

三菱電機技報

9

2015

Vol.89 No.9

昇降機・ビルシステム・セキュリティ



目次

特集「昇降機・ビルシステム・セキュリティ」

昇降機・ビルシステム・セキュリティ特集に寄せて	1
石川雅彦	
昇降機の国内法規・規格動向と耐震対策	2
伊藤和昌・東中恒裕・井上昭彦	
荷物用Elemotion+	8
奥田清治	
避難時のエレベーター新利用方式	12
小松 理・ウィム オファーハウス・アシカー ラーマン	
エレベーター行先予報システムと タッチパネル式乗場操作盤	16
谷山健二・松田和子・永田絢子	
エレベーター調速機張り車の動挙動解析技術	20
福井孝太郎・渡辺誠治・新川岳史・加藤雅樹	
エスカレータートラストラス圧縮時の自立評価	24
縄田昌彦・橋丘 豊・毛利圭佑	
エスカレーター手摺のFEM解析	28
毛利圭佑・橋丘 豊	
最近の昇降機国内・海外納入事例	32
元近早希・榎 由佳	
ビル管理システム用新コントローラ	38
浦口 剛・柴 昇司	
ビル群の電力ピーク平準化技術	42
佐藤冬樹・小林直樹・川野裕希・野中美緒	
監視カメラ向け無線ネットワーク	46
堀 敏典・相川秀斗・石田秀徳	

Elevators Escalators Building Systems and Security Systems

Contribution to Special Issue on Elevators Escalators Building Systems and Security Systems	Masahiko Ishikawa
Legal Trends and Earthquake-proof Measures of Mitsubishi Elevators and Escalators	Kazumasa Ito, Tsunehiro Higashinaka, Akihiko Inoue
Freight Elevator Renewal Elemotion+	Seiji Okuda
New Method of Utilizing Lifts for Evacuation	Masashi Komatsu, Wim Offerhaus, Ashiqur Rahman
Destination Oriented Allocation System and Hall Operating Panel with Touch Screen	Kenji Taniyama, Kazuko Matsuda, Ayako Nagata
Dynamic Analysis of Vertical Movement of Elevator Governor Tension Sheave	Kotaro Fukui, Seiji Watanabe, Takeshi Niikawa, Masaki Kato
Independence Evaluation for Escalator Truss Compression	Masahiko Nawata, Yutaka Hashioka, Keisuke Mori
Analysis with Finite Element Method for Escalator Hand Rail	Keisuke Mori, Yutaka Hashioka
Latest Supply Record of Mitsubishi Elevators and Escalators	Saki Motochika, Yuka Enoki
New Controller for Building Management System	Takeshi Uruguchi, Shoji Shiba
Peak Load Leveling Technology for Group of Buildings	Fuyuki Sato, Naoki Kobayashi, Hiroki Kawano, Mio Nonaka
Wireless Network for Surveillance Cameras	Toshinori Hori, Hideto Aikawa, Hidenori Ishida

特許と新案

「乗客コンベアの欄干照明装置」	
「エレベータの安全装置」	50
「認証装置」	

表紙：昇降機・ビルシステム・セキュリティ

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マネジメントシステムやセキュリティシステムを提供している。

①中南米市場向けエレベーター“NEXIEZ-GPX”

中南米地域では中低層住宅やオフィスビルが増えており、快適性・安全性とともに低価格が求められている。こうした新興国市場における建設需要の増大に対応した新たな昇降機“NEXIEZ-GPX”を発売した。

②ビル管理システム用新コントローラ

当社比で約7割の小型化・軽量化を実現した新コントローラは新設だけでなく、リプレース商談の対応力を強化するとともに、環境負荷を大幅に低減した。

上は、ビル設備の監視・制御を行う新ローカルコントロールプロセッサ(LCP)、下は、新コントローラを共通プラットフォームとして、LCPを系統ごとに複数台管理する新ファシリティコントロールプロセッサ(FCP)である。

③上海市の大型商業施設にスパイラルエスカレーターを納入

中国 上海市の大型商業施設である上海新世界大丸百貨にスパイラルエスカレーター12台を含む計51台のエレベーター・エスカレーターを納入した。



①



②



③

巻/頭/言

昇降機・ビルシステム・セキュリティ特集に寄せて

Contribution to Special Issue on Elevators Escalators
Building Systems and Security Systems

石川雅彦
Masahiko Ishikawa



世界的な人口増加，都市化が進む中で，地球環境にやさしく，安全・安心で快適な都市空間が求められています。

昇降機は今や縦の交通インフラとして必要不可欠なものとなっています。より高い安全性・安心感が求められており，更には地震・異常気象や火災など災害時の対策，避難用としての積極的活用も期待されています。また，都市化の進行とともに建物は高層化し，高い輸送能力のニーズも増えています。

三菱昇降機は，これまで安全・安心の提供，環境への配慮，そして利便性・快適性の向上に取り組んできました。

運行効率と省エネルギーを両立させる群管理システム，待ち時間や乗車時間を短縮するスーパー可変速システム，地震時に異常の有無を自動診断して復旧させる“ELE-Quick(エレクイック)”，そして，超高速・大容量エレベーター，スパイラルエスカレーターなどを業界に先駆けて開発してきました。

また，安全・安心に利用し続けていただくために，これまで保守サービスにも注力してきましたが，昨今，老朽化する昇降機が増加する一方で耐震・安全装置等の基準も見直されており，リニューアルの重要性が増えています。耐震基準への適合や戸開走行保護装置(UCMP)などの安全装置，その他最新技術を付加することで，安全性・省エネルギー・利便性・快適性が向上します。そのために建物ごとの事情や要望にお応えできるメニューの更なる充実も進めてまいります。

一方，ビルシステムも居住空間における安全・安心の提供，環境への配慮，利便性・快適性の向上に不可欠なものとなっています。

入退室管理システムでは，指透過認証装置，ハンズフ

リー認証装置，カメラインタホン付きカードリーダー等，セキュリティ性，利便性を向上させた機器を開発し，建物ごとの運用に合わせた通行制御や在室管理，カードマネジメントシステムによる個人情報の一元管理運用などを実現してきました。

ビル管理システムでは，建物内設備の監視や制御及びWebによる遠隔管理や見える化によって，利便性・快適性を提供しています。

昨今では電力不足によるエネルギー管理強化，機密情報管理強化，異物混入による食の安全などがクローズアップされています。さらに，建物内にとどまらず，複数の建物をネットワークで結ぶなど，顧客ニーズはますます高度化し，多様化しています。このような状況の中，建物内設備及び建物間を連携させ，より高度なソリューションの提供にも注力しています。ビル管理システムと空調・照明など設備との連携強化によって，テナントや建物全体のエネルギー使用量が見える化し，デマンド制御やピークカット制御，顧客への省エネルギー提案に取り組んでいます。昇降機とセキュリティーゲートを連動させたセキュアかつ高運行効率な行き先予報システム，入退室管理システムとカメラシステムの連携による高いセキュリティ性も実現しています。

今後も，三菱電機の総合技術力を生かし，連携を強化することによって，より高度化・多様化するニーズへのソリューション提供を目指します。

あわせて，保守サービスも含め，建物や製品のライフサイクルを通して，常に安全・安心を確保し，快適な移動と居住空間を提供し続けていくことによって，活力とゆとりのある社会の実現に貢献していきます。

昇降機の国内法規・規格動向と耐震対策

伊藤和昌*
 東中恒裕*
 井上昭彦*

Legal Trends and Earthquake-proof Measures of Mitsubishi Elevators and Escalators

Kazumasa Ito, Tsunehiro Higashinaka, Akihiko Inoue

要 旨

市場で発生した災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新への対応として昇降機に関する法規・規格の改正が日々行われている。最近の法規・規格の改正動向の1つとして、国土交通省が、重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法についての報告書をまとめた⁽²⁾。この報告書では、エレベーターの安全装置について、日本工業規格(JIS)を制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

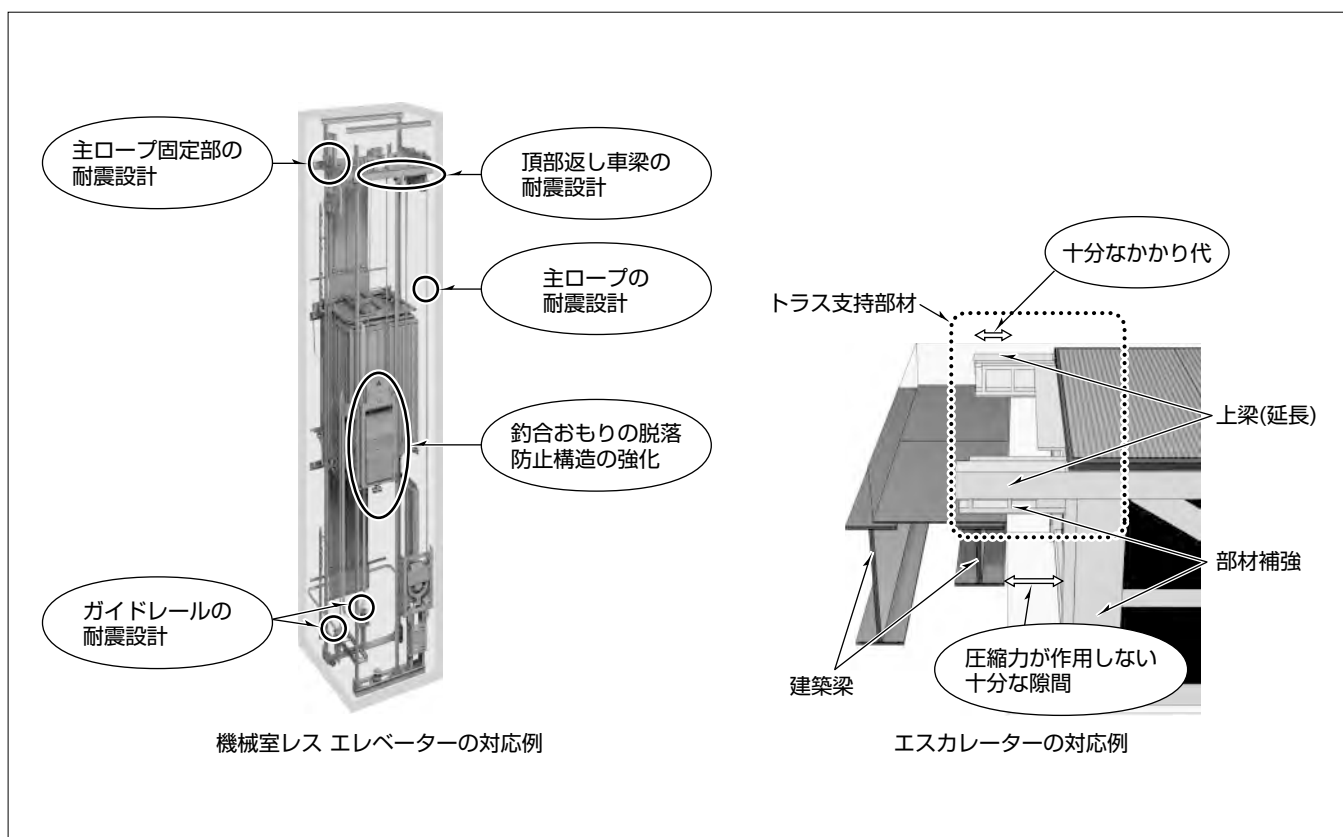
一方、2011年3月11日に発生した東日本大震災を教訓とした対策として、改正建築基準法が2014年4月に施行された。主な改正項目は、利用者の安全確保と昇降機設備の被害抑制を目的とした“耐震性能の強化”の義務化である。

エレベーターの法改正の主な項目は次のとおりである。

- (1) 釣合おもりの脱落防止構造の強化
 - (2) 地震に対する構造耐力上の安全性を確かめるための構造設計の規定追加
 - (3) 荷物・自動車用エレベーターの適用除外規定の変更
- また、エスカレーターの法改正の主な項目は次のとおりである。

- (1) 十分な“かかり代”を設ける構造方法
- (2) 脱落防止措置(バックアップ措置)を講じる構造方法
- (3) 上層階トラス固定側の設計用水平震度を1.0に強化

三菱電機は、これら改正建築基準法の耐震対策に対応したエレベーター及びエスカレーターの開発を行うことで、より確かな安全・安心を提供する。



法改正の対応例

エレベーターの法改正対応として、①釣合おもりの脱落防止構造の強化、②主ロープ固定部、主ロープ、ガイドレール及び頂部返し車梁(はり)に対する地震時の構造設計が追加規定された。エスカレーターの対応として、③十分な“かかり代”を設ける構造方法が規定された。かかり代延長対策として層間変形角1/40の場合両端非固定支持として、階高8,800mmまではトラス支持部材を延長する。

1. ま え が き

昇降機に関する法規・規格は、市場で発生した災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新に対応して改正が行われてきた。

国土交通省は、2015年4月27日に重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法についての報告書を社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会に示し、了承された。報告書は、エレベーターの一部の安全装置について、JISを制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

また、2011年3月11日に日本に甚大な被害をもたらした東日本大震災を教訓とした対策として、改正建築基準法が2014年4月に施行された。主な変更項目は、利用者の安全確保と昇降機設備の被害抑制を目的とした“耐震性能の強化”の義務化である。

本稿では、昇降機の国内法規・規格動向として先に述べた報告書の骨子を述べるとともに、当社昇降機の耐震対策のための開発内容及び製品の特長について述べる。

2. 昇降機の国内法規・規格動向

2.1 安全装置のJISの制定と審査方法の分類

国土交通省は、昇降機の一部の安全装置についてJISを制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

国土交通省の昇降機等安全審査ワーキンググループでは、重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法について検討を行い報告書をまとめた⁽²⁾。報告書では、安全装置等の審査方法として、図1に示すように3つの方法に分類された。

(1) 大臣認定による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置のうち、高度な検証を必要とするものの審査

(2) 大臣認定又は引用規格による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置のうち、一般化した技術要素によるものの審査

(3) 現行規定による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置以外のものの審査

(2)については、安全装置についてJISを制定して告示で引用する方法を採用することになった。戸開走行保護装置は、既に(1)の国土交通大臣認定制度の審査が適用されている。

JISを制定して告示で引用する審査方法は、表1に示すように、調速機、非常止め装置、緩衝器の3つの安全装置が対象となるが、電気回路装置である調速機・非常止め装置・緩衝器、及び装置の起動をソフトウェアを通じて行う装置は、起動の確実性や信頼性の評価が難しいことから、国土交通大臣認定による審査対象となった。

安全装置のJIS原案は、一般社団法人日本エレベーター協会が作成を行う。安全審査の制度変更は、政令の改正が必要で、一般的には政令改正から約2年後の施行となることが多い。今後、安全装置のJIS規格製品を第三者が認証する仕組みや、国土交通大臣認定の新たな制度化が進められる予定である。

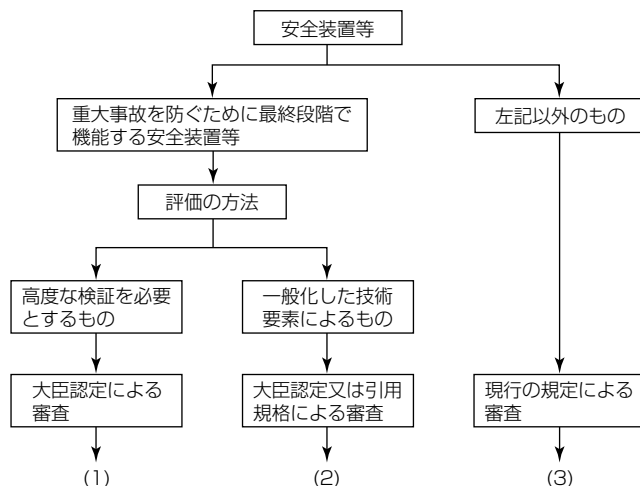


図1. 安全装置等の整理の基本的コンセプト⁽²⁾

表1. 具体的安全装置等の分類とその審査方法⁽²⁾

	図1の(1)に分類されるもの (国土交通大臣認定の対象化)	図1の(2)に分類されるもの (国土交通大臣認定又は引用規格の対象化等)	図1の(3)に分類されるもの (当面は現行の運用を継続)
戸開走行保護装置	全ての戸開走行保護装置 (認定による審査が必要であることを明確化)	(告示による審査ルートは存在しない)	—
調速機 非常止め装置 緩衝器	電気回路装置である調速機・非常止め装置・緩衝器 (業務方法書の内容を明確化)	一般的な調速機・非常止め装置・緩衝器 (国土交通大臣認定による審査の枠組を在置し、適切な規格が策定された場合は、告示で引用)	—
ファイナルリミットスイッチ 保守点検スイッチ 頂部/ピット安全確保スイッチ	装置の起動をソフトウェアを通じて行う装置 (業務方法書の内容を明確化)	装置の起動を機械的に行うもので、ソフトウェアを含まないスイッチ (告示内容を明確化)	—
リミットスイッチ調節装置 (戸開走行防止装置)	—	—	リミットスイッチ調節装置
地震時管制運転装置	—	—	地震時管制運転装置
床合わせ補正装置	—	—	床合わせ補正装置
過荷重検知装置	—	—	過荷重検知装置
非常連絡装置	—	—	非常連絡装置
停電灯	—	—	停電灯

2.2 昇降機の耐震対策に関する法改正

改正建築基準法が2014年4月に施行された。法改正の背景としては、2011年3月に発生した東日本大震災でエレベーターの釣合おもりの脱落やガイドレールが変形する事案、エスカレーターが脱落する事案が複数発生したことが挙げられる。これら事案を受け、2013年7月に“建築基準法施行令を改正する政令”が公布され、エレベーター及びエスカレーターの耐震対策に関する建築基準法施行令、告示が制定及び一部改正され、2014年4月に施行された。

次に、昇降機の耐震対策に関する法改正の概要と当社昇降機での対応について述べる。

3. エレベーターの耐震対策

3.1 エレベーターの耐震対策に関する法改正

東日本大震災でエレベーターの釣合おもりの脱落やレールが変形する事案の発生を受け、2013年7月に、エレベーターの主要構造を規定する建築基準法施行令第129条の4に、耐震上の強度についての項目(第3項第五及び六)が追加されるなどの改正が公布された。具体的な内容は、次の3項目である。

- 平成25年国土交通省告示第1047号：エレベーターの地震その他の震動に対する構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算の基準を定める件(建築基準法施行令第129条の4第3項第六に基づく)

この告示によって、エレベーターのかご又は釣合おもりを支持する主要な部分の地震時の強度計算方法が定められた。主要な支持部分は、表2のような機器が該当する。

この告示における強度計算は式(1)で表わされる。エレベーターの昇降する部分及び積載荷重によって生じる力に地震力によって生じる力を付加した時の、主要な支持部分の断面に生じる短期の応力度に対し、別途規定される短期に生じる力に対する許容応力度を超えないことを定めている。

$$\text{応力度} = G + P + K \cdots \cdots (1)$$

G ：エレベーターの各機器(かご、釣合おもりなど)によって生じる力

P ：かごに乗り込む利用者及び搭載する荷物などによって生じる力

表2. 地震時の強度計算方法が定められた機器

エレベーターの種類	対象となる機器
ロープ式(機械室あり)	主ロープ、主ロープ固定部、マシンビーム
ロープ式(機械室なし)	主ロープ、主ロープ固定部、かご、積載荷重等が常時作用するガイドレール、頂部返し車梁
直接油圧式	プランジャー、シリンダー、圧力配管、高圧ホース
間接油圧式	プランジャー、シリンダー、圧力配管、高圧ホース、主ロープ、主ロープ固定部、頂部綱止め梁
くさり(チェーン)駆動式	くさり、くさり固定部、マシンビーム
段差解消機など	ガイドレール、ガイドレール支柱など
その他の特殊エレベーター	駆動機構

K ：地震力によって生じる力

地震力によって生じる力 K は、

$$K = k(G + P) \cdots \cdots (2)$$

で示され、 k は地域ごとに定められた係数にこの告示で定められた設計用水平又は鉛直標準震度を乗じた値であり、標準的には、水平=0.6、鉛直=0.3である。

- 平成25年国土交通省告示第1048号：地震その他の震動によってエレベーターの釣合おもりが脱落するおそれがない構造を定める件(建築基準法施行令第129条の4第3項第五に基づく)

この告示では、地震時に釣合おもりの枠が変形・損傷して釣合おもりが脱落したり、搭載されているおもり片が枠から外れて落下したりすることのない次の構造にすることが求められている。

- ① 枠及びおもり片によって構成すること。
- ② 枠は(1)同様の荷重の元で強度規定を満足すること。
- ③ 枠の変形によるおもり片の落下防止措置を講じるか、枠の変形量を規定以下とすること。
- 平成25年国土交通省告示第1050、1051、1052号：乗用及び寝台用エレベーター以外のエレベーターの昇降路、制御器、安全装置について安全上支障がない構造方法を定める件(建築基準法施行令第129条の11に基づく)

これら3つの告示では荷物用エレベーター等における一部施行令の適用除外可能な構造が定められた。当社の該当する荷物用エレベーター等で適用除外できない構造の場合、従来から当該施行令に対応済みである。

3.2 昇降機耐震設計・施工指針の改定

従来、エレベーターの耐震設計は法令ではなく、昇降機耐震設計・施工指針で規定されていた。今回の法改正前は2009年版であったが、法改正を反映してこの指針も2014年版に改定された。従来との主要な変更箇所を次にまとめる。

- 強度計算の対象となる機器に使用する鋼材が、鋼材等の許容応力度並びに材料強度の基準強度を定める建設省告示第2464号に定められた値がない鋼材の場合、引っ張り強さに対して安全率2を考慮する(表3)。
- かご、釣合おもりの走行を案内するガイドレールで機器によって生じる圧縮荷重を常時負担する構造の機械室レスエレベーターで、路走行に伴う加減速を考慮して、昇降する部分の荷重については、1.3を乗じた数値で計算する。

表3. 基準強度の指定有無による許容応力度の違いの例

	SS400	海外規格品など
引っ張り強さ	410	410
降伏点	235	235
告示第2464号による基準強度	235	なし
短期許容応力度	235	205

単位：N/mm²

- (3) 鈎合おもりの枠の耐震設計を行う際、上下及び左右の枠の接合部はピン接合と見なして、応力度計算及び変形の計算を行う。

3.3 法改正に関する当社製品の対応

3.1節と3.2節で述べた法改正と設計・施工指針の改正を受けて実施した当社製品の対応例について次に述べる。

(1) ガイドレール鋼材の国土交通大臣の認定取得

従来ガイドレール鋼材は、3.2節で述べた告示外の材料を適用し、耐震設計では、耐震設計・施工指針に従い、その鋼材の降伏点を許容応力度とした計算を行っていたが、3.2節(1)のとおり、引き続き同じレール素材を適用する場合、引っ張り強さに対して安全率2を考慮した許容応力度で評価することが求められた。また、3.2節(2)の荷重条件の変更によって、作用荷重が3割増しとなることと合わせ、法改正によって6～7割程度まで強度が低下することに相当し、ガイドレールのサイズアップ並びにコスト増、エレベーターの占有平面積の増大といった大きな影響が生じる問題があった。これに対して、鋼材メーカーと協力し、ガイドレール鋼材の国土交通大臣の認定を取得したことで、従来と同じ許容応力度での設計を可能とし、法改正による影響を最小化した。

(2) 鈎合おもりの構造変更

従来の鈎合おもりの枠の耐震設計では、3.2節で述べた耐震設計・施工指針に基づき、枠の接合部を剛節と見なした計算を行っていた。このため、枠の一部を補強する構造変更を行い、これまでと同等のエレベーター仕様範囲に対応できるようにした(図2)。

(3) エレベーターリニューアル耐震改修メニューの変更

先に述べた法改正は、古くなったエレベーターを部分的、全面的に改修するエレベーターリニューアルにも影響が及ぶ。具体的には、昇降機確認申請を再度行う必要があるような改修の場合、この改正への対応を目的とした改修でない時にも対応が必要になる。古い機種の場合、3.2節(1)の告示に基準強度が定められていない鋼材を適用しているケースがあるため、該当機器の交換など、耐震メニューの見直しを行い、法改正に対応した。

また、基準強度が定められている鋼材を使用しているケースでも、この法改正に適合する強度を持つか再計算を行い、必要に応じて機器の交換を行う対応とした。

4. エスカレーター耐震対策

4.1 エスカレーターの耐震対策に関する法改正

東日本大震災で、建築物の変形によってエスカレーターが建築梁から外れ、脱落するという事案が複数発生した。エスカレーターが建築梁から脱落した主要因は、エスカレーターの上端と下端を支持している建築梁間の距離が地震力によって広がり、エスカレーター端部の建築梁に対するエスカレーター支持部材のかかり代の長さが維持できなくなったことが考えられる。これを受けて2013年7月に建築基準法施行令第129条の12第1項第六“地震その他の震動によって脱落するおそれがないものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとする。”が規定された。また2013年国土交通省告示第1046号(以下“告示第1046号”という。)で、地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法が規定された。次にその内容を示す。

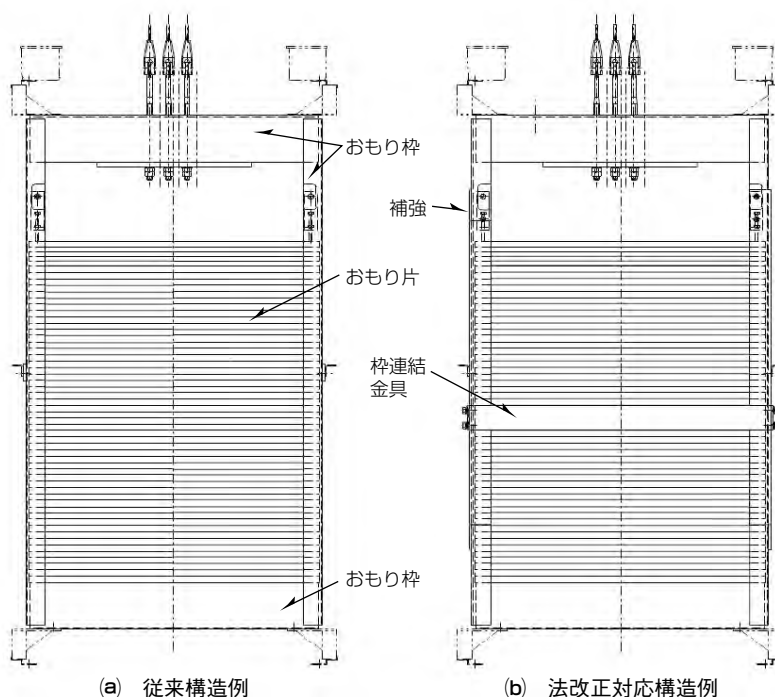


図2. 鈎合おもりの構造変更例

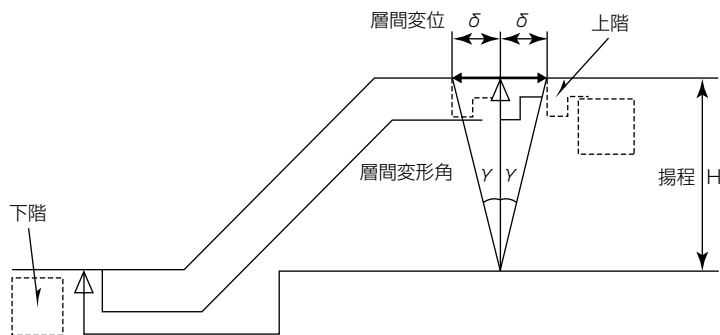


図3. 層間変形角と層間変位

(1) 脱落するおそれがない構造方法

エスカレーターのトラスを支持する構造は、トラスの一端を支持部材を用いて建築物等の強固な部分(以下“建築物”という。)と固定し、その他端の支持部材を建築物の上にトラスが摺動(しゅうどう)するもの(以下“一端固定”という。)又はトラスの両端の支持部材を建築物の上にトラスが摺動するもの(以下“両端非固定”という。)である。このトラスの非固定支持部側でエスカレーターが脱落するおそれがない構造とは、エスカレーター支持部材の建築物に対するかかり代長が確保されていることを意味し、脱落しないための必要なかかり代長は“建築物の層間変位”と“エスカレーターと建築物間の隙間”によって規定される。建築物の層間変位 δ は建築物の層間変形角 γ によって決まり(図3), 層間変位は式(3)によって表される。

$$\delta = \gamma \cdot H \cdots \cdots (3)$$

δ : 層間変位

γ : 層間変形角

H : 揚程

エスカレーターの耐震設計で使用する建築物の層間変形角を“エスカレーターの設計用層間変形角”というが、告示第1046号の公布前にあった昇降機耐震設計・施工指針2009年版(以下“09耐震指針”という。)の規定値1/100に対して、告示第1046号では1/40~1/24以上が原則となり、脱落しないためのかかり代長さの大幅な延長が必要となった。

次にかかり代長さ B の計算式を示す(図4)。

①一端固定の場合

$$B \geq \Sigma \gamma \cdot H + 20 (C > \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \cdots \cdots (4)$$

$$B \geq 2 \Sigma \gamma \cdot H - C + 20 (C \leq \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \cdots \cdots (5)$$

C : 非固定端の隙間(mm)

γ : エスカレーターの上端と下端の間の各階の設計用層間変形角

H : エスカレーターの上端と下端の間の各階の揚程(mm)

B : かかり代長さ(mm)

②両端非固定の場合

$$B \geq \Sigma \gamma \cdot H + D + 20 (C + D > \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \cdots \cdots (6)$$

$$B \geq 2 \Sigma \gamma \cdot H - C + 20 (C + D \leq \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \cdots \cdots (7)$$

