の時期を迎えており、モダニ需要が急激に高まっている。昇降機のモダニでは、既存の昇降路を計測し、新規エレベーターの機器が納まるか検討を行う必要がある。しかしながら、対象になる昇降機は全国に数万台あるため、計測作業の効率化・省力化・素人工化が大きな課題になっている。この課題を解決するため、三菱電機では三次元(3D)計測技術に着目し、昇降路の計測簡易化を目指して取組みを行ってきた。特に、計測器を全国支社へ展開する際に課題になる、計測器の機器コストと人材育成コストといった導入コストを削減するため、次のような特長を持つ昇降路計測システムを開発した。

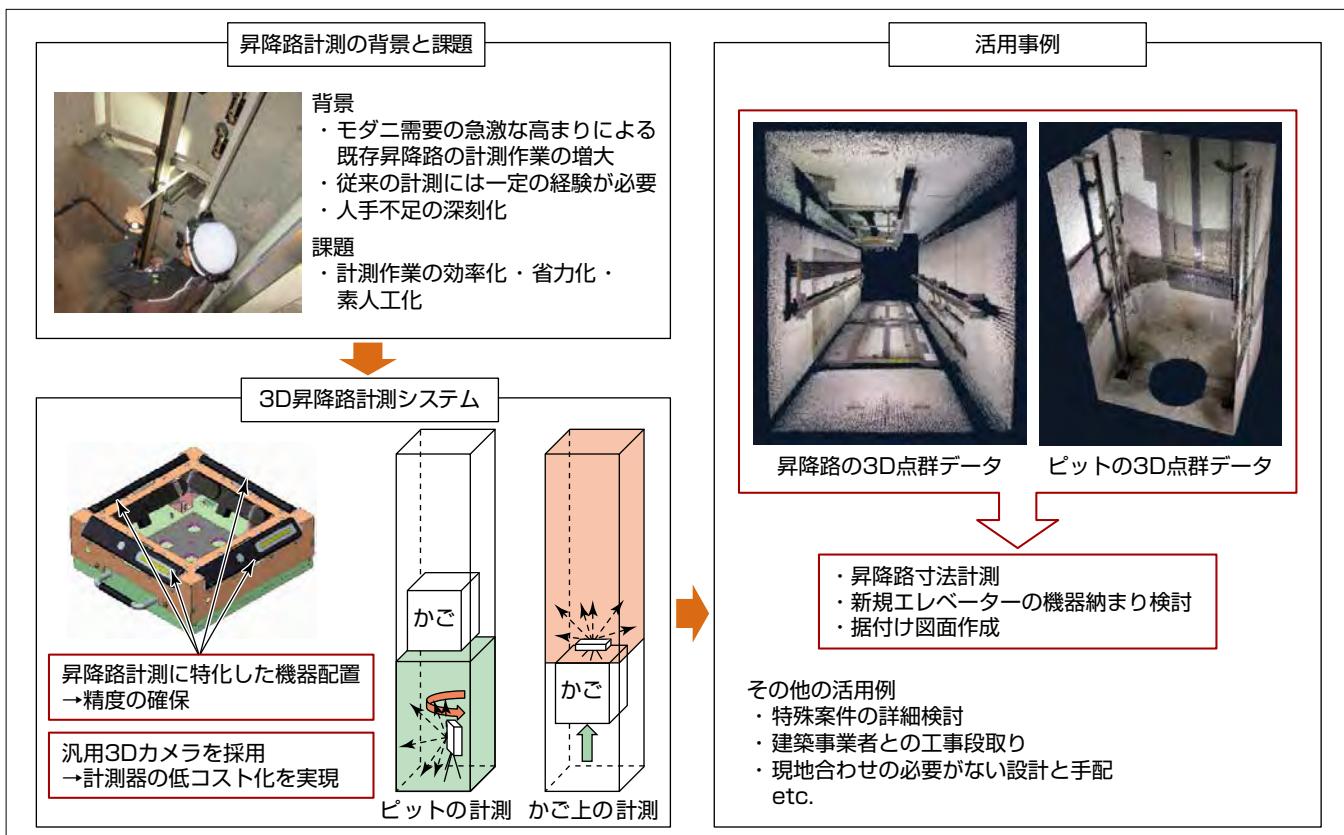
(1) 機器構成

レーザ方式ではなく汎用の3Dカメラを採用することで機器コストを抑制し、計測精度などの仕様要求を満たせるように昇降路計測に特化・最適化した機器を開発した。

(2) 計測・寸法計算ソフトウェア

寸法計測に使用する専用ソフトウェアを開発し、直感的に操作ができるようなUI(User Interface)を構築した。これらのソフトウェアによって、現地で求められる昇降路計測、及びモダニ対応可否判断が迅速に、かつ特別な経験がなくても行えるようになった。

今後はこれらの技術の汎用性を高め、全国支社への展開を進めるとともに、昇降機のモダニの受注・設計・工作・据付け・保守の全工程での3D計測データの活用を目指す。



3Dカメラを用いた昇降路計測の活用

従来、手測りで昇降路の寸法を測ってきたが、開発した3D昇降路計測システムは簡単に昇降路計測が行えるだけでなく、汎用3Dカメラを採用することで低コストで全国支社への展開が可能になった。現地でピットとかご上それぞれで取得した点群データを用いて遠隔地でモダニの対応可否判断、据付け図面の作成が可能になった。さらに、取得したデータは客先提案、詳細検討効率化、建築側との折衝など多様な用途に活用できる。

1. まえがき

エレベーターのリニューアル(モダニ)を実施する際、既存昇降路に対して新規エレベーターの機器が納まるか検討を行う必要があり、その検討には既存昇降路の寸法を事前に計測することが必要になる。現在、この計測作業は手作業(メジャー・レーザ距離計などによる手測り)によって行われている。バブル期に納入されたエレベーターはモダニの時期を迎えており、全国的に増加するモダニ需要に対応するために作業の効率化・省力化・素人工化が大きな課題になっている。

このような背景の下、三菱電機では、現場計測作業、機器の納まり検討などを効率化・省力化・素人工化するため、計測作業のデジタル化と現場作業の削減を進めてきた。その一環として、既存昇降路を3D点群データとして記録し、現場ではなく事務所などで簡便に寸法計算を行うための技術を開発した。本稿では、3Dカメラを用いた昇降路計測技術の特長とその実証結果を示す。

2. 3D計測による昇降路現場調査

2.1 3D計測による現場調査の流れ

今回の開発が目指す3D計測の活用の流れは、まず現場では作業者が3Dスキャナを使用して昇降路の3D点群データを取得する。現場から持ち帰ったデータはデータベースに登録され、設計部門担当者はデータベースを通して3D点群データを参照し、各種用途に合わせたソフトウェアで必要な解析を行う。これによって現場での計測漏れの削減、作業者ごとのばらつき抑制、負荷平準化などが期待できる。また、従来は現場での計測には、一定の経験を積んだ作業者が必要であった。しかし、今回の開発によって、現地で行う作業は3D点群データの取得が中心になるため、手順に従って3Dスキャナを扱う知識さえあればよく、現場作業の素人工化も期待できる。

2.2 3Dスキャナの活用戦略

3D計測を行うためスキャナは様々に存在する。例えば、従来、昇降路向けに、3Dレーザスキャナを想定した技術が開発されている⁽¹⁾。一般に、3Dレーザスキャナは高精度な計測が可能で、エレベーター機器の納まり検討だけでなく、計測したデータのCAD化やCADモデルを使ったシミュレーションなど、活用幅が広いというメリットがある。一方で、その価格は廉価な製品であっても数百万円単位であり、全国各地にある多数のモダニ需要に円滑に応えるた

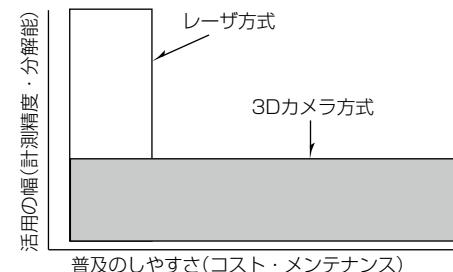


図1. 3Dスキャナの活用戦略

めには各拠点への面の展開が必要であることを考えると、その投入コストは莫大(ばくだい)なものになる。

一方、価格数万円程度の市販の3Dカメラを使ったスキャナも存在する。3Dカメラを活用する場合、3Dレーザスキャナほどの精度は望めないものの、エレベーター機器の納まり検討のような用途であれば十分な精度であることを、この開発と並行して実施してきた複数の検証で確認してきた。これらの実地的な検証も踏まえ、三菱電機は図1に示す3Dスキャナ活用戦略をとる。この戦略の下、3Dレーザスキャナを使った3D計測技術はそのフラグシップとして、特殊なエレベーターの昇降路計測など、より詳細な検討が必要な場合のものとして開発する。一方で、市販の3Dカメラによる廉価な専用3Dスキャナを普及機として内製開発する。

以降、本稿では、後者の普及機の開発について述べ、3章では開発した3D昇降路計測システムについて述べ、4章ではその解析ツールとしての寸法計算ソフトウェアについて述べ、5章で実証試験について述べる。

3. 3D昇降路計測システム

3.1 機器構成

三菱電機が開発した3D昇降路計測システムは、3Dスキャナ本体と、3Dスキャナ制御用のタブレットパソコン、及び三脚などの計測周辺機器からなる。図2に3Dスキャナ本体を示す。

この開発品では、3Dカメラを採用しており、3Dスキャナ本体に搭載された4台の3Dカメラは、外部キャリブレーション済み(互いの位置・姿勢の関係は既知)であり、それぞれの3Dカメラから得られる3D点群データは、基準とする一つの座標系上で位置合わせされた点群データに変換され、出力される。

3.2 計測ソフトウェア

3Dスキャナの計測制御はタブレットパソコンにインストールされた専用の計測ソフトウェアを介して行う。計測

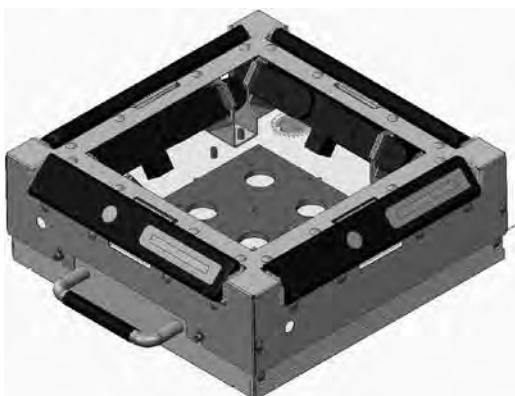
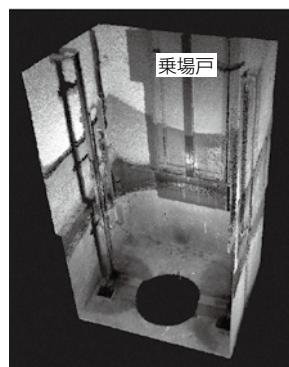


図2. 3Dスキャナ本体



(a) 上面図



(b) 斜視図

図4. ピット計測時の3D点群データの例

ソフトウェアには、独自に開発した三次元モデル再構成技術⁽²⁾を昇降路計測向けに拡張した処理が搭載されており、移動しながらの実時間計測を可能にする。計測ソフトウェアは、計測開始から終了まで、計測フレームごとの3D点群データを実時間でつなぎ合わせて出力する。

3.3 計測形態

3Dスキャナを使用した昇降路計測は二つの形態からなり、3Dスキャナをピット部に設置して最下階～ピット部の計測を行う形態と、かご上に設置し、かごを昇降させて最上階～最下階付近までを計測する形態である。図3にそれぞれの計測形態を示す。

3.3.1 ピットの計測方法

ピットの計測時には、3Dスキャナは図3(a)のように縦にして三脚に取り付けられ、昇降路中央付近に設置する。計測開始後、3Dスキャナは鉛直方向を軸に360度回転した後、自動で計測を完了する。ピットで計測された3D点群データの例を図4に示す。

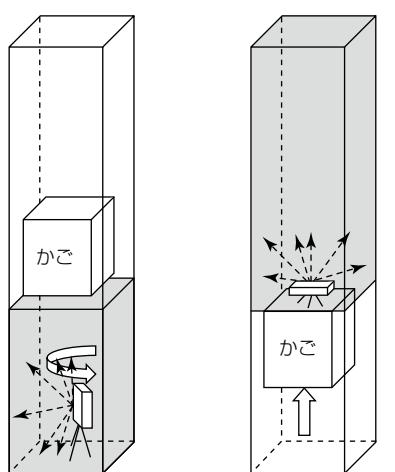


図3. 昇降路計測の形態

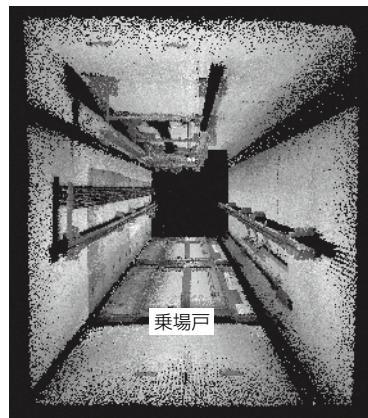


図5. かご上計測時の3D点群データの例

3.3.2 かご上の計測方法

かご上での計測作業の大まかな流れを述べる。図3(b)に示すように3Dスキャナを横にして三脚に取り付け、かご上に設置する。設置後、計測ソフトウェアによって計測開始を指示し、作業者は昇降路外に退避する。退避後、3Dスキャナの計測開始通知(音声と音による通知)によって、かごを昇降させ、計測完了通知(音声と音による通知)をもって計測を完了する。かご上で実際に計測された3D点群データ例を図5に示す。

4. 寸法計算ソフトウェア

寸法計算ソフトウェアは、昇降路3D点群データに対して、ユーザーとインタラクティブに解析を行い、所望の寸法を計算するためのGUI(Graphical User Interface)アプリケーションである。またソフトウェアは、後述する寸法計算に特化した機能のほか、3D点群データ閲覧ビューアとしての基本的な機能を備えている。図6に寸法計算ソフトウェアのGUI画面を示す。



図6. 寸法計算ソフトウェアのGUI画面

4.1 寸法計算の考え方

寸法計算ソフトウェアでは寸法を、昇降路の壁面や床面といった部位に相当する点群(部分点群)と基準平面との距離(各点から基準平面までの距離の平均)から計算する。具体的には基準平面として、昇降路の横方向(水平方向)の寸法に関しては表1に示すかごレール位置に基づく三つの平面を基準とし、縦方向(垂直方向)の寸法に関しては、乗場のフロア面と同じ高さを持った平面を基準として考える。

4.2 寸法計算のための機能と手続

寸法計算ソフトウェアには、前節で述べた基準平面を、点群に対するモデルフィッティング技術と二次元パターンマッチングや直線検出などの画像処理技術を組み合わせた3D構造解析技術によって自動抽出する機能が備わっている。例えば、エレベーター現場調査の基準となるレール及び敷居を自動抽出することで昇降路の寸法計算の基準とする。

また同時に、点群に対して平面抽出やクラスタリングといった構造解析処理を行った結果に基づいて、壁面や床面などの昇降路部位に相当する点群を自動で抽出する機能を搭載している。図7に昇降路点群データとそのデータから昇降路部位を自動で抽出した結果を示す。

これら機能によって得られた結果を基に、GUI操作を介して、基準平面と各壁面や床面を組み合わせた寸法計算を実行していく。

4.3 寸法計算結果の出力

昇降路の種別、建物の構造などに応じた所定のフォーマットで、取得した寸法を外部に出力し、寸法計算結果を

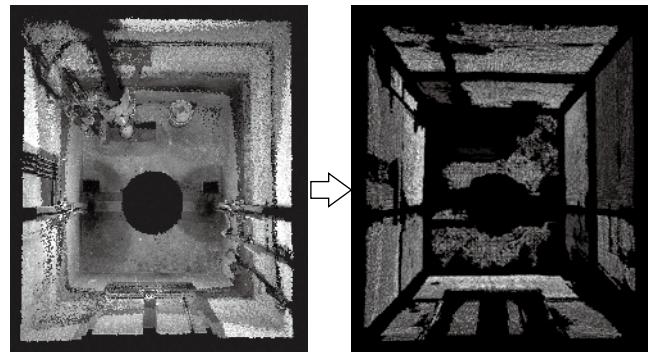


図7. 昇降路点群データの構造解析処理

各種付随情報とともに、データベースに登録又はドキュメントとして保管できる。

5. 実証試験

実証試験では、機器面とソフトウェア面に分け、それぞれの関連部門によるトライアルとフィードバックを繰り返して実施した。機器面では、安全面や運搬面から見たハンドリング性、計測作業をスムーズに進めるユーザーインターラクティブ機能の確認などを実施した。ソフトウェア面では、従来手法とこの開発品による出力結果を比較し、普及品としての要求される精度を満たせているかを複数にわたる昇降路形状・環境で確認した。それら実証試験で得られた客観的な計測器のデータと、実証試験によって得られた知見は、マニュアルと併せて三菱電機内で共有化されている。

