

昇降機の災害タフネス機能とその取り組み

Features for Enhanced Disaster-resilience in Elevators and Escalators

山本 恭平

Yamamoto Kyohei

長谷川 健一

Hasegawa Kenichi

道藤 義男

Doutou Yoshio

関谷 裕二

Sekiya Yuji

昇降機は縦の交通手段として重要な役割を果たすとともに、建物の一部として耐震構造強化をはじめとするさまざまな地震対応を求められてきた。さらに、今回の東日本大震災では、想定をはるかに超えた巨大地震と大津波が発生し、その影響によって東京電力・東北電力管内で求められた計画停電や夏期のピーク時電力削減などの節電対策を整備することとなった。

日立グループ昇降機事業は、地震被害を最小限に抑えるための対策と、計画停電など電力需給問題に向けた取り組みに注力している。

1. はじめに

現代の都市生活では、昇降機は縦の交通手段として欠かせない設備であり、その運行が停止すると都市生活自体が機能しなくなるおそれがある。東日本大震災では、想定をはるかに超えた巨大地震が発生し、その後相次ぐ大津波、電力供給不足など地震後の影響にも計り知れないものがあった。長周期地震動による被害についても、地震の規模に対して比較的小さかったものの、超高層ビルの天井材の落下やエレベーターの損傷などの被害が震源から遠く離れた地域においても報告されている。また、大規模停電を回避するための計画停電や夏期のピーク時電力削減に向けた節電対策のため、各企業に対応が求められた。

日立製作所都市開発システム社は、これまで培ってきた耐震技術をさらに高めるため、213 mという世界一の高さ^{*1)}を誇るエレベーターの研究・開発施設「G1TOWER」を2010年に完成させ、地震などの災害に対する安全性の向上などさまざまな利用状況を想定した研究、実証実験を行っている。実証実験では、地震後でもすぐにエレベーターを使用できるようにするための耐震技術に関する高度

な研究において、エレベーターを実走行させることにより、机上のシミュレーションでは得られないデータを収集するなど、将来技術の研究開発にも取り組んでいる。

また、昇降機メーカーとして、地震発生時に機器被害を最小に抑え、利用者の閉じ込めをできる限り防ぎ、そして、安全で快適な昇降機の運行を確保し、万が一停止した場合は迅速に復旧を図るための対策を講じている。特に、大規模地震の場合の組織的な支援と復旧の効率化を課題とし、地震被害を最小限に抑えるための対策と、東京電力株式会社・東北電力株式会社管内で求められた計画停電や夏期のピーク時電力削減に向けた節電対策に取り組んできた。

ここでは、日立グループ昇降機事業の地震対応と、新たに顕在化した電力需給問題への取り組みについて述べる。

2. 地震対応

大規模な地震発生時のエレベーターの停止やかご内閉じ込めなどの被害に対して、停止台数および閉じ込め件数の低減、迅速な状況把握、復旧体制の強化を図るため、BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）に基づき、「広域災害時エレベーター復旧支援システム」の稼働開始や「エレベーター自動診断復旧システム」の開発など、さまざまな対応を進めてきた。

まず、停止台数および閉じ込め件数の低減のため、「地震時管制運転システム」へのリスタート機能の追加、地震感知器の加速度（Gal）設定値の変更を行った。迅速な状況把握としては、電話対応人員を増やして回線を増設するとともに、業界最大規模である全国350か所の拠点で24時間の緊急対応体制を確立し、復旧に必要な機材を常備した。また、復旧体制の強化として、日立グループ昇降機事業の支援体制の構築、広域災害マニュアルの策定とこれに基づく定期的な災害訓練の実施、災害地域へのエンジニア

*1) 2012年1月時点（日立製作所調べ）

の集中体制の構築を行ってきた。

次に、代表的な地震対応について述べる。

2.1 地震時管制運転システム

地震動は、初期微動と主要動で構成されており、多くの地震の場合、まずP (Primary) 波によって初期微動が発生し、その後S (Secondary) 波によって主要動と呼ばれる本格的な揺れが発生する。