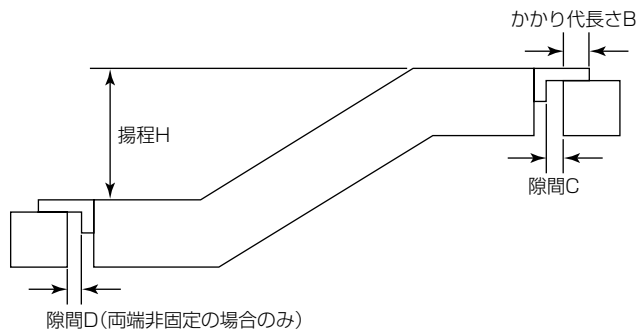


図4. かかり代長さと隙間

C : 計算しようとする一端の隙間(mm)

D : 他端の隙間(mm)

γ : エスカレーターの上端と下端の間の各階の設計用層間変形角

H : エスカレーターの上端と下端の間の各階の揚程(mm)

B : かかり代長さ(mm)

また層間変位によって建築物間の距離が小さくなった場合でも、トラスに圧縮力が作用しないようにエスカレーターと建築物に十分な隙間を設ける事項が追加された。

(2) 脱落防止措置を講じる構造方法

設計用層間変形角によって十分な隙間が確保された場合でも十分なかかり代長さが確保できない場合は、脱落防止措置を講じる必要がある。この場合のかかり代長さの算出に用いる設計用層間変形角は1/100以上でなければならない。

(3) 設計用水平標準震度の見直し

エスカレーターのトラス固定支持部分で、地震力によって負荷される水平荷重を算出する際に用いる地震力係数(設計用水平標準震度)の最大値が、09耐震指針では0.6であったが、告示第1046号では1.0となり強化された。

4.2 法改正に関する当社製品の対応

4.1節で述べた法改正を受けて実施した当社製品の対応例について次に述べる。

(1) かかり代長さの延長と隙間の確保

トラス支持部材と建築物の十分なかかり代を確保するために、トラスの支持部材や上梁を延長する構造を採用した。

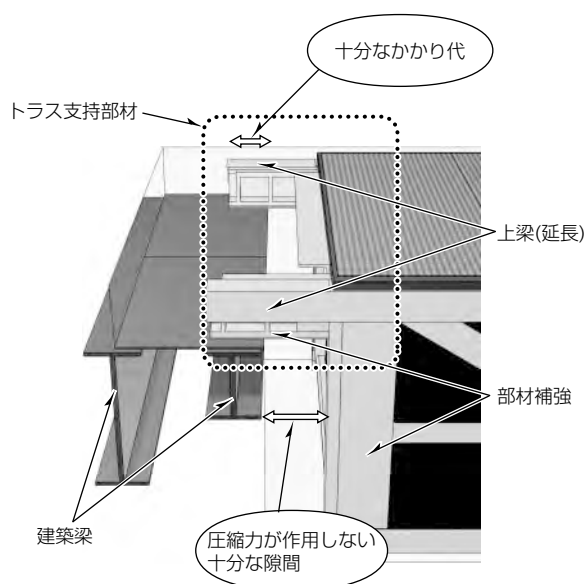


図5. かり代と隙間

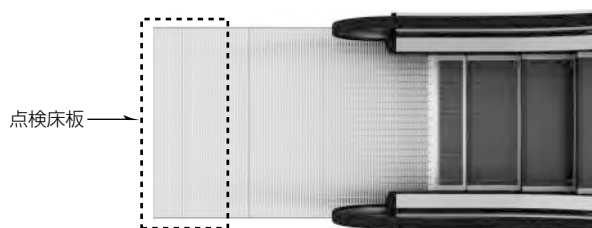


図6. 点検床板

また層間変位によって建築梁間距離が小さくなった場合でもトラスに圧縮力が作用しないように、建築梁とエスカレーターの間に十分な隙間を確保した(図5)。

またトラス支持部材を延長した部分は建築床仕上げとせず、開閉可能なエスカレーターの床板を延長した構造として、エスカレーター設置後も容易に支持部を点検できる構造とした(図6)。

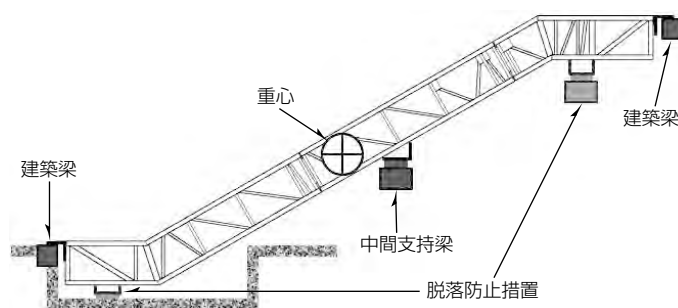


図7. 脱落防止措置の例

(2) 脱落防止措置

十分なかり代長さが確保できない場合は、端部支持部が建築梁から外れてもトラスが自立する位置に建築工事で脱落防止措置を追加する。また中間支持梁を脱落防止措置として設置する場合もある(図7)。

5. む す び

昇降機に関する法規・規格は、日々市場で発生する災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新に対応して改正が行われている。三菱エレベーター・エスカレーターは、改正建築基準法に対応することで、より確かな安全・安心を提供する。

参 考 文 献

- (1) 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター，一般社団法人日本エレベーター協会：昇降機技術基準の解説 2014年版
- (2) 社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会昇降機等安全審査ワーキンググループ：“エレベーターの安全装置等の審査のあり方について”報告書，国土交通省住宅局建築指導課（2015）

荷物用Elemotion+

奥田清治*

Freight Elevator Renewal Elemotion+

Seiji Okuda

要 旨

荷物用エレベーターを対象としたリニューアル機種としては、2004年から“荷物用ELEMOTION”を販売してきた。しかし、発売からかなりの年月が経過して、市場の要求も変化してきている。

また、ここ数年にわたり、荷物用以外のリニューアル機種も順次モデルチェンジを進めてきた。低速エレベーターのリニューアル専用機種としてELEMOTIONに代わる“Elemotion+”を発売してきた。2011年2月に規格型エレベーターを、2011年8月には特注型エレベーターを対象としたリニューアル機種を発売した。

今回、Elemotion+をベースにして荷物用エレベーターを対象としたリニューアル機種“荷物用Elemotion+”を開

発したので、その特長と次の2つの開発項目について述べる。

(1) 上開きドア電気システム

従来の荷物用ELEMOTIONはシステム構成上、8停止までしか対応できなかった。しかし、今回は上開きドアを制御するドアインタフェース基板及びそれらを実装するドアインタフェース盤を新規に開発し、16停止まで対応できるようにした。また、Elemotion+の電気システムに適用可能な構成とするため、電気システム構成を見直した。

(2) 操作表示器具

最新のエレベーター“AXIEZ(アクシーズ)”で使用している操作表示器具をベースに、荷物用専用のかご及び乗場操作表示器具を開発した。



“荷物用Elemotion+”の乗場とかご

リニューアル機種荷物用Elemotion+の乗場とかご内の外観である。

1. ま え が き

荷物用エレベーターを対象としたリニューアル機種としては、2004年から荷物用ELEMOTIONを販売してきた。しかし、発売からかなりの年月が経過して、市場の要求も変化してきている。

また、ここ数年にわたり、荷物用以外のリニューアル機種も順次モデルチェンジを進めてきた。低速エレベーターのリニューアル専用機種としてELEMOTIONに代わるElemotion+を発売してきた。2011年2月に規格型エレベーターを、2011年8月には特注型エレベーターを対象としたリニューアル機種を発売した。

今回、Elemotion+をベースにして荷物用エレベーターを対象としたリニューアル機種を開発したので、荷物用Elemotion+の特長と主な開発内容を述べる。

2. 概 要

2.1 適用範囲

表1にElemotion+の標準適用範囲を示す。荷物用Elemotion+の適用範囲は速度30～60m/min、積載量3,000kg以下である。また、表2にリニューアルできる荷物用エレベーターの対象範囲を示す。

2.2 メニュー及び機器構成

表3に荷物用Elemotion+のメニューを示す。規格型、特注型と同様にメニューは主に7つに分かれている。基本メニューとしてエレベーターの制御に必要な電気機器を必ず取り替える。そして、顧客のニーズに合わせて取替え機器を増やしていく複数のメニューを準備している。

図1に荷物用Elemotion+の代表的な機器構成例として上開きドアで巻上機を流用した時の構成を示す。図に示したとおり、制御機器の制御盤、巻上機モータ、ドアインタフェース盤、かご上ステーション、着床装置、秤装置、かご操作盤、乗場操作盤、乗場インジケータ、行き過ぎ制限

表1. Elemotion+の適用範囲

機種		規格型	特注型	荷物用
用途		乗用・住宅用・寝台用	乗用・人荷用	
速度(m/min)		30～105	30～105	
積載量 (kg)	450	2011年 2 月発売	2011年 8 月発売	2015年 4 月発売
	750			
	1,000			
	1,600			
	2,450			
	3,000			

表2. Elemotion+の対象範囲

対象年月	～1990年9月
操作方式	単式自動運転方式(1BF) 単式自動運転方式乗場相互階制御(1BF-SEN) 全自動運転方式(2BC)
最大停止数	16停止(1BF-SENの場合、停止数でなく、乗場数が最大16)

スイッチを取り替える。また、かご、かごのドア装置、乗場のドア装置、安全装置その他機器を流用する。

表3. 荷物用Elemotion+のメニュー

総称	メニュー	タイプ (注1)	取替項目概要											
			基本 制御機器	巻上機+UCMP	天井	かご室	かご戸閉	乗場戸閉	かご枠	安全装置 (注2)	機械台	三方枠	乗場敷居	レール
分割	Motion-F	A	自由選択											
		B	自由選択											
	Motion-1	A	○											
		B	○	○										
	Motion-2	A	○		○									
		B	○	○	○									
	Motion-3	A	○		○	○	○							
		B	○	○	○	○	○							
	Motion-4	A	○		○	○	○	○						
		B	○	○	○	○	○	○						
一括	Motion-5	-	○	○	○	○	○	○	○	○				
	Motion-6	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	Motion-7	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(注1) Aは巻上機流用、Bは巻上機取替え

(注2) 調速機、非常止め、緩衝器等
UCMP：戸開走行保護装置

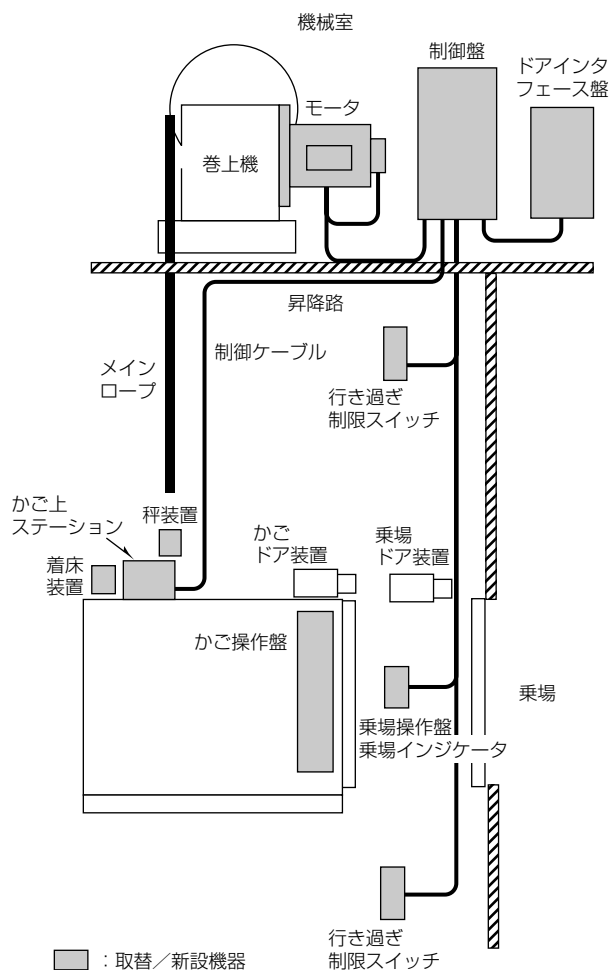


図1. 荷物用Elemotion+の代表的な機器構成例

3. 開発内容

3.1 開発目的

従来販売してきた荷物用ELEMOTIONに代わる荷物用Elemotion+は、次の項目を訴求点として開発を進めた。

- (1) 上開きドアタイプエレベーターの最大停止数の拡大
- (2) 規格型、特注型Elemotion+とのシステム、部品共用化
- (3) かご、乗場意匠機器の更新
- (4) Elemotion+対応ウォーム巻上機の戸開走行保護装置(UCMP)認定取得

3.2 上開きドア電気システム

上開きドアの既設物件の大半が8停止以下のため、荷物用ELEMOTIONは8停止まで対応可能なシステム構成として開発した。しかし、既設荷物用エレベーターは工場、百貨店など大口の顧客に納入している物件が多い。そのため、9停止以上の案件に対してシステムが対応できないと、他のリニューアル、新設物件の受注、保守契約に影響しかねないため、9停止以上にも対応できるシステムを開発した。

また、ELEMOTIONからElemotion+に変わり、電気システムが大幅に変更されているため、新しい電気システムに合った上開きドア電気システムを開発した。

3.2.1 電気システム構成

図2(a)に荷物用ELEMOTIONの上開きドア電気システムの構成を、図2(b)に今回開発した荷物用Elemotion+の上開きドア電気システムの構成を示す。ドアインタフェース基板Aはかごドア装置を駆動及びかご・乗場ドア装置を制御する基板で、ドアインタフェース基板Bは乗場ドア装置を駆動する基板である。9停止以上の場合、9～16停止用で乗場ドアを駆動するためのドアインタフェース基板Bをもう1枚使用することにした。そして2枚のドアインタ

フェース基板Bを制御できるドアインタフェース基板Aを新規に開発した。

また、ELEMOTIONからElemotion+への電気システムの変更の1つとして、エレベーター制御基板と各機器間の通信データ量を増やすために通信方式が変更された(通信速度4.8Kbps→128.88Kbps)。そのため、ドアインタフェース基板Aとエレベーター制御基板との通信方式の変更が必要になる。一方、ドアインタフェース基板Aは基板種類削減のため、ELEMOTIONのドアインタフェース基板A故障時の交換基板としても使用できるように互換性を確保する必要がある。しかし、ELEMOTION及びElemotion+の方式の通信を接続するための両回路を実装することが困難なため、ドアインタフェース基板AはELEMOTIONの方式の通信に対応させ、通信方式を変換する通信変換基板を開発して通信変換基板とエレベーター制御基板間をElemotion+の方式の通信を行うシステムを構築した。

3.2.2 ドアインタフェース基板A

図3に新規開発したドアインタフェース基板Aの外観を示す。3.2.1項で述べたとおり、ELEMOTIONのドアインタフェース基板Aとの互換性を確保するため、ELEMOTIONと基板外形は同寸法とした。また、9停止以上に対応するため、階床を表示できるセグメントLEDを1個追加し、2桁の階床数を表示できるようにした。また、ドアインタフェース基板Bを接続するI/O(Input/Output)も追加した。

3.2.3 ドアインタフェース盤

ドアインタフェース盤の種類削減のため9停止以上も8停止以下と同じ盤で対応させるため、ドアインタフェース基板Bを追加実装できる構造とした。また、従来通り、フ

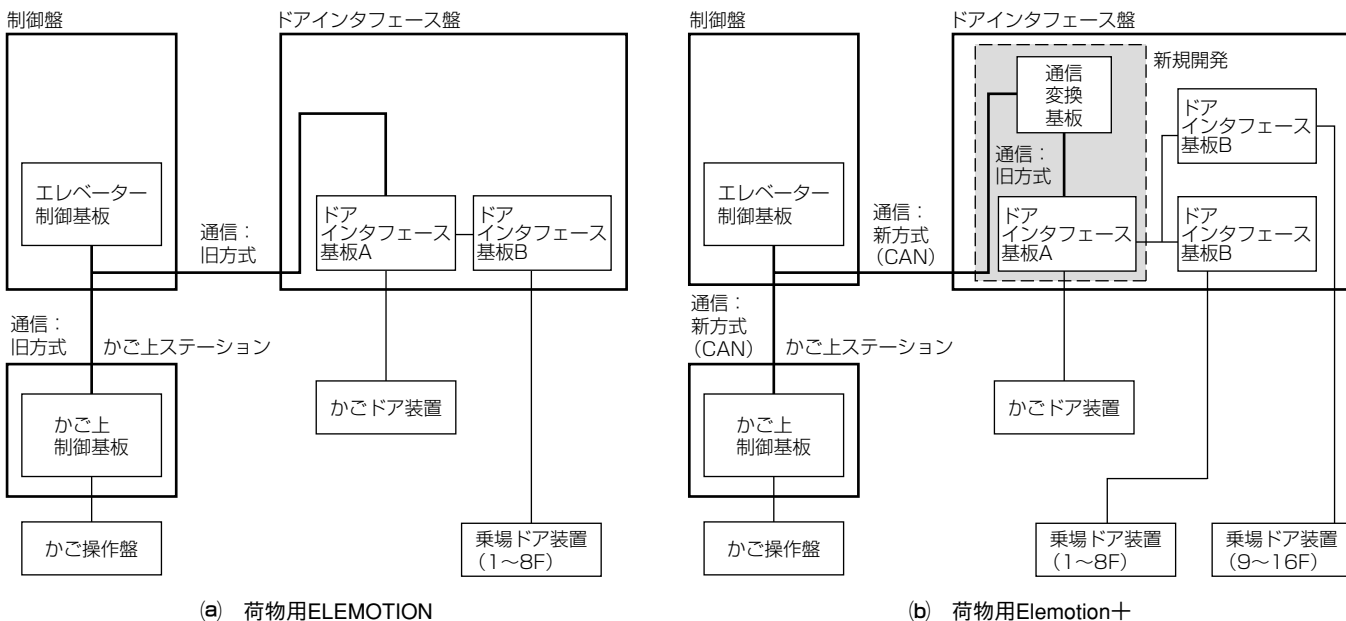


図2. 上開きドア電気システムの構成

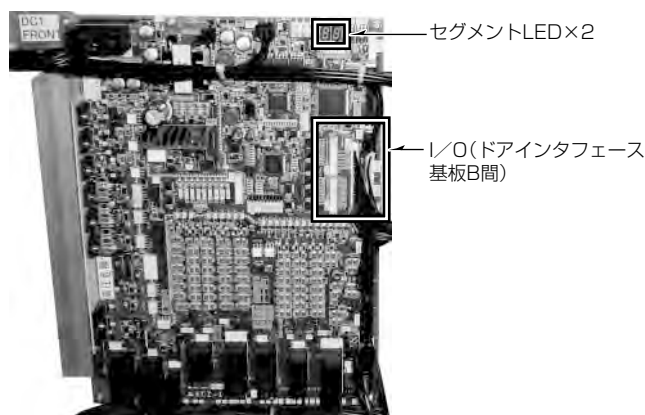


図 3. ドアインタフェース基板A

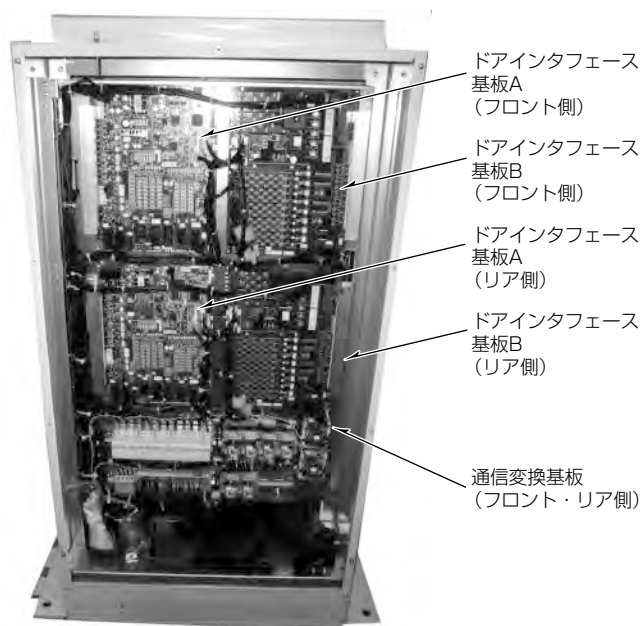


図 4. ドアインタフェース盤

フロントとリアにドアがある場合には図 2 (b)記載の基板を 2 セット実装する必要がある。図 4 に前カバーを外しているドアインタフェース盤の外観を示す。基板を実装している板金がヒンジ構造となっており、手前に開く構造とし、板金裏側に 9 停止以上で実装するドアインタフェース基板 B を実装し、右下に通信変換基板を実装する構造とした。ドアインタフェース盤の外形は650(W)×1,240(H)×400(D)(mm)となり、ELEMOTIONより横幅が約250mm増えたが、高さを約200mm低く抑えることによって、地震の揺



図 5. 乗場操作盤と乗場インジケータ

れに対して転倒しにくい構造とした。開発時にはJIS C60068-2-59, 60068-3-3に基づく耐震試験及び過去の大地震を想定した耐震試験を実施して、転倒、変形及び内部部品の破損などが無いことを確認した。

3.3 操作表示器具⁽¹⁾

荷物用エレベーターは 3 つの操作方式(単式自動運転方式“1BF”，単式自動運転方式乗場相互階制御“1BF-SEN”，全自動運転方式“2BC”)のいずれかが適用され、各操作方式に応じて操作表示器具が異なるため、各々の操作表示器具を開発した。開発に当たり、より顧客に受け入れられるように三菱電機の最新エレベーター“AXIEZ”のボタンデザインをベースにデザインを一新した。図 5 に代表的な操作表示器具(乗場操作盤、乗場インジケータ)の外観を示す。

4. む す び

荷物用Elemotion+の特長、開発内容について述べた。今後もエレベーターリニューアルの更なる販売拡大のため、低価格、短工期を目指すとともに顧客が求めやすい機種を開発していく。

参 考 文 献

- (1) 湯浅英治，ほか：エレベーターの新デザイン・新機能，三菱電機技報，86，No. 8，445～448（2012）

避難時のエレベーター新利用方式

小松 理*
ウィム オファーハウス*
アシカー ラーマン*

New Method of Utilizing Lifts for Evacuation

Masashi Komatsu, Wim Offerhaus, Ashiqur Rahman

要 旨

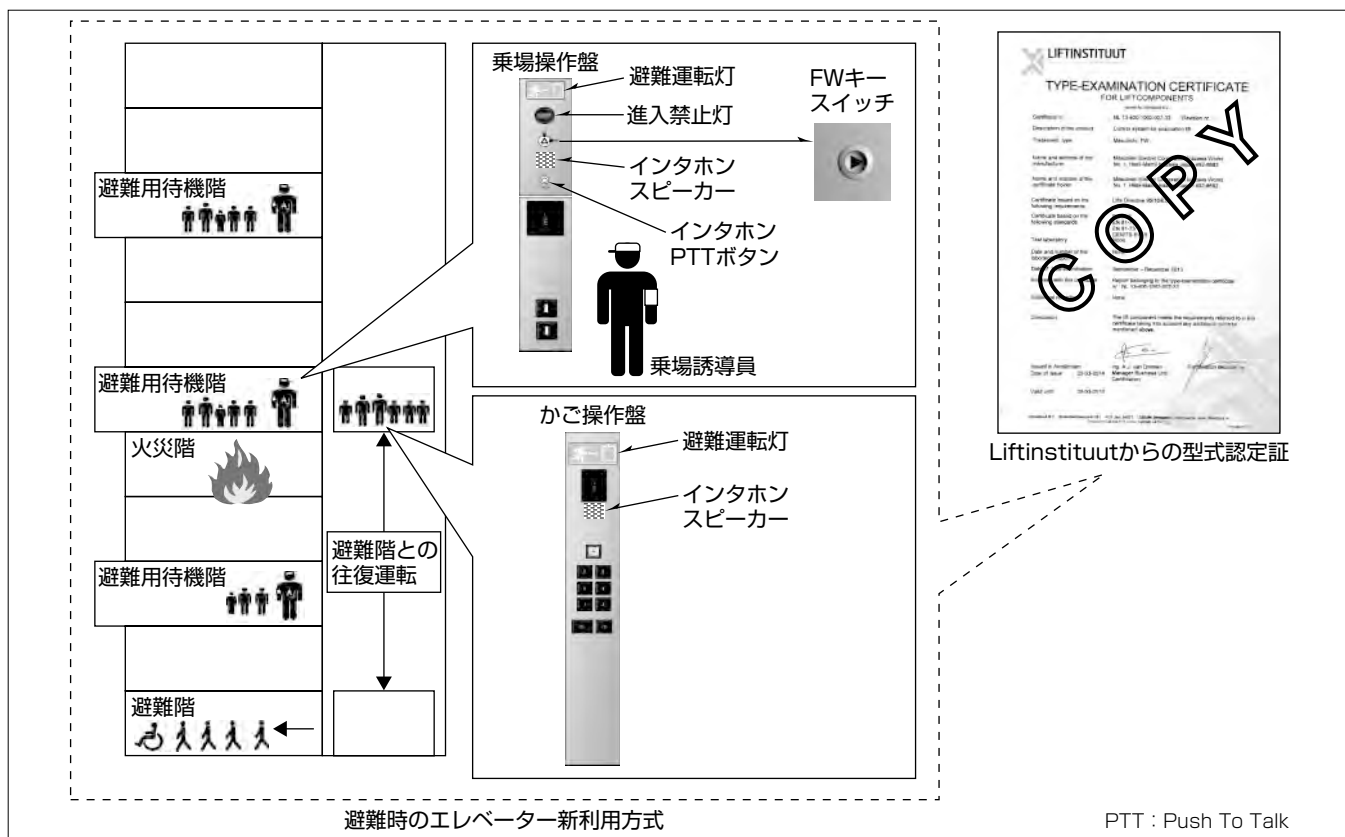
近年のビルの高層化と、それに伴う高齢者・身障者の避難への関心の高まりから、日本のみならず欧米でも避難時のエレベーター利用方式について議論されてきた。

第一の方式は、英国規格協会 (BSI)、及び欧州標準化委員会 (CEN) からの、かご内運転手による身障者の避難時利用方式である。また、第二の方式として、国際標準化委員会 (ISO)、及び米国規格協会 (ASME) からの、ビルマネジメントシステム (BMS) と連動した全自動方式がある。さらに、ドバイのブルジュハリファのような超高層ビル向けで実績がある、かご内運転手とBMSの組合せによるシャトル方式が第三の方式として挙げられる。しかし、従来の方式では、緊急時にかごの定格積載量のうち、かご内運転

手の体重分を避難者用に利用できない、また、大規模で高価なBMSが必要といった制約がある。

本稿では、それらの制約を低減するため、乗場誘導員による避難時のエレベーター新利用方式を提案する。この方式は、緊急時にビル内の人々の避難を支援する避難誘導班が組織される場合に有効である。乗場誘導員は、避難階へビル内の人々を避難させるため、避難用待機階に避難者を集める。その後、エレベーターを避難階へ送るための運転操作を乗場から行うことによって、かごの定格積載量を最大限に活用し、また高価なBMSを必要としない方式とした。

この方式は、2014年3月にオランダの認定機関Liftinstituutから型式認定を取得している。



避難時のエレベーター新利用方式と型式認定証

火災時、乗場誘導員が避難用待機階に設けられたFW (Floor Warden) キースイッチを投入することで、避難運転を開始する。乗場誘導員が避難用待機階の乗場ボタンを押し続けると戸閉し、避難階に走行して乗客を避難させる。その後、避難用待機階と避難階間の往復運転を繰り返す。同様の往復運転によって複数の避難用待機階からの避難運転を実施する。この新利用方式に対し、オランダの認定機関であるLiftinstituutから型式認定証を受領した。

1. ま え が き

火災時等、緊急時のエレベーター利用は禁止するのが通例であったが、近年の高齢者・身障者の避難、及び高層ビルからの避難に鑑み、日本では、東京の順天堂医院や虎ノ門ヒルズで、非常用エレベーターを利用した避難計画が採用され始めている。一方、欧米でも幾つかの方式が提案されている。英国規格協会(BSI)は、2008年にBS9999としてエレベーターのかご内運転手による身障者の避難時利用方式を規格化しており⁽¹⁾、欧州標準化委員会(CEN)も、2011年に類似の方式を技術仕様書CEN/TS81-76で提案している⁽²⁾。また、国際標準化委員会(ISO)は、ビルマネジメントシステム(BMS)と連動した全自動の避難時利用方式を開発し、2014年にISO/TS18870が発行されている⁽³⁾。さらに、米国機械学会(ASME)は、類似の全自動方式を2013年にASME A17.1の中で規格化している⁽⁴⁾。しかし、これらの従来方式は、緊急時にかごの定格積載量のうち、かご内運転手の体重分を避難者用に利用できない、大規模で高価なBMSが必要、といった制約がある。そこで本稿では、海外でも特に欧米向けのエレベーターに関して、これらの制約を低減した、乗場誘導員による避難時のエレベーター新利用方式を提案する。

2. 避難時のエレベーター利用方式

避難時のエレベーター利用の従来方式と新方式について述べる。また、それらの比較を表1に示す。

2.1 従 来 方 式

2.1.1 かご内運転手方式

低層のケアハウス、病院用に提案された避難時利用方式で、緊急時にエレベーターを訓練されたかご内運転手による専用運転に切り換え、身障者を避難階へ運ぶ。避難階と避難階以外の乗場、及び避難階とかご内の2系統の通信システムを持つ。

2.1.2 全自動方式

高層ビル用に提案された避難時利用方式である。大規模なBMSのモニタリングによって、避難が必要な階へエレベーターを走行させ、その階の避難が完了するまで避難階

との往復運転を行う。ASME A17.1は、火災発生階とその上下2階床分をサービスするとしている。この方式では、かご内とビル監視センターとの通信を行う。

2.1.3 シャトル方式

マレーシア・クアラルンプールのペトロナスツインタワー(452.0m)や、アラブ首長国連邦・ドバイのブルジュハリファ(828.0m)のような超高層ビル用に採用された方式である⁽⁵⁾。ビルに幾つかの避難用待機階が設置され、緊急時にビル内の人々は避難用待機階に集まってエレベーターが来るのを待つ。エレベーターはかご内運転手による専用運転によって避難用待機階と避難階の間の“シャトル運転”を行う。全自動方式と同様、かご内とビル監視センターとの通話を行う。