6. むすび

今後、国内だけでなく世界的にモダニ需要が高まる中、低コストかつ簡易な操作で昇降路を計測し、各種用途に活用できる3D昇降路計測技術は極めて重要である。本稿で述べた技術は、3D昇降路計測技術の核となる計測と、その基礎的な活用を実現しており、今後、この技術を現場や営業といったフィールドに広く展開していくことで効率化・省力化・素人工化へつなげていく。さらに、この技術を、特殊案件の詳細検討、建築事業者との工事段取り、現地合わせの必要なない設計と手配、BIM(Building Information Modeling)と協調した3D納まり判定など多種多様な用途に活用できるように進化させていく。

参考文献

- (1) 山内雄太, ほか: 3次元(3D)計測データを活用したエレベーターリニューアル工事現場調査システムの開発と適用, 精密工学会誌, 84, No.2, 128~131 (2018)
- (2) Taguchi, Y., et al.: Point-Plane SLAM for Hand-Held 3D Sensors, IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA), 5182~5189 (2013)

エスカレーター用 低剛性ウレタン手摺

Low-rigid Polyurethane Handrail for Escalator

野末紗海人* 井上和哉 §
Samito Nozue Kazuya Inoue
毛利圭佑† 西村良知‡
Keisuke Mori Yoshitomo Nishimura

要旨

近年、エスカレーターの手摺(てすり)には環境対策と意匠性の観点から従来のゴム手摺よりもウレタン手摺の適用ニーズが高まりつつある。一方で、エスカレーターの手摺駆動システムとしてはシープに手摺を巻き付けて駆動する方式が主流であるが、高い駆動性能を発揮する反面で、シープ通過の前後で手摺の正・逆曲げが繰り返されるため、シープ駆動システムに適用される手摺には耐屈曲性が求められる。

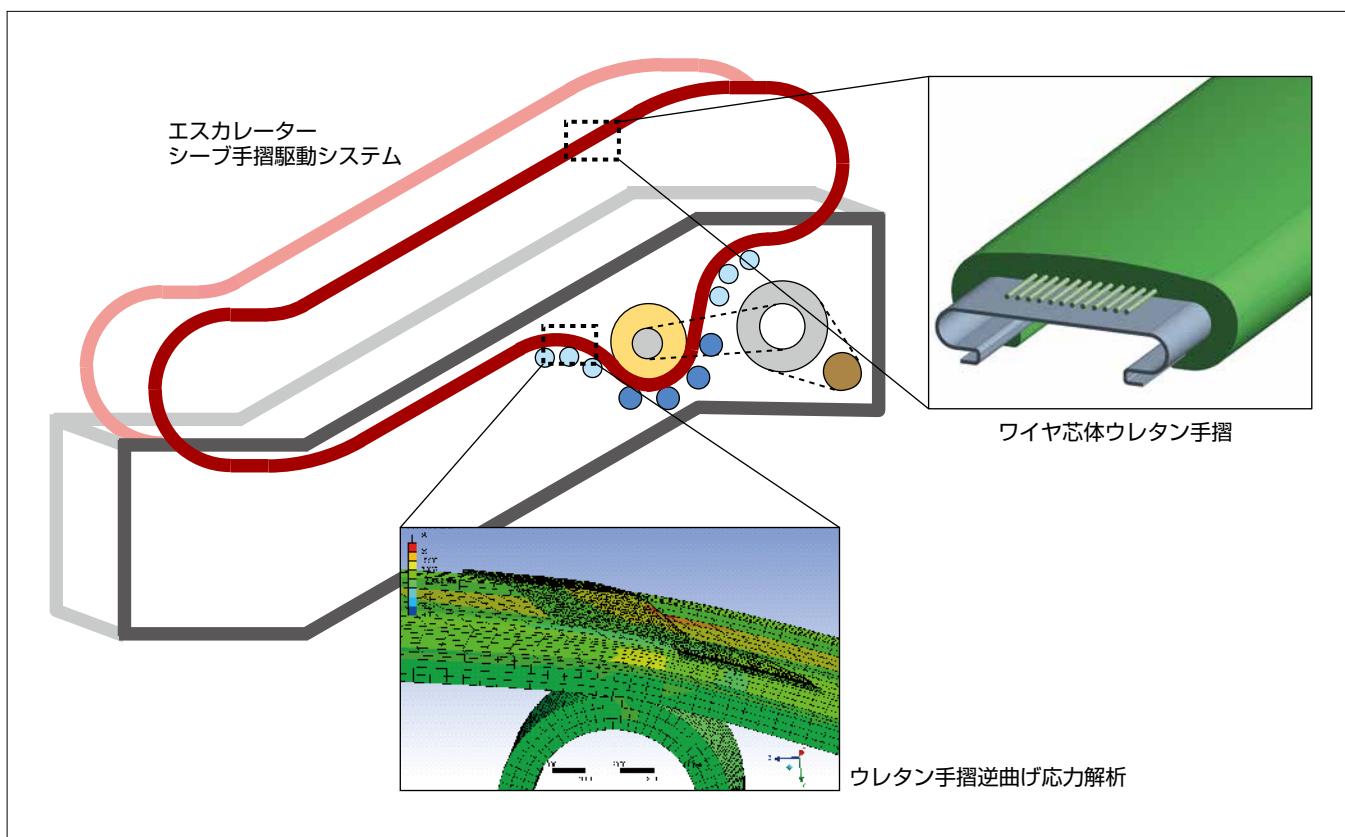
高い耐屈曲性を備える低剛性ウレタン手摺の実現に向けて、最大の技術課題は手摺の環状化に必要になるエンドレス接合部の低剛性化である。連続した押出成形によって均一な剛性を持つ本体部に対して、強度部材のラップが必要なエンドレス接合部は相対的に高剛性になるが、長手の剛性

変化を最小限に抑えることで手摺の耐屈曲性を向上できる。

ワイヤ芯体ウレタン手摺のエンドレス接合部低剛性化に向けては、長手にラップさせる強度部材であるワイヤ芯体と内層帆布の接合仕様に関して次の対策を行った。

- (1) ワイヤ芯体のオフセット接合
- (2) 帆布端面の斜切
- (3) 強勒(きょうじん)性帆布接着剤の選定
- (4) 帆布ラップ長の極小化

(1), (2)では長手の剛性不連続性を緩和することで曲げ応力の集中を回避し、(3), (4)では低剛性化と強度確保のバランス設計が求められる中、FEM(Finite Element Method)解析を駆使して最適仕様を導き、ウレタン手摺の低剛性化を実現した。



エスカレーターシープ手摺駆動システムとワイヤ芯体ウレタン手摺

エスカレーターのシープ手摺駆動システムで駆動時に手摺耳部の負担する曲げ応力を解析し、手摺設計仕様にフィードバックを行い、十分な耐屈曲性を備える低剛性仕様のワイヤ芯体ウレタン手摺を開発した。

1. まえがき

エスカレーターの乗客が把持して安定姿勢を保つ手摺は、表面の樹脂素材で分類するとゴム手摺とウレタン手摺に二分される。近年では、光沢・清潔感のある意匠性を持ち、乗客に把持を促す効果も期待できるウレタン手摺の適用率が高まっている。

三菱電機のエスカレーターでは、2007年から従来のゴム手摺に加えてウレタン手摺の量産適用を開始し、以降当社グループでは、ゴム手摺の生産に必要な断続プレス成形とは異なり、連続した押出成形によって高い生産性を実現するウレタン手摺の適用拡大を進めている。

ウレタン手摺の適用拡大に当たっては、環状走行するエスカレーター手摺システムの構造上、曲げ剛性の低減が重要課題になるが、芯体にワイヤを採用して手摺全体の剛性を抑えつつ、環状接合部での低剛性化と強度確保の両立を実現した。

本稿では、低剛性ウレタン手摺のFEM解析を駆使した要素技術開発について述べる。

2. エスカレーター手摺のシステム構成と課題

2.1 手摺駆動システムと手摺の負荷

エスカレーターの手摺駆動システムは、ローラ駆動方式とシープ駆動方式に分けられる(図1)。主流であるシープ駆動方式では、外周にゴムを巻いた駆動輪であるシープに対して手摺を巻き付けることで駆動力を確保する。特長としてシープゴムと手摺間で安定した摩擦駆動力を発揮できる一方で、手摺はシープやガイドローラ部を通過する際に大きく繰り返し正曲げ(表面樹脂を外向きに湾曲)・逆曲げ(表面樹脂を内向きに湾曲)を受けるため、屈曲疲労の面で

は厳しい仕様になる。

また手摺には、乗客負荷や摩擦抵抗に抗(あらが)って走行するための駆動力がシープから伝達されることで、シープ通過前後で正・負の張力が作用する。したがって、シープ手摺駆動方式に対応する手摺には、スムーズに屈曲走行する柔軟性と長期にわたる屈曲や張力負荷に対する疲労強度の確保が求められる。

2.2 ウレタン手摺の断面構造・製法と課題

エスカレーターの乗客が把持する意匠面はゴム・ウレタンの樹脂素材で覆われる手摺であるが、前項の張力負荷に対する強度部材として、内部には全長にわたってスチールテープやワイヤなどの芯体(金属材料)が内蔵される。

各芯体を備えたウレタン手摺の断面構造を図2に示す。当社グループとして初めてローラ手摺駆動システム用に生産・適用したスチールテープ芯体のウレタン手摺は、高い引張強度を持つ反面で、柔軟性に乏しく、シープ手摺駆動システムへの適用では十分な耐屈曲性が得られない。そこで柔軟性改善、すなわち曲げ剛性を低減するためにワイヤ芯体を採用した低剛性ウレタン手摺の開発をスタートした。

長手に連続して押出成形されるウレタン手摺の製造では、ワイヤ芯体を安定してウレタン樹脂で密着保持・整列させる技術課題はあったが、樹脂流動解析と工程改善によって解決し、手摺全体の曲げ剛性はスチールテープ芯体ウレタン手摺比で30%低減した。

しかし、環状走行する手摺駆動システムの構造上、長手に連続成形されたウレタン手摺は環状接合(以下“エンドレス

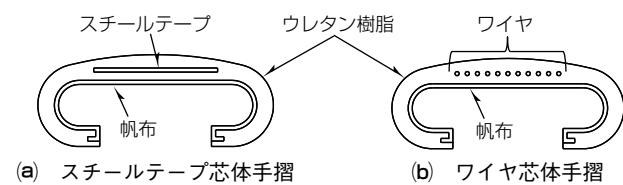


図2. ウレタン手摺の断面図

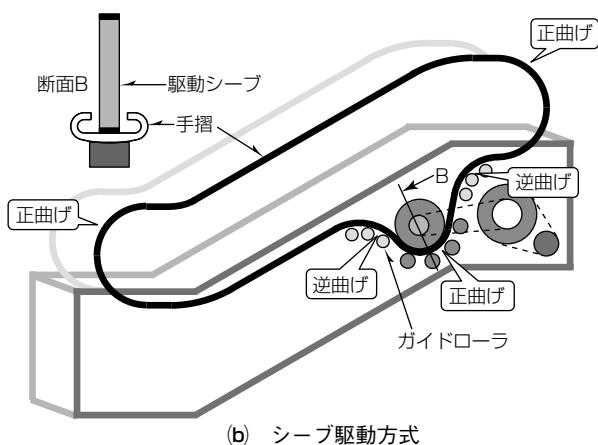
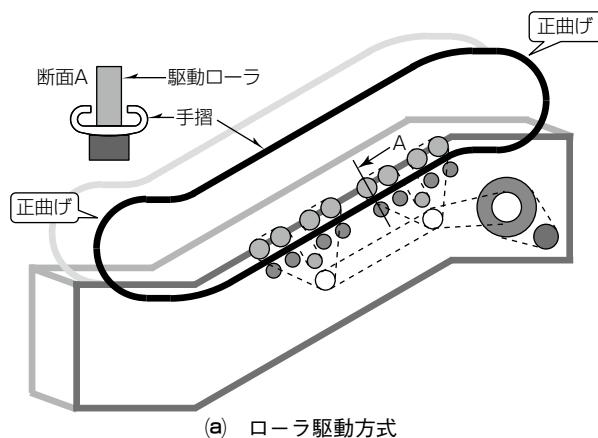


図1. エスカレーターの手摺駆動システム

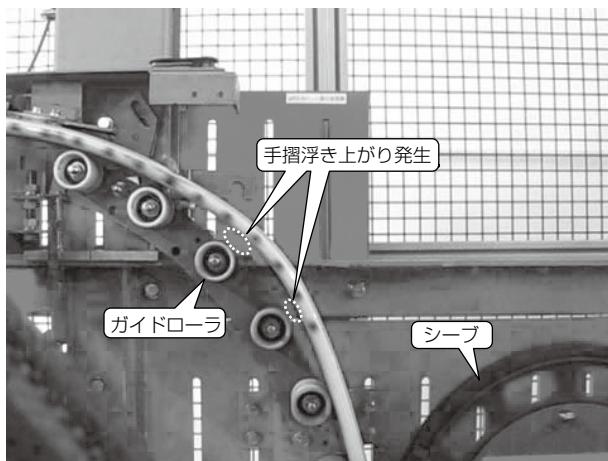


図3. 曲げ剛性連続性を欠いたウレタン手摺の逆曲げ挙動

ス接合”という。)する必要があり、全体を低剛性化した長尺ウレタン手摺(以下“本体部”という。)の両端を低剛性かつ強固にプレス成形接合することに大きな技術課題があった。

ウレタン手摺のエンドレス接合部で、熱可塑性を持つウレタン樹脂同士は高温のプレス成形によって融着される。ただし、ウレタン樹脂の熱融着だけでは接合断面の強度は不十分であり、エンドレス接合部では、強度部材である芯体と手摺内面を覆って形状安定と摩擦駆動性能に寄与する帆布をそれぞれ長手にラップさせることで強度を確保する。

両強度部材のラップによって、少なからずエンドレス接合部の局部剛性は本体部に対して増大するが、曲げ剛性の長手連続性を欠いたウレタン手摺は、シープ前後の逆曲げ部などで、手摺ガイドの軌跡に十分追従できず(図3)、手摺・ガイドの双方に早期の偏摩耗や損傷・騒音のリスクを生じさせてしまう。

3. ウレタン手摺エンドレス接合部の低剛性化

3.1 ワイヤ芯体のオフセット接合

ワイヤ芯体ウレタン手摺のエンドレス接合部で、同一ワイヤの両端を長手にラップさせる場合、ラップ範囲で剛性が高まり、加えてワイヤ同士の干渉によるフレッティング摩耗のリスクも高まる。そこで今回の開発では、同一ワイヤの両端は隙間を空けて突き合わせ、かつワイヤ突き合わせ部を複数ワイヤごとに段状オフセット配置することで、接合断面の低剛性化と強度確保を両立させた(図4)。

3.2 帆布ラップ接合仕様の最適化

エンドレス接合部では帆布の継ぎ目をラップさせて接合断面を補強する必要がある(図5)。曲げ剛性への影響度の大きい手摺耳部で、補強部材をラップさせるエンド

レス部の帆布接合仕様は、低剛性化のキーになる一方で、ウィークポイントになり得る帆布同士の接着を要するため、FEM解析を駆使して最適化した。

3.2.1 帆布端面の斜切

局部的に曲げ剛性の増大する帆布ラップ接合部の端面には曲げ応力の集中が避けられず、耐屈曲性が低下する。そこで今回の開発では、本体帆布と補強帆布の両端を手摺長手に対して斜切することで曲げ剛性の不連続性を緩和した(図6)。とりわけ厳しい屈曲条件になるガイドローラ上で張力負荷と逆曲げを受ける条件で、手摺耳部にかかる最大曲げ応力は斜切前との比較で30%低減した。