地震時管制運転システムは、この地震波の到達時間差を利用したものであり、初期微動感知器 (Vセンサー) でP波を感知し、エレベーターを最寄り階で自動停止させる。主要動感知器 (Hセンサー) で一定レベルのS波を感知した場合には、一定時間後に戸を閉めて運転を休止し、S波を感知しない場合には、一定時間後に自動的に運転を再開する。また、管制運転により、最寄り階へエレベーターが運転中に別の安全装置が一時的に作動し、階と階の間に非常停止しても、安全装置が正常に復帰すれば、最寄り階へ再度運転させ、地震時の閉じ込めを防止するリスタート機能を新たに追加している。

2.2 耐震構造強化

エレベーターの機器や装置が地震によって被害を受けると、利用者の安全確保、復旧のための時間や費用などの問題が発生する。この点については、建築基準法施行令および現行の昇降機の耐震設計・施工指針に基づいた「耐震構造強化」を施すことで、地震によるエレベーターの被害低減を進めてきた。

(1) 制御盤や機器の転倒・移動防止

機械室の梁 (はり) や天井を利用して転倒・移動を防止する支持構造にする。

(2) 巻上機や受け台の転倒・移動防止とロープの外れ防止

転倒・移動しないように補強する。また、ロープが巻上機綱車の溝から外れないようにガードを設ける。

(3) かごの脱レール防止

かごのガイド装置がレールから外れないように補強板を取り付ける。

(4) 釣合いおもりの脱レール・ブロック脱落防止

釣合いおもりのガイド装置がレールから外れないように、補強板を取り付ける。また、たわみが生じないように補強に加えて、おもりブロックが落下しないように固定する。

(5) 懸垂移動物の引っ掛かり防止

昇降路内の突起物 (梁や壁またはブラケット、その他) に引っ掛からないように保護する。

2.3 長尺物振れ管制運転(「長周期センサー地震時管制運転システム」)

これは、比較的大きな地震で発生する長周期地震動に対応するものである。長周期地震動は、遠く離れた場所まで減衰することなく伝わるゆったりとした揺れであり、加速度が小さいため一般の地震感知器では感知できないことがある。

「長周期センサー地震時管制運転システム」は、エレベーターのロープなど長尺物の相対振れを予測し、振れの大きさに応じて適切な管制運転を行う。利用者だけでなくエレベーター機器も地震から守る耐震性の高いエレベーターシステムである。

「G1TOWER」では、暴風や地震の際に揺れを低減する制振装置を応用して建物に加振することで強制的に長周期地震動を再現し、ロープの振幅など長周期センサーの精度を高める実証実験を行っている (図1参照)。

2.4 「ヘリオドライブ」の自動診断復旧運転

「ヘリオドライブ」では、震度5弱程度の地震発生時、エレベーターのかごを地震時管制運転システムによって最寄り階に停止して利用者を避難させた後、一定時間経過後にエレベーターが自動で診断運転を行う。異常がなければ自動で復旧させる地震時エレベーター自動診断・復旧システムであり、専門技術者による診断を待つことなく、運転を再開できるサービスを用意している。

2.5 中間層免震ビル対応エレベーター

ビルの中間部に免震装置を設置している中間層免震ビルでは、免震装置の設置層を挟んだ上下では異なった動きをするため、エレベーターには建物間の水平相対変位 (免震変位) に対応する構造が求められる。

この点については、「中間層免震ビル対応エレベーターシステム」として、支持架構方式に対して支持架構に階床戸支持枠を取り付ける構造、および支持架構レス方式に対して出入口支柱に階床戸支持枠を取り付ける構造をラインアップしている。

3. 新たに顕在化した課題 (電力需給問題) と取り組み

3.1 停電時の利用者閉じ込め防止

3.1.1 停電時自動着床装置

東日本大震災の影響による電力需給の逼 (ひっ) 迫に伴い、2011年3月に計画停電が実施された際には、ビル所有者やビル設備管理者に停電時間帯のエレベーターの利用中止を依頼していたが、計画停電開始時にエレベーター利用者がかご内に閉じ込められる事態が発生した。