2.2 新方式(乗場誘導員方式)

欧米でも、日本の消防法に見られる避難誘導班に類似する組織があることに注目した。特に、ケアハウスや病院では、高齢者や身障者の避難誘導、オフィスではビル内の多くの人々が迅速に避難するため、特定階床ごとに避難誘導班が組織されることが多い。そこで、特定階床ごとに配置された乗場誘導員が乗場からエレベーターを運転する乗場誘導員方式を提案する。この方式では、乗場誘導員が配置された特定階床(避難用待機階としての役割)同士、及び特定階床とかご内が同時に通話できる通話システムを採用する。

乗場誘導員方式のメリットは次のとおりである。

- (1) かご内に運転手を配置しないため、定格積載量を最大限に利用できる。
- (2) 乗場誘導員が特定階床ごとに配置されるため、高価なBMSを必要としない。
- (3) 乗場誘導員が乗場に配置されているため、エレベーターに乗車しようとする避難者の混乱を制御可能である。また、乗場誘導員によって身障者の乗車を優先させ、健常者を階段利用に誘導することができる。

3. 乗場誘導員方式の特長

3.1 操作表示器具

図1に乗場誘導員による避難時のエレベーター利用のために必要な操作表示器具の一例を示す。

表1. 避難時のエレベーター利用方式の比較

方式	かご内運転手方式	全自動方式		シャトル方式	新方式(乗場誘導員方式)
規格	CEN/TS81-76, BS9999	ISO/DTS24744	ASMEA17.1	—	—
低層／高層	低層ビル	高層ビル	高層ビル	高層ビル(特に超高層ビル)	低層ビル, 高層ビル
主なビル用途	ケアハウス, 病院	指定なし	オフィス	指定なし	ケアハウス, 病院, オフィス
避難対象者	身障者	全人員	全人員	全人員	全人員
運転方法	かご内運転手による運転	BMS連動による全自動運転	BMS連動による全自動運転	かご内運転手による運転	乗場誘導員による運転
避難運転のサービス階	全階床	全階床(乗場呼びに応答)	火災発生階及びその上下2階床(乗場呼びに応答)	避難用待機階	避難用待機階
通話システム	避難階と避難階以外の乗場, 及び避難階とかご内	かご内とビル監視センター	かご内とビル監視センター	かご内とビル監視センター	避難用待機階同士, 及びかご内と避難用待機階

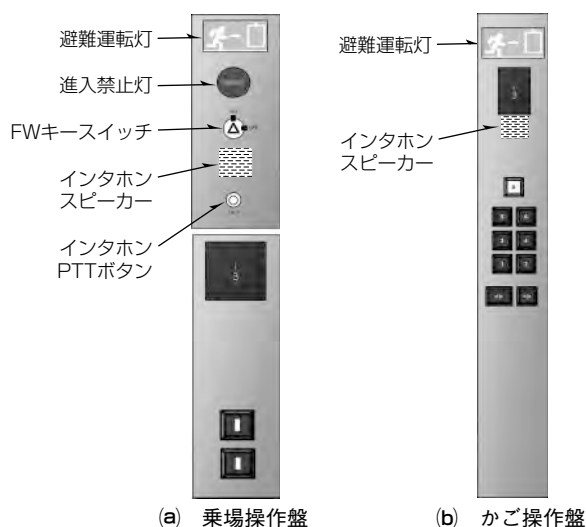


図 1. 乗場誘導員方式に必要な操作表示器具の一例

3.1.1 乗場操作盤

避難用待機階のエレベーター近傍に設置され、避難用待機階が複数ある場合は、それぞれの避難用待機階に設置する。通常時に使用する乗場ボタン、位置表示器、方向灯に加え、避難運転に切り換えるためのFWキースイッチと、避難運転時に避難用待機階間で通話するためのPTTボタン、及びインタホンスピーカーを持つ。また、避難運転中に点灯する避難運転灯、及び避難運転を開始後にビルの火災状況によって避難運転が継続困難と判断され(昇降路内の煙感知器等)、エレベーターを避難階へ休止させた場合に点灯する進入禁止灯を持つ。

3.1.2 かご操作盤

乗場操作盤と同様の避難運転灯を持つ。また、避難運転時に避難用待機階からの乗場誘導員の通話をかご内でも聴くことが可能なインタホンスピーカーを持つ。

3.1.3 通話装置

避難用待機階同士、及び避難用待機階とかご内の通話を一系統で同時に行うインタホンシステムとした。通常、ビル内には複数の避難用待機階が存在し、1つの避難用待機階からの避難運転を実施中は、他の避難用待機階の乗場誘導員及び避難者は待たされることになる。したがって、乗場誘導員同士で相互に状況を確認し合うための通話手段が不可欠である。ある避難用待機階のPTTボタンを操作すると、全ての避難用待機階と通話が可能となる。

この間、かご内スピーカーにも通話が流れ、かご内乗客も避難活動の状況を把握することができ、心理的不安の軽減を可能とした。

3.2 運転方式

乗場誘導員方式の避難運転の基本フローを図2に示す。火災発生時、ある避難用待機階のFWキースイッチが当該階の乗場誘導員によって投入される。エレベーターは通常運転から切り離され、避難運転を開始する。避難運転中は、

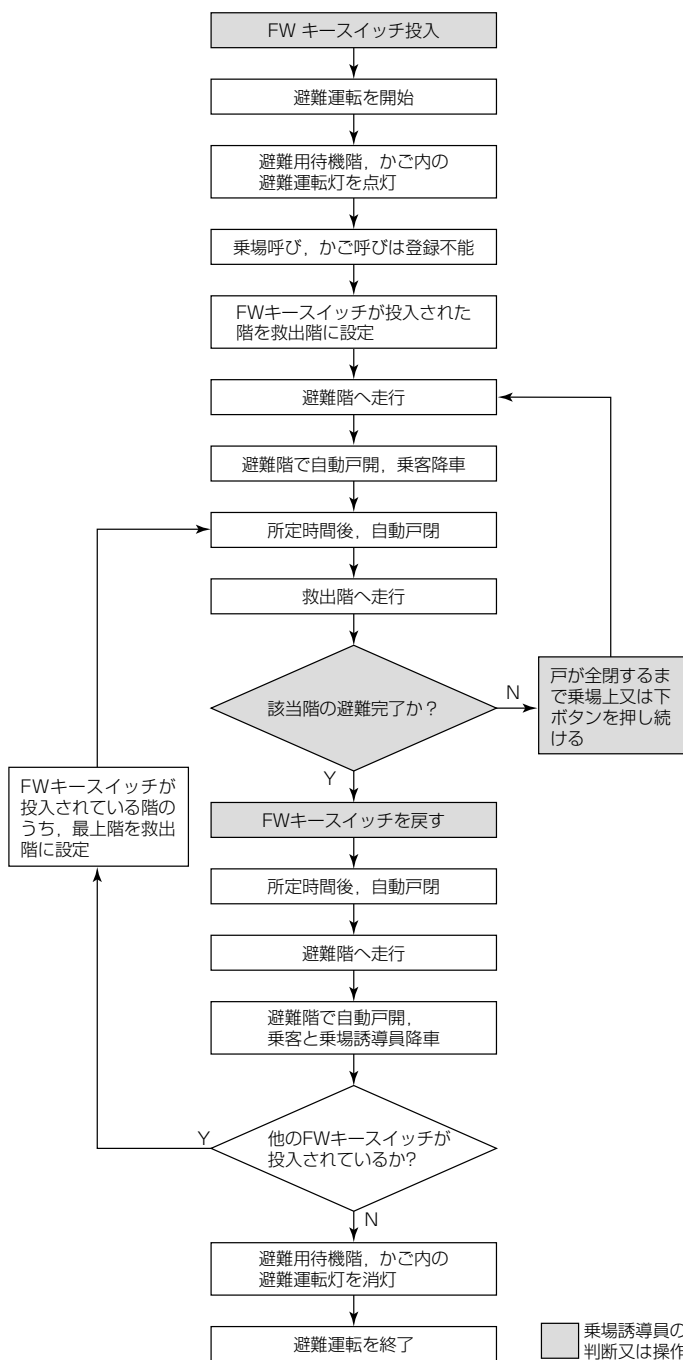


図 2. 乗場誘導員方式の避難運転の基本フロー

全ての避難用待機階とかご内の避難運転灯が点灯し、登録済みの乗場呼び、かご呼びはキャンセルされ、新規の登録が不能となる。

準備段階として、エレベーターは避難階へ走行して自動戸開し、かご内の乗客を降車させる。これによって、かご内にいた乗客の安全を確保し、また避難運転でかごの定格積載量を最大限に利用できることになる。その後、自動戸閉し、エレベーターは救出階(FWキースイッチが投入されている避難用待機階)に直行する。救出階に到着すると、避難者を乗車させるため、自動戸開する。乗場誘導員が避難者をかご内へ誘導し、十分に乗車させた後、乗場又は下ボタンを押し続ける。戸が全閉する前に乗場ボタンを放

すと、反転戸開し、戸が全閉するまで乗場ボタンを押し続けるとエレベーターは避難階に直行する。エレベーターが避難階に到着すると自動戸開し、乗客を降車させる。その後、自動戸閉し、再度、救出階へ直行する。

これらの一連の運転動作を救出階からの避難が全て完了するまで繰り返す。最後に乗場誘導員はFWキースイッチを戻し、エレベーターに乗車する。所定時間(例えば5秒)後に自動戸閉してエレベーターは避難階へ走行、自動戸開して乗場誘導員自身の避難が完了する。この時、他の避難用待機階のFWキースイッチが投入されていない場合は、全ての避難用待機階とかご内の避難運転灯を消灯し、避難運転を終了する。投入されている場合は、投入されている全てのFWキースイッチのうち、最上階に設置されたスイッチを優先して次の救出階に設定し、同様に救出階と避難階間を往復する避難運転を行う。

ここで、複数の避難用待機階のFWキースイッチが投入されている場合、最上階を次の救出階に設定する理由は、通常、火災は上階へ延焼していくことから、避難階から最も離れた階を優先するためである。

3.3 必要条件

緊急時、特に火災時に、安定した避難運転の機能を発揮させるため、欧州の非常用エレベーター規格であるEN81-72と同等の安全要件を必要条件とした。主な安全要件を次に挙げる。

- (1) 耐火構造シャフト
- (2) 主電源の供給ラインの耐火電線
- (3) 非常電源の設置
- (4) ピットに排水設備設置
- (5) かご上、乗場、昇降路内機器の防滴対策

4. リスクアセスメント

この方式の開発時、ISO-14798に基づくリスクアセスメントを実施した。47のシナリオを想定し、各リスクを低減する対策を実施した。その一例として、ある避難用待機階で、乗場誘導員がFWキースイッチを投入したまま、非常階段で避難したことを想定した。この場合、当該避難用待機階でエレベーターが戸開したままとなり、他の避難用待機階からの避難運転が実施できなくなるというリスクがある。

このリスクを回避するため、FWキースイッチを投入したまま、当該避難用待機階で所定時間(例えば1分間)乗場ボタンの操作が行われず、戸開待機を継続した場合は、強制的に戸閉して、他の避難用待機階からの避難運転を継続できるようにした。

これらのリスクアセスメントは、オランダの第三者認定機関Liftinstituutから妥当と評価を得た。

5. プロトタイプ開発と評価

この方式を実機で評価するため、プロトタイプの開発を行い、Mitsubishi Elevator Europe B.V.(EMEC)(オランダ、フェーネンダール市)の試験塔で実機評価を行った。実機評価に際しては、EMECの避難誘導班のメンバーや現地の消防員の評価を受けた。改良項目はあったものの、大きな修正項目はなく、大筋での合意を得た。

6. 型式認定

この避難時のエレベーター利用方式の第三者的な認定を得るため、オランダの認証機関であるLiftinstituutに受検を申請し、2014年3月に型式認定を取得した。

7. むすび

乗場誘導員による避難時のエレベーター新利用方式は、緊急時でもかごの定格積載量を最大限に利用でき、また高価なBMSを必要としない特長を備えている。ビルに避難誘導班が組織されていれば、低層ビル・高層ビルを問わず、広範囲なビル用途にも対応可能な方式であるので、将来的にニーズが高まることが予想される避難時のエレベーター利用に十分対応し得る方式であると考ええる。

今後は、乗場誘導員の配置方法や、避難時間の定量化等、実際のビルへの適用方法の検討が必要である。また、CENやISOの規格化への参入にも取り組んでいく。

参考文献

- (1) British Standards Institution(BSI) : BS9999 : Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings (2008)
- (2) European Committee for Standardization(CEN) : CEN/TS 81-76 : Evacuation of disabled persons using lift (2011)
- (3) International Standardization Organization(ISO) : ISO TS 18870 : Requirements for lifts used to assist in building evacuation (2014)
- (4) American Society of Mechanical Engineers(ASME) : A17.1 : Safety Code for Elevators and Escalators (2012)
- (5) Fortune, J.W., et al. : Emergency Building Evacuations via Elevators, CTBUH World Conference (2010)

エレベーター行先予報システムと タッチパネル式乗場操作盤

谷山健二*
松田和子*
永田絢子*

Destination Oriented Allocation System and Hall Operating Panel with Touch Screen

Kenji Taniyama, Kazuko Matsuda, Ayako Nagata

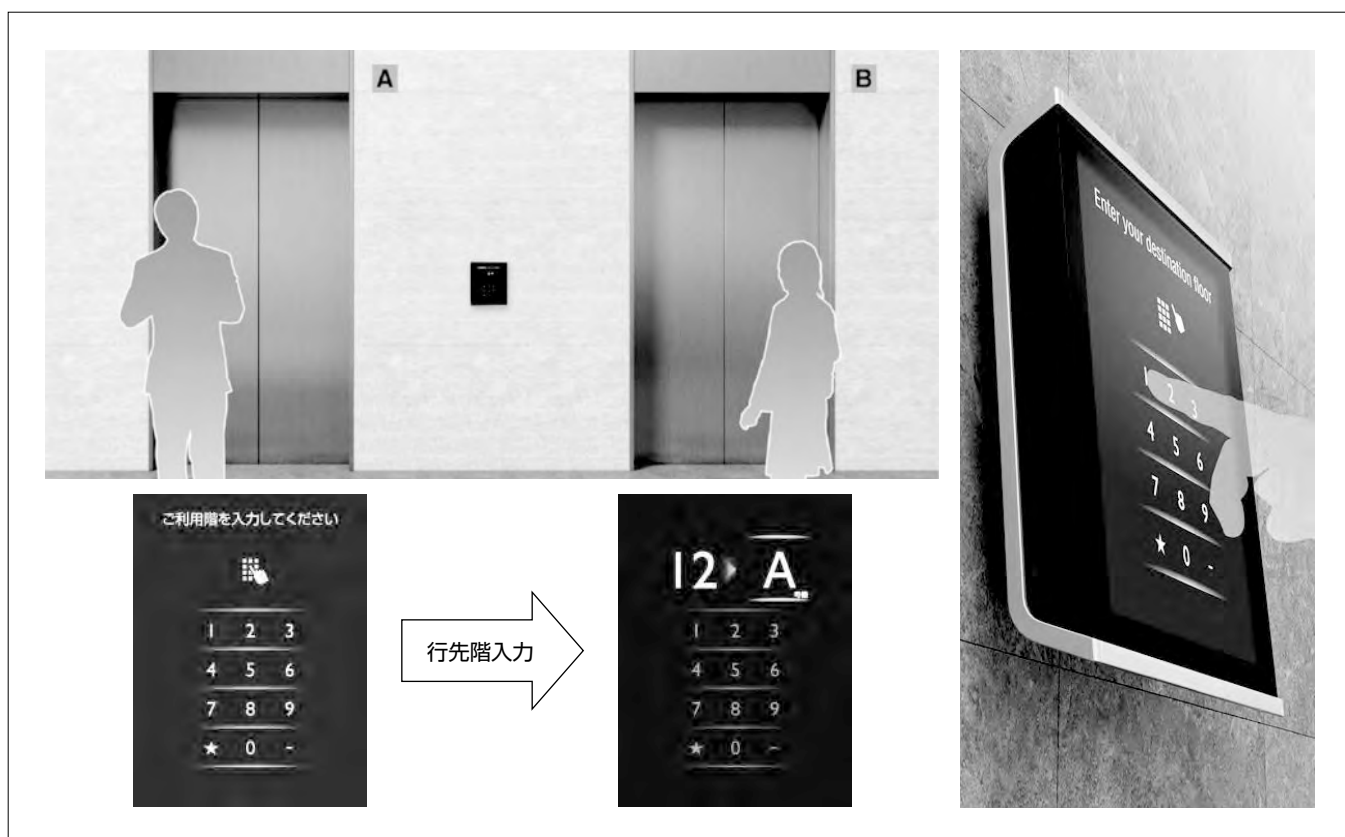
要 旨

エレベーター乗場に設置した操作盤に、乗車前行先階を登録することによって輸送効率が向上するエレベーター行先予報システムは、海外の大規模ビルを中心に主流になりつつある。

特に、階間交通量の多いビルでは、エレベーター行先予報システムが全階床に適用されることが多い。三菱電機は、全階床にエレベーター行先予報システムが適用される場合の特長を生かした新たな群管理割当て制御方式を開発した。この方式では、乗客一人ずつの待ち時間と、エレベーター全体で乗降のために停止する数を評価値に追加することで、更なる効率化が可能となった。加えて、乗場操作盤の割当て号機表示器とホールランタンの持つ機能との重複・差分を整理し、ホールランタン独自の機能を補うように群管理

割当て制御を改良した。このことによって、ホールランタンを設置しない安価なシステム構成の場合でも利用者の利便性が損なわれずに配慮した。

また、エレベーター行先予報システムに適用する乗場操作盤にタッチパネル式を追加した。スマート感やフレンドリ感をコンセプトとしながらも、建築物にマッチする発見性・アイコン性が感じられるデザインとなるよう工夫をした。さらに、近年関心の高いセキュリティへの対応も考慮し、カードリーダー機器の組み込み有無に関わらず統一感のあるデザインとした。タッチパネル式は画面デザインのバリエーション展開や、ビルごとに異なる階床名への対応などが容易であるため、仕様対応力の向上にも寄与している。



エレベーター行先予報システムとタッチパネル式乗場操作盤

エレベーター乗場に行先階を入力する操作盤を備え、各乗場ドア付近にアルファベット等による号機名を表示する。利用者は操作盤で行先階を登録し、画面に表示された号機名のエレベーターに乗車する。従来は操作部が機械式ボタンのみであったが、タッチパネル式を追加し、ラインアップを拡充した。

1. ま え が き

近年、経済発展の陰りが懸念される一方で、世界的な都市化の進展に伴い大規模ビルの建築は堅調に続いている。ビル内の垂直移動を担うエレベーターの輸送効率は、ビルの高層化にしたがって居住者の移動時間や建物内の昇降路占有面積への影響が大きくなるため、複数台のエレベーターの運行を管理する群管理割当て制御システムを適用した輸送効率の改善が求められている⁽¹⁾。そのため、海外の大規模ビルを中心に、乗場の呼びボタンとかご内の行先ボタンの組合せによる乗り合い全自動方式より、大幅な輸送効率の改善が可能となるエレベーター行先予報システム(以下“行先予報システム”という。)が主流になりつつある。これは、乗場に設置された操作盤で行先階を入力すると、操作盤の割当て号機表示器に乗車すべき号機名が表示され、指定された号機に利用者が乗車するシステムである。利用者が乗場で行先階を登録することで、エレベーターを行先階ごとに配車し、輸送効率の改善が可能となる。行先予報システムは、当初、出勤時の混雑を改善するため、行先階ごとの乗り分け制御で周回時間を削減する目的で開発された。その後、特に階間交通の多いビルを対象として、出勤時向けの機能を他の階床にも拡張するとともに、行先予報システムを常時利用可能とした。

今回、乗場操作盤を全階床に設置して行先予報システムを全階床に適用する“全階床行先予報システム”向けの新たな群管理割当て制御方式を開発した。この方式では、全階床で行先階と乗車人数に加えて乗客一人ずつの待ち時間を把握できるようになったことを利用し、よりきめ細かな配車を実現する。

ただし、行先予報システムに適用する乗場操作盤は乗場呼びボタンに比べて高コストであり、全階床へ適用することでその影響は更に大きくなる。海外では割当て号機表示器と同等の機能を持つホールランタンを設置しないシステム構成が受け入れられる土壌となっている。そのため、ホールランタンなしでも利用者の利便性を損なわないよう、群管理割当て制御を改良し、ホールランタンをオプション化することによって、価格を重視する顧客にも全階床行先予報システムを提供できるラインアップとした。

一方、乗場操作盤は、機械式の10キーボタンと液晶又はLED画面による割当て号機表示器を組み合わせた装置を提供していた。乗場操作盤に対する要求として、VIP専用運転等の特殊な運転モードを選択する機能がある。また、海外では“G”階や“M”階といった数字以外の階床名の入力が必要になることも多く、ビルごとに異なる操作部を提供する必要があった。そこで、客先仕様への対応力に優れた操作部を提供可能なタッチパネルを用いた乗場操作盤を新規に開発した。タッチパネル式を採用することによって操

作部と表示部が統合され、操作性・デザイン性も向上できた。

本稿では、全階床行先予報システム向け群管理割当て制御方式とタッチパネル式乗場操作盤の特長について述べる。

2. 全階床行先予報システム

2.1 群管理割当て制御方式

群管理割当て制御では、まず、特定のルールに基づいて不適切な号機を除外し、次に、残りの各号機に呼びを割り当てた場合を様々な観点から数値的に評価し、それらを総合した評価値によって最終的な割当て号機を決定する。行先予報システムでは、乗客一人ずつが行先階を乗場操作盤で入力する。群管理割当て制御で利用可能な情報は、行先階と乗車人数と各乗客の待ち時間である。行先階を集約することによって一台当たりの乗降のために停止する階の数を制限し、また、乗車人数をカウントすることによって適切な台数を配車する。これらのルールは、乗場操作盤設置階以外に乗場呼びボタンが適用されても問題がないような設計としている。

全階床行先予報システムに特化した群管理割当て制御では、全階床の乗場操作盤から情報が得られるという特長を利用した次の2つの新たな評価値を採用した。

(1) 全乗客待ち時間評価値

従来の評価値の1つに、各乗場のボタンが操作されてからの時間を乗客の待ち時間に換算した心理的待ち時間がある。しかし、乗場にはエレベーターが到着するまで次々と乗客が現れるため、各階で待っている人数や各乗客の待ち時間は異なっている。そこで、乗場操作盤が操作されてからの各乗客の待ち時間を利用し、各乗場の待ち時間ではなく、各乗客の待ち時間による重みを対象の乗場に与えた“全乗客待ち時間”を評価値とした(図1)。従来の評価値と比較すると、大勢の乗客が長く待っている階への配車が優先されるようになるため、一人ずつの待ち時間を短縮可能である。

(2) 全かご停止数評価値

先に述べた停止する階の数に対する制限は、到着時に登録される行先階の数を少なくすることで周回時間の短縮をねらったものである。しかし、この方法では、制限内であればできる限り同じ号機を選択するため、一台に停止数が偏ることがあった。そこで、停止数の制限を廃止する代わりに、全階床で停止数の増加を取得できることを利用し、バンク内の全ての号機の総停止数を考慮する“全かご停止数”を評価値に追加した(図2)。停止の偏りを抑止することで、周回時間を平準化し、全体最適を実現した。

2.2 ホールランタンのオプション化

乗場呼びボタンに対する乗場操作盤のコスト差を低減するためにホールランタンのオプション化を検討し、全階床行先予報システム全体のコスト低減を図った。

ホールランタンが点灯・点滅する目的は、乗場の乗客に

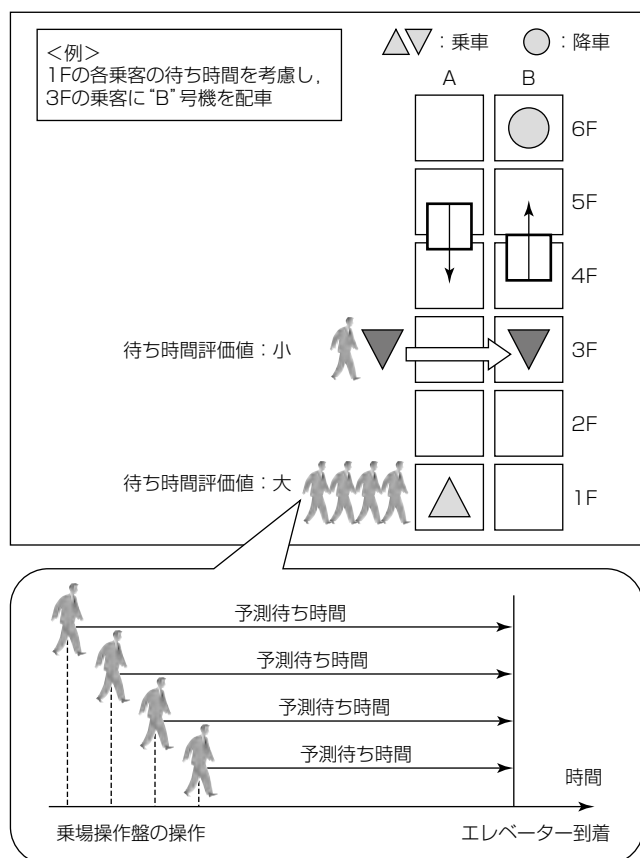


図1. 全乗客待ち時間評価値に基づく配車

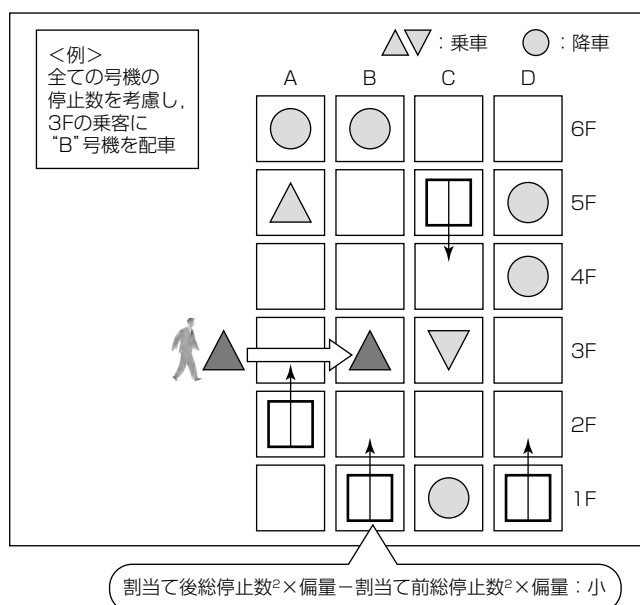


図2. 全かご停止数評価値に基づく配車

対して到着する号機と、その号機が次に走行する方向を案内することである。行先予報システムは、乗車すべき号機名を表示するので、走行方向も案内する必要がなくなれば、乗客の利便性を低下させることなくホールランタンのオプション化が可能となる。

最下階又は最上階で折り返してエレベーターが走行するとき、特にその付近の階では上方向への呼びと下方向への

呼びが同一号機に割り当てられることがあるため、乗客はホールランタンを見て、かごの走行方向を確認する必要があった。走行方向の確認を不要とするために、各階で同一号機に対して上下両方向への呼びが同時に割り当てられないよう群管理割当て制御を改良した。これによって乗客は、ホールランタンの“到着灯”の機能がなくても、割当て号機表示器に表示された号機名の前で待機し、ドアが開いたら乗り込むことで、目的の階まで到着できるようになった。

2.3 全階床行先予報システムの効果

全階床行先予報システムの導入によって、今回開発した群管理割当て制御方式が適用され、更なる効率化が可能となる。例として、16階床、6台、定員20人の条件で適用した場合、朝の出勤時や昼休み時などの混雑時間帯の平均待ち時間を約10%短縮、平常時間帯の60秒以上の長待ち発生率を約20%低減できた。

また、複合施設や複数社共有のオフィスビル等で他階への移動を制限する必要がある場合、かご内カードリーダーの代わりに、乗場カードリーダーによるセキュリティ機能を提供できる。かご内カードリーダーでは、乗車人数が多くなると出発前のカード照合に時間がかかっていたが、乗場でエレベーターの到着前にカード照合することで、スムーズな出発が可能となる。

3. タッチパネル式乗場操作盤

3.1 タッチパネル式乗場操作盤の特長

行先予報システムに適用する乗場操作盤は、従来機械式ボタンを用いた10キー式乗場操作盤を採用しているが、近年では海外の競合他社を中心にタッチパネル式の適用が増えてきており、当社製品の競争力強化のため、タッチパネル式乗場操作盤の開発を進めてきた。

タッチパネル式は通常の10キー式では入力できない特殊階床名の場合に、画面表示内容を容易に変更することができ、仕様対応力が向上する。また、操作ガイダンスや運行状態を分かりやすく表示することができ、利用者の利便性向上も期待できる。

3.2 デザイン

建築に調和する形状を前提に、利便性や先進性を感じさせるスマート感、利用者に操作の不安を感じさせないフレンドリ感を醸し出すデザインをコンセプトとして、デザインを刷新した。また、近年関心の高いセキュリティへの対応も考慮し、カードリーダー機器の組み込み有無に関わらず統一感のあるデザインとした。

タッチパネル操作面を斜めに傾斜させることによって、健常者から車いす利用者まで様々な利用者が操作しやすい、また表示内容が見やすいような工夫を施した。また、タッチパネル操作面を傾斜させることによって生じる器具の厚みは、側面を金属フレームと黒で構成し、操作面のみ壁か