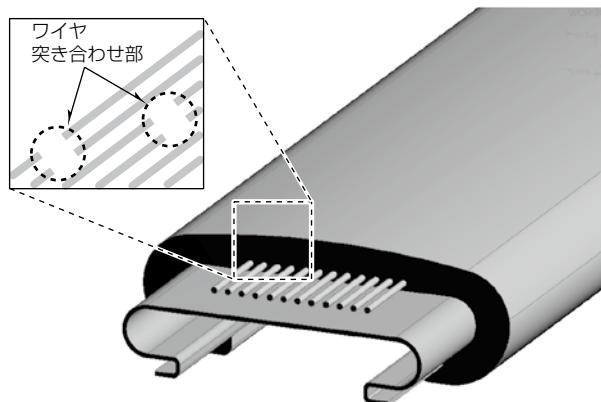


図4. ワイヤ芯体オフセット接合の模式図

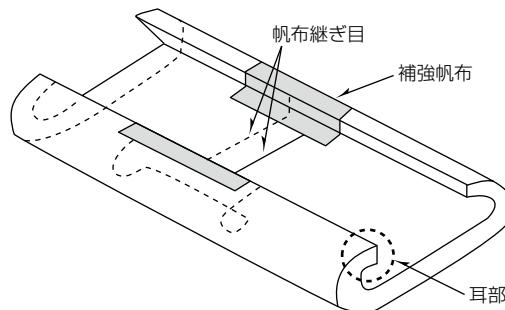


図5. 帆布ラップ接合の模式図

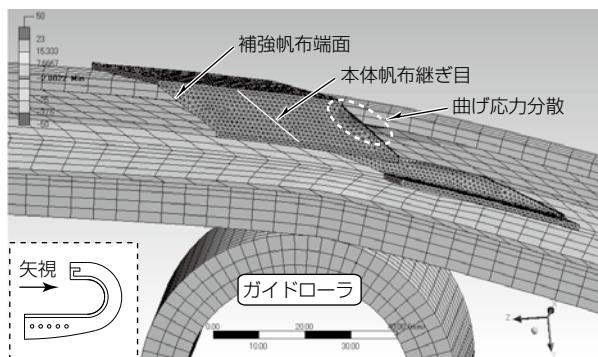


図6. エンドレス接合部の逆曲げ応力解析

3. 2. 2 強靭性帆布接着剤の選定

帆布接着剤の選定には弾性率と接着強度のバランスが肝要であった。高強度を求めて高弾性率の接着剤を用いると接着層の張力負担が大きくなり、必要な接着強度は増大し、また局部剛性も高めてしまう。そこで今回の開発では、被着部材との弾性率のバランスを取りつつ、強靭性を発揮する接着剤を採用した。図7に弾性率の異なる接着剤を用いた条件での耳部剪断(せんだん)応力の比較解析結果を示すが、低弾性率接着剤の採用によって接着層の負担する最大剪断応力、ひいては必要接着強度を低減させた。

3. 2. 3 帆布ラップ長の極小化

エンドレス接合部の高剛性範囲を狭めるためには帆布ラップ接着長を最小限にする必要があるが、接着層の長手端部に集中する剪断応力を抑えて接着強度を確保するには一定の帆布ラップ接着長が必要になる。図8に比較解析結果を示す。

帆布ラップ長を小さくすることでエンドレス接合部の曲げ剛性を20%低減できるが、耳部接着層の最大剪断応力



図7. 接着剤弾性率の影響確認結果(耳部接着層応力解析)

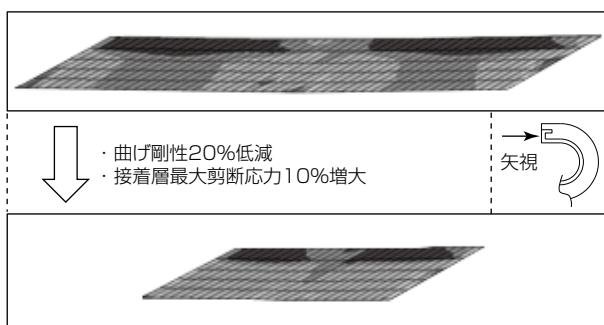


図8. 帆布ラップ長の影響確認結果(耳部接着層応力解析)

表1. ワイヤ芯体ウレタン手摺の曲げ剛性低減結果

曲げ剛性低減率 ^(注1)	本体部	30%
	エンドレス接合部	40%
曲げ剛性比 ^(注2) 低減率 ^(注1)		10%

(注1) スチールテープ芯体ウレタン手摺比

(注2) エンドレス接合部曲げ剛性／本体部曲げ剛性

は10%増大することが分かる。剛性低減に反して増大した剪断応力に対して十分な接着強度を確保する必要があるが、今回の開発では、環境ばらつきや経年的な劣化を見込んだ初期接着強度要件の導出に式(1)を用いた。

$$F \geq \tau_{\max} \div (\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3) \times S \dots \dots \dots \quad (1)$$

F : 帆布ラップ部の初期接着強度

τ_{\max} : 帆布ラップ接着層の最大剪断応力

η_1 : 接着強度の温度依存係数

n_2 : 接着強度の屈曲疲労係数

n_3 : 接着強度の湿熱劣化係数

安全率

式(1)中の各接着強度低下係数には実際の要素試験結果をフィードバックさせることで、評価する初期接着強度の信頼性を高め、必要になる低剛性ウレタン手摺の耐屈曲性を確保した。結果として、ウレタン手摺の低剛性化を実現した(表1)。

従来のスチールテープ芯体ウレタン手摺に対して、エンドレス接合部の曲げ剛性を大幅に低減させたワイヤ芯体ウレタン手摺であるが、理想となる本体部同等の曲げ剛性まで低減させるには至っておらず、エンドレス接合部の相対的な曲げ剛性比には改良の余地を残している。

また、今後ウレタン手摺を更に適用拡大させていくに当たり、省スペース化に有効になる小径シーブを採用した手摺駆動システムへの適用などを想定した場合、大曲率の厳しい屈曲条件に対応するためには更なる低剛性化が必要になる。

そこで当社グループでは、ワイヤ芯体ウレタン手摺の更なる低剛性化を進める。エンドレス接合部の更なる曲げ剛性低減、すなわち曲げ剛性比の改良に向けて、帆布ラップ長を極小化するために補強帆布を排除したエンドレス接合構造の実現によって、本体部に対するエンドレス接合部の曲げ剛性比として更に20%の低減を見込んでいる。

4. むすび

低剛性ウレタン手摺の開発に当たって見定めるべき次の2点のバランス設計と要素技術について述べた。

- (1) 手摺全体とエンドレス接合部の剛性バランス
 - (2) エンドレス接合部の低剛性化と強度確保のバランス

今後も、より高次元でのウレタン手摺低剛性化と耐屈曲性確保のバランス設計に挑み、高品質なウレタン手摺のエスカレーターを提供していく。

参 考 文 献

- (1) 毛利圭佑, ほか: エスカレーター手摺のFEM解析, 三菱電機技報, 89, No.9, 512~515 (2015)
 - (2) 原賀康介: 高信頼性を引き出す接着設計技術—基礎から耐久性, 寿命, 安全率評価まで—, 日刊工業新聞社 (2013)

高速エレベーター用巻上機の軸受発熱低減技術

Reduction Technology in Bearing Temperature Rise of Traction Machine Applied to High-speed Elevator

木村康樹*
Yasuki Kimura
新倉脩平*
Shuhei Niikura
多田順一*
Junichi Tada

長濱秀紀†
Hidenori Nagahama

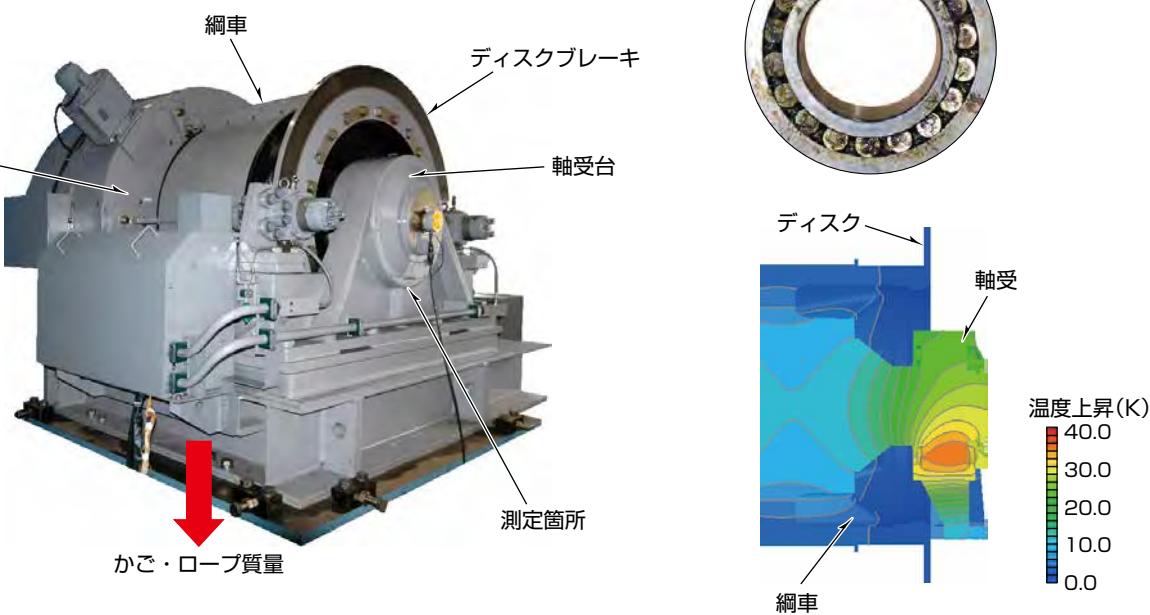
要旨

近年、中国・アジア・中東・日本で、高さ200~300m超の超高層ビルの建設が年々増加している。高層ビルの主要な移動手段である高速エレベーターは、利用者の利便性を高めるために、より一層の高速化⁽¹⁾と大容量化(定員増)が求められている。

昇降行程が200mを超えると、高速エレベーター用巻上機の軸受には数十トンを超える荷重が作用するため、負荷容量の大きな自動調心ころ軸受が用いられる。三菱電機の巻上機のモータは最新技術を駆使して、効率90%以上を達成しているが、コイル発熱(銅損)と鉄心材発熱(鉄損)の低減が中心であった。このように軸受負荷の増大と高速化に伴い、軸受からの発熱(機械損)が、省エネルギーの観点から無視できなくなっている。

そこで、高速エレベーター用巻上機の機械損低減に着目し、軸受・グリースの各メーカーの協力を得て改良を行い、次の効果を確認した。

- (1) 軌道輪の表面性状を改良した新軸受は、軸受温度上昇試験(分速1,080m相当)の結果、従来軸受に比べて温度上昇が約44%低減した。
- (2) 基油と増ちょう剤を選定改良した新グリースは、従来グリースに比べて摩擦係数が40%以上低く、軸受温度上昇試験の結果、軸受発熱量が約18%低減した。
- (3) 高速エレベーター用実機巻上機を用いて軸受温度上昇の差異を評価した結果、新グリースでは軸受発熱量が約25%低減した。



高速エレベーター用巻上機の外観と軸受の発熱量解析結果

稼働中の高速エレベーター用実機巻上機の軸受温度を測定し、熱解析によって軸受発熱による損失を推定した結果、銅損・鉄損に比べて無視できないレベルであることを確認した。軸受とグリースをそれぞれ改良することによって、評価試験及び実機巻上機に適用して軸受発熱の低減効果を確認した。

1. まえがき

近年、中国・アジア・中東・日本で、高さ200~300m超の超高層ビルの建設数が増加しており、600mを超える超高層ビルも建設されている。高層ビルでの主要な移動手段である高速エレベーターは、利用者の利便性を高めるために、より一層の高速化⁽¹⁾と大容量化(定員増)が求められている。図1に、高速エレベーターのシステム構成例を示す。昇降行程が200mを超えると主ロープと制御ケーブル類の質量は10トン以上になり、かごとおもりの質量を合わせると数十トンの荷重が巻上機に作用する。これらの質量を支え、高速かつスムーズに回転する巻上機は、当社最新のモータ技術と軸受技術を駆使して開発設計している。

巻上機のモータは、誘導機から永久磁石モータへと進化し、さらに高性能磁石や高透磁率鉄心材の採用、磁界解析⁽²⁾による最適設計などの様々な取組みによって、90%以上のモータ効率を達成している。主な損失はコイル発熱による銅損と鉄心材発熱による鉄損である。

巻上機には負荷容量の大きい自動調心ころ軸受が用いられているが、従来のエレベーターでは、負荷される荷重が少なく損失が小さかったため、軸受からの発熱(機械損)低減に取り組んだ事例報告は少ない。

本稿では、高速エレベーター用巻上機の機械損低減に着目し、軸受・グリースの各メーカーの協力を得て軸受の改良⁽³⁾とグリースの改良⁽⁴⁾⁽⁵⁾を行った内容について述べる。

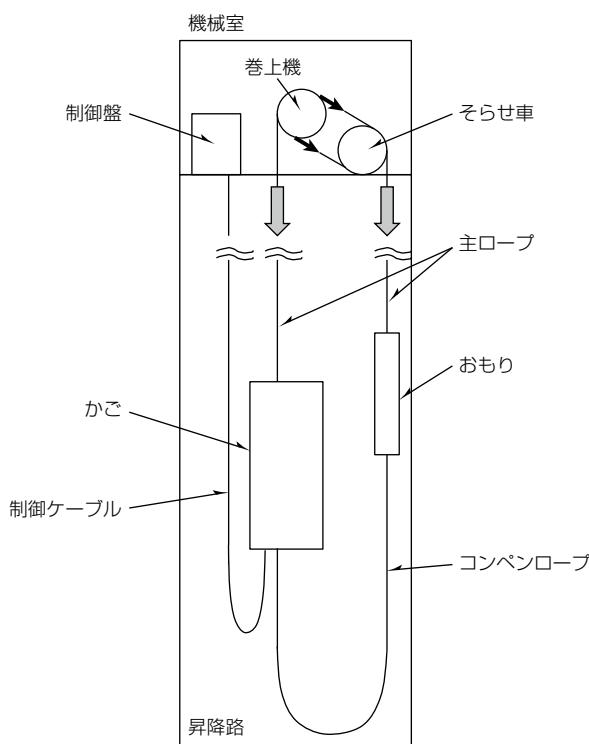


図1. 高速エレベーターのシステム構成例

2. 巷上機の軸受温度からの発熱量推定

対象とした巻上機(定格出力160kW)の外観写真を図2に示す。モータ側とブレーキ側に配置された二つの軸受によって綱車にかかる荷重を支持している。巻上機の損失は、稼働中の入力電力と出力の差分が全損失になるが、モータ損失(銅損、鉄損など)のほかに、ロープと綱車の摩擦ロスや、かごの空気抵抗ロスなどが含まれるため、軸受に起因する損失を分離することは容易ではない。一方で巻上機単体の試験では、かごやロープの質量に相当する数十トンの負荷をかけることが難しく、ラジアル荷重を負荷した状態での機械損を計測できない。そこで、稼働中の巻上機の軸受台下部の温度を測定し、ある発熱量を軸受部に設定して定常熱解析を行い、実測値と一致するように発熱量を計算して評価した。発熱はラジアル荷重を受ける負荷圏を75%，非負荷圏を25%として分布させ、放熱は、軸受台表面とディスク面、綱車表面の3か所として、綱車とディスクには回転速度に応じた熱伝達率を設定した。図3に軸

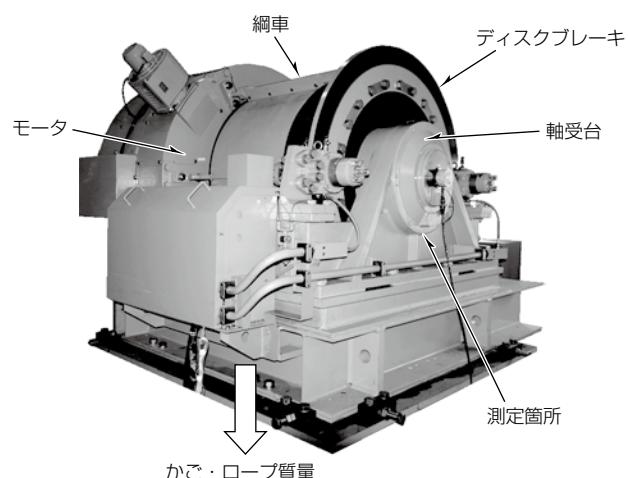


図2. 高速エレベーター用巻上機

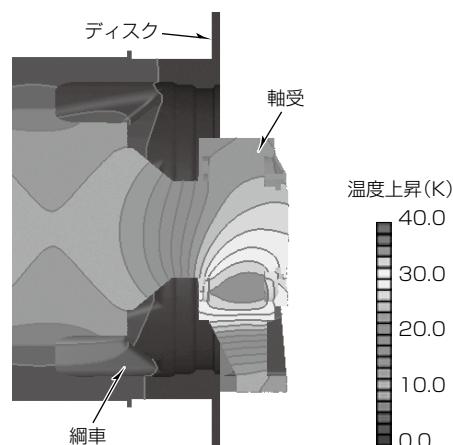


図3. 軸受の熱解析結果

受の熱解析結果を示す。解析結果から軸受発熱量は、2kW程度になり、対象とした巻上機の定格出力の1.25%が機械損であると推定できた。この数値は、モータの銅損約4%と鉄損約3%に比して無視できないレベルと言える。また、軸受温度が高いと、グリースの劣化が加速すること、及び軸が熱膨張してアキシアル荷重が発生する可能性があるなど、軸受寿命の観点からも不利になるため、軸受発熱を低減することは重要である。