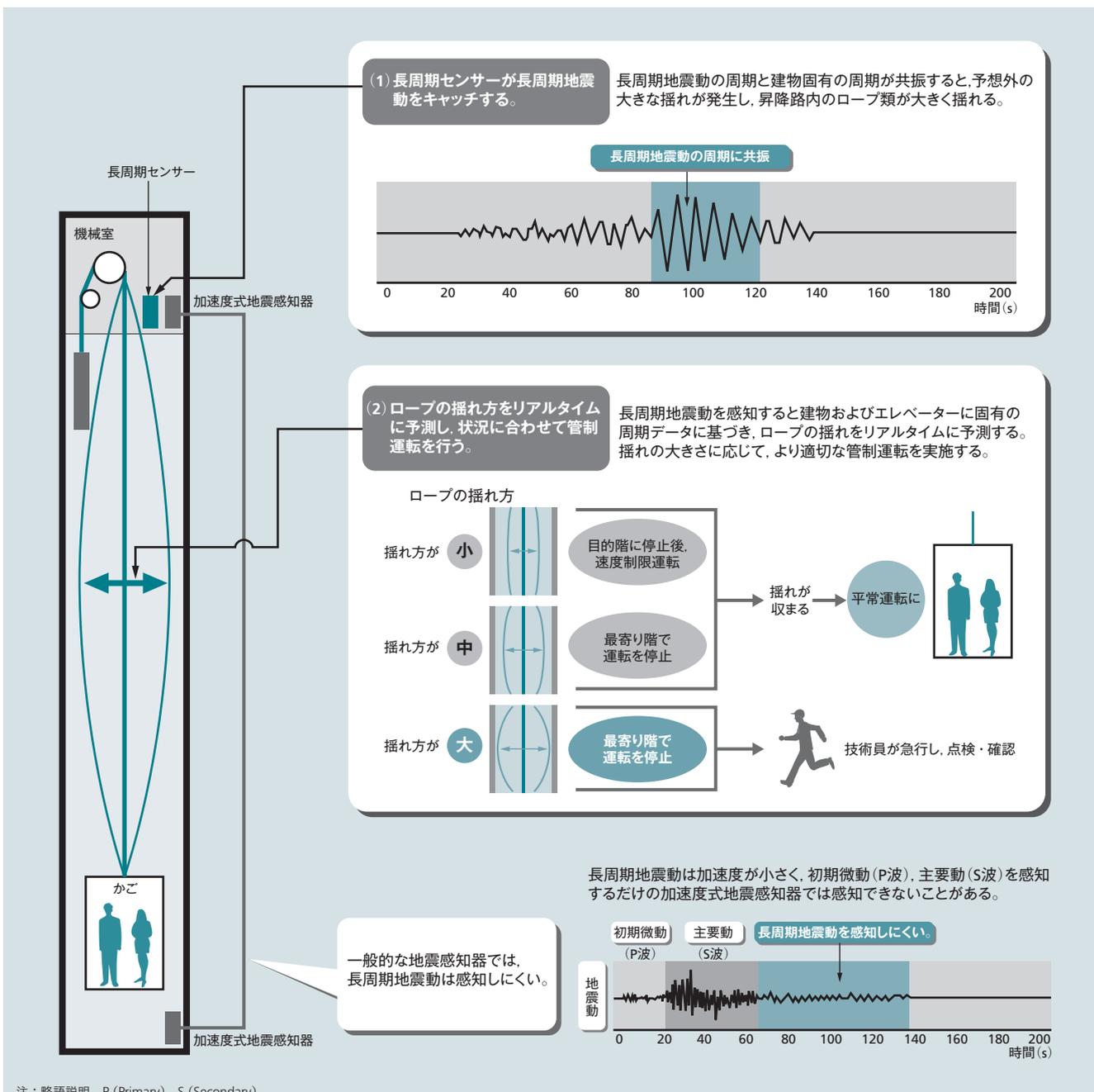


図1 | 長周期センサー地震時管制運転システム

長周期センサーにより、ロープの挙動をリアルタイムに解析することで振幅を予測する。共振などによってロープが揺れた場合、エレベーターを安全な階に停止させ、稼働中のロープが引っ掛かる事故を抑止する。