図 3. タッチパネル式乗場操作盤

ら浮き出させることで軽く感じられるようなデザインとした。さらに、側面部と操作面の上下を、重厚感や高級感という印象を与える金属フレームで囲うことによって、タッチパネルの段差のないフラット感を強調し、ひと目で分かる三菱エレベーターらしさを追求した(図3)。

画面は操作性を考慮して識別しやすいフォントを採用したほか、操作案内メッセージとともにピクトグラムアニメーションを表示することで直感的に分かりやすい表示とした。カラーデザインはコントラストが高く視認性の良い黒背景・白文字表示を標準デザインとし、物件仕様に合わせて白背景、薄緑背景、青背景も準備した。

これらのデザインについて、Gマークやレッド・ドット(red dot)といった国内外のデザイン賞を受賞した。

3.3 機 能

タッチパネル式乗場操作盤の行先階入力画面では、建物の階床数によらずボタンの配置が一定で使いやすい10キー表示(図4(a))を標準仕様とし、利用可能な階が一目で分かる行先ボタン表示(図4(b))も選択可能とした。また、物件ごとに仕様変更を要求されることの多い特殊な階床名や特殊な運転モード(VIP専用運転や呼び戻し運転)に切り換えるためのボタンの追加は、簡単なソフトウェアの設定で対応できるようにした。これによって、物件ごとの要求に対応する際、従来の機械式ボタンを用いた操作盤では必要であったキースイッチ追加といったハードウェアの変更や追加手配が不要となり、より簡単に客先要求に対応できるようになった。

ユーザビリティ向上のため、オプション機能として音声ガイダンス(入力階や割当て号機名を音声でアナウンスする機能)やタッチトーンブザー(タッチパネル操作時に電子音を発音する機能)といった音声で操作確認ができる機能を用意した。また、セキュリティ性向上に対する市場要求に対応するための利用者ごとの行先階制限や、利便性を向上させるためのカードを利用した行先登録機能にも対応した。



(a) 10キー表示 (b) 行先ボタン表示

図 4. タッチパネル式乗場操作盤画面

4. む す び

今回開発した全階床行先予報システム向けの群管理割当て制御方式によって、輸送効率の更なる向上が可能となった。また、タッチパネル式乗場操作盤のラインアップ追加によって、製品競争力が向上した。これらはセキュリティとの親和性が高い製品となっており⁽²⁾、先進的なビルでのスムーズで快適な垂直移動に貢献できる。

行先予報システムは海外市場を中心として販売されていたが、2014年12月の広報発表以降、国内市場でも関心が高まり、既設エレベーターに対する輸送効率改善のための改造の要求も集まっている。今後は、群管理装置とエレベーター制御装置の大規模な入替を伴わず、操作方式だけを行先予報システムに変更可能な製品を展開していきたい。

乗場操作盤は事前に乗車すべき号機を案内するため、視覚障がい者にも乗場のレイアウトを記憶してもらえれば、通常のシステムよりも容易にエレベーターを利用できる。しかし、タッチパネルではボタン位置の把握が困難なため、機械式ボタンを併用するなどの対応が必要である。これらの課題の改善とともに、タッチパネルの特長を活かした災害時の分かりやすい案内表示や、乗場のレイアウトと乗車号機の位置を視覚的に案内する地図等の表示を実現したい。

参 考 文 献

- (1) 山下桜子, ほか: 新群管理システム“Σ AI-2200C”, 三菱電機技報, **81**, No.11, 735~738 (2007)
- (2) 鈴木直彦, ほか: セキュリティシステム連動・エレベーター行き先予報システム, 三菱電機技報, **85**, No.2, 102~106 (2011)

エレベーター調速機張り車の 動挙動解析技術

福井孝太郎* 加藤雅樹**
渡辺誠治*
新川岳史**

Dynamic Analysis of Vertical Movement of Elevator Governor Tension Sheave

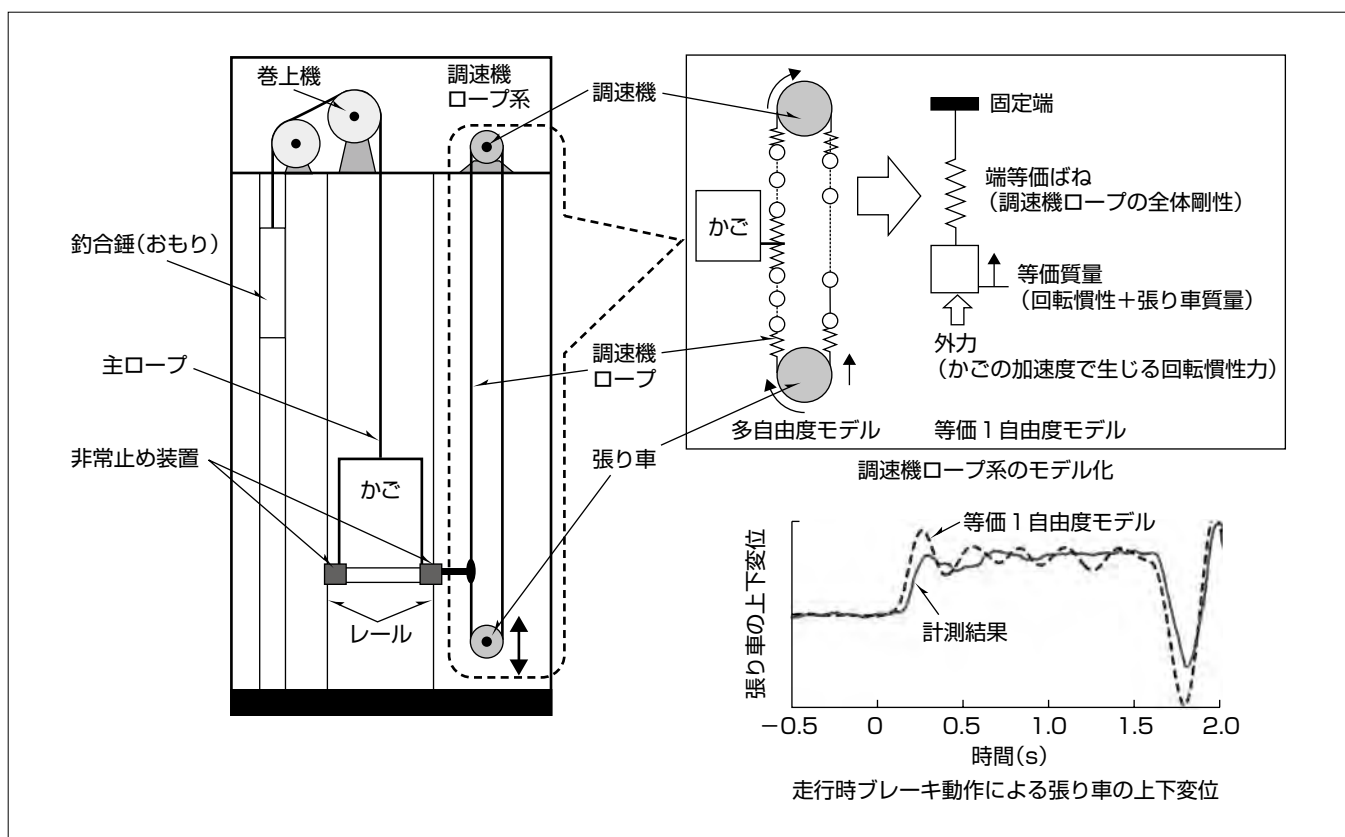
Kotaro Fukui, Seiji Watanabe, Takeshi Niikawa, Masaki Kato

要 旨

エレベーターには、かごの異常速度を検出して非常止め装置を動作させる調速機が設置されている。調速機を駆動する調速機ロープは、昇降路下部に上下方向に非拘束に設置された滑車(張り車)によって張力が与えられている。張り車は動滑車のため、かごの走行中に回転とともに上下に変位して振動する。しかし、かご停止位置の違いで張り車の上下位置が変化することはなく、張り車の上下変位は、かごの速度変化によって生じる動的な現象と言える。この走行中の張り車の上下変位及び振動の発生メカニズムについては詳細な分析がされておらず、また、調速機、調速機ロープ、張り車からなる調速機ロープ系の各種パラメータと

上下振動との関係も明確化されていなかった。

そこで、まず調速機ロープを多質点とした解析モデルで動解析を行うことによって、かごの加減速中に張り車が上下に振動する振動モードを再現し、その存在を確認した。さらに、この振動モードに着目し、等価1自由度モデルを導出することで、かごの加減速中に生じる調速機ロープ系の回転慣性力が、張り車に外力として作用し、上下変位を引き起こすことを明らかにした。この等価1自由度モデルはエレベーターを用いた実機試験の結果とも整合しており、このモデルを活用することで動的効果を考慮した調速機ロープ系の最適設計を行うことができる。



エレベーター調速機の張り車上下変位に対する等価1自由度モデル化

エレベーターには、かごの異常速度を検出して非常止め装置を動作させる調速機が設置され、調速機を駆動するために調速機ロープが昇降路と並行に設置されている。調速機ロープに張力を与えるために昇降路下部に設置された張り車は、上下方向に拘束されておらず、かごの走行中に上下に振動する。この振動を評価するために、等価1自由度モデルを構築して現象を再現するとともに、各パラメータの振動への影響を明らかにした。

1. ま え が き

ロープ式エレベーターでは、かごと釣合錘(おもり)が主ロープでつるべ式につながれており、かごと釣合錘間の滑車を巻上機で回転させることでかごの昇降を実現している。さらに、エレベーターが過速状態になった場合でもかごを安全に停止させるために、エレベーターの速度を巻上機とは別に常時監視する調速機ロープ系が設けられている。調速機は昇降路上部又は、昇降路直上の機械室に設置されており、調速機ロープは調速機及び昇降路下部に設けられた張り車によってループ状に構成され、かごの動作に合わせてロープが移動し調速機が回転する構成となっている。ここで、張り車はロープに張力を与えロープの振動を抑える役割を持ち、調速機ロープが伸びた場合にも張力が保たれるように張り車の上下変位は非拘束となっている。

エレベーターの走行中に、張り車は回転とともに上下に振動する。この張り車の上下振動を含む調速機、調速機ロープ、張り車からなる調速機ロープ系の挙動評価については、従来用いられている振動モデル⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾の手法によって定量的に評価することが可能で、調速機ロープ系の設計に反映されている。しかし、張り車の振動発生メカニズムと調速機ロープ系を構成する各種パラメータとの相関などは、従来のモデルでは明確化されていなかった。そこで、本稿では、調速機ロープ系の振動評価を行う上で、特に重要となる張り車の上下振動に着目した等価1自由度振動モデルと、対応する運動方程式の導出結果について述べる。この運動方程式から、各種パラメータが張り車の上下振動に与える影響を明確化することができ、建物高さやかごの加減速の違いによる調速機ロープ系の振動状態を容易に推定することが可能となった。

2. 多自由度モデルによる張り車の上下変位評価

調速機ロープ系の挙動を再現するために、まず、ロープを集中質量とばねに分割した多自由度モデルを構築する。図1のようにかご側の調速機ロープのかご下側をロープa、かご上側をロープb、戻り側をロープcとし、それぞれを多質点でモデル化する。さらに、調速機の回転、張り車の回転、張り車の上下変位をそれぞれ x_1 、 x_2 、 x_3 (かご上昇方向及び張り車上昇方向を正とする)とし、かごの上下変位 x_4 を入力とする。

このモデルを用いて、かごが一定加速度で上昇する場合の張り車の上下変位を計算した結果を図2(c)の実線で示し、その時のかごの加速度及び速度を図2(a)、図2(b)に示す。この結果から、かごが一定加速度で上昇する場合、張り車は振動を伴いながら一定量上昇することが分かる。

さらにこのモデルを用いて振動モード解析をすると、低次の振動モードとして図3に示す3つの主要モードが存在

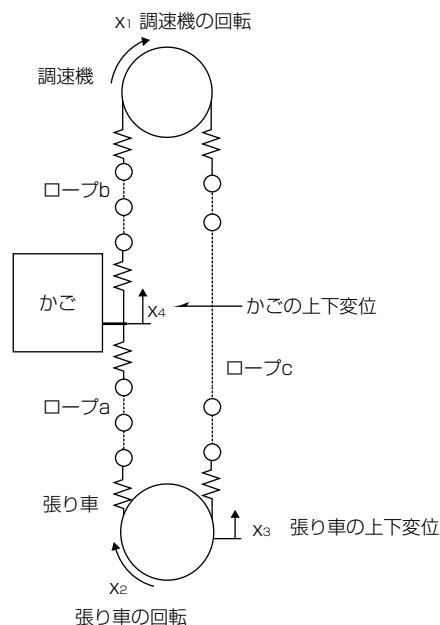


図1. 多自由度モデル

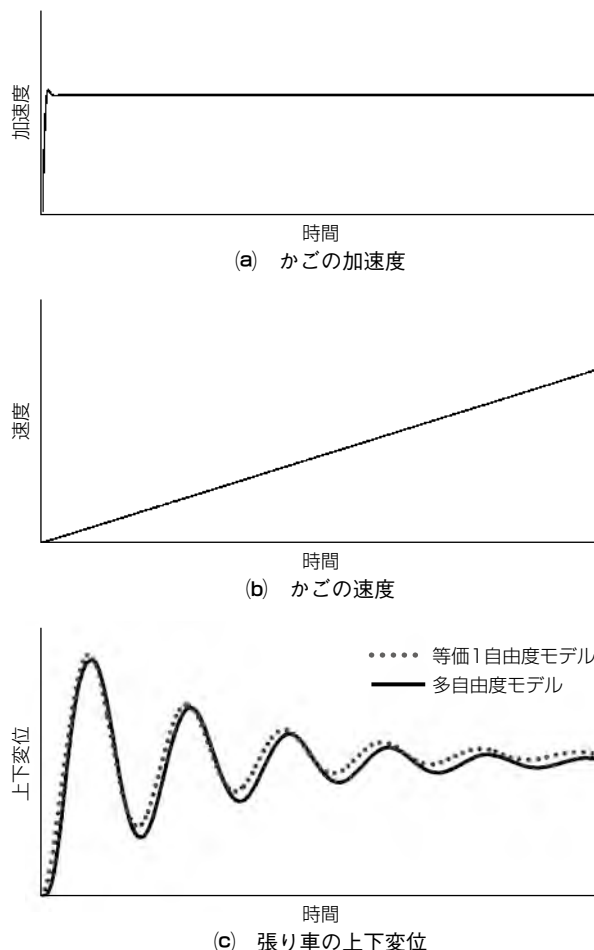


図2. 一定加速中のかごと張り車の挙動

することが分かった。周波数が低い方から順に、1次が張り車の上下振動モードで、2次・3次が調速機と張り車が同方向に回転する振動モードと逆方向に回転する振動モードである。図2(c)の張り車の上下振動は、図3で示す1次振動モードに対応している。

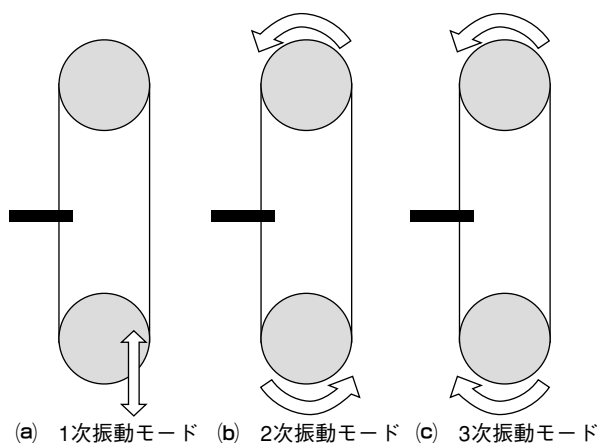


図3. 調速機ロープ系の基本振動モード

3. 等価1自由度モデルでの評価

調速機ロープ系の時間応答は、かごの上下変位を入力とする強制変位加振となる。そこで、かごの上下変位 x_4 を入力として、図3の1次振動モードに対応する張り車の上下変位 x_3 を状態変数にして等価1自由度の運動方程式を導出すると、次式を得る。

$$\hat{M}\ddot{x}_3 + 2k_c x_3 = M_{gov}(1 - \alpha)\ddot{x}_4 = F(\ddot{x}_4) \quad \cdots \cdots (1)$$

M_{gov} : 調速機ロープ系の回転慣性(調速機ロープと調速機、張り車それぞれの回転慣性質量の合計)

\hat{M} : 回転慣性を含めた等価質量

k_c : ロープcのばね定数

α : かごの位置を表すパラメータ(最下階位置を0, 最上階位置を1とする)

式(1)の右辺は一般化力であり、かごの加速度 \ddot{x}_4 の関数(調速機ロープ系全体の回転慣性力)となる。そのため式(1)の張り車の上下変位は図4に示すような等価1自由度の力加振による応答で評価できることが分かる。さらに、かごに一定の加速度が作用した場合、式(1)の一般化力は一定値となるため、その外力値に応じて、張り車は上下に一定量変位する。なお、張り車自身の質量は式(1)の一般化力に含まれず、運動方程式の慣性項である等価質量 \hat{M} にのみ含まれている。そのため、張り車の質量は、振動周波数のみに影響し、張り車の上下変位量には直接影響しない。

図4の等価1自由度モデルに減衰を考慮して、2章で述べた多自由度モデルと同じ条件で張り車の上下変位を計算すると図2(c)の点線の結果となり、多自由度モデルの結果(実線)とおおむね一致することが確認できる。

4. 実測との比較

等価1自由度モデルの妥当性を実機評価するため、エレベーター試験塔で、通常走行中のエレベーターを巻上機ブレーキで停止させた際の、かごの減速度と張り車の上下変位を計測する試験を行った。

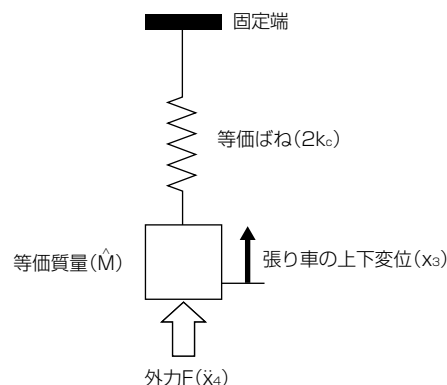
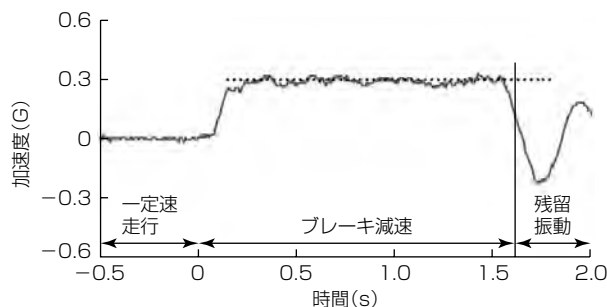
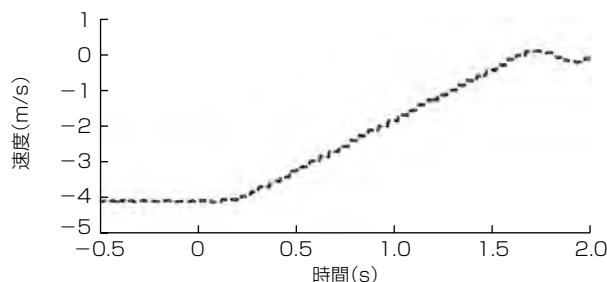


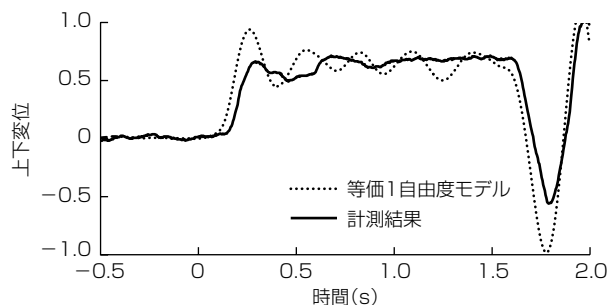
図4. 等価1自由度モデル



(a) かごの加速度



(b) かごの速度



(c) 張り車の上下変位

図5. 巻上機ブレーキ制動時のかご及び張り車の挙動

エレベーターが中間階付近を定格速度(4 m/s)で下降中に巻上機ブレーキを作動させた場合のかごの加速度、かごの速度、張り車の上下変位の計測結果を図5に示す。加速度のグラフに示すように、かごが下降中の時刻0秒のとき、巻上機ブレーキが動作してかごが0.3G程度で減速(上向きに加速)する。その後約1.7秒でかごが停止する。停止後は、主ロープの剛性によってかごに残留振動が発生する。

ここで、実機で計測したかごの加速度を式(1)に入力して得られる張り車の上下変位の計算結果を図5(c)に点線で示す。なお、張り車の変位は収束値を1として正規化した値

で示す。これらから、張り車の変位は実測値と対応していることが分かり、このモデルの妥当性を確認できた。

5. 各パラメータとの関係

式(1)から張り車の上下変位 x_3 の収束値を次式で求めることができる。

$$x_3 = \frac{M_{gov}(1-\alpha)\ddot{x}_4}{2k_c} = \frac{LM_{gov}(1-\alpha)\ddot{x}_4}{2EA} \dots\dots\dots(2)$$

L : 昇降行程

M_{gov} : 調速機ロープ系の回転慣性

α : かがの位置

k_c : ロープCのばね変数

\ddot{x}_4 : かがの加速度

E : 調速機ロープのヤング率

A : 調速機ロープの断面積

式(2)を基に各パラメータと張り車の上下変位量の関係を整理するとともに、パラメータを変えた試験で妥当性を検証する。

(a) かがの加速度の向き

かがの加速度の向きが図5に対して反対(負の値)の場合、張り車は下に変位することを実機で確認した。これは、式(1)の一般化力の符号から明らかである。

(b) 張り車の質量

式(2)で、張り車の質量は上下変位に影響しない。そこで、張り車の質量を半分にして同様の試験を行い、張り車の上下変位の試験結果を比較したところ、差異は見られなかった。それによって、式(2)は妥当と言える。

(c) かがの位置の影響

式(2)から、かがの位置が高いほど(α が1に近づくほど)張り車の上下変位が小さくなることが分かる。実際にかごの位置を変えてブレーキ制動時の張り車の上下変位を計測した結果、式(2)の計算とほぼ一致した(図6)。なお、張り車の上下変位は最下階で0.3Gで減速した場合の収束値を1として正規化した。

(d) 昇降行程の影響

式(2)で、昇降行程が十分大きい場合、調速機ロープ系の回転慣性はロープ自重とほぼ等しくなる。ロープ自重

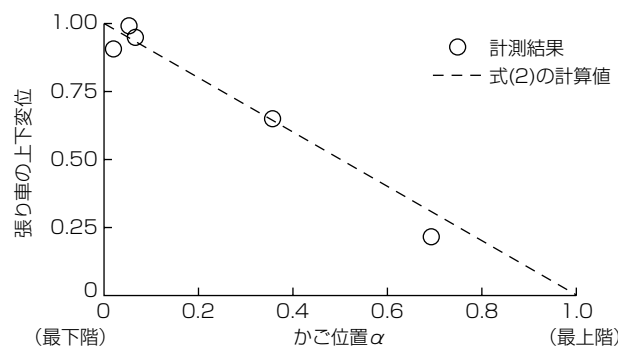


図6. かがの位置と張り車の上下変位の関係

は昇降行程に比例することから、張り車の上下変位は昇降行程の2乗に比例する。

6. む す び

エレベーターの調速機ロープ系での、かがの走行中に張り車の上下変位及び振動が生じるメカニズムを明らかにするため、等価1自由度モデルを構築し、各パラメータから張り車の変位を求める関係式を導出した。得られた等価1自由度モデルの妥当性を検証するためエレベーターの実機試験を行い、実測と対応する結果が得られた。

今後、この等価1自由度モデルを調速機ロープ系の最適化に活用する。

参 考 文 献

- (1) 渡辺誠治, ほか: エレベーター調速機・非常止め機構の動挙動解析, 日本機械学会, 第20回交通・物流部門大会講演論文集, 75~76 (2011)
- (2) 鎌田崇義, ほか: マルチボディ・ダイナミクスを用いたエレベータ用ガバナのシミュレーション解析, 日本機械学会, 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩技術講演会講演論文集, 35~38 (2011)
- (3) 友部亮一, ほか: 弾性体要素を用いたマルチボディダイナミクスによるガバナロープのモデル化, 日本機械学会, 昇降機・遊戯施設等の最近の技術と進歩技術講演会講演論文集, 51~54 (2014)

エスカレータートラス圧縮時の自立評価

縄田昌彦*
 橋丘 豊**
 毛利圭佑**

Independence Evaluation for Escalator Truss Compression

Masahiko Nawata, Yutaka Hashioka, Keisuke Mori

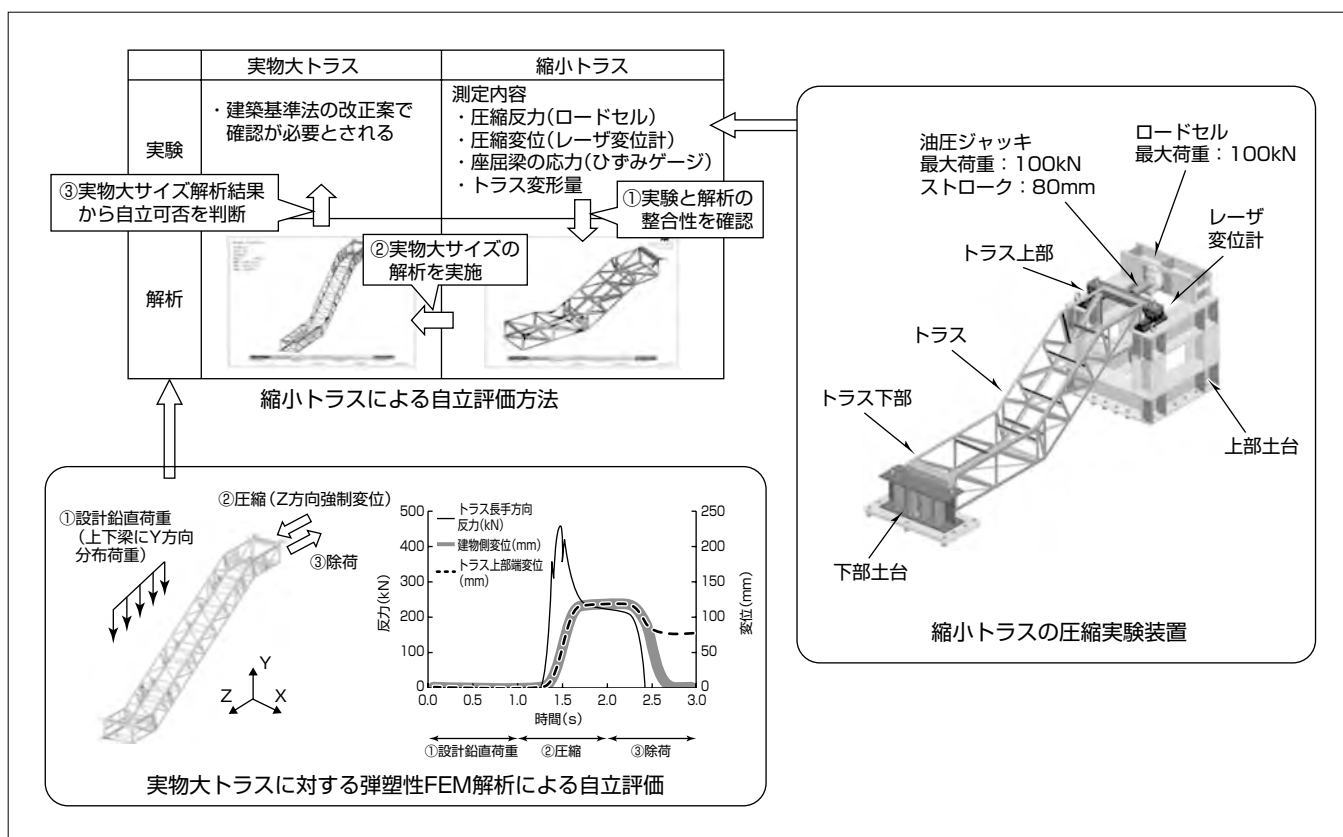
要 旨

2011年の東日本大震災でエスカレーターの落下事故が発生した。その主要因であるかかり代長さの不足を改善するため、国土交通省は、地震時に想定する建物の振れ幅を大きくする耐震基準の見直しを行った。建物の揺れ幅が大きくなると、既設エスカレーターとそれを受ける建築梁(はり)の隙間で、エスカレーターが建築物から圧縮荷重を受けることが考えられる。

しかし、従来の設計ではエスカレーターに圧縮荷重がかかることは考慮されておらず、圧縮荷重によってどの梁材が座屈するのか、梁材が座屈した状態でもエスカレーターは自立可能であるか等、座屈が発生した場合のエスカレーターの挙動が予想できないという課題があった。

そこで、エスカレーターの構造体であるトラスの圧縮に

よる挙動は一般的な線形解析では求められないことから、弾塑性FEM(Finite Element Method)解析によって、圧縮時にトラスに発生する応力、変形量、反力を算出して自立評価を行った。縮小トラスの圧縮実験を実施し、変形モード、圧縮量-反力、応力について実験結果と解析結果を比較することで、解析モデル評価の妥当性を確認することができた。さらに、標準的な階高の実物大トラスの解析モデル評価で、応力が破断応力に達することなく、またトラスの長手方向反力が残存していることから、自立可能と評価することができた。このようにして、実機試験を行うことなく、圧縮荷重が作用するエスカレーターの自立評価を行うことが可能である。