3. 軸受改良による軸受発熱の低減

3.1 軸受軌道輪のすべり抑制

自動調心ころ軸受には、図4(a)に示すように、ころと接触する内外輪との周速差から、紙面手前(●)と奥向き(○)の両方向のすべり分布が生じる。すべりが大きい場合、ころと軌道輪の接触部に働く接線力が大きくなるとともに、図4(b)のように、すべり分布のアンバランスに起因したころのスキューが発生して、摺動(しゅうどう)抵抗が増加する。したがって、ころと軌道輪のすべりを抑制し、摺動抵抗を低減することによって、発熱量が低減できると考えられる。

すべり抑制効果を確認するために、新軸受として、軌道輪の表面性状を変更することによって、すべり分布をコントロールした軸受を製作した。

3.2 新軸受の発熱評価

すべりの抑制による発熱低減効果を確認するため、図5

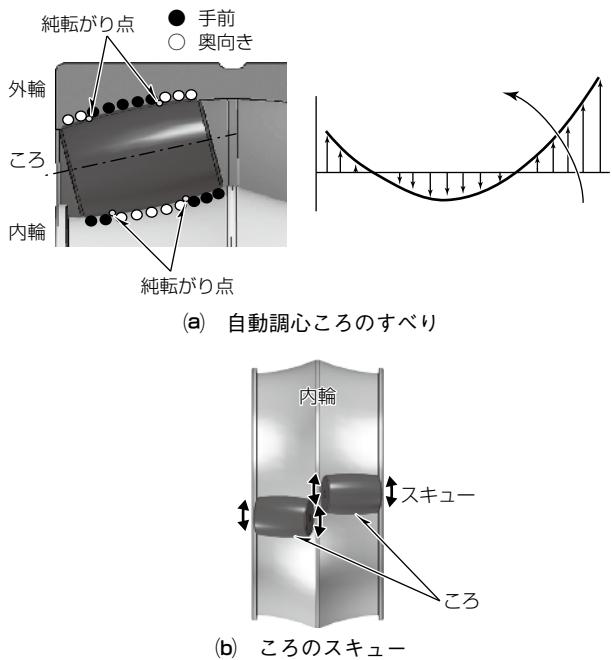


図4. 自動調心ころのすべりとスキュー

の試験装置を用いて、軸受の温度上昇を評価した。実機巻上機の1/2のサイズの軸受を用いており、試験軸受には複合リチウムグリースを封入し、支持軸受は油潤滑(VG68)とした。装置下方からラジアル荷重を負荷して、試験軸受の外輪に熱電対を取り付けて温度を測定した。ラジアル荷重は試験軸受の動定格荷重の1/10($P/C = 0.1$)とし、回転数はエレベーター昇降速度として1,080m相当、分速540m相当の2通りで行い、10時間後、20時間後の軸受温度を評価した。

試験結果を図6に示す。分速1,080m相当での温度は、

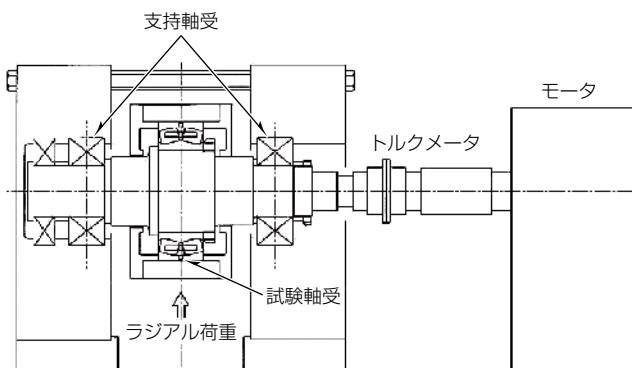


図5. 軸受温度上昇試験装置

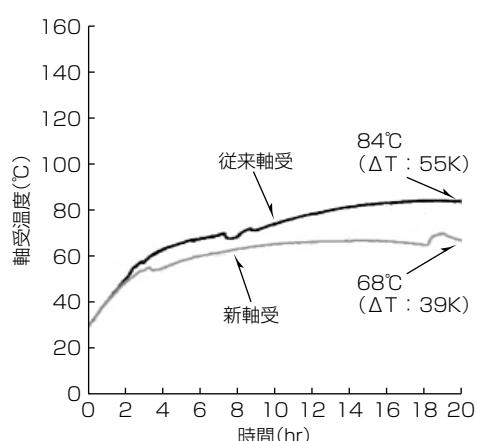
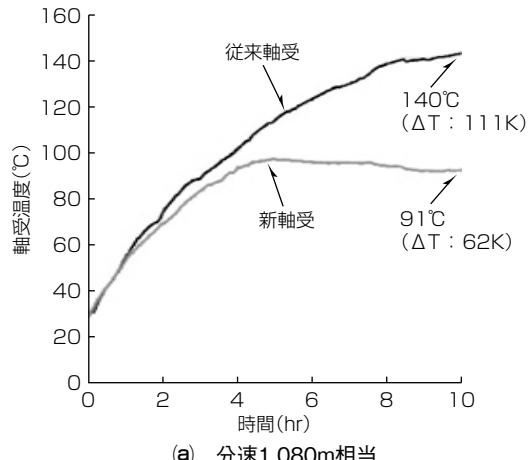


図6. 軸受の温度上昇試験結果

10時間後で従来軸受140°C ($\Delta T : 111K$)、新軸受91.1°C ($\Delta T : 62K$)、分速540m相当では20時間後で従来軸受84°C ($\Delta T : 55K$)、新軸受68°C ($\Delta T : 39K$)になり、発熱量はそれぞれ44%、29%低減したことが確認できた。発熱量の低減効果は、高速回転になるほど顕著であった。

4. グリース改良による軸受発熱の低減

4.1 従来グリースと新グリース

グリースによる軸受発熱に影響を及ぼす因子として、攪拌(かくはん)抵抗と、ころと軌道輪のすべり摩擦がある。これらを改善することを目的にグリースを開発した。表1に今回の開発で用いたグリースの一般性状を示す。グリースAは以前からエレベーター巻上機に使用している複合リチウムグリースである。グリースBは、攪拌抵抗に影響する基油動粘度を低温時(40°C)は低くし、高温時(80°C)は従来グリースと同等になるように、基油と増ちょう剤を選定して、基油粘度を調整したものである。

4.2 摩擦特性評価

エレベーターは起動と停止を頻繁に繰り返すことから、ころと軌道輪は転がり速度の低い混合潤滑状態で運転されるため、低速時でもすべり摩擦による発熱の影響がある。そこで、図7に示すボールオンディスク試験装置を用いて、転がり速度0.1m/sで、周囲温度とすべり率を変えて摩擦係数を評価した。

図8の測定結果から、すべり率10%で摩擦係数を比較すると、グリースBはグリースAよりも温度30°Cのときに40%、80°Cでは50%低いことが分かった。また、すべり率1~20%の範囲で、グリースBの方が摩擦係数が低い。以上から、グリースBは自動調心ころ軸受の差動すべりによる摩擦が小さく、発熱低減効果があると考えられる。

4.3 新グリースの軸受発熱評価

攪拌抵抗とすべり摩擦の影響を含めたグリースの発熱低減効果を調べるために、図5の軸受温度上昇試験装置を用いて、グリースAとグリースBによる軸受温度を測定した。試験軸受には、従来軸受を用いてグリース封入し、支持軸受は油潤滑(VG68)とした。試験軸受の外輪に熱電対を取り付けて、動定格荷重の1/10($P/C = 0.1$)のラジアル荷

重を負荷し、分速1,080m相当の回転数で60時間運転した。図9に温度上昇試験結果を示す。60時間後の軸受温度は、グリースAでは126°C ($\Delta T : 98K$)、グリースBでは104°C ($\Delta T : 81K$)になっており、グリースAに比べてグリースBでは軸受発熱量が約18%低減したことを確認した。

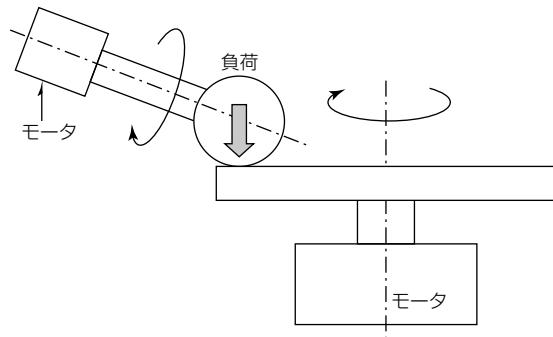


図7. ボールオンディスク試験装置

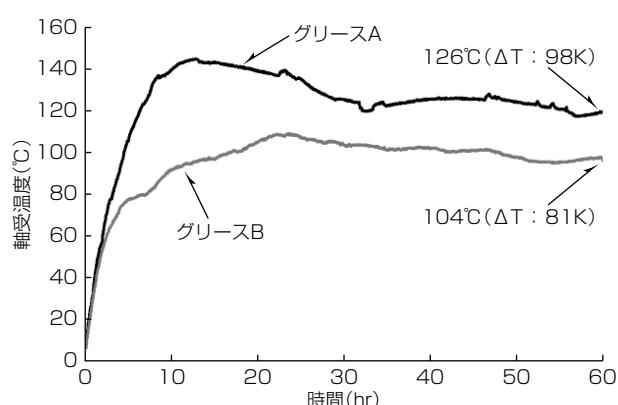
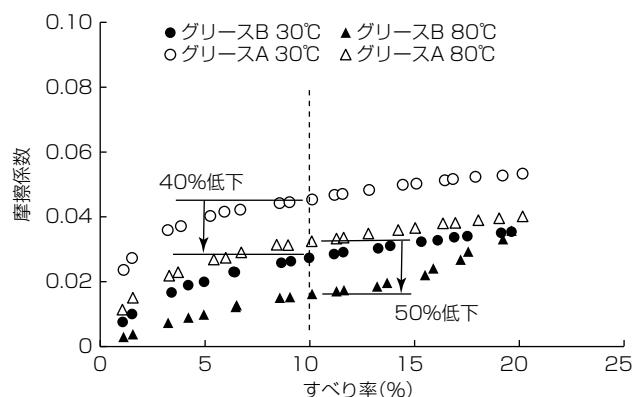


図9. 新グリースと従来グリースの温度上昇試験結果

表1. 従来グリースと新グリースの一般性状

	基油	増ちょう剤	動粘度(mm^2/s)			粘度指数	混和ちょう度
			40°C	80°C	100°C		
グリースA	鉱物油	複合リチウム	101.0	20.1	11.5	101	280
グリースB	PAO(ポリアルファオレフィン)	ジウレア	80.8	20.1	12.2	147	280

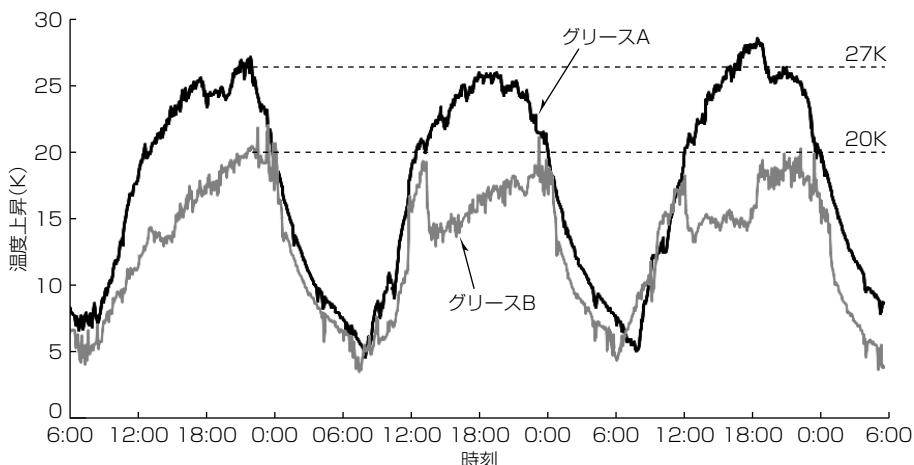


図10. 高速エレベーター用実機巻上機での温度測定結果

4.4 高速エレベーター用実機巻上機での発熱低減

高速エレベーター用実機巻上機(図2)を用いて、グリースAとグリースBによる軸受温度の差異を評価した。軸受温度は、軸受を支持する軸受台下部に熱電対を取り付けて測定した。グリースAで2週間測定した後に、グリースBに入れ替えて2週間測定を行った。図10に一例として3日間の温度測定結果を示す。縦軸は軸受台下部と周囲温度との差分であり、横軸は時刻を示している。

図10から、朝から夕方にかけて軸受温度が上昇し、夜間に低下することが分かる。高層ビルでは日中と夜間の稼働率が変化することから、1日を周期としたヒートサイクル状の変化が起こっている。1日のうちで最も温度が高くなる20時付近で、グリースAでは27K上昇したのに対してグリースBでは20Kになっていた。これらの結果から、高速エレベーター用実機巻上機で、グリースAに比べてグリースBでは軸受発熱量が約25%低減することを確認した。

5. むすび

高速エレベーター用巻上機の機械損低減に着目し、軸受・グリースの各メーカーの協力を得て改良を行い、次の軸受発熱低減効果を確認した。

(1) 軸受軌道輪の表面性状変更ですべり分布を改良した新軸受(実機の1/2サイズ)を製作し、軸受温度上昇試験

(昇降速度：分速1,080m相当)を行った結果、従来軸受に比べて新軸受は、温度上昇 ΔT が約44%低減した。

- (2) 攪拌抵抗を低減し、すべり摩擦が少なくなるように基油と増ちょう剤を選定改良した新グリースは、すべり率1~20%の範囲で摩擦係数が40%以上低かった。さらに、軸受温度上昇試験(昇降速度：分速1,080m相当)を行った結果、新グリースでは軸受発熱量が約18%低減した。
 - (3) 高速エレベーター用実機巻上機を用いて、従来グリースと新グリースの軸受温度上昇の差異を評価した結果、新グリースでは軸受発熱量が約25%低減した。
- このように、高速エレベーター用巻上機で、軸受とグリースの改良によって機械損(軸受発熱)が低減することが分かった。今後もエレベーターの高速化と大容量化が進むと予想されるので、更なる損失低減に取り組み、省エネルギーに貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 加藤 覚, ほか: 超高速エレベーターの駆動制御システム, 三菱電機技報, 83, No.8, 424~428 (2012)
- (2) 瀧口隆一, ほか: ダイレクトドライブモータにおける関節型固定子鉄心の磁気特性モデルの検討, 平成25年電気学会産業応用部門大会講演論文集, 85~88 (2013)
- (3) 木村康樹, ほか: 高速エレベーター用巻上機の自動調心ころ軸受の発熱抑制に関する研究, 日本機械学会第16回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, 179~180 (2016)
- (4) 木村康樹, ほか: 高速エレベーター用巻上機の軸受潤滑グリースに関する研究, トライボロジー会議2018秋, B28 (2018)
- (5) 外尾道太: グリースによる転がり軸受の低トルク化技術, トライボロジスト, 63, No.2, 69~74 (2018)

昇降機向けグローバル保守基盤 “M's BRIDGE”

“M's BRIDGE” : Global Maintenance Platform for Elevators and Escalators

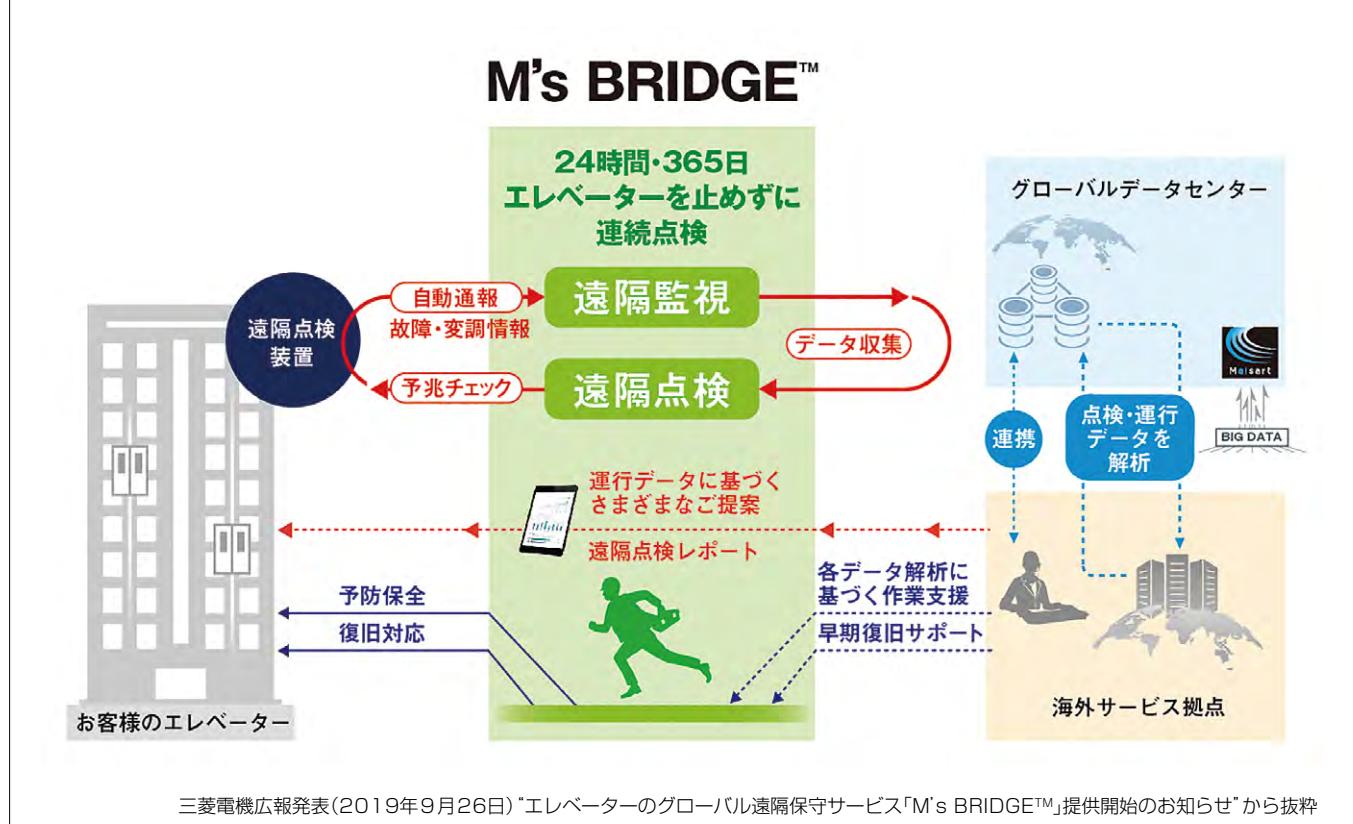
高井真人*
Manato Takai
毛利一成†
Kazunari Mori
渡邊啓嗣†
Yoshitsugu Watanabe