停電時の利用者の閉じ込めを防止するエレベーターの機能に、「停電時自動着床装置」がある。これは、エレベーター走行時に停電になった場合、いったん停止した後、専用バッテリーを用いてエレベーターを最寄り階まで自動的に運転してドアを開く装置である。停電による閉じ込め防止に有効な機能として、エレベーター販売時に標準装備仕様としての取り付けを推奨するとともに、既設エレベーターのリニューアルを通じて、停電時自動着床装置の普及拡大に取り組んでいる。

一方、停電時自動着床装置を装備していないエレベーターの場合、最も確実な閉じ込め防止策は計画停電の開始

前にエレベーターを休止させることであるが、専任の設備管理者が不在のビルでは、この休止措置の実施が難しいという課題があった。

3.1.2 エレベーター遠隔休止サービス

停電時の利用者閉じ込め防止策として、計画停電の開始前にエレベーターを遠隔操作で休止することにより、エレベーター利用中の突発的な停電対応だけでなく、計画停電に対する事前対応を可能とした(図2参照)。

この「エレベーター遠隔休止サービス」では、電力会社から計画停電の実施が発表された際に、エレベーターリモートメンテナンスシステム「スーパーヘリオスマンテナ

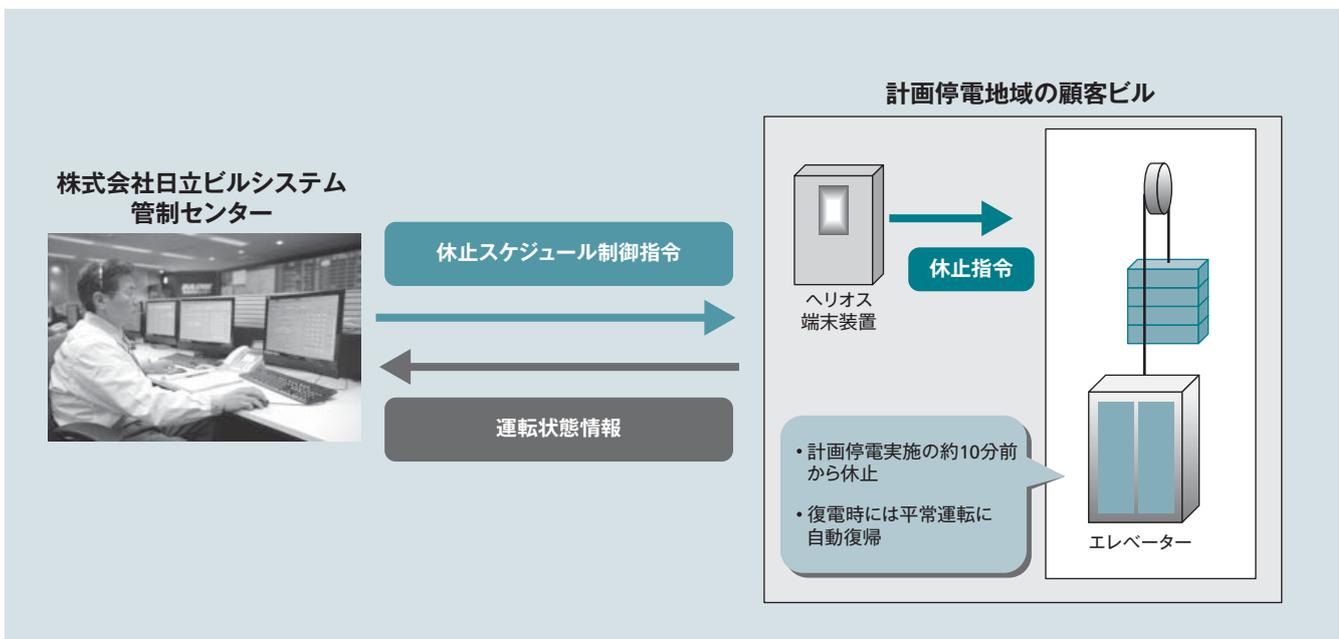


図2 | エレベーター遠隔休止サービス

計画停電の実施が発表されると遠隔で休止スケジュール制御指令を送信し、計画停電の約10分前にエレベーターを休止させる。復電時には、終了予定時間前であっても自動解除し、平常運転に復帰させる。