縮小トラスを用いたトラス圧縮時の自立評価技術

エスカレーターはトラスと呼ばれる骨組みに踏段レールや欄干が設置され、その上を踏段や手摺(てすり)が移動する構造になっている。縮小トラスの圧縮実験を行うことで解析の妥当性を確認した上で、実物大のエスカレータートラスに対して弾塑性FEM解析を実施し、トラス圧縮時に発生する応力、変形量、反力を算出して自立評価を行った。

1. ま え が き

2011年に発生した東日本大震災でエスカレーターの落下事故が起こり、その主要因であるかかり代長さの不足を改善するため、国土交通省は、地震時に想定する建物の振幅を大きくする耐震基準の見直しを行った⁽¹⁾。建物の揺れ幅が大きくなると、既設エスカレーターとそれを支持する建築梁の隙間でエスカレーターが建築物から圧縮荷重を受けることが考えられる。梁材に大きな圧縮力が作用すると、座屈が発生し、一度座屈が生じると圧縮荷重に対する軸耐力が急激に低下するため、その状態でエスカレーターが自立可能であるかの評価が必要となる。しかし、従来はエスカレーターが圧縮される場合の挙動は考慮されていなかった。

そこで、弾塑性FEM解析を用いて圧縮後のエスカレーターの挙動を確認した。

本稿では、縮小トラスの圧縮実験値と解析値の比較結果と、実物大エスカレーターの解析による自立評価について述べる。

2. 弾塑性FEM解析を用いたトラス圧縮評価⁽²⁾

2.1 評価方法

エスカレーターはトラスと呼ばれる骨組みに階段レールや欄干が設置され、その上を階段や手摺が移動する構造になっている。エスカレーターの圧縮時の強度に主として影響するのは構造体であるトラスであることから、トラス単体の有限要素法(FEM)モデルを作成して弾塑性解析を実施し、地震時にトラスに発生する応力、変形モード、反力を算出して自立評価を行った。

この解析による評価手法を確立するためには、解析値と実験値の比較を行って解析の妥当性を確認する必要があるが、実物大のトラスの圧縮実験は容易ではないため、縮小トラスを用いた圧縮試験によって解析結果の妥当性を確認した上で、実物大トラスと同じ条件の解析を行うことで実物大エスカレーターの自立評価を行った。

2.2 実験装置と測定内容

縮小トラスの圧縮実験装置を図1に示す。縮小トラスの寸法は実物大トラスの3/10とした。トラス下部を固定、トラス上部をスライド可能にして、圧縮荷重はロードセルをつけた手動の油圧ジャッキを用いて上部に作用させ、圧縮方向変位をレーザ変位計によって測定した。また、主要な梁材に貼付けたひずみゲージによる応力測定も行った。

2.3 解析条件

解析では、材料特性として図2に示す2直線近似の弾塑性パラメータを与えた。計算条件は、始めに等価負担荷重をかけ、次にトラス上部に長手方向の強制変位を行い、最後にトラス上部の強制変位を解放するという3ステップで実施した。

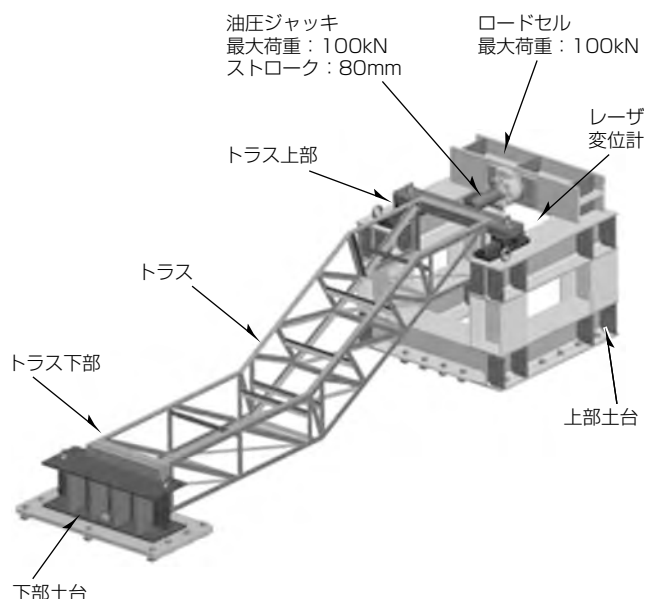


図1. 縮小トラスの圧縮実験装置

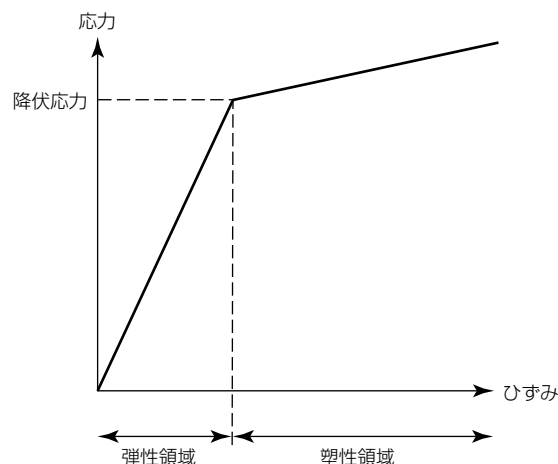


図2. 2直線近似の弾塑性パラメータ

3. 実験と解析の比較⁽²⁾

3.1 変形モード

圧縮後の実験結果と解析結果の変形モードの比較を図3に示す。

トラスの側面図から、トラス下部の上面側の梁材で座屈が発生していることが分かる。また、トラス下部の上面図から、梁材はトラス内側に向かって変形しており、実験結果と解析結果が一致することが確認できた。

3.2 圧縮量と反力

圧縮から除荷までの圧縮量-反力を実験結果と解析結果で比較したグラフを図4に示す。圧縮量7mm付近で座屈が発生し(I)、反力が急に低下している。座屈荷重は実験も解析も50kN程度あり、座屈が発生する圧縮量も一致している。座屈後も圧縮を続けると、反力が20kNまで低下し(II)、この値も実験と解析ではほぼ一致する。最後に除荷

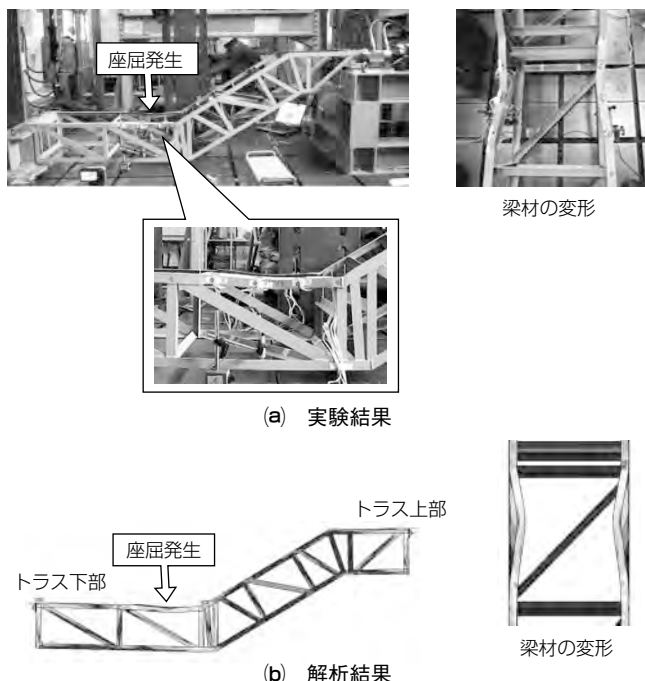


図 3. 縮小トラスの圧縮実験結果と解析結果

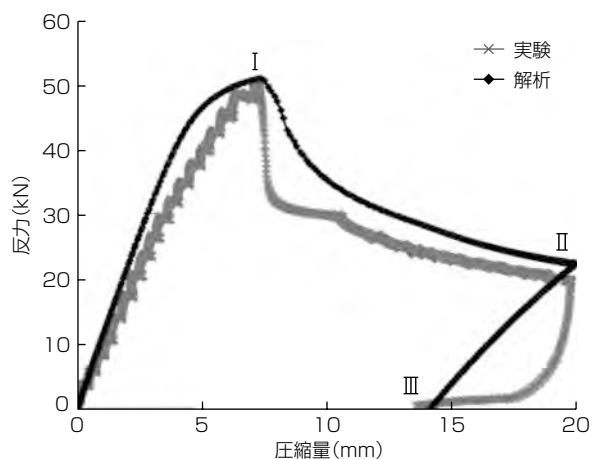


図 4. 圧縮量-反力

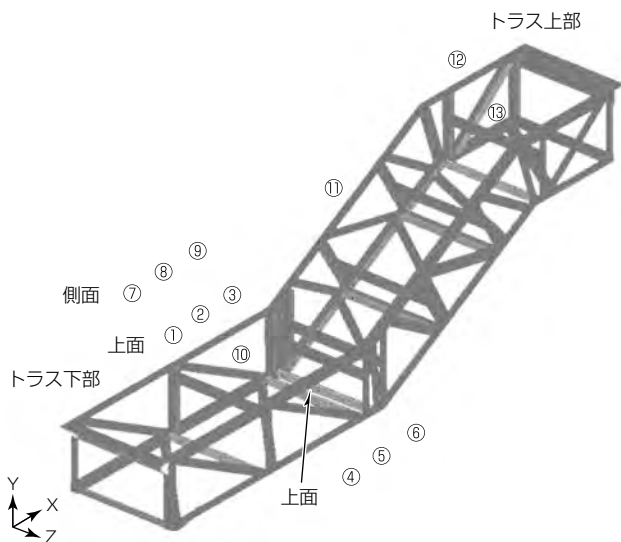


図 5. ひずみ測定位置

すると、実験も解析も弾性回復によって 6 mm 程度圧縮量が戻る(Ⅲ)。これらの結果から、実験と解析の整合性を確認することができた。

3.3 応 力

応力を実験結果と解析結果で比較した。応力を測定するため、図 5 の①～⑬の位置に 3 軸のひずみゲージを貼付け、ロゼット解析によって応力を求めた。ひずみゲージは先に述べた解析で座屈することが想定される梁材を中心に貼付けた。

図 6 に座屈する直前の実験と解析の応力値の比較を示す。座屈直前の実験と解析の応力値を見ると、座屈したトラス下部の上面側梁材①～⑨の応力が他の梁より大きくなっていることが分かる。また、トラス下部の上面側の梁材の応力測定部では、上面①～③よりも側面⑦～⑨の方が応力値が大きく、この梁材の座屈時の変形モードと整合している。このように実験と解析の応力値はおおむね一致しており、解析の妥当性を確認することができた。

4. 実物大トラスの弾塑性FEM解析

縮小トラスで、実験結果と解析結果の整合性が確認できたため、標準的な階高 5 m の実物大トラスの解析を実施した。縮小トラスの場合と同様にトラスのみをモデル化し、

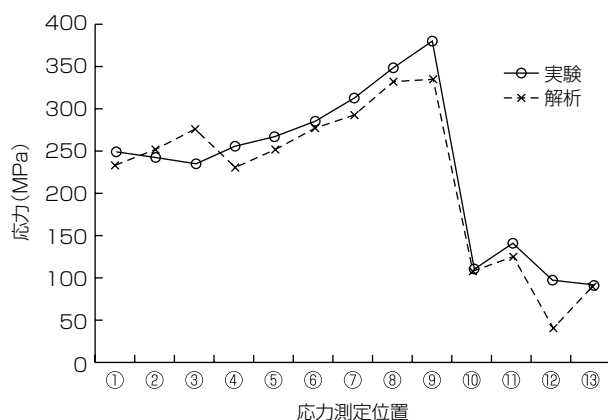


図 6. 実験と解析の応力値の比較

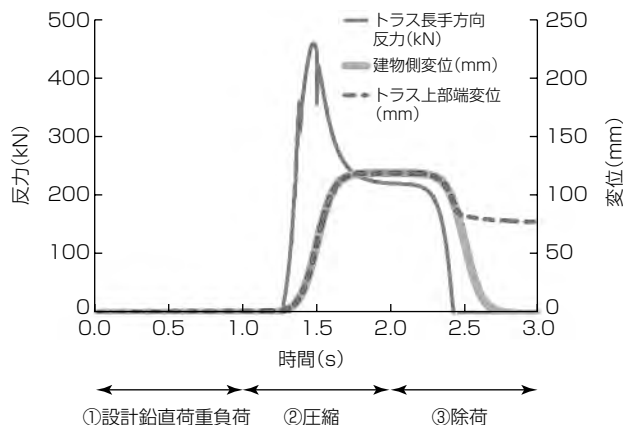


図 7. 実物大トラスの圧縮解析での反力と変位

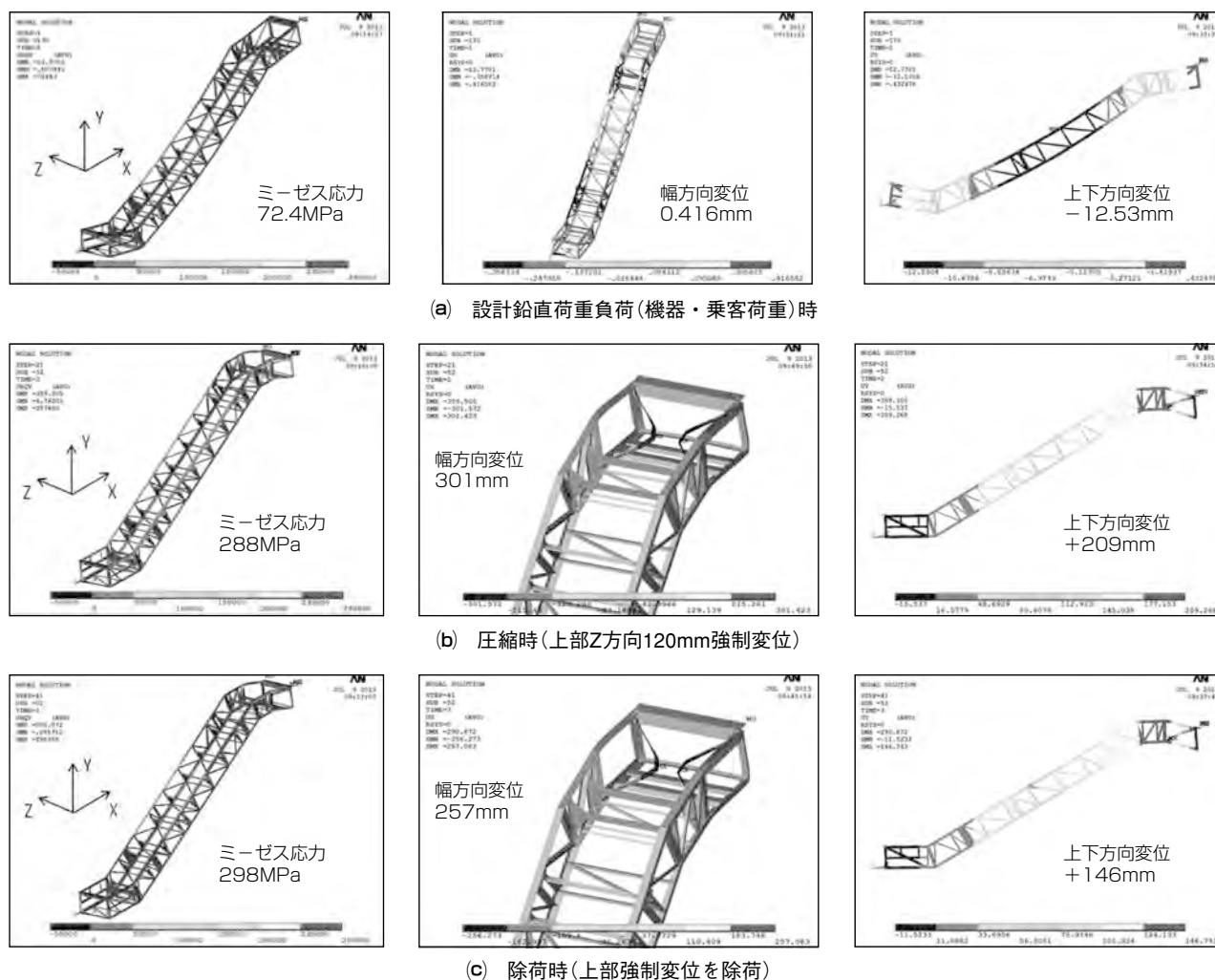


図 8. 実物大トラスの圧縮解析での応力と変位

踏段、欄干といった機器荷重と乗客荷重は分布荷重としてトラスに負荷した。トラスに①設計鉛直荷重を負荷し、②圧縮、③圧縮を除荷した場合の反力と変位を図 7 に示す。またその時の応力と変位を図 8 に示す。

設計鉛直荷重負荷時には、トラスがY方向に12.53mmたわみ、それに伴いZ方向に非固定の上部端が1.76mm移動している。設計鉛直荷重負荷での変形は弾性限度内で応力は十分に小さい。

圧縮時には上部がZ方向に120mm圧縮されることで、上部の斜め梁が座屈し、反力が460kNから220kNまで急激に低下している。トラスは特定の部材が幅方向に301mm変形し、上部がY方向に209mm変形している。

除荷後は圧縮時に塑性変形が生じていたため、トラス上部の変位が0に戻り圧縮力が除荷されてもトラス上部端変位は78mmまでしか戻らず、Y方向も146mmの変形が残る。また応力も下がらず残留応力として残る。トラスの自立評価については、圧縮時と除荷後ともに降伏点を超える応力が出ていたが、破断応力に達することなく、またトラス反力(長手方向)が残存しているため自立可能と考えられる。

5. む す び

地震時に圧縮荷重が作用するエスカレーターに対し、弾塑性FEM解析を用いた自立評価方法について検討した。

その結果、縮小トラスの圧縮実験と解析の整合性を確認することができた。また、標準的な階高の実物大トラスの圧縮解析で、応力が破断応力に達することなく、またトラス反力(長手方向)が残存しているため自立可能と評価することができた。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省：地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法を定める件（平成25年国土交通省告示第1046号）
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_fr_000053.html
- (2) 毛利圭佑，ほか：圧縮荷重を受けるエスカレータートラス構造における残存荷重負担能力の評価方法，2014年度日本機械学会年次大会，J1810105（2014）

エスカレーター手摺のFEM解析

毛利圭佑*
橋丘 豊*

Analysis with Finite Element Method for Escalator Hand Rail

Keisuke Mori, Yutaka Hashioka

要 旨

近年、様々な製品の設計開発で有限要素法(Finite Element Method : FEM)による解析技術が欠かせない存在になっており、三菱電機のエスカレーターでもトラス、床板、踏段等の様々な金属製部品の設計・評価に用いている。

しかし、非線形材料の組合せで構成されるエスカレーター手摺(てすり)では、解析モデル化技術が確立されておらず、経験や実験の繰り返しによる設計を行っていた。

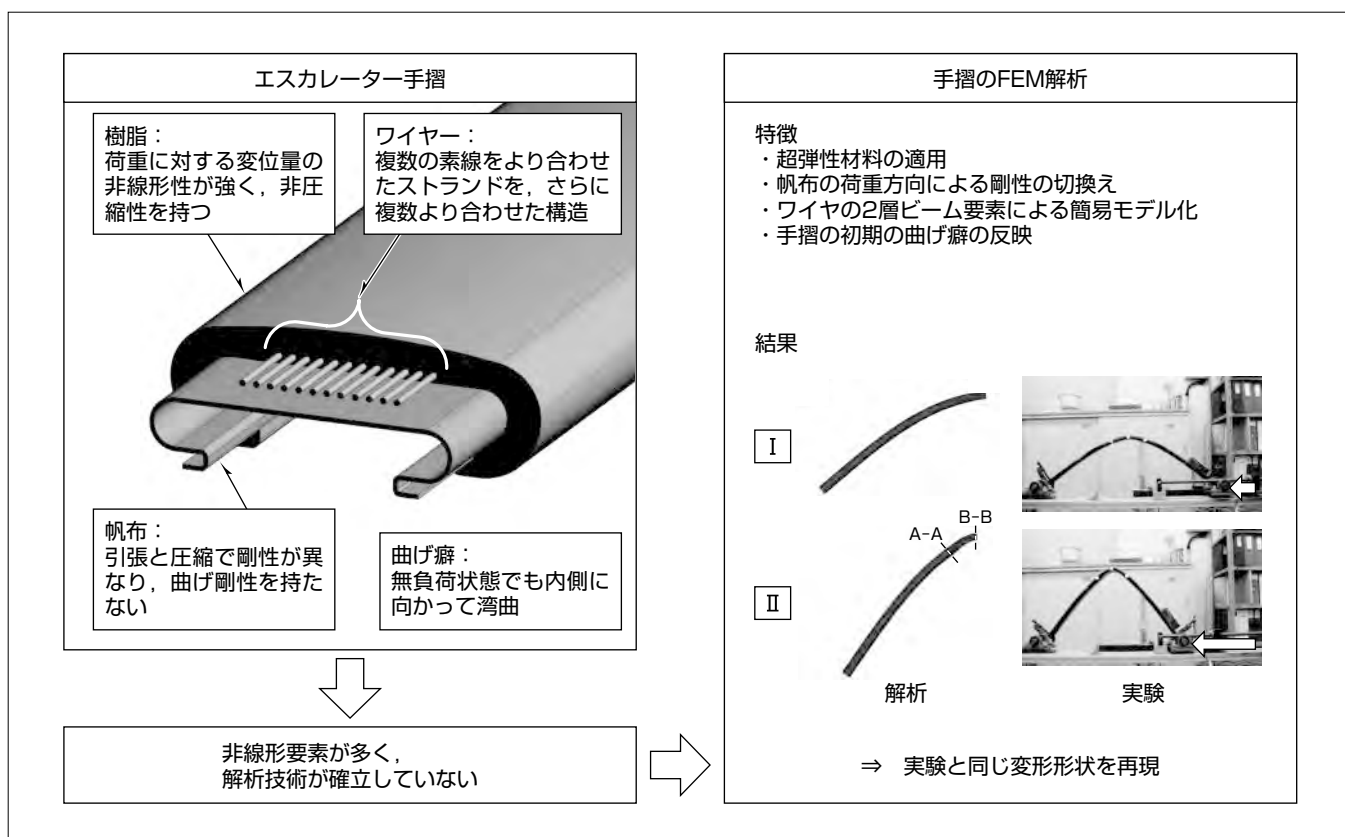
一方、正曲げと逆曲げを繰り返すエスカレーター手摺は、曲げ剛性が大きいと手摺ガイドに容易に沿わず、手摺ガイドの摩耗の増加、騒音の発生、手摺の振動や早期劣化が起ることが分かっており、曲げ剛性が小さく強度も満足す

る手摺の設計が求められている。

そこで、実験と同じ変形状を再現できるFEM解析モデルを構築した。この解析モデルは、超弾性材料の適用、帆布の荷重方向による剛性の切換え、ワイヤの2層ビーム要素による簡易モデル化、手摺の初期の曲げ癖の反映を特徴とする。

解析モデルの妥当性を確認するために行った実験では、圧縮量に対する曲率の関係と、断面形状の変形が解析結果とよく一致することが確認できた。

今回構築した解析モデルを用いることで、手摺の設計・評価を容易に行うことができ、開発時間を短縮することが期待できる。



エスカレーター手摺のFEM解析

従来、経験や実験の繰り返しによる設計を行っていたエスカレーター手摺に対して、実験と同じ変形状を再現できるFEM解析モデルを構築することによって、手摺の評価が容易になり、開発時間を短縮することが期待できる。

1. ま え が き

近年、様々な製品の設計開発で有限要素法による解析技術は欠かせない存在になっており、当社のエスカレーターでもトラス、床板、踏段等の様々な金属製部品の設計・評価に用いられている。

しかし、エスカレーター手摺は、樹脂、金属、布材からなるC字断面形状の複合体であり、非線形要素が多いため、解析モデル化技術が確立されておらず、経験や実験の繰り返しによる設計が行われていた。

そこで、実験と同じ変形形状を再現できるFEM解析モデルを構築するために、樹脂材のひずみエネルギー密度関数のパラメータの同定、布材の荷重方向(引張、圧縮)による剛性の切換え、多数の素線のより合わせで構成されるワイヤの簡易モデル化、複合体となった手摺の初期の曲げ癖の測定を行った。

本稿では、解析モデルの4つの特徴、及び実験結果と解析結果の比較について述べる。

2. エスカレーターの手摺構造

2.1 手 摺

一般的なエスカレーター手摺は、図1に示すように樹脂材によってC字の断面形状が形成され、C字の内側部分には帆布と呼ばれる布材が配置されている。エスカレーター手摺はC字断面の開口部側が、T字断面の手摺ガイドに係合して、それに沿って移動する構造になっており、C字の

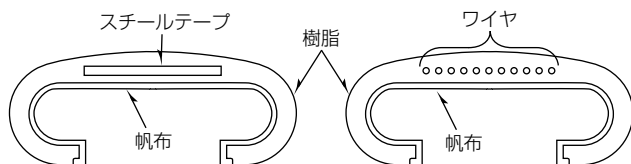


図1. 手摺の断面図

内側部分の帆布材が摺動(しゅうどう)材として手摺と手摺ガイドの間の摩擦を低減する役割をしている。また、樹脂内部には手摺の引張強度を確保するために抗張体(金属材料)が配置されており、一般に、スチールテープやワイヤが用いられる。

2.2 手摺駆動装置と手摺経路

エスカレーター手摺の駆動方法として、図2に示すシーブ駆動方式が一般的に使われている。このシーブ駆動方式では、シーブに手摺を巻きかけて駆動するため、シーブ部分では手摺のC字断面の開口部が円弧の内側になるように(開口部側が凹となるように)湾曲する正曲げ形状になる。一方、シーブに巻きかけられる前後の弓ローラ部では、手摺の平坦(へいたん)部が円弧の内側になるように(開口部側が凸となるように)湾曲する逆曲げ形状になる。また、上部と下部のニュアル部でも手摺の進行方向が反転することで手摺が正曲げされる。

このように正曲げと逆曲げを繰り返すエスカレーター手摺で、手摺の曲げ剛性が大きいと手摺ガイドに容易に沿わず、手摺ガイドの摩耗の増加、騒音の発生、手摺の振動と早期劣化が起こることが知られており、曲げ剛性が小さく強度も満足する手摺の設計が求められている。

3. 解析モデルの構築

今回構築したFEM解析モデルの4つの特徴について述べる。

3.1 超弾性材料の適用とパラメータ同定

手摺のC字断面を形成する樹脂材のように非常に大きな弾性変形を示す材質は、超弾性材料と呼ばれ、荷重に対する変位量の強い非線形性と、変形の前後で体積が変化しない非圧縮性を持つことが知られている。そのため超弾性材料は、ひずみ量に対する応力をヤング率ではなく、ひずみエ

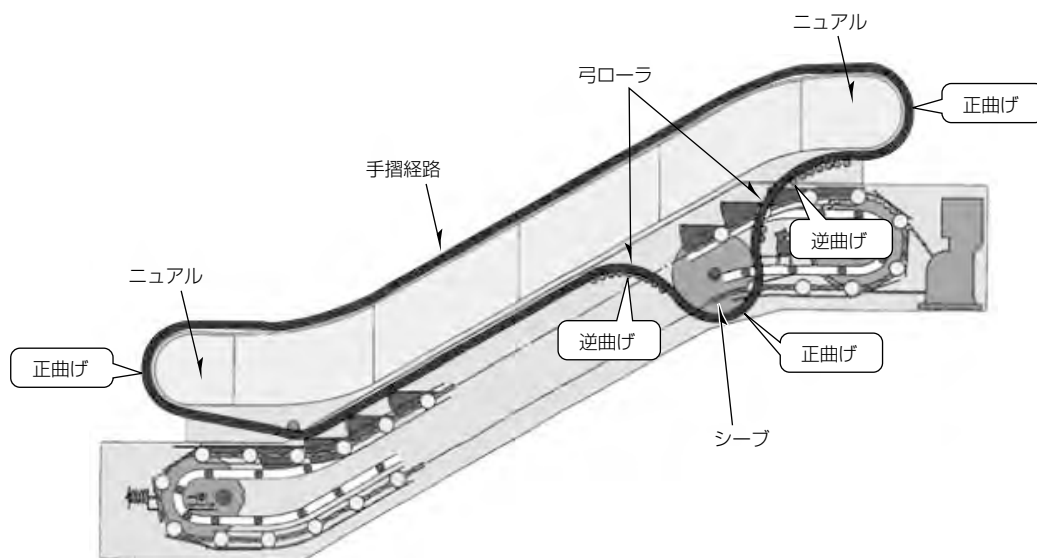


図2. 手摺駆動装置と手摺経路

ネルギー密度関数で関係付ける⁽¹⁾⁽²⁾。ひずみエネルギー密度関数のパラメータは、等方2軸引張試験で同定した(図3)。

3.2 帆布の荷重方向による剛性の切換え

帆布は、引張に対しては剛性を持つが、圧縮に対してはたるみによる皺(しわ)が発生して剛性を持たないため、引張と圧縮でヤング率を切り換えるようにした。また、帆布は曲げ剛性も持たないようにした。

3.3 ワイヤの簡易モデル化

スチールテープのような薄い板材はシェル要素を用いて簡単にモデル化できるが、ワイヤは複数の素線をより合わせたストランドを更に複数より合わせて構成されており、構造が複雑で接触要素も多いため、詳細にモデル化すると計算負荷が膨大になってしまう。そのため、図4に示すように、ワイヤの曲げ特性を表すビーム要素とワイヤの引張特性を表すビーム要素に分けて、それを組み合わせた2層のビーム要素でワイヤを簡易モデル化した。

まず、ワイヤの曲げ特性を表すビーム要素として、素線のヤング率やワイヤのねじり角等からワイヤの曲げ剛性弾性係数を計算式から求める⁽³⁾。次に、引張特性を表すビーム要素としてワイヤの引張剛性弾性係数と引張ビーム要素の直径を求める。この時、引張ビーム要素が曲げ剛性に与える影響の割合が十分小さくなるように考慮した。