要旨

無線通信技術とデータ分析・機械学習技術の劇的な発展やクラウドサービスの急速な普及によって、あらゆる機器がネットワークに接続され、これまで見過ごされてきた大量の機器情報が収集・分析可能になった。昇降機事業でも、機器から収集した大量のデータに基づく保守作業の高度化・効率化や、運行効率の向上、ビル内の様々な外部機器とのデータ連携を利用した新たなビジネスモデルが活発に検討されており、成熟した市場に変革がもたらされつつある。特に、十数年に及ぶ昇降機のライフサイクルを支える保守はダウンタイムの削減や部品寿命の適正化に大きく寄与するため、データを活用した昇降機保守の高度化・効率化が求められている。

そこで三菱電機と三菱電機ビルテクノサービス(株)

(MELTEC)は、世界中の昇降機とネットワーク接続してデータ収集と分析を行うグローバル保守基盤“M's BRIDGE”を開発した。当社とMELTECはM's BRIDGEを海外保守事業者に提供してグローバル市場での均一で高品質な保守サービスの実現を目指している。そのために、遠隔監視、遠隔点検、遠隔診断といった基本機能だけでなく、主要機器に対する高度な診断機能や、保守事業に必要な情報の一元管理機能によってグローバル保守事業を包括的にサポートする。また、多種多様な昇降機データの分析基盤としての役割も担っており、収集したデータを保守部門だけでなく設計開発部門で活用することで製品及び保守の品質と効率性の継続的な改善を図り、製品価値向上に貢献する。



昇降機向けグローバル保守基盤“M's BRIDGE”的全体概念図

M's BRIDGEは世界中の昇降機とネットワーク接続し、24時間365日の遠隔監視、遠隔点検によるデータ収集とデータ解析、昇降機の遠隔診断といった機能をクラウドサービスとして各国昇降機保守事業者に提供するグローバル保守基盤である。M's BRIDGEは基本的な昇降機保守機能にとどまらず、故障対応記録や保守作業記録のデータベース化、仕様情報管理、保守員の動態管理によって保守サービス全体の品質向上に貢献する。

1. まえがき

無線通信技術とデータ分析・機械学習技術の劇的な発展やクラウドサービスの急速な普及によって、あらゆる機器がネットワークに接続され、これまで見過ごされてきた大量の機器情報が収集・分析可能になった⁽¹⁾。昇降機事業でも、機器から収集した大量のデータに基づく保守作業の高度化・効率化や、運行効率の向上、ビル内の様々な外部機器とのデータ連携を利用した新たなビジネスモデルが活発に検討されており、成熟した市場に変革をもたらしつつある。特に、十数年に及ぶ昇降機のライフサイクルを支える保守はダウンタイムの削減や部品寿命の適正化に大きく寄与するため、データを活用した昇降機保守の高度化・効率化が求められている。

そこで当社とMELTECは、世界中の昇降機とネットワーク接続し、データの収集・分析を行うグローバル保守基盤M's BRIDGEを開発した。M's BRIDGEは昇降機と保守サービス部門及び顧客をつなぐ架け橋となり、遠隔監視や高度な分析技術に基づく保守サービスによって製品価値を向上させる。

本稿では、M's BRIDGEの機能と特長を述べたのち、データを活用した昇降機保守の将来展望を示す。

2. M's BRIDGEの概要

M's BRIDGEは昇降機データを収集・分析し、遠隔保守の基本機能である遠隔監視・遠隔点検・遠隔診断機能を全世界に展開する。これによって、M's BRIDGEを利用する各国の保守事業者は遠隔保守に必要なサーバの管理・運営や保守アプリケーション開発に経営資源を割くことなく、M's BRIDGEが提供する保守支援機能に基づき高品質で均一な保守サービスを提供できる。この章では、M's BRIDGEのシステム構成を述べた上で、遠隔監視、遠隔点検、遠隔診断機能についてそれぞれ述べる。

2.1 システム構成

M's BRIDGEのシステムは昇降機、通信端末、クラウドサーバ、コールセンター機器の四つから構成される。各国に据付けられた昇降機は通信端末を介してクラウドサーバと接続する。通信端末は通信路暗号化を施したり、外部から昇降機への不正なアクセスを防いだりすることでネットワーク化された昇降機のセキュリティ性を高めている。また、昇降機情報を通信端末で一旦処理することで通信の帯域利用効率も向上させている。昇降機保守事業者は各国に個別のサービス拠点(コールセンター)を持っており、各

コールセンターの汎用パソコンからクラウドサーバに接続して昇降機の状態監視を行う。また、各センターへ音声通話装置を設置することで、昇降機とコールセンターの間でVoIP(Voice over Internet Protocol)による音声通話を可能にしている。

2.2 M's BRIDGEの機能

M's BRIDGEは図1に示すように遠隔監視、遠隔点検、遠隔診断の三つの基本機能によって昇降機利用者に安心安全を提供する。この節では、これら三つの機能について述べる。

2.2.1 遠隔監視

M's BRIDGEに接続された各国の昇降機は24時間365日監視され、異常が発生すると該当昇降機を管理する国のコールセンターに即座に通知される。このとき、異常が発生した昇降機について次のような情報をリアルタイムに参照できる。

- (1) 故障時の状況(方向、階床、戸の開閉状態)
- (2) 昇降機が検出した故障原因
- (3) 故障直前の稼働状態(信号状態の推移)

昇降機が設置されている建物位置や保守員の現在位置も管理されており、コールセンターから保守員を迅速に派遣することが可能である。また、M's BRIDGEでは故障原因に応じたトラブルシュートマニュアルをデータベース化しており、コールセンターで適切なマニュアルを参照できる。M's BRIDGEは昇降機の故障に応じた適切なマニュアルを保守員に提供することで、迅速な故障復旧を補助してダウンタイムの削減に寄与する。さらに、故障対応記録として保守員の作業内容や復旧作業結果をM's BRIDGEに入力しておくことで、故障と保守対応の履歴が一元的に管理できる。

2.2.2 遠隔点検

M's BRIDGEでは、起動回数や稼働時間、ドアの開閉回

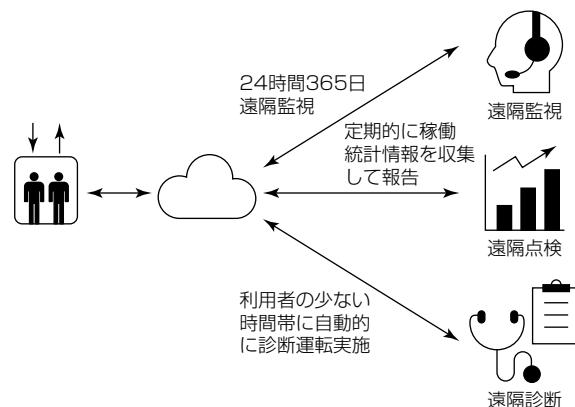


図1. M's BRIDGEの機能

数といった昇降機の稼働統計情報を定期的に収集しており、いつでも参照できる。加えて、収集した稼働状況や機器の状態の時系列推移から報告書を作成できるため、顧客へ昇降機の状態や利用状況を定量的に報告できる。保守員は稼働状況に基づいて消耗部品等を計画的に保全することができなり、的確な保全活動による寿命の適正化を図ることができる。また、故障に至る前の変調を捉えて通知する機能も備えており、保守員は次回保守時に確認すべき箇所を把握できる。

2.2.3 遠隔診断

遠隔診断は、昇降機が特別な運転動作を行うことで、通常運転では見つけられないようなわずかな変調を検知する機能である。遠隔点検と同様に、保守員は定期保守時に遠隔診断によって変調が検出された部品を重点的に点検することで稼働率の向上を図る。また、法定点検で定められた管制運転試験を容易に実施して点検作業の省力化も図る狙いがある。

3. M's BRIDGEの特長

この章では、M's BRIDGEの持つ高度な機能と特長を述べる。

3.1 昇降機保守での安心安全の向上

2章で述べたような基本機能に加えて、M's BRIDGEではロープのような主要部品に対する高度診断機能や、保守作業管理機能を提供する。これらは日本国内で培ってきた保守サービスの経験を基にクラウドウェアとして海外保守事業者に展開する。これによって、グローバルに高品質で均一な保守サービスを提供する。

3.1.1 高度診断による保守品質の向上

ロープやブレーキといった主要部品の故障は昇降機の稼働率を大きく損なうだけでなく、利用者の安心安全に直接的にかかわる。そこで、主要部品の保守作業に特化した機能を提供する。

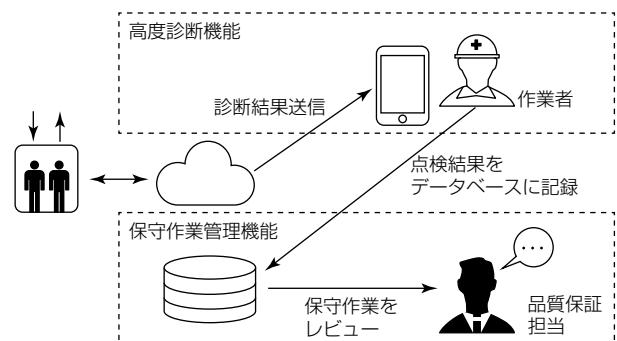
最初に取り組む主要機器としてロープに着目しており、保守員の持つ携帯型端末によって簡単にロープの状態を確認し、一元管理する機能を提供する予定である。また、稼働状況から残寿命を推定する機能を開発している。これによって、保守員の技量に左右されず機械的に部品寿命が推定できるため、これまでより確かな保全計画を立てることが可能になり、ダウンタイムの削減と部品交換周期の適正化を図ることができる。今後は、ブレーキなど他の主要部品に拡張していく予定である。

3.1.2 情報の一元管理による保守品質均一化

図2に示すように、M's BRIDGEは保守作業の高度化や省力化を目指すとともに、それらの機能を利用して正しく保守作業が行われているか管理するサービスも提供する。例えば、3.1.1項の高度診断機能に加えて、主要部品であるロープやブレーキの仕様情報、保守計画や作業結果の履歴をデータベース化し、記録された点検結果から定期的に活動報告書を作成・レビューできる機能も提供する。同様に、昇降機保守事業に必要な保守契約情報や昇降機の仕様情報、保守員の動静情報などを一元管理できる。このように、M's BRIDGEでは単純な部品寿命測定や故障情報の管理だけでなく、保守事業の運営や人材管理を含めた保守事業全体を包括的にサポートする。

3.2 昇降機のデータ分析基盤

本稿で述べる収集データは、仕様情報のような構造化データに加えて、現在の階床のような離散的なセンサデータや稼働中の速度・加速度のようなストリーミングデータ、保守員の対応記録のような非構造化データなど様々なデータ構造を持っている。図3に示すように、M's BRIDGEは昇降機のデータ活用のために多様なデータ構造に対応したデータ保管機能を持つ。これによって、これまで保守業務改善に必要としていたデータだけでなく、様々な形式の



データを一元的に保管できる。これら様々なデータを分析することで、従来より高精度な推論が可能になる。また、ダッシュボードやKPI(Key Performance Indicator)測定に必要なデータにはそれぞれAPI(Application Programming Interface)を提供しており、権限があればデータに簡単にアクセスできる。これによって、専門のデータ分析者だけでなく昇降機の設計者もフィールドデータから得られる知見を容易に設計にフィードバックできる。

4. M's BRIDGEによる昇降機保守の未来

3章までに、M's BRIDGEの基本機能である遠隔監視、遠隔点検、遠隔診断や、主要機器に対する高度な診断機能、保守情報の一元管理機能によって、故障からの迅速な復旧や予防保全を行い、世界中で高品質な保守サービスを均一に提供できることを述べた。また、M's BRIDGEにはデータ分析基盤としての側面を持ち、昇降機にかかる多様なデータを蓄積・活用できることを述べた。この章では、M's BRIDGEを活用した保守の更なる高度化や、基幹システムとの連携による設計生産の効率化などの将来展望を述べる。

4.1 故障診断技術の高度化・故障予兆分析

2.2節で述べたような故障推定機能やトラブルシュート機能によって、M's BRIDGEは故障時の昇降機の状態や直前の稼働状況、保守員の対応記録を蓄積していく。これら蓄積データを利用することで、故障時の状態や直前の稼働状況から故障要因を推定したり、最適な保守員の復旧作業を支援したりできる。また、例えば当社の人工知能技術である“Maisart^(注1)”を適用することで、推定した故障要因と保守員の対応記録を突き合わせて学習し、故障要因推定の精度を向上していくことも期待できる。すなわち、世界中の故障データを基に故障対応の最適化を行い、全ての海外拠点でダウンタイムを削減していくことができると言っている。また、M's BRIDGEでは主要機器に限らず昇降機の詳細な稼働情報を日々収集する機能も実装している。これによって、日々の昇降機の状態を推定することが可能になるため、故障を予測することも可能と考えている。

(注1) 当社の人工知能技術ブランドである。

4.2 設計・製造システムとのデータ連携

M's BRIDGEで蓄積する多様なデータは昇降機のログとして、保守だけでなく設計開発や生産での活用も期待できる(図4)。例えば、膨大な故障情報や稼働情報を、

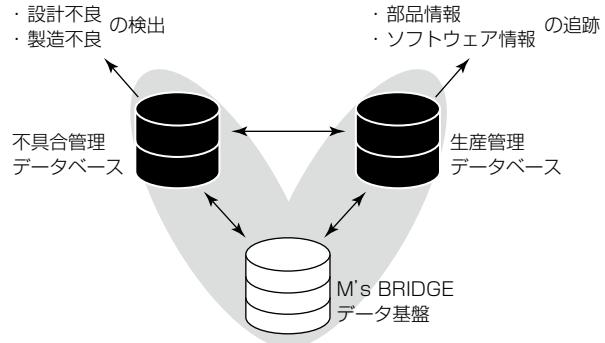


図4. 設計・製造システムとのデータ連携の概念図

不具合管理データベースと突き合わせて分析することで、設計不良や製造不良を早期に発見して製品品質の改善につなげることができる。また、部品交換周期を適正に管理することで、保守部品の生産量や在庫の最適化を図ることも可能になる。

加えて、昇降機のライフサイクルは十数年に及ぶため、保守の過程で据付け時の設計仕様と異なる部品に交換していくこともあるほか、ネットワーク化された昇降機はソフトウェア更新によって新機能が追加されていくことが予想される。設計製造に加えて、保守作業によって変更された昇降機の情報をライフサイクル全体で一元的に管理することで、ダウンタイムや適正な部品寿命、保守品質をコントロールしていく。

5. む　す　び

クラウドウェアとして世界各国に展開する昇降機保守基盤であるM's BRIDGEの機能と特長、及び将来展望について述べた。M's BRIDGEは遠隔監視、遠隔点検、遠隔診断といった昇降機保守に必要な基本機能だけでなく、ロープなどの主要機器に対する高度診断機能を提供する。また、保守員の動静管理や最適な保全計画策定アプリケーションを展開し、保守事業を包括的にサポートすることでグローバル市場で均一で高品質な保守サービスを顧客に提供する。また、M's BRIDGEはデータ基盤としての側面も持っており、世界各国の故障情報や保守対応状況、日々の稼働情報を蓄積・分析できる。今後は、収集したデータを活用して保守サービスの品質と効率性を継続して改善し、利用者の安心安全と利便性の向上に貢献していく。