ンス」による運転状態監視・制御機能を活用し、株式会社日立ビルシステムの管制センターから遠隔でサービス対象のエレベーターに休止スケジュール制御指令を送信する。計画停電開始の約10分前にエレベーターを休止させることにより、設備管理者不在のビルでも、休止措置の実施が可能である。また、復電時には、計画停電終了予定時間前であってもエレベーターの休止を自動解除し、平常運転に復帰させる。

このサービスは、標準型エレベーター「アーバンエース^{※2)}」およびリニューアルエレベーター^{※3)}において、日立ビルシステムが提供するスーパーヘリオスマンテナンスを契約している顧客のうち、事前にこのサービスの導入を了承した顧客に無償で提供する。

3.2 最大消費電力の抑制

3.2.1 最大電力抑制の自主的計画策定

消費電力がピークとなる夏期には、電力需給ギャップが大きくなることが想定されたため、大口需要家、小口需要家など部門ごとに需要抑制の目安となる目標が設定された。各需要家は、営業時間の短縮・シフト、夏期休業の設定・分散のために具体的な取り組みについて自主的な計画を策定し、公表するなどの対応をし、エレベーターにおいても建物の最大消費電力抑制に寄与することが求められた。

3.2.2 電力ピーク時対応スマート運転

一般的なロープ式エレベーターの場合、かごと釣合いおもりがつるべ式にロープで結ばれており、かごの積載質量の半分の質量が積載されているときに双方が釣り合う構造

になっている。そのため、満員のかごの上昇運転、空のかごの下降運転の際に消費電力が最大になる。

こうした運転状態のときに、エレベーターの最高速度を定格速度から分速15 m (一部機種では分速30 m) 下げる設定をしておくことでエレベーターの最大消費電力を17～29%抑制でき、建物の電力ピークカットが可能になる。なお、かごと釣合いおもりの重量差が少ないときや、空のかごの上昇運転時、満員のかごの下降運転時には、消費電力が少なくなるため定格速度で運転する。また、タイマー制御により、消費電力の多い時間帯 (平日9時～20時) 以外は通常運転を行う (図3参照)。

この運転サービスは、アーバンエース^{※4)}において、日立ビルシステムが提供するスーパーヘリオスマンテナンスを契約している場合に、オプション機能である「お手軽モード変更サービス」のメニューの一つとして提供している。マイコンインバータ制御によるエレベーターの運転速度制御機能と、スーパーヘリオスマンテナンスによる運転状態監視・制御機能を連動させることで、運転時間帯および運転状態に応じて自動的に速度制限を行い、エレベーターの最大消費電力を抑制する。

4. 省エネルギー化に着目した製品ラインアップ

最大消費電力の抑制だけでなく、通常消費する電力の低減のため照明にLED (Light-emitting Diode) を採用し、エ

※2) 対象は2003年以降に納入されたモデル

※3) 対象は2007年以降にリニューアルされたモデル

※4) 対象は2007年以降に納入されたモデル

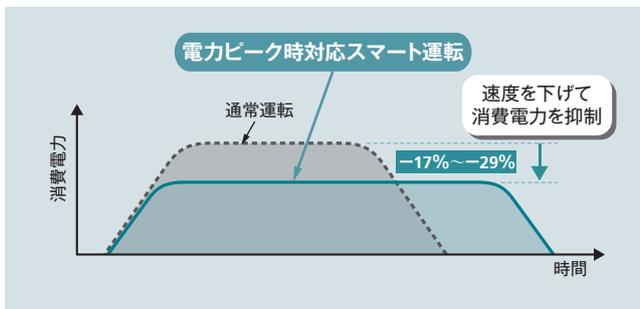


図3 電力ピーク時対応スマート運転の消費電力イメージ

最高速度を分速15 m（一部機種では分速30 m）下げることで最大消費電力を抑制する。タイマー制御により、消費電力の多い時間帯（平日9時～20時）以外は通常運転を行う。