3.4 手摺の初期の曲げ癖の反映

手摺は、完成後ドラムに巻きつけて保管されるため、巻

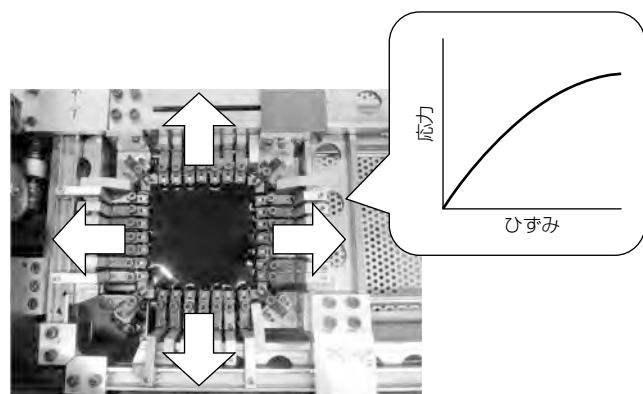


図3. 等方2軸引張試験

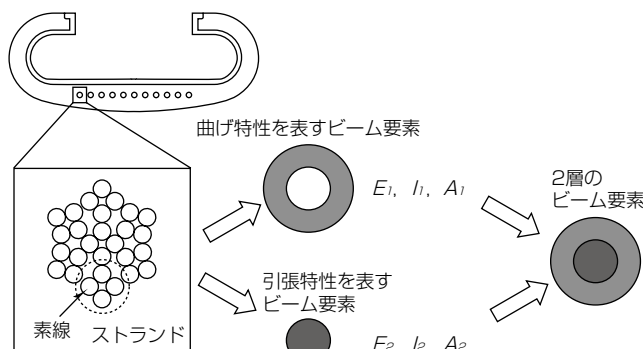


図4. ワイヤの簡易モデル

き癖がついており、無負荷状態でも正曲げ方向に湾曲している。この巻き癖が手摺を曲げた際の変形状に大きく影響していることが次に述べる実験で分かったため、曲げ癖の測定を行い、解析モデルに初期形状を与えることで反映させた。

4. 実験と解析の比較

4.1 実験条件

解析モデルの妥当性を確認するために、実験を行い解析結果と比較した。

実験装置は、シーブの前後の逆曲げ部分を想定して約1mの長さで切り取った手摺の両端をピン支持とし、一端は変位固定、他端は長手方向に圧縮の強制変位を与えられる構造とした。その時の圧縮方向の反力と変位を計測する。また、手摺の長手方向中心付近に3点のマーカを貼り、圧縮変位を与えた時の手摺挙動を動画で撮影する。その後、動画解析によって、マーカ3点の位置から手摺の曲がり具合(曲率)を計算する。実験は、抗張体がスチールテープの場合とワイヤの場合の2種類について行った。手摺は断面と長手方向に対して左右対称の変形と仮定し、解析は1/4モデルとした。

4.2 実験結果

手摺を圧縮した時の圧縮量-曲率の比較のグラフを図5に示す。また、図5のI点とII点における実験と解析の手摺の変形状の比較を図6に、II点における解析の手摺断面形状を図7に示す。

図5(a)のスチールテープ手摺の圧縮量-曲率の結果は、圧縮量が100 mmを超えた付近で実験も解析も急激に曲率が上昇し、その後傾きは緩やかになり、両曲線はよく一致している。また、図6(a)のスチールテープ手摺の変形状の比較では、II点で、実験も解析も手摺中央から2本に折れ曲がるように不連続に変形している。さらに、図7(a)のII点でのスチールテープ手摺の解析の断面形状では、手摺はA-A断面でふくらみ、B-B断面で手摺の開口部がつぶれて帆布に接触するような変形をしており、実験と同じ変形を再現できている。

図5(b)のワイヤ手摺の圧縮量-曲率の結果は、スチールテープ手摺に対して、曲率の急激な上昇がない曲線であることが実験と解析で一致している。また、図6(b)のワイヤ手摺の変形状の比較では、実験も解析もなだらかな円形に変形している。さらに、図7(b)のII点でのワイヤ手摺の解析の断面形状を見ると、B-B断面での手摺の開口部と帆布の接触はなく、解析によって実験と同じ変形を再現できた。

これらの結果から、今回構築したFEM解析モデルによって、変形状の異なる2種類の手摺の変形を再現できていることを確認できた。

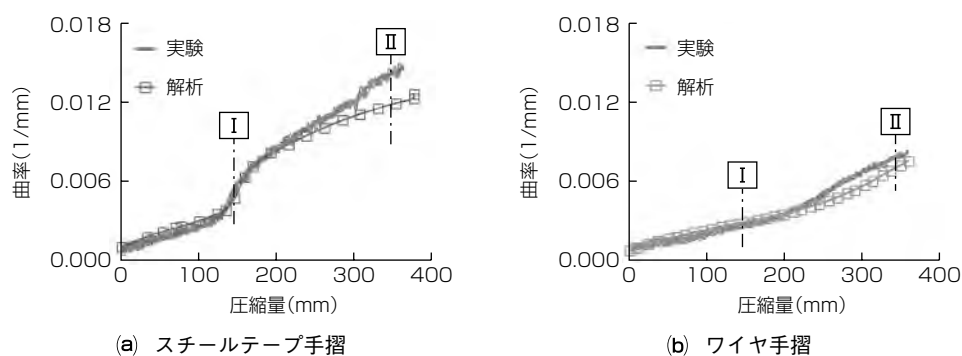


図5. 圧縮量-曲率の比較

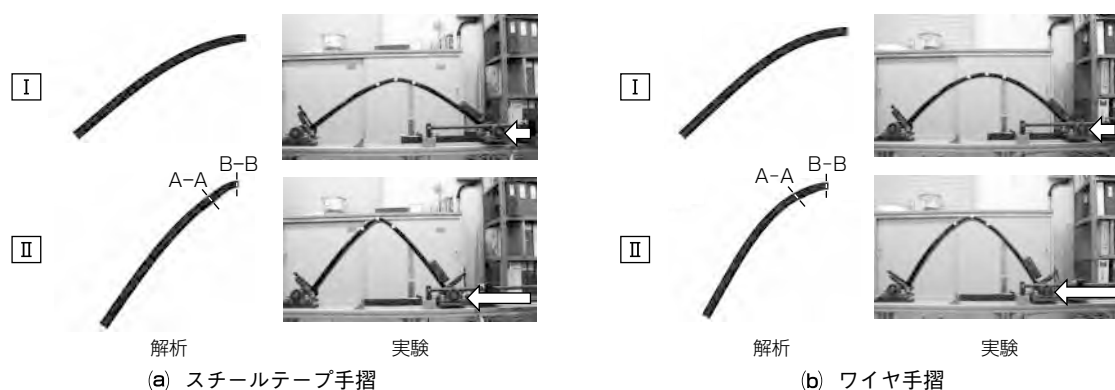


図6. 変形状の比較

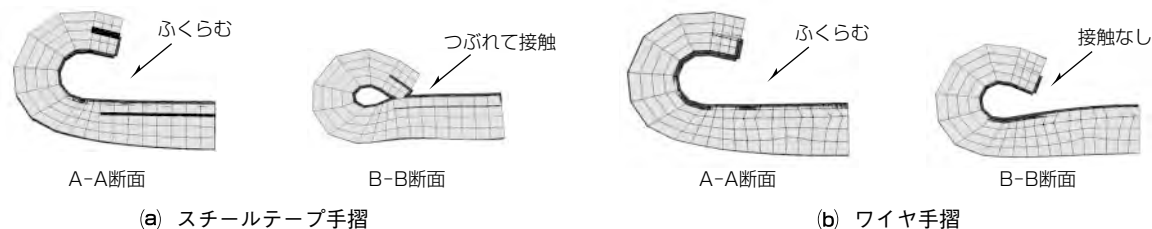


図7. II点での解析の手摺断面

5. む す び

超弾性材料の適用、帆布の荷重方向による剛性の切換え、ワイヤの2層ビーム要素による簡易モデル化、手摺の初期の曲げ癖を反映することで手摺の曲げ形状を再現できる解析技術について述べた。

今後は、この解析モデルを用いた新たな手摺構造の開発、手摺経路の検討を進める予定である。

参 考 文 献

- (1) 川端季雄：ゴムの多軸応力解析について，日本ゴム協会誌，**43**，No. 5，347～357（1970）
- (2) 山下義裕，ほか：補強ゴムのひずみエネルギー密度関数の近似式，日本ゴム協会誌，**65**，No. 9，517～528（1992）
- (3) ワイヤロープハンドブック編集委員会編：ワイヤロープハンドブック，日刊工業新聞社，387～394（1995）

最近の昇降機国内・海外納入事例

元近早希*
榎 由佳**

Latest Supply Record of Mitsubishi Elevators and Escalators

Saki Motochika, Yuka Enoki

要 旨

近年、昇降機は、建物の超高層化に伴い、輸送能力の更なる効率化が求められている。加えて、建物のコンセプトに合わせた高度な機能性やデザイン性が要求される。本稿では、国内・海外での最近のモニュメンタルビルに三菱電機が納入した昇降機設備について述べる。

日本橋ダイヤビルディングでは地震対策として中間階免震構造対応エレベーターが採用された。虎ノ門ヒルズでは、かご間距離調整機能付きダブルデッキエレベーターを納入し、階高の異なる停止階への対応と輸送能力の向上を実現した。淀屋橋東京海上日動ビルディングでは、様々な特殊意匠仕上げ材を用いたエレベーターを、一宮市役所本庁舎

では、建築デザインのコンセプトに合わせたオープン昇降路の展望エレベーターを納入した。

海外市場に目を向けてみると、中国の上海新世界大丸百貨では商業施設中央の吹抜け部分に、宙に浮いたようなデザインのスパイラルエスカレーターを12台納入した。コロンビアのParque Centralでは、中南米地域の中低層マンション・オフィスビルのニーズに特化した“NEXIEZ(ネクシーズ)-GPX”を納入した。米国の680 Folsomでは、近年の海外での大規模オフィスビル高層化の加速を背景とする、エレベーターの輸送効率向上を目的としたエレベーター行先予報システムが採用された。



日本橋ダイヤビルディング



虎ノ門ヒルズ



淀屋橋東京海上日動ビルディング



一宮市役所本庁舎

国内納入事例



上海新世界大丸百貨
(中国・上海)



Parque Central
(コロンビア・ボゴタ)

海外納入事例



680 Folsom
(米国・サンフランシスコ)

最近竣工した代表的な昇降機納入事例

最近竣工(しゅんこう)した代表的な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なく、建物のコンセプトに合わせた機能性やデザイン性が求められている。

1. ま え が き

近年、昇降機は、建物の超高層化に伴い、輸送能力の更なる効率化が求められている。加えて、地震などの自然災害やセキュリティ対策、快適さ、建物との調和など、昇降機設備にも、建物のコンセプトに合わせた高度な機能性やデザイン性が要求されている。本稿では、国内・海外の最近のモニュメンタルビルに当社が納入した昇降機設備について述べる。

2. 国内事例

2.1 日本橋ダイヤビルディング

2.1.1 建 物

三菱倉庫(株)の旧社屋江戸橋倉庫ビルがリニューアルされ、防災・環境配慮型オフィスビル日本橋ダイヤビルディングとして2014年9月3日に竣工した。1930年12月に竣工し、東京都選定歴史的建造物に選定された旧社屋の外観を地上6階までを残し、高層棟を増築した。安全・安心、事業継続性を第一に考え、中間階免震構造、非常用発電機などの災害対策機器を備えている。8階から17階までの高層部はテナントオフィス、2階から6階までの低層部は三菱倉庫(株)のオフィス及びトランクルームである。

2.1.2 昇 降 機

昇降機設備は10台のエレベーターが設置されており、高層用はテナントオフィス用、低層用は三菱倉庫(株)のオフィス及びトランクルーム用である。7台の高層用には中間階免震構造対応エレベーターが採用されている。そのうち非常用エレベーターでは、建物の層間変位量に追従する機構を持つ可動乗場三方枠が設置されている。かご意匠は、低層・高層用ともに、壁のコーナー部分やボタンなどが丸みを帯びたぬくもりのあるデザインに統一されている。低層用のかご内壁面には、シルク印刷仕上げによって旧社屋の外観が描かれている。また、低層用乗場（図1(a)）の押ボタン・乗場位置表示器(図1(b))に、旧社屋で使用されていた昭和初期デザインのプレートが流用されており、当時のモダンアートな造形が歴史的建造物の面影を後世に伝えている。

2.2 虎ノ門ヒルズ

2.2.1 建 物

虎ノ門ヒルズは、新橋と虎ノ門を結ぶ

“マッカーサー道路”と呼ばれる環状2号線の再開発計画の中枢をなす都内屈指の超高層複合タワーで、2014年6月11日にオープンした。その直下には、東京の大動脈となる環状2号線が貫通し、駐車場も整備されている。ホテル、レジデンス、オフィス、カンファレンス、商業施設などの多様な施設を高度に複合させ、土地を立体利用した虎ノ門ヒルズは、都心部の土地の有効利用の観点からも画期的なプロジェクトである。東日本大震災クラスの大地震が発生しても大きな被害を受けない高い耐震性能と、二重バックアップ構造の非常用発電設備を備えている。

2.2.2 昇 降 機

昇降機設備はエレベーター53台、エスカレーター32台が設置され、そのうち当社はオフィス用のかご間距離調整機



(a) 1階エレベーター乗場



(b) 乗場位置表示器

図1. 日本橋ダイヤビルディングの低層用エレベーター



(a) 行先ボタンと停止可能階を示す表示灯



(b) エレベーターのかご室内

図2. 虎ノ門ヒルズのオフィス用エレベーター

能付きダブルデッキエレベーター7台を納入している。ダブルデッキエレベーターとは、上下2組のかご室を一体のかご枠に取り付けた2階建てのエレベーターのことで、昇降路の省スペース化と輸送能力の向上とが図れる。また、かご間距離調整機能とは、階高の異なる停止階にも対応できるように、上下のかご間の距離を停止階の階高に合わせて調整する機能である。時間帯によって停止階を変えるため、停止可能な階を簡単に判別できるよう、かご室内行先ボタンの横に停止可能階を示す表示灯(図2(a))を備えている。かご室内(図2(b))の意匠はステンレスと木目調の落ち着いた雰囲気であとめられている。

2.3 淀屋橋東京海上日動ビルディング

2.3.1 建 物

環境配慮型・高機能のオフィスビル淀屋橋東京海上日動ビルディングが2014年6月に竣工した。大阪のビジネスエリアの中心地である淀屋橋のメインストリート御堂筋に面し、市営地下鉄御堂筋線の淀屋橋駅から徒歩1分と交通利便性に

優れている。建物の外観は、水都大阪を象徴する水の流れや、御堂筋の人や車の流れを意識して、建物全体にブリーツやドレープといった波形が多くあしらわれており、オフィスビルらしい品格の中に遊び心あるデザインとなっている。

2.3.2 昇 降 機

昇降機設備はエレベーター6台(乗用5台、人荷用兼非常用1台)が設置されている。1階の乗場意匠はメインエントランスの建築壁と合わせてブラックステンレス鏡面仕上げに統一され、奥深みのあるエレベーターホール(図3(a))を演出している。縦ラインのアクセントに三方枠の片側のみに特殊な模様が刻まれた3Dニッケルシルバー(3D特殊エッチング)という素材が採用され、建物同様品格の中に遊び心がみられる。一方、基準階の乗場意匠(図3(b))は、白色のピアノ塗装が採用され、明るく温かみのある空間となっている。かご室内(図3(c))は全面に光沢のある黒色のピアノ塗装が施され、重厚な空間でありながら、特殊形状の行先登録ボタンと手摺(てすり)(図3(d))によってオ



(a) 1階エレベーターホール



(b) 基準階のエレベーター乗場



(c) エレベーターのかご室内



(d) 行先ボタンと手摺

図3. 淀屋橋海上日動ビルディングの乗用エレベーター

フィスらしいスタイリッシュな印象を与えている。また、非常用呼出しボタンは、停電等の非常時に暗いかご室内でも見つけやすいよう、特殊な塗料を使用した蓄光機能ボタンとし、乗客の不安軽減を図っている。

2.4 一宮市役所本庁舎

2.4.1 建物

古くから織物が盛んな一宮市の新庁舎は、歴史ある市のシンボルとなるように、また、“どこでも、誰でも、自由に、使いやすく”を基本とし、次に挙げる基本理念に基づいて設計され、2014年3月に竣工した。

- (1) 市のシンボルとなる庁舎
- (2) 便利で分かりやすい庁舎
- (3) 市民にひらかれた庁舎
- (4) 安全・安心な庁舎
- (5) 環境にやさしい庁舎

また、地震などの大規模災害に備え、免震構造を採用するとともに、停電しても72時間連続で電気を供給できる非常用発電機を配備し、市民の安全を確保するための防災拠点としての機能が装備されている。

2.4.2 昇降機

昇降機設備はエレベーター5台が設置され、そのうち、3台が乗用(展望用)、残り2台が人荷用兼非常用である。建物中央に設置された交通のメインである乗用(展望用)エレベーターは、1階から3階まではガラス昇降路、4階から12階は建物の吹き抜け部を利用したオープン昇降路(図4(a))となっており、建物も含め全体的に開放感があるつくりとなっている。乗場のデザインもガラス乗場壁に合わせて大型窓を設置し、明るく、開放的なエレベーターホールを演出するとともにガラスサッシにホールランタンなどを

組み込み、一体感のあるデザインとなっている。かご室内(図4(b))も開放感と明るさを重視したデザインとなっており、かご室展望窓は側面壁一部と正面壁全面に設け、天井も全面光天井のガラスクロス天井照明を採用した。かご室の展望窓からは一宮市の伝統行事である一宮七夕まつりの短冊をイメージした吹き抜け部のデザインガラス窓が望める。

3. 海外事例

3.1 上海新世界大丸百貨(中国・上海)

中国・上海市の目抜き通りである南京路の一等地に位置する地上7階、地下5階建て商業施設である。欧米ブランドを始めとする数多くの有名ブランドがテナントとして入っており、上海における新たな商業・観光スポットとなっている。三菱電機稲沢製作所製シースルーエレベーター6台、スパイラルエスカレーター12台、上海三菱電梯有限公司製エレベーター・エスカレーター33台が設置され、2015年5月に全面開業した。

商業施設中央の吹抜け部分には、12台のスパイラルエスカレーターを宙に浮いたように設置し、デザイン性の高い建物空間を演出している(図5)。

3.1.1 スパイラルエスカレーター

スパイラルエスカレーターは、らせん状に弧を描きながら昇降するエスカレーター(図6(a))で、当社が1985年に開発・販売開始し、以来30年間当社独自の製品として国内に36台、海外に67台の計103台を納入してきた。

スパイラルエスカレーターは、傾斜に応じて段階的に中心点を移動させる“中心移動方式”(図6(b))によって、回転運動と縦運動が密接に絡み合う複雑な動きを実現している。半円を描く水平方向の移動速度が一定であれば、同心円状



(a) オープン昇降路



(b) エレベーターのかご室内

図4. 一宮市役所本庁舎の乗用(展望用)エレベーター



図5. 上海新世界大丸百貨のスパイラルエスカレーター

を動かすことが可能だが、傾斜部では垂直方向の移動が加わり水平方向の速度が遅くなるため、構造上の問題が生じる。そこで、傾斜に応じて段階的に中心点を移動させることでエスカレーター特有の動きを実現した。また、ステップを動かすためのチェーンには、様々な角度に対応できる特殊なチェーン(図6(c))を使用している。さらに、形状が複雑で加工が困難なレールや手摺は、工作技術によって三次元のねじれを加えながらも最終精度0.1mmを確保し、滑らかな動きを実現した。

3.2 Parque Central(コロンビア・ボゴタ)

コロンビアの首都・ボゴタに位置する大規模住宅ビルであるParque Centralには、メキシコの当社製造拠点のMitsubishi Electric de Mexico, S.A. de C.V.(MELMEX)、及びコロンビアの当社製造拠点のMitsubishi Electric de Colombia Ltda.(MELCOL)で製造した中南米市場向けエレベーター“NEXIES-GPX”を21台納入している。

3.2.1 中南米市場向け機種“NEXIEZ-GPX”⁽¹⁾

新興国を中心とした経済発展による建設需要の拡大に伴い、世界の昇降機需要は拡大している。また、客先及び地

域ごとのニーズも多様化しており、特に中南米地域では、Parque Centralのような中低層住宅やオフィスビルが増え、快適性・安全性とともに低価格が求められている。

そこで、海外市場向け主力機種である“NEXIEZ”のプラットフォームを基に、中南米地域の中低層住宅・オフィスビルに対応した基本仕様・新デザインを導入した。現地デザイナーを活用し、中南米地域の建築デザイン・色彩と親和性の高いかご室を取りそろえており(図7(a))、また、かご室操作盤はスペイン語にも対応した(図7(b))。立体感あるかご室を実現するため、曲線を用いた立体的な造形を施した天井やLEDダウンライト照明(図7(c))による光の質感にこだわった照明デザインを採用した。

省エネルギー効果も高く、LEDダウンライト照明の採用によって、消費電力を削減し(当社従来比88%)、永久磁石モータを用いたギヤレス巻上機の採用によって、消費電力削減(当社従来比20%)を実現している。

このNEXIEZ-GPXは、メキシコのMELMEX、及びコロンビアのMELCOLで製造しており、地産地消を推進することでタイムリーな納品を実現している。

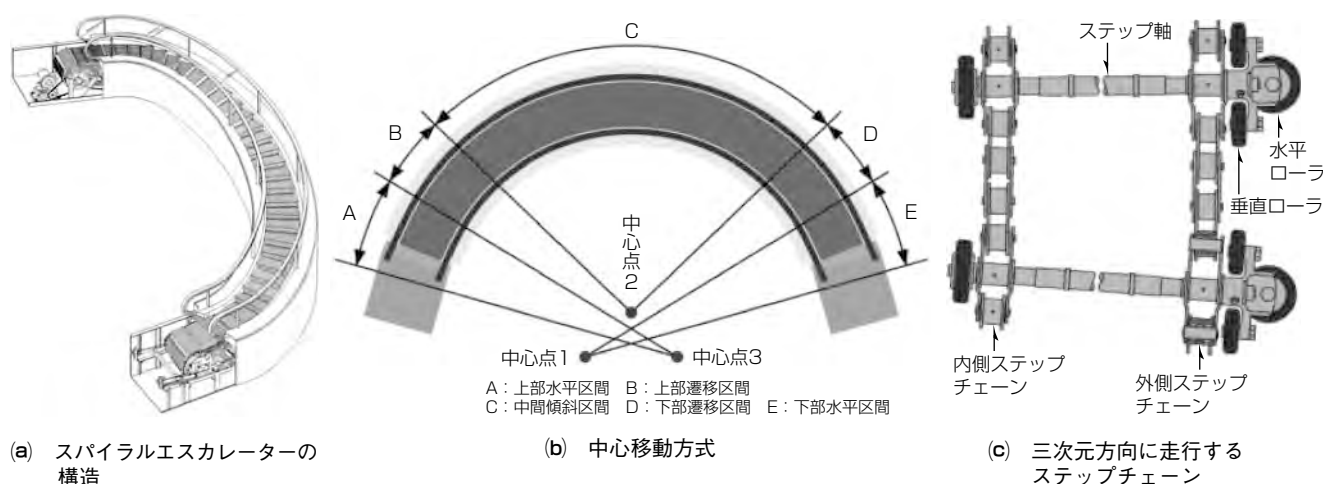


図6. スパイラルエスカレーターの構造と技術



図7. 中南米市場向けエレベーターNEXIEZ-GPX



(a) エレベーターホール



(b) 乗場操作盤とエレベーターかご室

図 8. 680 Folsomのリニューアルエレベーター

3.3 680 Folsom(米国・サンフランシスコ)

米国・カリフォルニア州サンフランシスコのダウンタウンに位置する地上15階建てのオフィスビルである680 Folsomでは、既存ビルの改修工事に伴い、エレベーターもリニューアルした。ここに、当社稲沢製作所製エレベーター10台を納入し、オフィスビル内の膨大な数のエレベーター利用者を効率よく輸送するため、オフィスゾーンには全階床エレベーター行先予報システムが採用された(図8)。また、サンフランシスコ市の定める身障者法規に対応した。

3.3.1 全階床エレベーター行先予報システム⁽²⁾⁽³⁾

近年、海外の大規模オフィスビル向けエレベーターでは、輸送効率を向上させることを目的としたエレベーター行先予報システムが主流となりつつある。これは、エレベーター群管理システムが利用者を先行階ごとに振り分ける制御(先行階の同じ利用者は極力同一かごに乗車させる)を行い、最適な配車を行うことによって、エレベーターの輸送効率を上げるシステムである。

エレベーターホールには乗場操作盤を設置している(図8)。この乗場操作盤に組み込んだカードリーダー部分に先行階が事前登録された社員証などのIDカードをかざし、先行階を登録すると、液晶ディスプレイにエレベーター号機が表示される。利用者はそのエレベーターに乗り込むと、

かご室内で行先階を登録することなく、自動登録された先行階へ向かうことができる。

このシステムの採用によって、特に出勤時における運行効率の向上と、乗車混雑の緩和が可能となる。加えて、許可された階のみを登録可能とするため、高いセキュリティ性も確保できる。

米国で、当社の全階床エレベーター行先予報システムが採用されたのは、680 Folsomが初回案件である。

3.3.2 身障者法規への対応

昇降機の安全強化や技術の革新に対応した主な法規・規格としては、欧州・米国・日本等の規格があるが、680 Folsomでは、サンフランシスコ市が独自に定めているエレベーター行先予報システム向け身障者法規AB-090に対応

するため、次に挙げる対策を行った。

- (1) 乗場操作盤(図8(b))のボタン面の15~25度傾斜、75dBAアナウンスの適用、身障者ボタンの設置
- (2) 身障者ボタン押下時の誘導アナウンス機能
- (3) エレベーター出入口側部の行先表示インジケータの設置
- (4) かご到着を示すホールランタンとエレベーター号機表示機能の一体化

4. む す び

最近のモニュメンタルビルのコンセプトと、当社がそれらのビルに納めた昇降機設備の特長を関連付けて述べた。今後も、縦の移動手段としての能力向上はもとより、多様化する利用目的に合った高度な機能性やデザイン性を持つ昇降機を提案できるよう努めていく。

参 考 文 献

- (1) 中南米向けエレベーター“NEXIEZ-GPX”，三菱電機技報，87，No. 1，54 (2013)
- (2) 鈴木直彦,ほか：セキュリティーシステム連動エレベーター行き先予報システム，三菱電機技報，85，No. 2，102~106 (2011)
- (3) 小田切 豊,ほか：最近の昇降機海外納入事例，三菱電機技報，85，No. 2，119~122 (2011)

ビル管理システム用新コントローラ

浦口 剛*
柴 昇司*

New Controller for Building Management System

Takeshi Uraguchi, Shoji Shiba

要 旨

2014年度、三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system”で、ビル設備の監視・制御を行うローカルコントロールプロセッサ(LCP)と、そのLCPを系統ごとに複数台管理するファシリティコントロールプロセッサ(FCP)を改良開発し、共通プラットフォーム化を実現した。

今回開発した新コントローラ(LCP/FCP)の主な特長を挙げる。

(1) 小型化・軽量化

従来のコントローラと比較して約7割の小型化・軽量化を実現したことで、新設だけでなくリプレース商談の対応力を強化するとともに、環境負荷の大幅な低減を達成した。

(2) 柔軟なリプレース対応

リプレース用キットを開発することで、コントローラ小

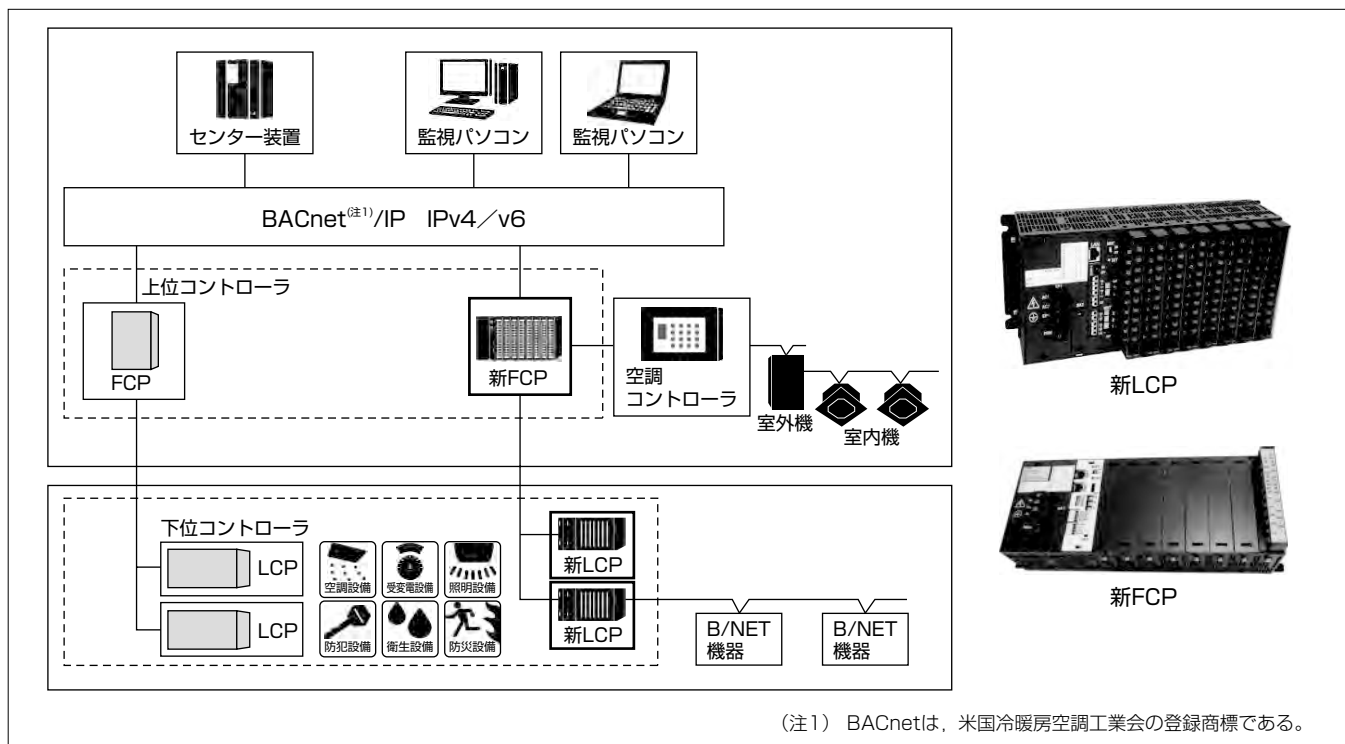
型化に伴うリプレース作業負荷の増加を防止した。

(3) 高性能化・高機能化

CPU(Central Processing Unit)の性能向上、ROM(Read Only Memory)・RAM(Random Access Memory)容量を拡張することで、ビル設備の監視・制御に必要なスケジュール制御数や各種連動テーブル数を拡張し、製品の競争力強化を図った。また、コントローラの共通プラットフォーム化によって、小規模ビルの監視を1台のコントローラのみで対応可能とした。