参　考　文　献

- (1) Zanella, N., et al.: Internet of Things for Smart Cities, IEEE Internet of Things Journal, 1, No.1, 22~32 (2014)

特集論文

国内の昇降機設備及び ZEBへのビル設備納入事例

羽坂佳穂里*
Kahori Hasaka
飯田隆義*
Takayoshi Iida

Latest Supply Record of Mitsubishi Elevators and net Zero Energy Building in Domestic Market

要旨

近年の昇降機は、縦の移動手段としてだけではなく、建築と一緒にコンセプトに基づき、高いレベルの機能性やデザイン性が要求されている。

東京・有明に建設された“東京国際展示場”は展示面積を拡張する増築工事が行われ、南展示棟と駐車場棟として竣工(しゅんこう)した。展示場を利用する人誰にでも使いやすいエレベーターを目指して、大型の丸ボタンの採用と、かご内の液晶インジケータやアナウンスに緊急時4か国語ガイドを導入している。

池袋に竣工した“ダイヤゲート池袋”は、建築の“大樹を植える”というコンセプトがエレベーターの随所に生かされたデザインになっている。

また、オフィスビル等では省エネルギー化の取組みが更に加速しており、その一つとしてZEB(net Zero Energy Building)が注目を集めている。三菱電機は、昇降機設備だけでなく、空調、換気、照明、給湯などZEBの対象になる設備を全て扱っていることから、全国各地でZEB化に向けた設備設計支援を推進している。

株阿部建設上越支店では、当社製高効率機器の導入などによって、設計段階で省エネルギー率79%減にしてNearly ZEBを達成した。加えて、運用段階での更なる省エネルギーを目指し、人の入退室と換気設備を連動させる換気の省エネルギー制御を導入している。



東京国際展示場



ダイヤゲート池袋

最近竣工した代表的な昇降機納入事例

国内の最近竣工したモニュメンタルビルへの昇降機納入事例を示す。近年、昇降機は縦の移動手段としてだけではなく、建築のコンセプトに合わせたデザイン性や機能性が求められている。

1. まえがき

近年の昇降機は、縦の移動手段としてだけではなく、建築と一緒にコンセプトに基づき、高いレベルのデザイン性や機能性が要求されている。

また、オフィスビル等で省エネルギー化の取組みが加速している。当社は、昇降機設備だけでなく、空調、換気、照明、給湯などの多くのビル設備を扱っていることから、これらの設備に関する知識を活用し、ビルトータル視点でのZEB化設備設計支援を推進している。

本稿では、最近竣工したビルに当社が納入した昇降機設備と、ZEBプランニング事例について述べる。

2. 国内の昇降機設備納入事例

2.1 東京国際展示場

2.1.1 建物

東京国際展示場は、日本最大級のコンベンションセンターであり、“東京ビッグサイト”的名称で親しまれている施設である(図1)。

この特徴的な逆三角形の外観の会議棟、西展示棟及び東展示棟の3棟と2016年に完成した東新展示棟からなるこの施設に、このたび、展示面積を更に拡張するための増築工事が行われ、南展示棟と駐車場棟として2019年6月に竣工した。

2.1.2 昇降機設備

増築棟の昇降機設備は、乗用9台、人荷共用4台の合計13台のエレベーターを納入している。

南展示棟は2層に分かれており、1層当たり二つのホール、最大四つのホールとして使用でき、エレベーターは展示場の利用者の移動を支えている。会議棟や西展示棟からの連絡通路を抜けた先の南展示棟のエントランスには、インフォツリーと呼ばれる吹き抜け空間に2台のシースルーエレベーターが設置され、開放的な印象を与えている。

かご内の液晶インジケータとアナウンスは、通常時は日本語と英語の2か国語、地震などの緊急時には日本語と英語のほかに中国語(簡体字・繁体字)、韓国語での表示とアナウンスをする4か国語ガイドを導入し、外国人の人でも安心してエレベーターを利用できるように配慮している(図2、図3)。

また、乗用エレベーターのかご内と乗場のボタンには、押すとボタン全体が点灯する直径50mmの大型の丸ボタン



図1. 東京国際展示場(右側が南展示棟)



図2. かご内



図3. かご室と操作盤



図4. 1階乗場

を採用するなど、誰にでも使いやすいエレベーターを目指した(図4)。

2.2 ダイヤゲート池袋

2.2.1 建物

ダイヤゲート池袋は、首都圏有数かつ西武鉄道最大のターミナル駅である池袋駅の南側に、同社の旧本社敷地に加えて西武鉄道池袋線の線路をまたぐ高さ約100mの超高層ビルとして2019年2月に竣工した(図5)。

池袋の新たなシンボルとなる“大樹を植える”を建築のコンセプトとし、低層部の強固なV字型の柱は“樹(き)の幹や根”を、中間免震層を挟んだ高層部を“豊かに繁(しげ)る枝と葉”に見立てている。また、建物外観は鉄道のダイヤグラム(運行図表)をイメージさせるひし形に配したブレースが特徴的なデザインである。



図5. ダイヤゲート池袋



図7. 1階乗場



図8. かご室



図6. 1階エレベーターホール

また、最先端のオフィスビルとして中間免震構造の採用や2回線受電による電力供給、非常時に備えた上下水設備の確保や非常用発電機など、事業継続計画(Business Continuity Plan: BCP)への配慮を行って防災性の向上を図っている。

2.2.2 昇降機設備

昇降機設備は、オフィス用のエレベーターとして低層バンク用4台、高層バンク用6台の計10台を納入した(図6)。

各エレベーターは、3階と4階の間に設けられた中間免震層を貫通するため、ガイドレールに非常止め荷重を引張荷重で支持する方式を採用している。

“大樹を植える”というビルのコンセプトから、エレベーターの昇降路は樹の幹に当たり、“水の通った瑞々(みずみず)しさ”を表現するために乗場にガラス壁を採用している。そのガラス壁の中から点灯するホールランタンは、“水滴が光る姿”をイメージしている(図7)。

かご内は左右非対称のデザインで、扉側から見て右側は黒色のメタリック塗装、天井にはダウンライトを五つ配置している。左側は、正面のステンレス鏡面の壁の側部に埋め込まれた照明が左側の白色パール塗装の壁を照らしている(図8)。

3. ZEBへの設備納入事例

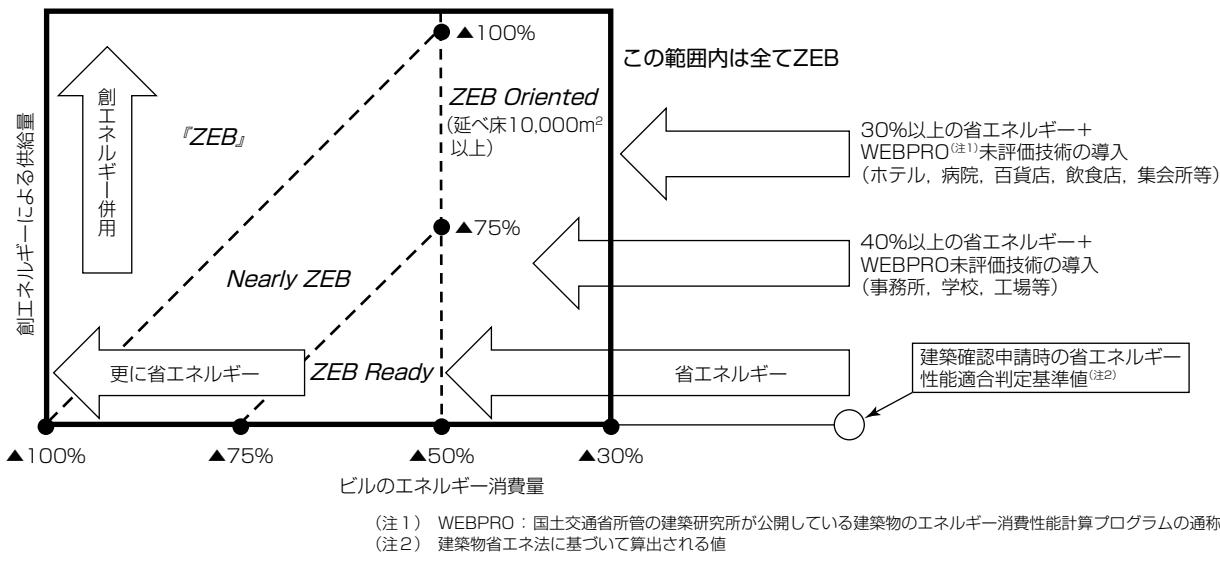
3.1 ZEBとは

大雨や猛暑など、極端現象と呼ばれる異常気象が多発し、その原因と目される地球温暖化への対策が世界的に喫緊の課題になる中、その中心的な対策になる省エネルギーの重要度は増している。このような状況下、2008年に北海道で開催された第34回主要国首脳会議(洞爺湖サミット)で、国際エネルギー機関(IEA)から先進各国に対しZEBへの取組み加速が勧告された。これを受け、日本でもZEBに対する取組みが本格化し、政府主導でビルや住宅など、建築物の省エネルギー化に向けた積極的な取組みが進められている。特にビルの省エネルギーについては、2014年に閣議決定されたエネルギー基本計画の中で、2020年までにZEBの実現を目指すとの政策目標が掲げられたことを受け、近年、建築・不動産市場が大きく動き始めている。

日本のZEBには、定性的定義と定量的定義があり、そのうち定性的定義は次のように定められている⁽²⁾。

“先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、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、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物”

また、定量的定義は図9のように定義されている⁽²⁾。グラフの横軸は、ビルの設計段階で建築物省エネ法に基づいてビルごとに算出される一次エネルギー消費量であり、右端がそのビルの基準一次エネルギー消費量になる。縦軸は、太陽光発電などによる再生可能エネルギーの供給量を示している。



ここで4種類定義されているZEBシリーズについて述べる。ビルに定められる横軸右端の基準一次エネルギー消費量に対し、省エネルギーだけで50%以上低減、さらに再生可能エネルギーによる創エネルギー一分を含めても75%未満になるビルは“ZEB Ready”，省エネルギーと創エネルギーを合わせて75%以上100%未満の低減になるビルは“Nearly ZEB”，省エネルギーと創エネルギーを合わせて100%以上低減になるビルは『ZEB』と定義される。また、延べ床10,000m²以上のビルでは、建物用途に応じて省エネルギーだけで30%又は40%以上低減し、さらに一次エネルギー消費量を算出するプログラム(エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)、通称WEBPRO)内で未評価とされる技術を導入した場合に“ZEB Oriented”と定義される。

なお、一次エネルギー消費量の計算対象設備は、“空気調和設備、空気調和設備以外の機械換気設備、照明設備、給湯設備及び昇降機”の5設備であり、OA機器等、ビルの運用開始後にテナント等が持ち込む設備などは計算対象外になる点に注意が必要である。

当社は、ビルに設置される空調、換気、照明、給湯、昇降機、受変電設備など、多くのビル設備製品を扱っているため、これら設備の高効率化でビルの省エネルギー化に貢献できる。さらには、これらの設備に関する知識を活用することでビル建築時に実施される設備設計の最適化に寄与でき、ひいてはZEBの実現にも貢献できることから、ビルトータル視点でのZEBプランニングを積極的に推進している。

次節では、当社がZEB化のプランニングと設備納入を行い、2019年度に竣工した物件事例の一つについて述べる。

3.2 納入事例物件の概要

2019年度の代表的なZEBプランニング事例として、(株)阿部建設上越支店について述べる。物件の全景を図10に、概要を表1に示す。このビルは、設計段階でNearly ZEBを達成した地上3階、1,167m²の事務所ビルである。

3.3 ZEB関連の特徴

目標とするZEBランクであるNearly ZEBを実現するために、ZEB向けの設備を総合的にプランニングした。空調設備については、高効率なパッケージエアコン及び全



図10. (株)阿部建設上越支店の全景

表1. 物件概要

所在地	新潟県
建物用途	事務所等
規模	1,167m ² 地上3階
竣工年	2019年
ZEBランク	Nearly ZEB
代表的な導入設備	空調 : 高効率パッケージエアコン／高効率ルームエアコン／全熱交換機 換気 : DCファン 照明 : LED照明器具(各種制御付き) 昇降機 : 高効率エレベーター 創エネルギー : 太陽光発電 エネルギー管理 : BEMS

BEMS : Building Energy Management System

熱交換機を主体にプランニングし、空調省エネルギー率で65%減を達成した。空調対象室以外の換気設備はDCブラシレスモータ搭載の高効率機種を選択し、換気省エネルギー率85%減を達成した。照明設備は人感検知制御、明るさ検知制御、ゾーニング制御が可能なLED照明を選定し、照明省エネルギー率68%減を達成した。昇降機は、インバータ制御とギヤレスを採用し、昇降機省エネルギー率11%減を達成した。最終的に創エネルギーも含む合計の省エネルギー率は80%減になり、設計段階で*Nearly ZEB*を達成した。達成状況のまとめを表2に示す。

3.4 設備連携による更なる省エネルギー

先述のとおり、設計段階で*Nearly ZEB*を達成しているが、運用段階で更なる省エネルギーを図るために、換気の省エネルギー制御(以下“入退室換気連携制御”という。)を導入した。入退室換気連携制御のイメージを図11に示す。この制御は、入退室情報から把握した在室人数情報を基に、リアルタイムで換気設備を制御することで、換気による外気導入量を適切にコントロールし、空調負荷を低減することを目的にするものである。この制御によって、換気設備そのものの無駄運転を減らして省エネルギーに貢献するだけでなく、不要な外気取り込みを減らすことで空調負荷低減を図り、空調の省エネルギー効果も期待できる。

表2. 一次消費エネルギーと省エネルギー率

一次消費エネルギー(MJ/年m ²)		省エネルギー率 (設計値/基準値)
分類	基準値	設計値
空調	511.06	175.12
換気	45.35	6.51
照明	301.94	94.36
給湯	32.23	81.78
昇降機	9.98	8.87
創エネルギー		-192.57
合計	900.56	174.07
		0.20

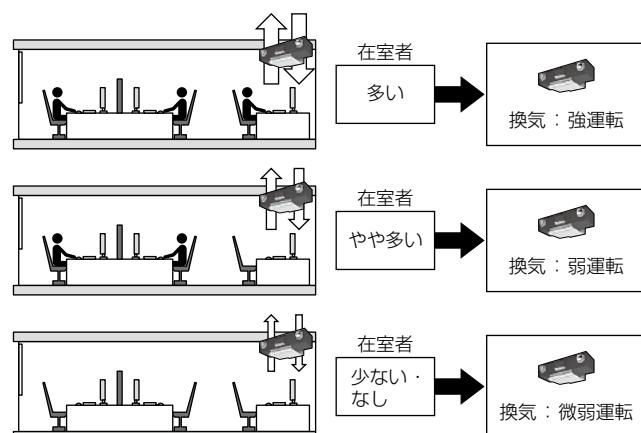


图11. 入退室換気連携制御のイメージ



图12. ビル総合ソリューションBuilUnity

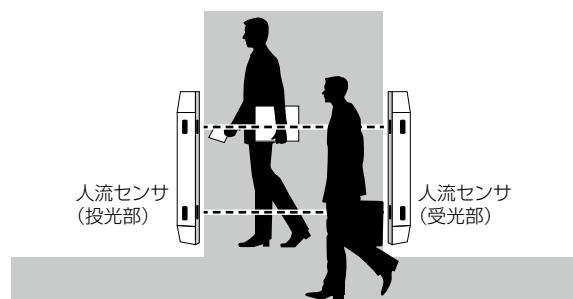


图13. 人流センサ活用のイメージ

入退室換気連携制御を行うためには、入退室情報と換気設備を連動させる連携機能が必要になるが、この機能をBuilUnity(BEMS)に実装することで実現した(図12)。また、図13に示すとおり、BuilUnityは人流センサで得た情報から、在室人数を計測・管理する機能も備えている。

3.5 ZEB+に向けた取組み

当社は、ZEB化にとどまることなく、ビルの更なる付加価値向上を目指す取組みとして“ZEB+(ゼブ・プラス)”のコンセプトを掲げている。この章でも取り上げたセキュリティーシステムと空調・照明設備などの連携による省エネルギー率向上や、利便性、快適性の同時向上などもその一つであり、今後もZEB+のコンセプトの下、更なる付加価値の提供を目指した技術開発にも取り組んでいく。

4. むすび

最近竣工したビルに当社が納入した昇降機設備と、ZEBプランニング事例について述べた。今後も、ビルの付加価値向上に寄与できるよう、昇降機の能力や機能性の向上はもちろんのこと、ビル設備全体の省エネルギーの向上に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課：ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ (2018)