スカーレーターでは、利用状況に合わせた三つの運転機能をラインアップした。

4.1 LED照明

長寿命で消費電力を抑えたLEDをエレベーターの天井照明およびエスカレーターの欄干照明に採用し、待機時には効率的な消灯制御を行う。

4.2 エスカレーターの運転機能

(1) エコモード運転

インバータ負荷情報から乗客負荷を検出し、利用者が少ないときは、速度が落ちたことを感じない程度の減速制御を行う。

(2) 無人時微速運転

利用者がいないときは分速10 mで運転し、センサーが利用者を検知すると、インバータ制御によって定格速度である分速30 mまで緩やかに加速する。利用者がいなくなってから一定時間経過後、自動的に分速10 mに減速する。

(3) 自動運転システム

乗降口手前に利用者を検知するセンサーを組み込んだ運転方向表示付きポールを設置し、利用者を検知すると自動的に起動、一定時間経過後に停止する。

5. おわりに

ここでは、日立グループ昇降機事業の地震対応と、新たに顕在化した電力需給問題への取り組みについて述べた。

今回の東日本大震災の経験と教訓から、今後の昇降機事業における課題を模索し、解決していかなければならない。この課題の一つである電力需給問題に直面し、地震などの災害に伴う停電対策のみならず、最大消費電力の抑制

や大規模停電に十分に備えることが求められる。また、安全・安心のさらなる向上のための技術革新（品質改善）により、大規模地震といった広域災害や事故などの緊急事態の発生に備え、被害を最小限に抑えるための対応体制や緊急時の行動などを定めることは、昇降機メーカーの社会的責任である。

これらへの迅速な対応を図るため、日立製作所都市開発システム社とメンテナンス会社である日立ビルシステムが一丸となり、事業継続計画に関わる日立グループ昇降機事業の総合力を高めていく。

参考文献など

- 財団法人日本建築設備・昇降機センター、社団法人日本エレベータ協会：昇降機耐震設計・施工指針 2009年版（2009）
- 都市開発、日立評論、91、1、74～76（2009.1）
- 都市開発、日立評論、92、1、63～65（2010.1）
- 都市開発、日立評論、93、1、77～80（2011.1）
- 高層ビル再生 超高層時代のエレベーター先端技術、PlusHeart、No.07
- 株式会社日立ビルシステム、ニュースリリース、
<http://www.hbs.co.jp/news/2011/110623.html>
<http://www.hbs.co.jp/news/2011/110720.html>
- 経済産業省：電力需給緊急対策本部「夏期の電力需給対策の骨格（案）」2011年4月8日、
http://www.meti.go.jp/earthquake/electricity_supply/0408_electricity_supply_01_00.pdf
- 内閣府：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会、
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/index_higashi.html
http://www.bousai.go.jp/chubou/28/28_shiryō1-2.pdf

執筆者紹介



山本 恭平

2005年日立製作所入社、都市開発システム社 ビルシステム事業部 事業企画本部 事業企画部 所属
現在、昇降機事業の製品戦略に従事



道藤 義男

1978年株式会社日立ビルシステム入社、昇降機保全事業部 事業企画部 所属
現在、昇降機保全事業の事業企画に従事



長谷川 健一

1985年株式会社日立ビルシステム入社、昇降機保全事業部 保全技術部 所属
現在、昇降機保全事業の保全設計に従事



関谷 裕二

2010年日立製作所入社、都市開発システム社 水戸事業所 設計開発本部 エレベータ開発設計部 所属
現在、昇降機事業の製品開発に従事