(4) 三菱電機製品との連携強化

当社福山製作所製のエネルギー計測ユニット等のB/NET機器、当社冷熱システム製作所製の新空調コントローラ“AE-200J”“AE-50J”との接続を可能とし、システム適用範囲の拡大を図った。



“Facima BA-system”の構成と新コントローラ

Facima BA-systemはビル設備管理システムである。そのシステム構成、及び新コントローラ(LCP/FCP)の外観を示す。LCPは、各種設備と接点信号等で接続して設備の監視・制御を行い、上位コントローラのFCPとは専用プロトコルで通信する。FCPは、LCPを系統ごとに複数台管理し、BACnetと各種通信方式の変換をしながら、他のコントローラとの連動制御なども実現する。

このシステムは、三菱電機ビルテクノサービス㈱が提供するファシマサポート契約と連携して、各種サービスを提供する。

1. ま え が き

当社は、1984年に発売した三菱ビル遠隔管理サービスシステム“MELSENTRY-U200/U400”から、2009年に発売した三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system⁽¹⁾”まで、継続的にビル管理システムをリリースしてきた。同時に、このシステムに使用するコントローラも継続的にリリースしてきたが、2002年にリリースしたコントローラを納入した案件から約13年が経過し、システム・機器のリブレース時期を迎えている。

また、エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)が改正されたことに伴い、事業者単位のエネルギー管理が義務づけられ、ビルの省エネルギーに対するニーズが拡大し、ビル管理システムの市場競争が激化している。

これらのことから、コントローラの小型化・軽量化、高性能化・高機能化、及びシステム適用範囲の拡大を図って製品競争力を強化するため、新コントローラを開発した。

本稿では、新コントローラの開発内容とその特長について述べる。

2. 新コントローラの特長

2.1 小型化・軽量化

ビル設備の監視・制御を行う当社製LCPは、競合他社の製品と比較して容積が大きいため、他社製のコントローラが既に設置されている案件では、当社製LCPでのリブレースが困難という課題があった。そこで、新LCPの開発では、基板の多層化・高密度実装化、部品の微細化などの技術を導入することによって、当社従来比で78%の容積削減を実現した。また、従来板金のみで構成していた筐体(きょうたい)を、板金の骨組みに樹脂を貼り合わせる構造にすることによって、75%の軽量化を実現した(図1)。

さらに、LCPを系統ごとに複数台管理する新FCPを新LCPと共通プラットフォーム化することで、同様に74%の容積削減、67%の軽量化を実現した(図2)。

その結果、LCPとFCPの両コントローラでビル設備のリブレース商談への対応力を強化するとともに、環境負荷の大幅な低減を達成した。

2.2 柔軟なリブレース対応

コントローラの小型化に伴い、ビル内設備からの配線接続用の端子台の形状も小型化した。そのため、当社製コントローラのリブレースでも、旧コントローラの端子台から新コントローラの端子台に付け替える必要があり、リブレース作業に膨大な作業工数がかかることが想定された。この課題を解決するため、図3に示すようなリブレース用のキット(ベース板金・接続パーツ)を開発した。

これによって、当社製コントローラのリブレースは、図3のとおり、端子台の配線を付け替えることなく、既に配線

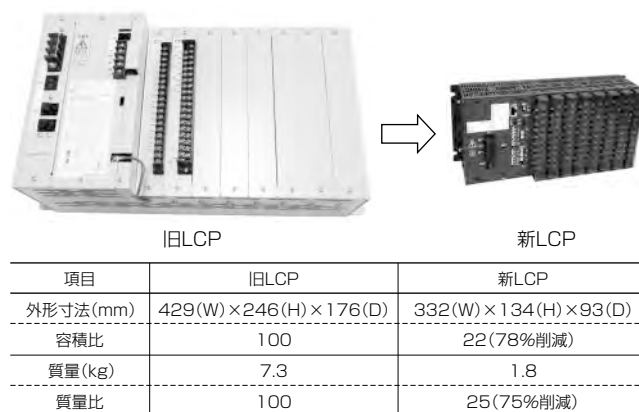


図1. 新旧LCPの比較

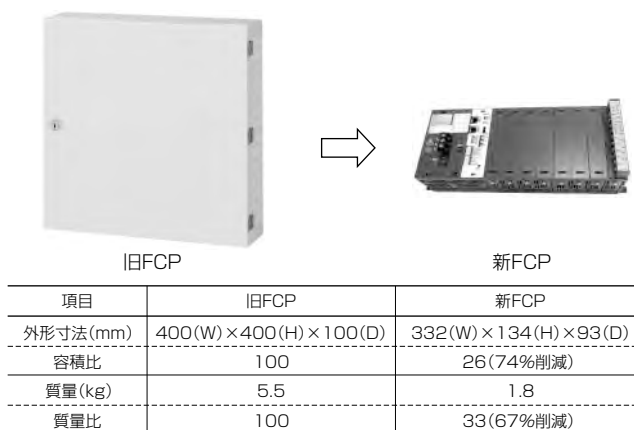
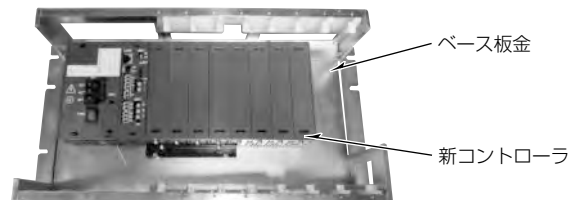
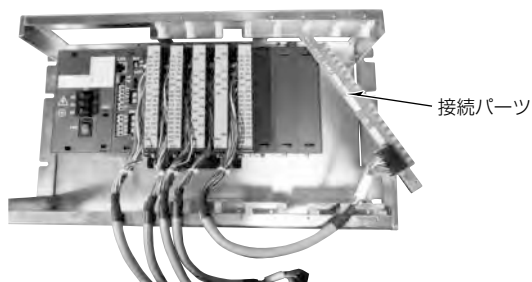


図2. 新旧FCPの比較

①: 新コントローラをベース板金に取り付ける



②: 接続パーツを新コントローラに取り付ける



③: 旧コントローラの端子台をベース板金・接続パーツに取り付ける

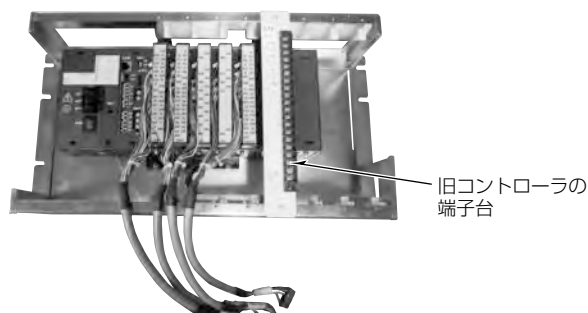


図3. コントローラのリブレース手順とリブレース用キット

されている旧コントローラの端子台をそのまま使用可能となり、リプレース作業の課題を解決した。

2.3 高性能・高機能化

従来別々であった、下位コントローラLCPと上位コントローラFCPを、ハードウェア、ソフトウェアともに共通プラットフォーム化するため、表1に示すようにCPUの性能向上、及びROM・RAM容量を拡張し、各機器の性能向上を図った。特にRAMに関しては、SRAM(Static RAM)から低電力DDR SDRAM(Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM)への部品置き換えを実施し、電池でバックアップ可能なRAM容量の大幅な拡張を実現した。

従来は、管理の点数が100点規模の小規模ビルなど、監視・制御する対象設備が少ない案件の場合もFCPとLCPが

表1. 新旧コントローラ機器性能

項目	旧コントローラ		新コントローラ (LCP/FCP)
	LCP	FCP	
CPUコア周波数	24MHz	133MHz	400MHz
ROM	2 Mバイト	16Mバイト	64Mバイト
RAM (電池バックアップ)	2 Mバイト	8 Mバイト	LCP: 128Mバイト FCP: 256Mバイト

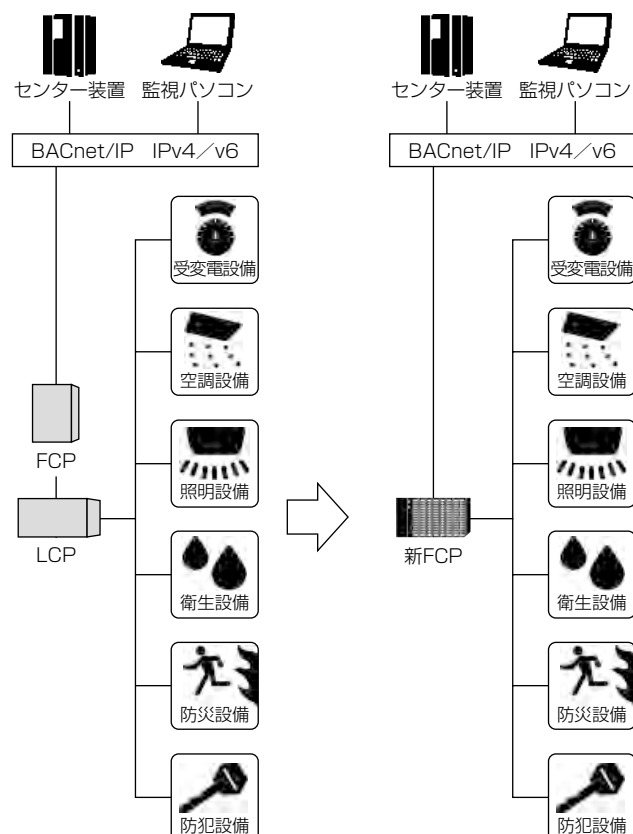


図4. 小規模案件のシステム構成例

表2. 新旧コントローラの機能数比較

項目	旧コントローラ	新コントローラ
スケジュール	150	300
論理連動	50	300
演算	50	300

それぞれ1台ずつ必要であった。しかし、今回開発した新コントローラは共通プラットフォーム化しているため、図4に示すように1台の新FCPのみで対応が可能となった。これによって、コントローラの機器費用を約25%原低可能になり、商談対応力を強化した。

また、高性能化することによって、表2に示すように、ビル内の設備を監視・制御するために必要なスケジュール機能数や各種連動制御機能数、またCO₂換算等を行うための演算機能数を、従来の2倍以上に拡張することが可能となった。

さらに、LANのチャネル数を従来の1チャネルから2チャネルへと拡張し、1つはビル管理システムの通信プロトコルBACnet/IP通信専用とし、もう1つをその他外部機器との通信、又は保守専用に使用することが可能となった。

2.4 当社製品との連携強化

2.4.1 当社製B/NET機器との接続

ビル内の受配電設備を計測するエネルギー計測ユニットや電子式マルチ指示計器等の、当社製のB/NET機器と接続する場合は、必ず当社シーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”を介して接続する必要があった。

今回、新LCPとB/NET機器との直接接続を可能にする、B/NET伝送機能を搭載した通信ユニット(図5、図6)の開発を行った。

これによって、B/NET機器と接続するために必要な機器費用・システム構築費用を約45%低減が可能となり、システムの適用範囲の拡大を図った。

2.4.2 当社製空調コントローラとの連携強化

新FCPを、当社製の新空調コントローラ“AE-200J”“AE-50J”と接続可能にし(図7)、連携強化のため、新たに次の2つの機能を開発した。

(1) 緊急停止復元モード設定機能

従来、空調コントローラが認識している緊急停止状態をFacima BA-systemの監視画面上に表示可能であったが、緊急停止状態が復旧した際、Facima BA-system側からは空調機を全て停止しないと復旧することができなかった。緊急停止前の状態に戻りたい場合には、ビル管理者が各空調コントローラのタッチパネルで1台ずつ操作する必要があった。

そこで、機能拡充を実施し、Facima BA-systemから空調機の復元モードを設定可能とした。これによって、ビル管理者の負担を減らすだけでなく、より安全な設備の監視を実現した。

(2) 空調コントローラ異常履歴表示機能

従来、空調システム側で異常が発生した際、Facima BA-systemの監視画面に、異常を表示することは可能であったが、その詳細な異常の内容についての表示、履歴の記録には対応していなかった。

そこで、新FCPでは、各空調コントローラの異常履歴を

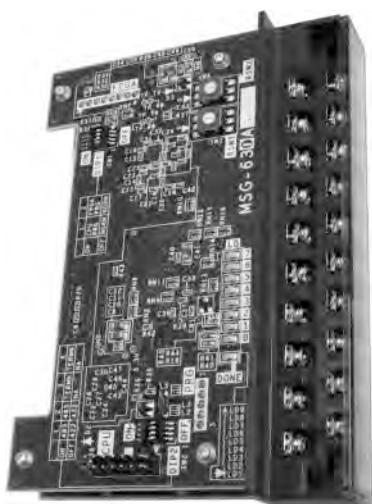


図 5. B/NET通信ユニット

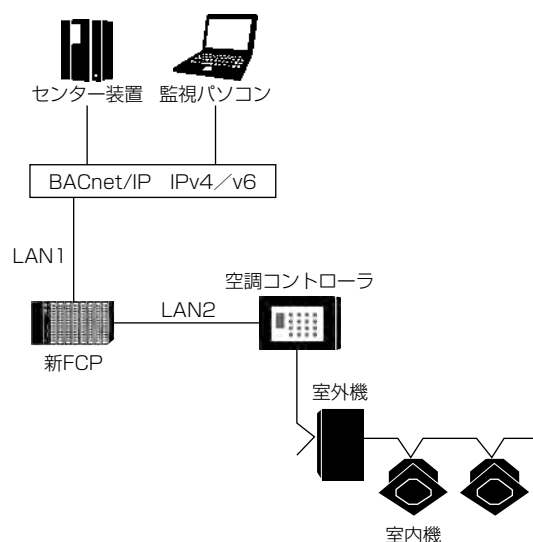


図 7. 空調コントローラ接続のシステム構成例

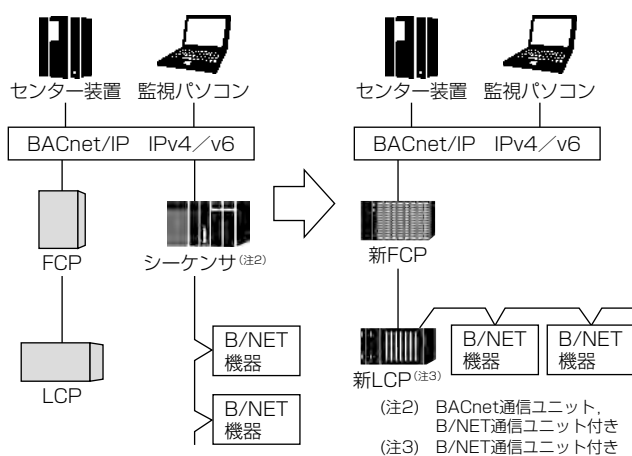


図 6. B/NET接続のシステム構成例

定期的に収集し、センター装置に対して通知する機能を開発した(図8)。この機能によって、Facima BA-systemは、空調システム側の詳細な異常履歴も管理可能となり、空調システムも含めたビル全体の異常を一元で管理可能となった。

3. む す び

三菱ビル設備オープン統合システムFacima BA-system用の新コントローラの開発内容とその特長について述べた。このコントローラの導入によって、システム適用範囲を拡大し、製品競争力の強化を図った。また、新設だけ



図 8. 空調コントローラの異常履歴画面

でなく、リプレース商談への対応力も強化したことによって、システムの納入促進を可能とした。

今後は、更なる機能拡張と機器連携を強化し、製品競争力の強化を図っていく。

参 考 文 献

- (1) 渡邊啓嗣, ほか: 三菱ビル設備オープン統合システム“Facima BA-system”, 三菱電機技報, 83, No. 9, 547~550 (2009)

ビル群の電力ピーク平準化技術

佐藤冬樹* 野中美緒**
小林直樹*
川野裕希*

Peak Load Leveling Technology for Group of Buildings

Fuyuki Sato, Naoki Kobayashi, Hiroki Kawano, Mio Nonaka

要 旨

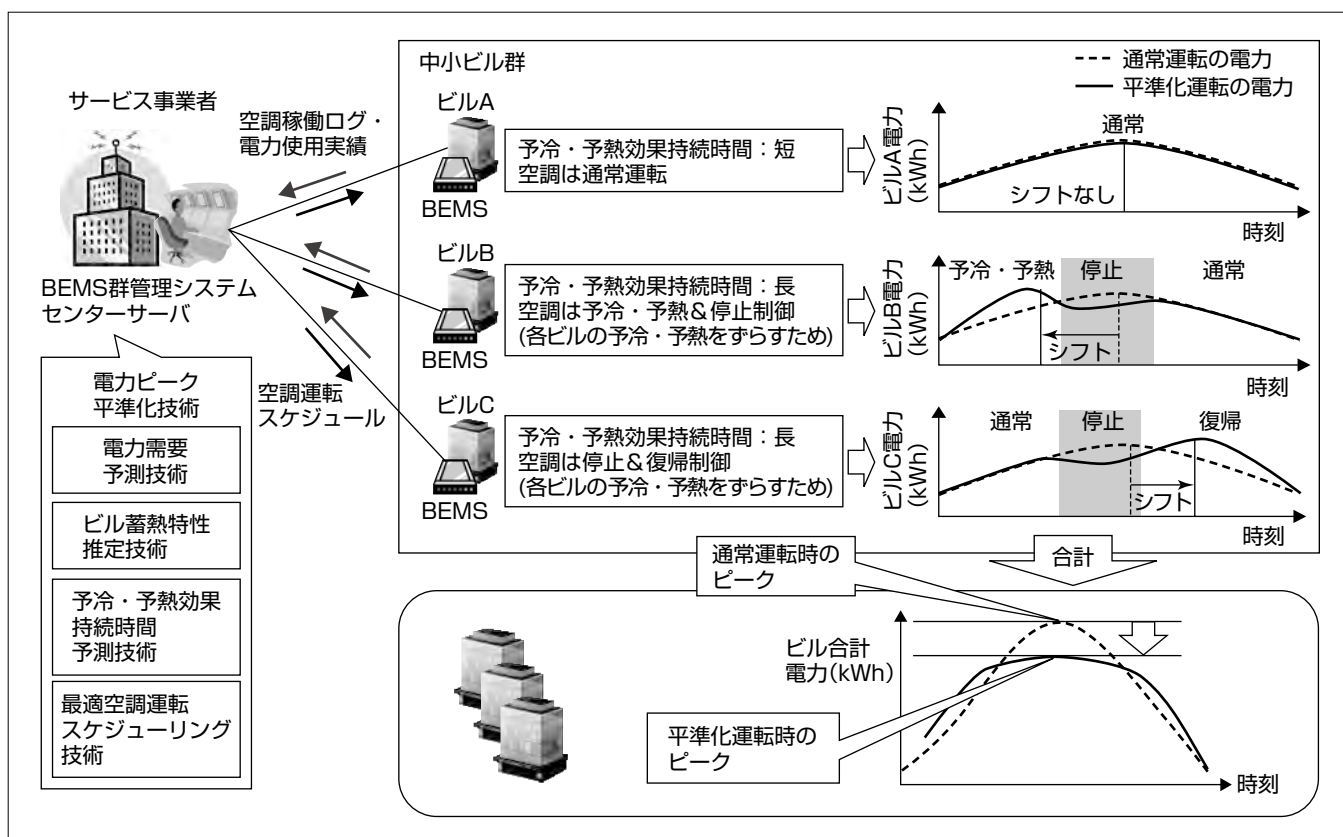
東日本大震災以降、継続する電気料金の値上げに対応し、ビルのエネルギー管理を活用した省マナー施策が求められている。ビルの電気料金のうち、基本料金は、1年間の電力ピーク時の使用実績から算出されるため、BEMS (Building Energy Management System)によって電力ピークを抑制するように機器の運転スケジュールを管理することが有効である。

電力ピークを平準化するには、空調の消費電力が最大となる時間帯を予測し、その時間帯を避けて予冷・予熱、停止又は復帰運転を行う空調運転スケジュールが必要になる。そのためには予冷・予熱効果の持続時間予測が重要である。

そこで、BEMSが日々収集している空調稼働ログや気象

実績からビルの蓄熱特性を求め、その蓄熱特性と翌日の空調運転スケジュールから予冷・予熱効果の持続時間を予測する技術を開発した。この技術を活用すると、室温変化を設定温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内に収めながら、ビルの電力ピークを平準化する空調運転スケジュールを生成できる。また、複数のビルを対象として、各ビルの予冷・予熱時間をずらし、ビル群全体の電力ピークを平準化することで、さらに電力ピークの抑制効果を高めることが可能である。

今回、9階建てビルの各階を1つのビルと見なしてビル群を構成し、この技術を適用した結果、ビル群全体の電力ピークを6.0%抑制できた。



ビルごとの蓄熱特性を考慮した電力ピーク平準化技術

電力ピークを平準化するために空調を停止すると、室温が快適な範囲から乖離(かいり)してしまう。しかし、ビルの蓄熱特性を考慮することで、空調を停止した際の室温変化を予測でき、室温が変化する幅を設定温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ などと制御しながら、電力消費の時間帯をシフトする空調運転スケジュールを立案することができる。そのため、特性の異なる複数のビルを組み合わせつつ、ビル群全体の電力ピークを平準化することが可能である。

1. ま え が き

BEMSとは、ビル内の各設備のエネルギーデータを収集し、長期間にわたって保存することで、エネルギーデータの高度な傾向・特性分析を可能とするエネルギー管理システムである⁽¹⁾。東日本大震災以降、ビルの電気料金は値上がりが続いており、電気料金節約のニーズは高い。このような背景からBEMSを導入し、エネルギー消費の無駄を発見することで、その無駄を削減するビルが増えている。また、電気料金を節約する方法として、ビルの電力ピークを平準化することも効果的である。これは、ビル向けの高圧電気料金契約が、1か月の総使用量から算出する従量料金と、1年間の電力ピークから算出する基本料金の合算となっているからである。

本稿では、BEMSに蓄積されたデータを活用して、ビル群の電力ピークを平準化する技術を述べる。この技術は、電力ピークを単純にカットするのではなく、ピーク時間帯に消費する電力を他の時間帯に移動して平準化するピークシフトを行うものである。また、この技術を三菱電機の実証設備で検証をした結果についても併せて述べる。

2. 電力ピーク平準化技術

2.1 概 要

ビルの電力ピークを平準化するには、ビルの電力ピーク時間帯を避けるように機器や設備を稼働させる必要がある。図1に、一般的なビルの電力消費傾向を設備ごとに分け模式的に示す。照明電力やコンセント電力は全時間帯を通して変化が少なく、電力ピークは空調電力の増加によって生じる。したがって、空調を適切に制御することでビルの電力ピークを制御できる。しかし、電力ピーク時に空調を停止すると、室内環境が悪化するという課題が生じる。その課題に対しては、電力ピーク時間帯を正確に予測し、その時間帯の前に室内を予冷・予熱することで対応する。予冷・予熱をすることで、空調を停止した場合に室内環境が悪化す

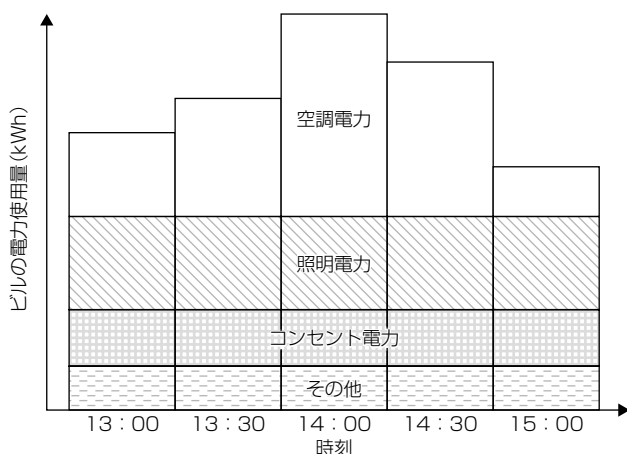


図1. 一般的なビルの電力消費傾向と内訳

るのを遅らせると同時に、電力ピーク時間帯に消費するはずであった空調電力を電力ピーク時間帯の前にシフトすることができる。

2.2 電力ピークを平準化するシステム構成

同一敷地内にある複数の中小ビルの電力を一括管理している場合などは、ビル群全体の電力ピーク平準化が必要になる。このとき、各ビルの電力ピークをそれぞれ平準化するよりも、各ビルの予冷・予熱時間をずらしてビル群全体の電力ピークを平準化することで、更に電力ピークの抑制効果を高めることが可能である。複数ビルの電力ピークを平準化する場合のシステム構成例を図2に示す。各ビルにはBEMSが設置されており、BEMSはビル内の空調を集中管理している空調コントローラとビルの電力使用実績値を計測している電力計測システムに接続している。BEMSは空調コントローラから空調稼働ログを、電力計測システムからビルの電力使用量を定期的に収集する。収集したデータはネットワークを介してセンターサーバに集約される。センターサーバでは、各BEMSが収集した空調稼働ログと受電電力量に加えて、気象情報配信サービス事業者から取得した気象実績や天気予報を用いて、ビル群全体の電力ピークを平準化する各ビルの空調運転スケジュールを計画する。その後、空調運転スケジュールはセンターサーバから各BEMSへ転送され、各BEMSはそれにしたがって空調を制御する。この構成例の場合、人間の意思決定が不要なため、常駐の管理人がいない中小ビルとの親和性も良い。

2.3 電力ピーク平準化を実現する要素技術

電力ピークの平準化技術は、図3に示すように、大きく分けて4種類の要素技術を組み合わせて実現している。これらの技術は、複数のビルを群管理することを想定し、センターサーバ側の機能として構成している。単一ビルの電力を平準化する場合、ビルに設置するBEMS上に構成することも可能である。次に、それぞれの要素技術を述べる。

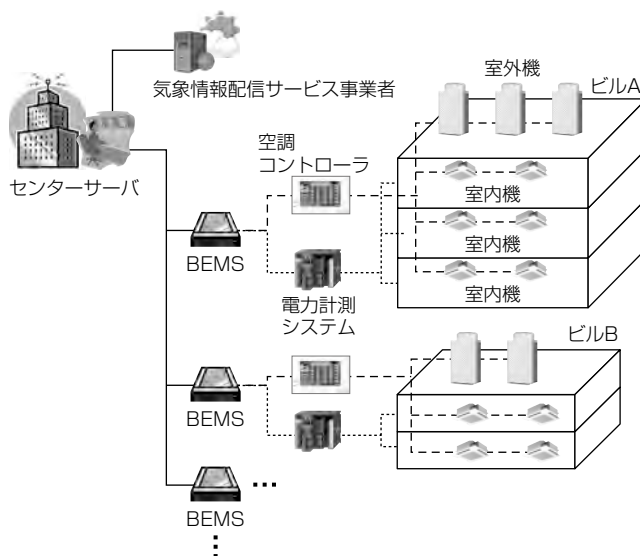


図2. 電力ピーク平準化をするシステムの構成例

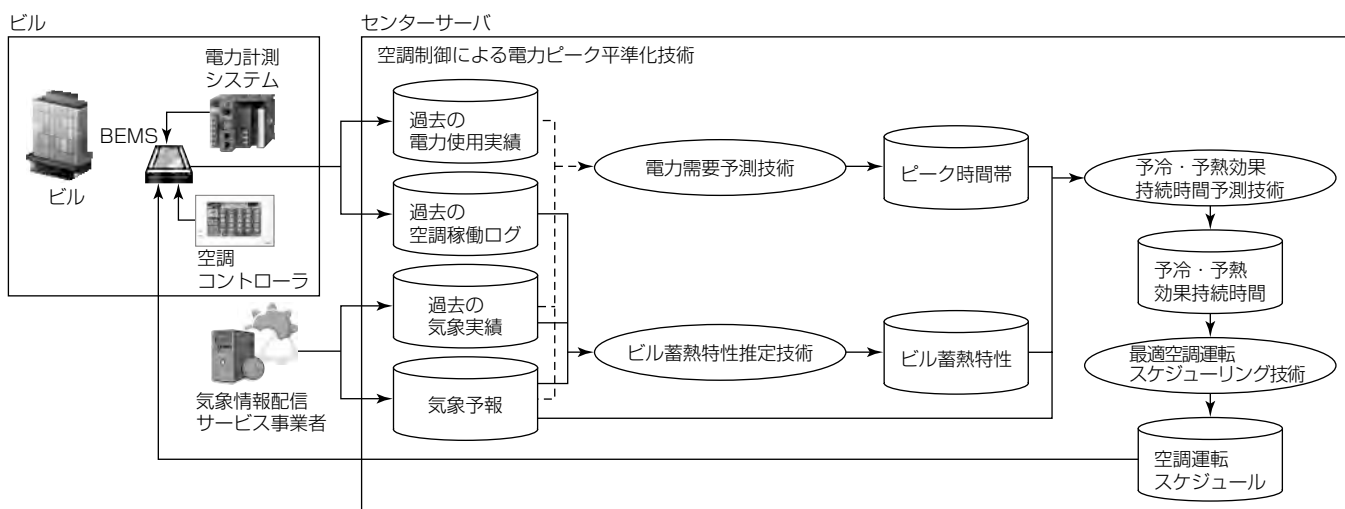


図3. 電力ピーク平準化技術の要素技術とシステム構成

2.3.1 電力需要予測技術

電力需要予測技術は、翌日又は当日にビルが消費する電力を30分単位で予測する技術である。まず、ビルの電力使用実績と気象実績データから回帰分析などを用いて、ビルの電力消費を表す数式モデルを構築し、そのモデルに翌日の気象予報を入力することによって、翌日の電力需要を予測する⁽²⁾⁽³⁾。当日の電力需要を予測する場合には、翌日の電力需要予測値に、当日朝の電力消費傾向を考慮することで、より高精度の需要予測ができる。