最近の昇降機海外納入事例

Latest Supply Record of Mitsubishi Elevators and Escalators in Overseas Market

要旨

近年、昇降機に対するニーズはその地域の嗜好(しこう)や特性から一層多様化している。縦の移動手段として安全であることだけでなく、デザイン、セキュリティー、快適性など、あらゆる面からビルのコンセプトに寄り添ってその価値を高めるエレベーター、エスカレーターが求められている。海外の最近のモニュメンタルビルに三菱電機が納入した代表的な昇降機設備とその特長は次のとおりである。

四つ角の一つの中心部が大胆にくり抜かれた片持ち梁(はり)の外観が目を引くUAE(アラブ首長国連邦)・ドバイに竣工(しゅんこう)した“Mashreq Bank Headquar-

ters”では、そのスタイリッシュな外観との調和を考慮したエレベーター・デザイン、かつセキュリティーなどユーザビリティを考慮した設計が用いられている。また、中国・北京の“北京亞太花園酒店”では2004年の開業時に設置したエレベーターのリニューアル、メキシコ・メキシコシティの“Torre Ejecutiva PEMEX”では1982年に設置した海外初のダブルデッキエレベーターのリニューアルを行い、最新の機器へと一新することで、安全性の維持に加えて、快適性や省エネルギー性の向上を図った。



Mashreq Bank Headquarters
(UAE・ドバイ)



北京亞太花園酒店
(中国・北京)



Torre Ejecutiva PEMEX
(メキシコ・メキシコシティ)

最近竣工した代表的な昇降機海外納入事例

最近竣工した代表的な昇降機海外納入事例を示す。海外市場では縦の移動手段として安全であることだけでなく、デザイン、セキュリティー、快適性や省エネルギー性など、あらゆる面からビルのコンセプトに基づき、その価値を高めるエレベーターとエスカレーターが求められている。

1. まえがき

近年、昇降機に対するニーズはその地域の嗜好や特性から一層多様化している。縦の移動手段として安全であることだけでなく、デザイン、セキュリティー、快適性や省エネエネルギー性など、あらゆる面からビルのコンセプトに基づき、その価値を高めるエレベーターとエスカレーターが求められている。

本稿では、海外の最近のモニュメンタルビルの代表的な事例と当社が納入した昇降機の主な特長について述べる。

2. Mashreq Bank Headquarters

2.1 建物

Mashreq Bank Headquartersは、2020年3月にUAE・ドバイに竣工した、UAEで5番目の規模を誇るMashreq銀行の本社ビルである。エミレーツタワーやブルジュ・ハリファなど、著名なビルほど近いドバイ中心部のフィナンシャル・センター通り沿いに位置するこのビルは、地下4階、地上32階、150mの高さで、オフィススペース、リテールバンкиング、会議施設、講堂、庭園などから構成されている。

その外観は、四つ角の一つの中心部が大胆にくり抜かれた片持ち梁の形状が特徴的である。4本のカンチレバートラス構造によって、L字型のオフィススペースには8本の支柱だけの設置にして、空間の柔軟性を保持している。また、ガラス張りのファサードはオフィスに豊かな光を取り入れる一方、水平及び垂直に設置された遮光システムで、まぶしすぎず熱を遮るように設計されている。

2.2 昇降機

Mashreq Bank Headquarters向けに、当社は日本(当社稻沢製作所)製のエレベーター4台、タイ(Mitsubishi Elevator Asia Co., Ltd.)製エレベーター3台、韓国(Mitsubishi Elevator Korea Co., Ltd.)製エレベーター6台の計13台を納入した。

ビル高層部へアクセスする日本製エレベーター4台は分速420m、ビル低層部へアクセスする韓国製エレベーター5台は分速360mで、共に1,600kgの積載量を持ち、一度に多くの乗客を高速で目的階へサービスできる仕様になっている。また、行先予報システム(Destination Oriented Allocation System : DOAS)を導入したことでのエレベーターの運行を効率的に制御し、輸送能力の向上を実現している。加えて、VIPが他の乗客との接触を避けて素早く目的階へアクセスできるように、特殊VIP運転を装備している。

る。専用キーによってVIP運転に切り替えられると、運行中の4台のうちの1台を群管理から切り離し、既にかご内に乗車中の乗客を各々の目的階へサービスした後にVIPに専用サービスを開始する仕様になっている。また、ビル側でセキュリティーの制限ができない特定階にはエレベーター乗場にカードリーダーシステムを設置し、カード認証を受けた乗客だけエレベーターに乗車できる仕様にすることで、当社エレベーターでビルのセキュリティー管理の一部を補完する役割も担っている。

また、高速走行を行うエレベーターで発生しやすい騒音を低減させるために、防音性の高い二重壁を採用し、かつローラガイドシューを実装することで、静音かつ低振動の安定した高速走行を実現している。

なお、各カゴ内には10.4インチの大型LCD(Liquid Crystal Display)モニタを設置した。通常は5.7インチのLCDモニタ2枚で各々表示されるエレベーターの運行情報、サービス階情報を1枚の大型LCDモニタで表示させることによって、統一感のあるすっきりとしたデザインにしている。

このビルの建築意匠にはブロンズ調の金属素材が多用されており、エレベーター乗場に設けられた当社製タッチパネル式乗場操作盤(図1、図2)についてもアルミニウムフ



図1. タッチパネル式乗場操作盤



図2. 操作盤 乗場設置イメージ

レームをブロンズ色にアルマイト着色することで、建築意匠との一体感を演出した。また、乗場操作盤はタッチパネルタイプを採用し、入力頻度の低い階は白色で表示させる一方、入力頻度の高いG階(地上階)、B階(地階)の文字を赤色で表示させるなど、スタイリッシュかつユーザビリティの高いデザインにしている。

3. 北京亞太花園酒店

3.1 建物

北京亞太花園酒店は、中国・北京の副都心である通州区に位置する、高さ75m、地上19階の当地域最高級のホテルである。2004年に開業した同ホテルは、当時としては珍しい鉄筋コンクリート造りと円弧グラスウォール外壁設計が適用されている。

3.2 昇降機

2004年の開業時、この施設へは、中国(上海三菱電梯有限公司:SMEC)製エレベーター5台を納入した。2019年に顧客からエレベーターリニューアルの依頼を受けて提案を実施し、リニューアル機種として、中国で三菱電機ブランド機種を生産する、三菱電機上海機電電梯有限公司(MESE)製のエレベーター5台の受注に至った。

顧客からは、商談時に次の三つの要求を受けた。

- (1) リニューアルするエレベーター5台の工事を3フェーズに分け、1フェーズごとの据付け工事期間を20日以内にすること。
- (2) 据付け工事期間中ホテルは休業しないため、工事騒音を最低限に抑え、ホテルの運営に影響が出ないようにすること。
- (3) 建築側の装飾壁を破損しないこと。

上記の要求を受けて行った顧客への提案は、三方枠、敷居、ガイドレール、機械台を残したまま、巻上機や制御盤などの制御機器やかご室、乗場ボタンなどを改修するもので、新規開発のセラミックシュー非常止め(図3)を適用した三菱電機ブランド機種としては、初回案件になった。

ガイドレールを残して行うリニューアル工事は、安全部品である非常止めに大きな影響を与える。非常止めの制動は、レールの材質、硬度、表面粗さの影響を受けるため、高性能な非常止めの適用が求められる。今回新規開発したセラミックシュー非常止めは、既存の球状黒鉛鉄(FCD)材質の非常止めに比べて摩擦係数に優れ、高い制動性能を持っていることから採用に至った。

据付け工事では、既存のガイドレールの撤去及び新規でのガイドレールの据付けが不要になることで、据付け工期



図3. セラミックシュー非常止め



図4. エレベーター乗場(三方枠は既存枠を流用)

が大幅に短縮され、1フェーズあたり20日以内での据付け工事を実現した。また、ガイドレールの穴あけ作業がなくなったため、騒音を最低限に抑え、さらに既存の三方枠をそのまま流用することで建築側の装飾壁の破損もなく、顧客の要求を全て満たすことができた(図4)。

今回セラミックシュー非常止め開発による、ガイドレールを残したままのリニューアルを実現し、リニューアルのメニュー拡充をした。今後自社のエレベーターだけでなく他社のエレベーターのリニューアルにも対応を可能にすることで、中国を始め、他地域でも増加するリニューアル需要の取り込みを一層強化していく。

4. Torre Ejecutiva PEMEX

4.1 建物

Torre Ejecutiva PEMEXは、メキシコ・メキシコシ

ティに立つ地下1階、地上51階建ての高さ214mの超高層ビルである。メキシコシティの中でも、国内最大手の通信会社や国営の電力会社が集まるマリナ・ナシオナル通りに位置しているこのビルは、メキシコ国営の石油会社であるPetroleos Mexicanos(PEMEX)社の自社オフィス案件である。約7,000人が働いているこのビルは1980年に建設が開始され、完成後約20年間にわたり、メキシコで最も高いビルであった。また地震の多い地域であるがゆえに、ビルは地震の影響を最小限にするために、90基の緩衝器とX型の鉄骨ブレース工法を用いており、マグニチュード8.5の地震にも耐え得るよう設計がなされている。

4.2 昇降機

昇降機設備は、ビル開業時に日本(当社稻沢製作所)製のダブルデッキエレベーター18台(分速150／240／300m)、高速エレベーター(分速420m)などを含むエレベーター23台、エスカレーター8台を納入した。そのうち、2011年に分速420mの高速エレベーター2台、2014年に分速240mのダブルデッキエレベーター3台の制御改修を実施した。制御改修とは、既存エレベーターの制御／駆動系(制御盤、巻上機等)を現行の機種に適用されている最新機器へ更新することによって、既存のエレベーターの性能や快適性、省エネルギー性を向上させることである。1982年にこのビルへ納入したダブルデッキエレベーターは、当社で海外向けのダブルデッキエレベーターの初号機、かつ高速ダブルデッキエレベーターの初号機であり、海外向けのダブルデッキエレベーターの制御改修としても、当社初の案件になった。

このダブルデッキエレベーターは、各階へつながるビル内の交通の大動脈であるが、エレベーターの利用者数は、平日の出勤時／退勤時のピーク時間やビル内のイベント開催時など、様々な状況に応じ刻々と変化する。この交通状況の変化に対応するため、上下二つのかごのサービス階を三つの運転モード(シングル運転、セミダブル運転、ダブル運転)によって自由に切り替えられる機能を付与しており、様々な状況に合わせた効率的な輸送と柔軟性を実現



図5. LCD乗場インジケータ

し、顧客満足向上の一助になっている。

また、このダブルデッキエレベーターは積載量1,360kg・分速240mのかごが2台連結しているため、出力の大きい大型の巻上機が適用された。しかしながら、大型巻上機の機械室への搬入は、そのサイズ、質量、及びビル内の機械室までの搬入経路を考慮した結果、巻上機一括での搬入は困難であった。そのため、工場から巻上機を8分割して出荷した後、現地で組立て作業を行う方法を採用した。既存ビルの建築構造に合わせた柔軟な対応の結果、円滑な巻上機の搬入が可能になり、かつ、現場での組立て・調整作業も現地据付けチームと稻沢製作所の技術者との協業と連携によって、所要な品質と性能、快適性を担保するに至った。

さらに乗場へは、全階床で乗場インジケータのリニューアルを行った。上下二つのかごの位置を同時に映し出すことができるLCD乗場インジケータへと一新することで(図5)、乗客の利便性も向上させた。

5. むすび

海外で、当社が最近納めた昇降機設備の主な特長について述べた。

縦の移動手段としてだけでなく、そのビルのコンセプトや顧客の要望に合った、その価値を高める製品・高い品質のサービスを提供していく。

三菱電機のZEBプランニング活動

Mitsubishi Electric's Activities for net Zero Energy Building Planning

柿迫良輔*
Ryosuke Kakisako
中島 理*
Osamu Nakajima
南 知里†
Chisato Minami

要 旨

地球温暖化対策として企業・事業所での省エネルギーが求められており、その取組みの一つとしてZEB(net Zero Energy Building)が注目されている⁽¹⁾。

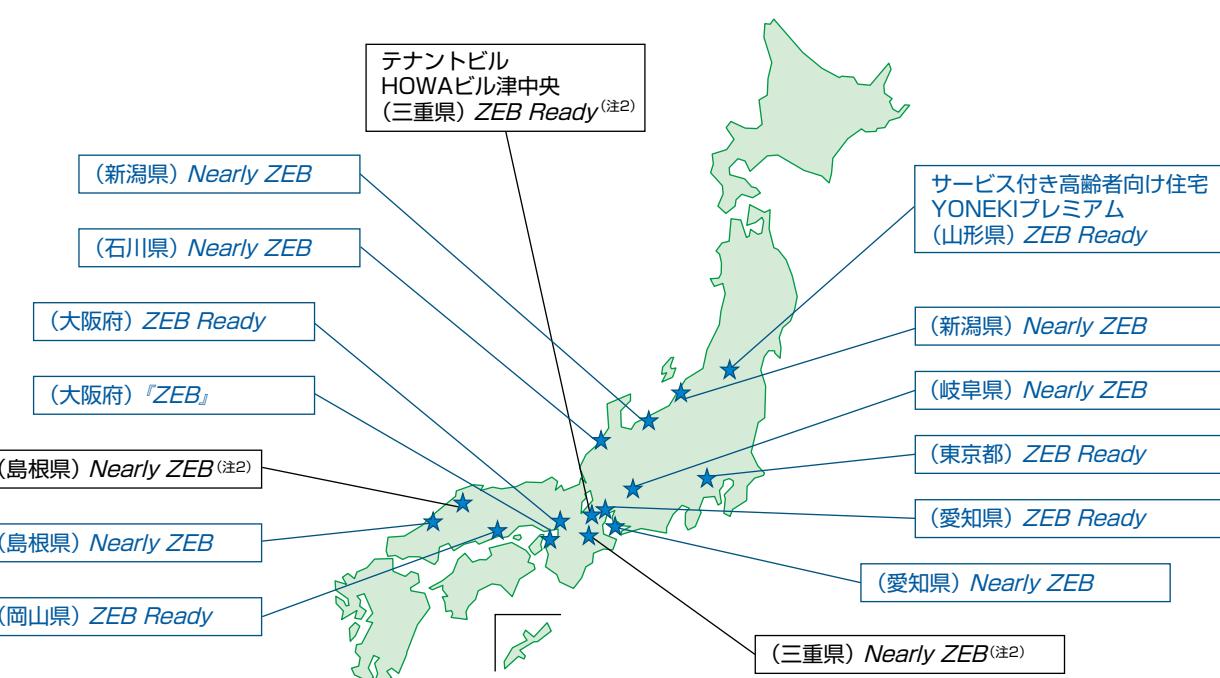
三菱電機は、他電機メーカーに先駆けて^(注1)、2017年に一般社団法人環境共創イニシアチブ(SII)が公募する“ZEBプランナー”に登録し、以降ZEBの実現を目指す顧客(施主・設計事務所・施工業者)に対し、ZEBの提案を行っている。総合電機メーカーならではの強みを生かしながら、設計事務所と連携して設備選定やエネルギー消費性能計算、補助金申請のサポート、運用改善に向けたBEMS(Building Energy Management System)の提案等ZEBの実現に取り組んでいる。

当社のZEBプランニングの特長は体制力、設計力、製

品力であり、顧客のZEB実現要望に総合力で対応できる。ZEBの専門知識を持つ担当者が設備提案からZEB実現可否検討まで行うことで、顧客のZEB実現負荷を軽減する。

これまでに多くの相談を受け、ZEBプランナーとして2017~2019年度で15件のZEB補助金申請を支援した。中にはZEB実現が難しいとされる寒冷地の施設や既存テナントビルも含むが、多くの案件を通じて培ってきたノウハウを活用することでZEB実現に貢献し、補助金も全件採択という結果を得ている。今後もプランニング実績で得た知見を組み合わせ、ZEBの更なる普及拡大への貢献を目指す。

(注1) 2017年5月現在、当社調べ



(注2) 既存建築物の改修事例

当社のZEBプランニング実績

当社がZEBプランナーとして2017年度以降にZEBを実現した建築物の所在地とZEB達成度を示す。全国各地に広く実績を持ち、ZEB達成度として最高ランクの『ZEB』も実現している。また新築だけでなく既存改修でのZEB化も実現しており、幅広い顧客のニーズに対応したプランニングを行ってきた。

1. まえがき

地球温暖化防止に向けて省エネルギーへの世界的な機運が高まる中、日本は2015年のパリ協定で、2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減することを目指として掲げている。

日本の最終エネルギー消費の推移⁽²⁾を図1に示す。図1によると、2017年度の最終エネルギー消費量は、1973年度比で1.2倍に増加している。分野別にみると、業務他部門は2.1倍に増加しており、先に述べたパリ協定での目標達成に向けては、業務他部門での省エネルギーが不可欠である。