2.3.2 ビル蓄熱特性推定技術

ビル蓄熱特性推定技術は、ビルやフロアによって異なる室内の暖まりやすさ、冷めにくさを定量化する技術である。空調稼働状態と室温変化の相関に加えて、屋外からの熱の侵入、人体やパソコンからの発熱を考慮した熱回路網モデルを構築し、実測データから室内の蓄熱特性を表す熱容量という物理パラメータを生成する⁽⁴⁾。

2.3.3 予冷・予熱効果持続時間予測技術

予冷・予熱効果持続時間予測技術は、空調を停止したことによる室温変化の時間を予測する技術である。空調稼働ログや気象実績、翌日の気象予報から空調電力に特化した需要予測を行う。そして、空調の需要予測結果とビル蓄熱特性推定技術が出力する蓄熱特性パラメータを組み合わせることで、室温変化に要する時間を予測する。このとき、ビルが許容する室温変化制約条件(例：26～28℃)を与えれば、空調を停止しても制約条件を満たす予冷・予熱効果持続時間を算出できる⁽⁵⁾。

2.3.4 最適空調運転スケジューリング技術

最適空調運転スケジューリング技術は、ビルの電力ピークを平準化する空調の運転スケジュールを生成する技術である。まず、電力需要予測技術から得られた翌日の需要曲線のピークを最小化する最適化問題を解く。このときの制約条件として、予冷・予熱効果持続時間予測技術が算出した空調が停止できる時間を与える。空調を停止する時間と削減で

きる空調電力の間には相関関係があるので、室温の制約条件を電力の制約条件に変換することができる。こうして、生成した空調運転スケジュールを使って、ビルの空調を制御する。

3. 実証実験

3.1 実験条件

電力ピーク平準化技術を当社の実証設備で実験した結果を述べる。実証実験に用いるビルは、表1に示す中規模(総床面積約10,000m²)のオフィスビルである。9つのフロアを持っているが、居室として利用されている3階から9階の7フロアを対象とした。

この実験では、この7フロアの各フロアを小規模ビルと仮定し、ビル全体をビル群と見立てる。各小規模ビル(フロア)にBEMSを設置し、そのBEMSをネットワークでセンターサーバに接続することで、BEMS群管理システムを構築した。

表2に示すように、実験対象期間は2015年1月19日(月)～2015年1月23日(金)の5日間とした。また、今回実験を行ったビルでは、冬期は空調運転を開始する午前中に電力の使用量が多くなるため、実験対象時間を8:00～13:00とした。

この5日間のうち、電力需要予測技術によって、ビル群の電力需要予測がピークとなる電力ピーク日は、2015年1月21日(水)であった。

本稿では、5日間のうちの電力ピーク日である2015年1月21日(水)の電力需要予測に対して電力ピーク平準化技術を適用した場合の、電力使用実績とその抑制効果を述べる。ここで、室内の快適性(室温)変化の制約条件は、通常時の空調設定温度22℃の±1℃以内とした。

3.2 実験結果

図4に示すように、2015年1月21日(水)のビル群の電力ピークの電力需要予測値223.7(kWh)に対して、電力ピーク平準化技術を適用した結果、電力使用実績値210.3(kWh)となり、13.4(kWh)の電力使用量削減を達成した。これは6.0%の電力ピーク抑制である。

表 1. 実証実験環境

項目	諸元
所在地	神奈川県
総床面積	約10,000m ²
フロア数	9 階建て
実験対象階	3 ～ 9 階

表 2. 実証実験条件

項目	条件
実験対象期間	2015年 1 月19日 (月)～2015年 1 月23日 (金)
実験対象時間帯	8：00～13：00
電力ピーク日	2015年 1 月21日 (水)
空調設定温度	22℃
上限温度	23℃
下限温度	21℃

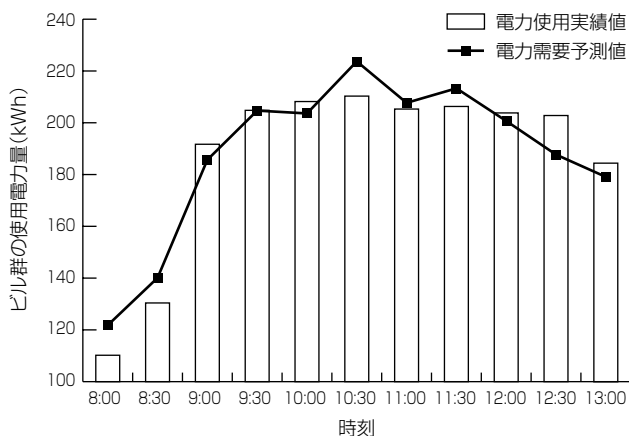


図 4. 電力需要予測と電力使用実績

このときの、あるフロアの空調設定温度と室温変化を図 5 に示す。空調を制御して電力ピークを抑制しつつも、室温は21～23℃の範囲にはほぼ収まっていることが確認できた。また、ほかのフロアにおいても、同様の結果が確認できた。

3.3 考 察

電力ピーク平準化技術によって、室温を維持しつつピーク時間帯に空調を停止することで、電力ピークを13.4 (kWh) 削減できた。一方で、この技術ではピーク時間帯の前に空調の予熱・予冷運転をしたり、ピーク時間帯の後に復帰運転をしたりするので、図 4 に示すように、8：30～9：00や12：00～12：30などで電力使用量は増加した。空調制御した時間帯の電力使用実績の総量は、電力需要予測の総量と比較すると6.1(kWh)増加した。

このとき、従量料金単価を17(円/kWh)、基本料金単価を1,600(円/kW)と仮定して電気料金を試算する。電力ピーク平準化運転による従量料金の増加分は103.7円(=17(円/kWh)×6.1(kWh))となる。一方、2015年 1 月21日(水)の予測電力ピークが年間電力ピークであったと仮定した場合、電力ピーク平準化による基本料金の削減分は42,880円(=1,600(円/kW)×(13.4×2)(kW))となる。したがって、従量料金の増加分に比べて、基本料金削減分が大きく上回り、この電力ピーク平準化技術は、ビル群の電気料金節約に有効であると言える。

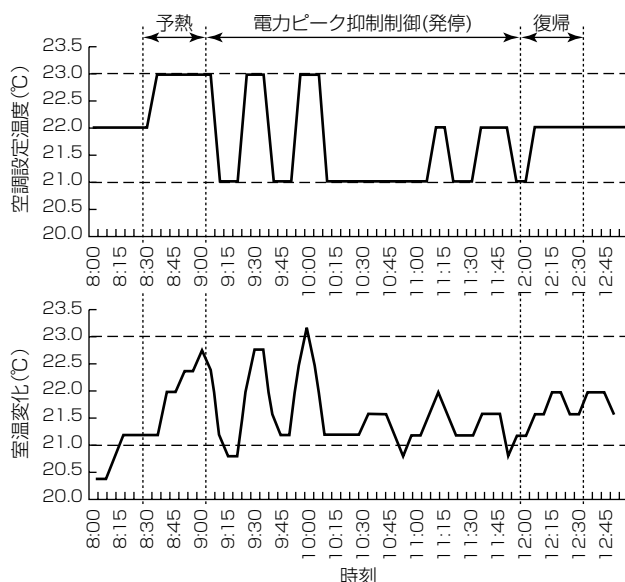


図 5. 空調設定温度と室温変化

4. む す び

BEMSに蓄積している電力データや空調の稼働データを活用して、ビル群の電力ピークを平準化する技術とその実証結果について述べた。

今後は、ビル群に閉じた電力ピーク平準化だけでなく、デマンドレスポンスと呼ばれる電力系統からの節電要請への対応も必要になっていくだろう。BEMSに対する様々なニーズを的確に捉え、ユーザーへの訴求力を高める技術開発に邁進(まいしん)していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 柴 昇司：ビルエネルギーマネジメントシステム“Facima BA-system BEMS”，三菱電機技報，**88**，No. 3，209～212 (2014)
- (2) 川野裕希，ほか：複数の予測法の組合せによる需要家向けの電力需要予測方式の提案，情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム(CDS)，**3**，No. 1，53～63 (2013)
- (3) 川野裕希，ほか：スモールデータアプローチによるオフィスビルの電力需要予測方式，情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム(CDS)，**4**，No. 2，1～9 (2014)
- (4) 野中美緒，ほか：Grey-boxモデルを適用した建物熱評価モデルの検討，空気調和・冷凍連合講演論文集，**44**，131～134 (2010)
- (5) 佐藤冬樹，ほか：フロア蓄熱を用いたピークシフト空調制御方式，電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集，TC11-10，536～539 (2014)

監視カメラ向け無線ネットワーク

堀 敏典*
相川秀斗*
石田秀徳*

Wireless Network for Surveillance Cameras

Toshinori Hori, Hideto Aikawa, Hidenori Ishida

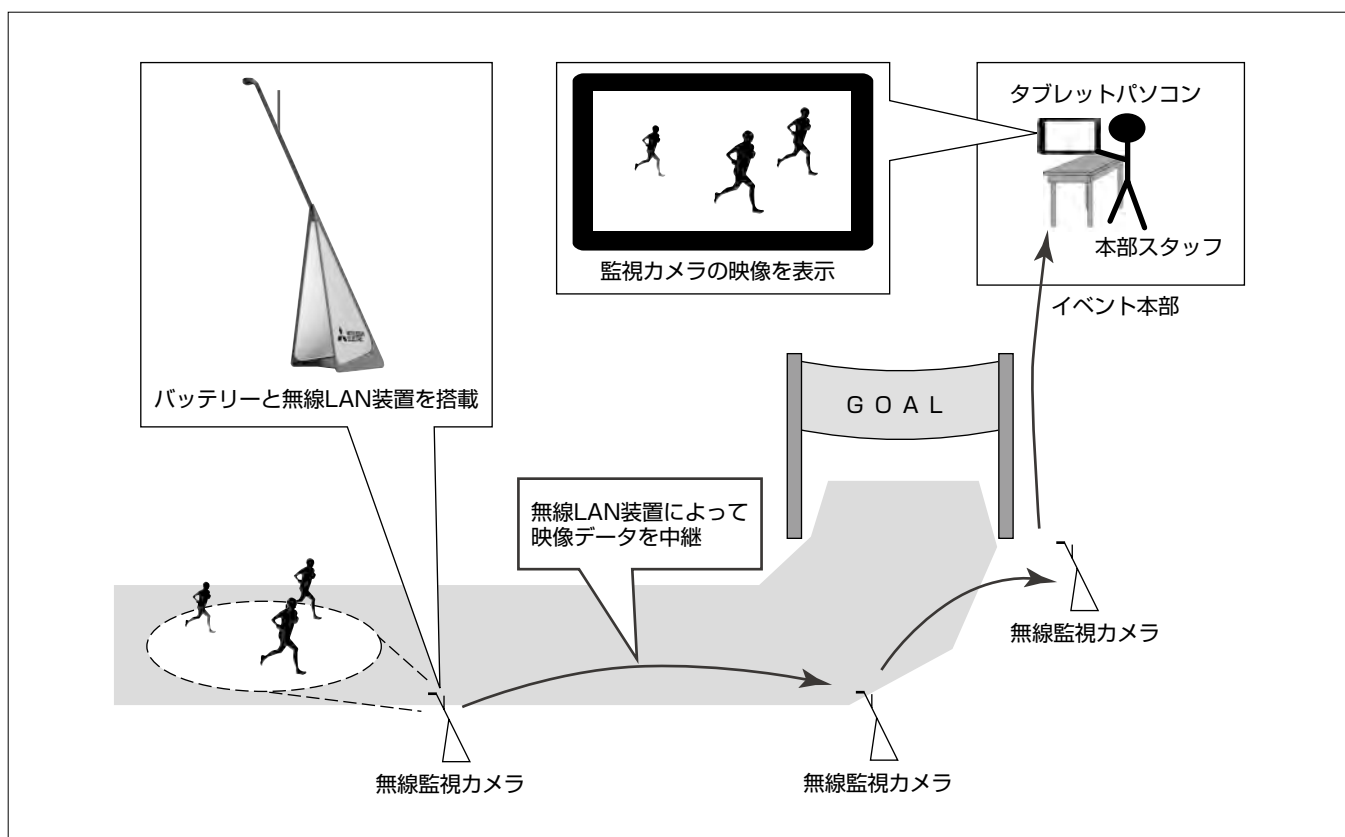
要 旨

近年、マラソン大会や花火大会、野外コンサートなどの人が多く集まる大規模なイベント会場で、安全・安心を確保する手段として、映像監視システムの導入が求められている。しかし、映像監視システムの導入には電源や通信回線の敷設工事が必要であり、短期間のイベントではコストだけでなく工事期間の面で課題がある。

そこで、三菱電機は、仮設用途に着目して、監視カメラの設置のみで映像監視システムを構築する“監視カメラ向け無線ネットワーク”を開発した。このシステムの無線監視カメラはバッテリーと無線LAN(Local Area Network)装置を搭載しており、無線LAN装置でバケツリレー方式でデータを中継するマルチホップネットワークを自動的に

構築する。このネットワークにタブレットPCを無線LAN装置で接続することで、監視カメラの映像を表示する。これによって、電源や通信回線の敷設工事が不要な映像監視システムを構築できる。また、マルチホップネットワークを構築、運用するための支援ツールとして、専門知識のない作業員が無線状態を視覚的に把握しやすい無線ネットワークの見える化ツールを開発した。

2015年3月に開催された横浜マラソンで、このシステムを用いて実証実験を実施し、①通信エリア、②映像伝送、③設置容易性について検証した結果、実環境での有効性を確認できた。



監視カメラ向け無線ネットワークの活用例(マラソン大会)

バッテリーと無線LAN装置を搭載した無線監視カメラを設置し、無線LAN装置に組み込んだマルチホップ機能で、電源や通信回線の敷設工事が不要なマルチホップネットワークを構築する。マルチホップネットワークで各監視カメラの映像データを中継し、一般的な無線LAN装置を搭載したタブレットパソコンなどで監視カメラの映像をモニタリングする。

1. ま え が き

近年、マラソン大会や花火大会、野外コンサートなどの人が多く集まる大規模なイベント会場で、安全・安心を確保する手段として、映像監視システムの導入が求められている。これまでの映像監視システムでは、監視カメラを設置する際、電源を確保するための電源工事と、映像データを伝送するための有線回線の敷設工事が必要であった。既に電源や有線回線が張り巡らされているビルなどの屋内では、監視カメラの設置が容易な場合もあるが、屋外の一時的な映像監視システム導入のための電源や有線回線の敷設工事は、コスト及び工事期間の面で課題があった。

そこで、電源や有線回線の敷設工事が不要な監視カメラ向け無線ネットワークの開発を行った。数日間の一時的なシステムであることに着目し、電源はバッテリーによって確保し、有線回線を無線化することで、システム構築のための工数を削減した。有線回線の無線化に当たり、無線LAN装置を用いてバケツリレー方式でデータを中継するマルチホップネットワーク機能を開発した。

さらに、マルチホップネットワークの構築、運用を支援するための無線ネットワークの見える化ツールを開発した。これによって、専門知識がない作業員にも無線監視カメラの設置場所や運用時の状況の把握が可能となった。

本稿では、監視カメラ向け無線ネットワークでマルチホップネットワークを構築するための無線LAN装置のマルチホップ機能と無線ネットワークの見える化ツールについて述べる。また、2015年3月に神奈川県横浜市で開催された横浜マラソンで実証実験を行ったので、その内容と結果を述べる。

2. マルチホップ機能

一般的な無線LANシステムでは、AP(Access Point)に有線回線を敷設する必要があるが、敷設工事に高額なコストが伴う。そこで、有線回線の敷設工事を不要とするために、無線LAN装置でバケツリレー方式でデータを中継するマルチホップ機能を開発した。マルチホップネットワークのシステム構成を図1に示す。このシステムではマスタとなる無線LAN装置が1台存在し、スレーブとなる他の無線LAN装置が自動的にマルチホップネットワークを構築する。

次に構築手順を述べる。はじめに、スレーブはSTA(STAion)として動作して周囲のAPを探索する。探索が終わると探索中に検知したAPの接続判定を行う。接続判定にはAPのビーコンに付与されているSSID(Service Set Identifier)情報とホップ数情報、ビーコンの受信電力を用いる。スレーブはSSID情報から帰属するネットワークであることを検知し、ホップ数情報からホップ数が最も少なくなかつビーコンの受信電力が最も大きいAPを選択する。ここで、あらかじめ設定している受信電力しきい値よりも

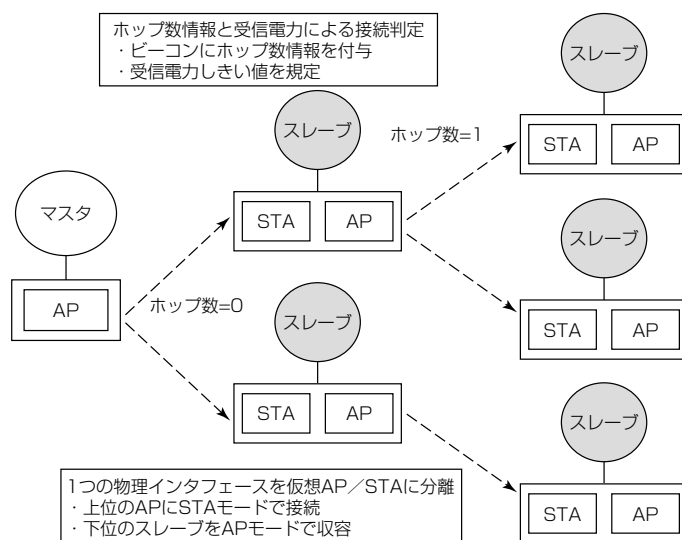


図1. マルチホップネットワークのシステム構成

受信電力が大きい場合に接続を行う。もし、受信電力がしきい値以下の場合には、次にホップ数が少なく受信電力が大きいAPを選択し、しきい値判定を行う。接続可能なAPが見つかるまでこれらの動作を繰り返す。なお、APとの通信の暗号化方式はWPA2(Wi-Fi Protected Access 2)-PSK(Pre-Shared Key) AES(Advanced Encryption Standard)を採用している。

次に、APと接続したスレーブはAPとしての動作を開始する。ビーコンには自身が接続したAPのホップ数に1を加算した値をホップ数情報として付与する。このようにして段階的にネットワークを広げていき、ツリー構造のマルチホップネットワークが構築される。また、各無線LAN装置はAPとして動作しているため、ノートパソコンやタブレットパソコンに搭載されている一般的な無線LAN装置を収容することが可能である。

また、無線通信品質が悪くなり、接続していたAPとの通信が切断された場合には、先に述べた構築手順を用いてマルチホップネットワークを再構築することが可能である。

3. 無線ネットワークの見える化ツール

無線LANシステムの構築に際し、無線機の設置位置決定や運用状況把握は、無線に対する専門知識がないと困難である。そこで、無線ネットワークのトポロジーや無線機の受信電力、スループット、データの誤り率などの状況を可視化する無線ネットワークの見える化ツールを開発した。無線ネットワークの見える化ツールはタブレットパソコン上のアプリケーションで、タブレットパソコンはマルチホップネットワークに無線LAN装置で接続して各無線LAN装置からの情報を収集する。

無線ネットワークの見える化ツールによる無線ネットワークのトポロジーの表示例を図2に示す。この画面では現在の無線LAN装置同士の接続関係を可視化し、受信電力

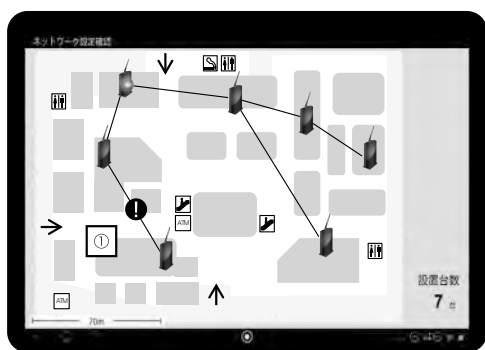


図2. マルチホップネットワークのトポロジー表示例

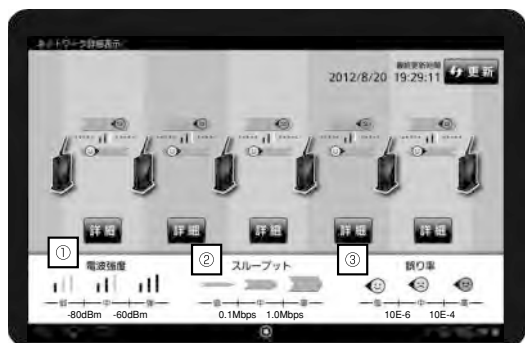


図3. 無線回線の詳細情報表示例

が低い回線やデータの誤り率が高い回線には警告マークが表示される(図2①)。

無線ネットワークの見える化ツールによる無線回線の詳細情報の表示例を図3に示す。この画面では、無線通信の知識がなくとも状況が把握できる工夫として、受信電力をアンテナのインジケータで示し(図3①)、トラフィック量は矢印の太さで示し(図3②)、データの誤り率は表情で示している(図3③)。なお、これらの情報はタブレットパソコンに保存されており、ネットワーク技術者による解析が可能である。

このように無線LANネットワークを可視化することで、無線に対する知識がない作業員でも無線回線の良し悪(あ)しを判断でき、設置や運用時の支援に役立つ。

4. 実証実験

4.1 目的

2015年3月に神奈川県横浜市で開催された横浜マラソンで、監視カメラ向け無線ネットワークの実証実験を行った。実証実験の目的は次の3つの項目である。

- (1) 通信エリアの検証
- (2) 映像伝送の検証
- (3) 設置容易性の検証

4.2 構成

4.2.1 使用機材

実証実験に使用した無線監視カメラを図4に示す。この無線監視カメラには上部に監視カメラと無線LAN装置を搭載し、無線LAN装置には高利得アンテナを接続して通信エリアを確保する。また、下部にバッテリーを搭載する

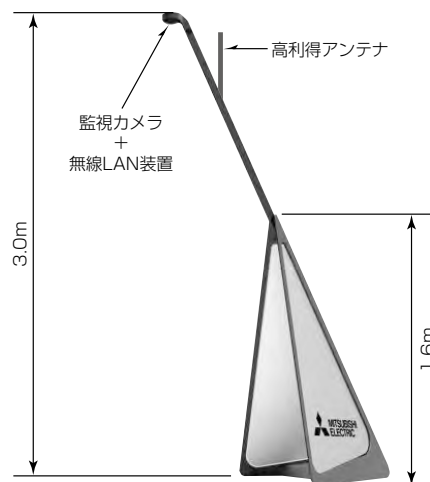


図4. 無線監視カメラ

表1. 監視映像の諸元

パラメータ	仕様
コーデック	Motion JPEG (Joint Photographic Experts Group)
フレームレート	10fps (frames per second)
解像度	640×480

表2. 無線LAN装置の諸元

パラメータ	値
送信電力 P_t	9.5dBm
送信アンテナ利得 G_t	9 dBi
受信アンテナ利得 G_r	9 dBi

ことで、電源ケーブルが不要である。無線LAN装置の地上からの高さは3mであり、多数の人が周囲に存在しても無線LAN装置同士は見通し内となる。

この実証実験での監視映像の諸元を表1に示す。また、無線LAN装置の諸元を表2に示す。

4.2.2 設置場所

図5に無線監視カメラの設置場所を示す。午前6時から午前8時までは選手が受付を行う展示ホールに6台の無線監視カメラを設置(図5①)して、大会本部のタブレットパソコンで各カメラの映像をモニタリングした。図6は展示ホールの設置風景である。また、午前10時から午後3時まではゴール付近に6台の無線監視カメラを移動して(図5②)、ゴール付近のタブレットパソコンで各カメラの映像をモニタリングした。図7はゴール付近の設置風景である。なお、マルチホップネットワークを構成する無線LAN装置同士は見通し内となるように設置した。

4.3 検証結果

4.3.1 通信エリア

実証実験で得られた受信電力の実測値と理論値を比較して、実環境における通信エリアを検証する。

はじめに理論値の計算式を導出する。一般的な自由空間での減衰 L の理論式を示す。

$$\begin{aligned}
 L &= 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \\
 &= 10 \log \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 + 10 \log (d)^2 \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

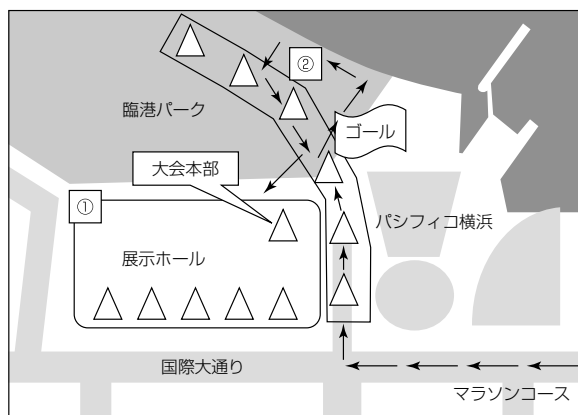


図5. 設置場所



図6. 展示ホールの設置風景



図7. ゴール付近の設置風景

d : 送信機から受信機の距離

λ : 波長 = 0.053 (m) (周波数 = 5.6 (GHz))

式(1)の第1項は波長のみに依存するため定数となり、式(1)は式(2)となる。

$$L = 47.4 + 10 \log(d)^2 \quad \text{.....(2)}$$

周囲の環境が自由空間ではない場合、理論式は以下の式(3)で表される。

$$L = 47.4 + 10 \log(d)^N \quad \text{.....(3)}$$

N : 伝搬減衰係数

また、送信電力を P_t 、送信アンテナ利得を G_t 、受信アンテナ利得を G_r とした場合、受信電力 P_r は式(4)で表される。

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L \quad \text{.....(4)}$$

受信電力の理論値は、式(4)に4.2.1項で示した表2の値を代入すると、式(3)の伝搬減衰係数 N と距離 d をパラメータとして求めることができる。

次に、無線LAN装置間の受信電力の実測値と理論値を比較した計算結果を図8に示す。図から実測値は伝搬減衰係数 $N=2, 3$ の理論値の間に収まっていることが分かる。

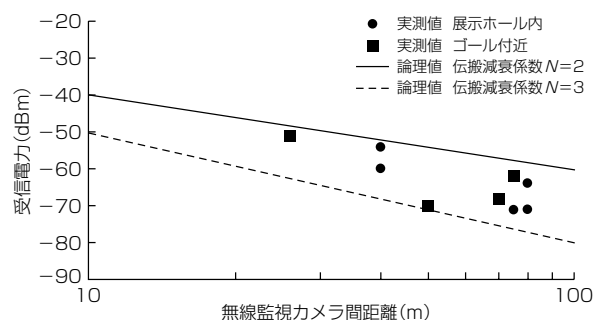


図8. 無線LAN装置間の受信電力

無線LAN装置を無線監視カメラの上部に設置して見通しを確保することで、人が密集する場所でも2乗則から3乗則の環境を実現でき、所望の通信エリアを確保できた。

4.3.2 映像伝送

展示ホールに設置した6台の無線監視カメラの映像を大会本部に設置しているタブレットパソコンで個別に確認した。この実証実験では監視カメラの映像のコーデックをMotion JPEGとしたため、部分的な映像のブロックノイズがなく、途切れのない映像を伝送することができた。また、この実証実験で用いたフレームレートと解像度であれば、人の集まり具合や往来状況を判別可能であることを確認できた。ゴール付近に設置した場合でも同様の結果が得られ、実環境で無線監視カメラの映像を伝送できることが確認できた。

4.3.3 設置容易性

展示ホールへの設置やゴール付近への配置変更に必要な時間は1時間程度であり、電源及び有線回線の敷設工事が不要なこのシステムを用いることで設置などにかかる時間を短縮できることを確認できた。また、会場の設営状況に応じて無線監視カメラの設置を変更せざるを得ない場合に、無線ネットワークの見える化ツールの受信電力情報などによって、設置位置の調整や運用状況の把握が可能であることを確認できた。

5. む す び

開発した監視カメラ向け無線ネットワークのマルチホップ機能と無線ネットワークの見える化ツールについて述べた。また、実証実験によって、実環境で通信エリアを確保することができ、映像伝送のアプリケーションが動作することを確認した。さらに、設置の際の無線ネットワークの見える化ツールの有効性を確認できた。今後は、事業化に向けて更なるユーザーのニーズの拾い上げを行うとともに、無線LAN装置の簡単設定などに取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 平井博昭, ほか: 無線LANによる中継ネットワーク構築方法の一検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会2013年通信(2), B-19-9 (2013)