このような状況下、企業・事業所での省エネルギー施策の一つとしてZEBの重要性が高まっている。ZEBとは、省エネルギーと創エネによって、ビルで発生するエネルギー消費量の収支をゼロにすることを目指すものであり、現在は政府主導で普及・拡大に向けた各種取組みが展開されている。

本稿では、当社のZEBプランニングの特長と実績について述べる。

2. 国内ZEBの市場動向

2.1 BELS⁽³⁾取得実績によるZEB普及状況

ZEBの建築棟数を示す正確な統計データは公開されていない。しかし、ZEBの条件を満たす建築物は、その多くが国土交通省の定める評価手法に基づき、BELS(建築

物省エネルギー性能表示制度)のZEB認定を取得していると想定されるため、BELS認定取得実績からZEBの普及状況を推定できる。図2は、2019年11月末時点でのBELSのZEB認定取得累積件数の推移⁽⁴⁾である。このグラフから、現時点では全国で300棟を超えるZEBが存在していることが分かる。

また、ZEBの建築棟数を半年ごとの期間別取得棟数に整理すると、2018年度は年間84棟(上期27棟／下期57棟)のZEBが建築されている。2019年度は上期42棟であり、下期も2018年度同ペースで建築されると仮定すれば、下期60棟程度と予想され、年間約100棟が建築されると予想できる。この拡大傾向が今後も継続すると仮定すれば、近いうちにZEBの市場は年間100棟～150棟規模に拡大していくと予想できる。

2.2 ZEB分類による市場分析

BELSのZEB認定を取得した建築物⁽⁴⁾を延べ床面積・建物用途・ZEB達成度別に分類した結果を図3及び次に示す。

- (1) 延べ床面積：5,000m²以下が8割近くを占める。
- (2) 建物用途：百貨店、事務所、病院等が8割を占め、その他の用途は少数である。なお、百貨店等のZEB件数が多い理由は、2017年8月に特定コンビニエンスストアが約100件のZEB認定を取得したことによる（図2）。

- (3) ZEB達成度：Nearly ZEBや『ZEB』が徐々に増えていることが分かるが、大部分はZEB Readyである。

ZEBの普及を更に加速させるためには、建物の規模や用途を問わず、広くZEB実現事例が増え、プランニングの知見が広まることが必要である⁽¹⁾。

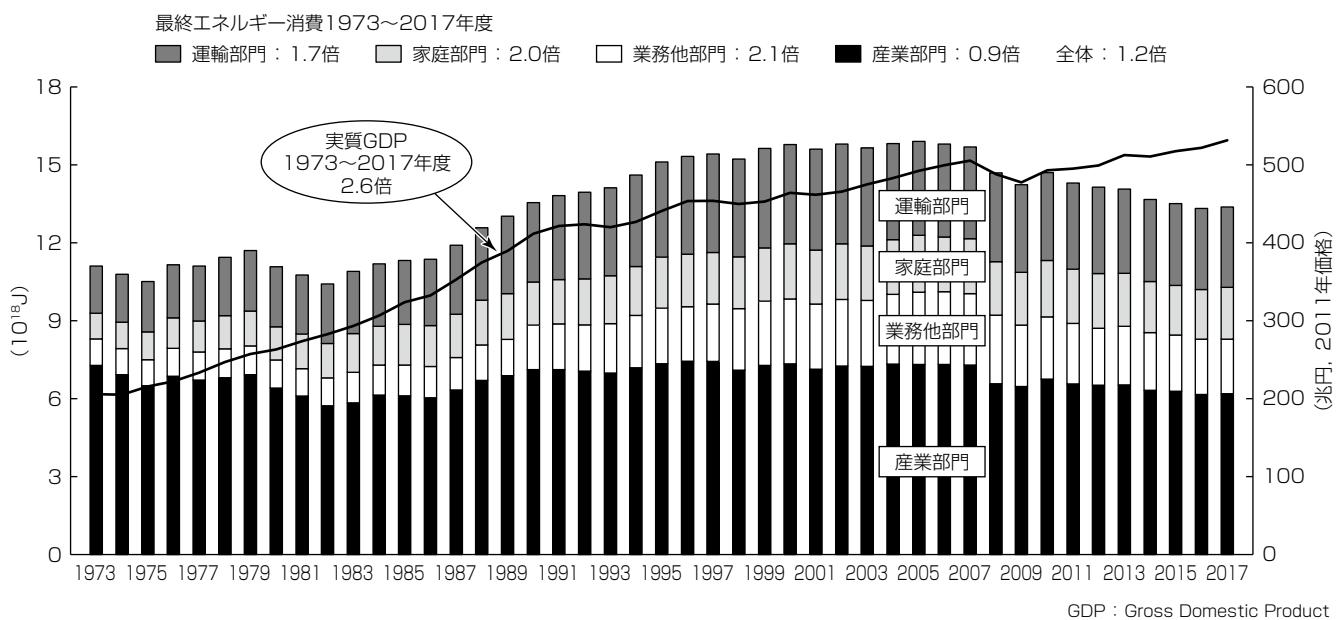


図1. 日本の最終エネルギー消費の推移⁽²⁾

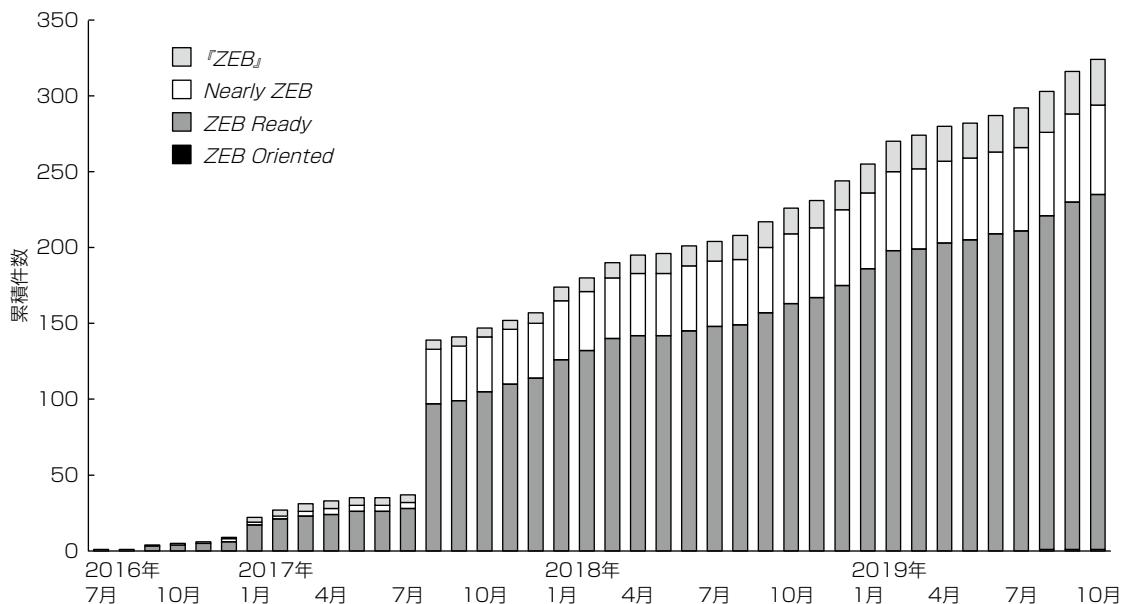


図2. BELSでのZEB認定取得累積件数の推移

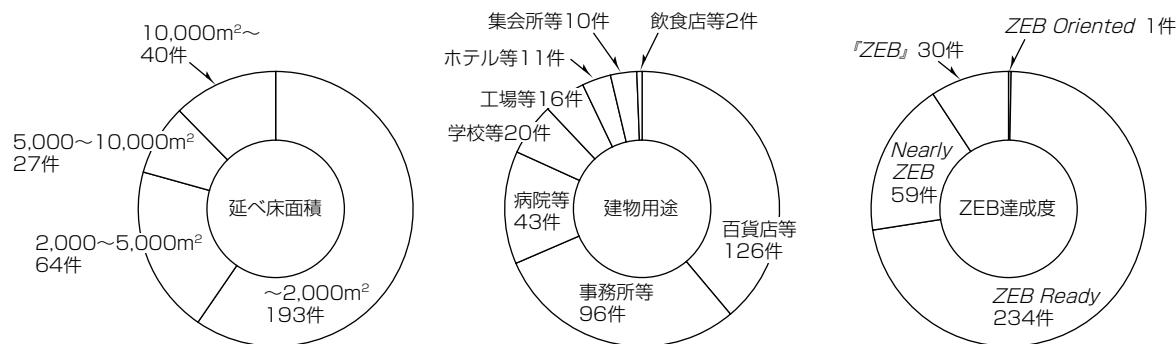


図3. 延べ床面積・建物用途・ZEB達成度分類

3. ZEBプランナーとしての活動

3.1 ZEBプランナーとは

SIIは、ZEBの普及拡大に向け、“ZEBや省エネルギー建築物を設計するための技術や設計知見”や“ZEB実現に向けた相談窓口”を持ち、業務支援を行い、その活動を公表するものを“ZEBプランナー”と定め、2017年から公募している⁽⁵⁾。

ZEBプランナーの役割はそれぞれ次のとおり定められている。

(1) ZEB相談窓口

建築主等からのZEBに関する問合せに対応できる“ZEB相談窓口”を設けて、ZEB実現にかかる具体事例の紹介や概要案内等、広報活動を実施する。

(2) ZEBプランニング支援

建築主等の依頼に基づき、設計、設計施工、コンサルティング等、ZEBプランニングにかかる業務を受注す

る。コンサルティング業務には建築コンサルティング、設備コンサルティング、省エネルギーコンサルティングの種類がある。

(3) ZEBプランニングに関する取組みの公表

自社にかかる省エネルギー建築物のプランニングについて“実績”“今後の取組み計画”を自社ホームページ等で公表するとともに会社概要又は一般消費者の求めに応じて表示できる書類等で明記する。

2019年11月末時点では、当社を含む計174社がこのZEBプランナーに登録している。

3.2 当社のZEBプランニング内容

当社は2017年に電機メーカーとして初めてZEBプランナーに登録された。3.1節で述べた役割を担い、ZEBプランニングにかかるコンサルティング業務を行っている。

図4にZEBプランニングの業務フローと、各過程での当社の役割を示す。当社は各種設備の選定・提案をするだけでなく、ZEBの実現可否判定のためのエネルギー消費性能計算まで担い、基本設定時点から設計事務所の設備設

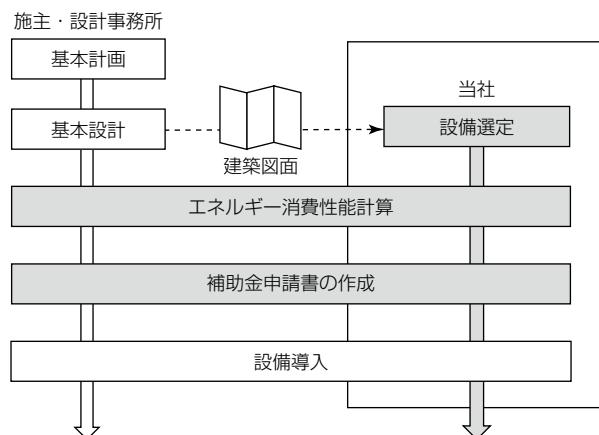
計業務を支援する。また、施主が補助金申請を希望する場合は申請業務の支援を実施するほか、運用上で省エネルギーの状況を把握して省エネルギー制御を実現するためのBEMSを提案する。

3.3 当社のZEBプランニングの特長

当社は省エネルギーに貢献する設備を扱っているだけでなく、設備設計支援が可能なエンジニアリング体制を持っている。設備に関する知識及びこれまでに培った実績・ノウハウを活用することによって、以下のような特長をもって、施主・設計事務所・施工業者等の負荷を軽減しながら、ZEBプランニングを実現する。

(1) 体制力

社内に専門の部署を持ち、ZEB検討に関する問合せに対応する。また、全国各地に顧客からの相談に対応できる窓口として担当者を定め連携している。この体制によってZEBを検討している顧客はZEBの専門知識を持つ担当者に容易に相談可能になる。



(2) 設計力

エネルギー消費性能計算や計算対象になる主要設備提案を一括で行う。ZEB設計での設備選定はZEB実現可否の判断のため、設備選定と計算を繰り返し行う必要がある。当社はこれを一括で行うため、設計事務所の負荷を軽減できる。

(3) 製品力

エネルギー消費性能計算にかかる高効率な設備だけではなく、設備のデータ統合と連携を担う当社のBEMSであるビル統合ソリューション“BuilUnity”を提供できる(図5)。BuilUnityは設備の使用電力量や運転状況の把握、入退室管理システムと設備の連携による在室情報を活用したオン／オフ制御等を行うことができ、運用に合わせた省エネルギーに貢献できる。

4. 当社のZEBプランニング実績

4.1 ZEBプランニング実績

全国各地で営業活動等を進め、2017～2019年度は、ZEBプランナーとして15件のZEB補助金申請に関与している。2018年度に実現したZEBのうち、2件の事例の概要とZEBプランニングでの課題・ポイント等を次に述べる。

4.2 ZEBプランニング事例

4.2.1 サービス付き高齢者向け住宅“YONEKIプレミアム”

“YONEKIプレミアム”は、ZEB化が難しいとされる寒冷地で大幅な省エネルギーを達成し、ZEBを実現した事例である(図6)。



(1) ZEB実現での課題

- ①寒冷地のため暖房負荷が高い。
- ②建物用途が高齢者向け住宅のため給湯負荷が高く、空調と合わせると建物消費エネルギーの約8割を占める。

(2) プランニング策(一例)

- ①建築躯体(くたい)側の断熱性を確保した上で、効率の良い空調設計を実施した(設計事務所との連携)。
- ②特に空調、給湯設備で省エネルギーを実現する方法を複数提案し、各案でのエネルギー消費性能を明示した。

(3) ZEB実現後の反響(施主ヒアリング結果)

- ①BEMSから空調や照明の制御が可能になり、運用が楽になった。
- ②省エネルギーのために我慢することなく、入居者・職員共に快適に過ごすことができている。

4.2.2 テナントビル“HOWAビル津中央”

“HOWAビル津中央”は、既設テナントビル(1991年竣工(しゅんこう))の“居ながら改修”でZEBを実現した事例である(図7)。

(1) ZEB実現での課題

- ①テナント利用者に配慮した改修工事計画の立案が必要である。
- ②新築と違い、建築躯体側での省エネルギー対策に制限が多い。また、各設備の導入時期や状況も様々である。



図6. “YONEKIプレミアム”的概要

- ・建物用途
病院等
(サービス付き
高齢者向け住宅)
- ・所在地
山形県山形市
- ・敷地面積
2,207m²
- ・延べ床面積
2,099m²
- ・当社納入製品
空調、換気、照明、
昇降機、太陽光発電、
BEMS



図7. “HOWAビル津中央”的概要

- ・建物用途
事務所等
(テナントビル)
- ・所在地
三重県津市
- ・敷地面積
1,010m²
- ・延べ床面積
3,752m²
- ・当社納入製品
空調、照明、給湯、
太陽光発電、BEMS



図8. “ZEB関連技術実証棟”的外観イメージ

(2) プランニング策(一例)

- ①当社グループ会社で既存建築物の設備改修に知見を持つ三菱電機ビルテクノサービス(株)と連携することで、テナント利用者に配慮した改修工事計画を提案した。
- ②事前調査で正確に改修前の建物の状況を分析し、ZEB実現に必要と判断した設備だけを更新した。

(3) ZEB実現後の反響(施主ヒアリング結果)

- ①工事開始から終了までテナント入居者から苦情が出ることもなく、スムーズに改修が終わった。
- ②BEMSの“見える化”機能等によって、テナント入居者の省エネルギー意識が高まっている。

5. む す び

ZEBの動向と当社のZEBプランナーとしての特長と実績について述べた。取り上げた事例では当社のZEBプランナーとしての対応力、また製品・システムの性能や機能についてヒアリングした。

現在、当社情報技術総合研究所(神奈川県鎌倉市)内に建設中の“ZEB関連技術実証棟(図8)”(2020年9月稼働予定)での技術開発によって製品力の向上を図ることはもちろん、これまでに培った実績・ノウハウ等の分析を通じて、更なるプランニング力の向上とZEBの普及拡大への貢献を目指す。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課：平成30年度ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ(2019)
- (2) 経済産業省 資源エネルギー庁：エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2019)(2019)
- (3) 国土交通省：建築物省エネルギー性能表示制度(BELS)の開始について
http://www.mlit.go.jp/report/press/house04_hh_000505.html
- (4) 一般社団法人 住宅性能評価・表示協会：BELS事例紹介
<https://www3.hyoukakyoukai.or.jp/cases>
- (5) 一般社団法人 環境共創イニシアチブ：平成31年度ネット・ゼロ・エネルギー・ビル(ZEB)実証事業 公募要領(2019)