

エレベーターをより安全・快適にする最新技術

Latest Technologies Making Elevators Safer and More Comfortable

田中 和宏 TANAKA Kazuhiro 近藤 昇平 KONDO Shohei 渡邊 雄太 WATANABE Yuta

地震発生時の早期復旧やコロナ禍での感染拡大防止など、エレベーターをより安全・快適に使用したいという利用者のニーズが高まっている。

これに対応するため、東芝エレベータ(株)は、地震発生後に自動で診断・仮復旧運転を行う機能を強化した“自動復旧運転機能プラス(検出精度向上仕様)”や、ボタンに触れずにエレベーターを操作する“非接触ボタン(センサー組込形)”を開発した。これらの新技術により、エレベーターの安全性と快適性の更なる向上を実現した。

The need for safer and more comfortable elevator usage continues to grow in response to swift recovery of operations after earthquakes and preventing the spread of COVID-19.

As a solution, Toshiba Elevator and Building Systems Corporation has developed an enhanced automatic operation restoration function (with improved detection precision) that automatically diagnoses and temporarily restores operations after an earthquake, and a contactless button (with embedded sensor) that can be used to operate elevators without the need to touch any buttons. These new technologies have helped to further improve elevator safety and comfort.

1. まえがき

近年、建物の高層化や大型化が進んでおり、縦の交通インフラを担うエレベーターの重要性は、増加の一途をたどっている。これと並行して、気象庁Webサイトの各種データ・資料に示されているとおり、我が国における地震の発生件数もこの40年間で増加傾向にあり(図1)、地震発生時のエレベーターの運行継続性向上や、運行停止後の早期復旧を望む声が高まっている。

これに対し、東芝エレベータ(株)は、これまでに“長尺物振れリアルタイム推定システム”を開発済みであり、主に都市部の高昇降行程エレベーターにおいて、長周期地震や強風による建物揺れに起因するロープ類の振れ量を常時推定・把握することにより、エレベーターの運行継続性を向上する技術を確立している⁽¹⁾。また、地震に伴うエレベーター運行休止後に自動的に診断運転を行い仮復旧する自動診断仮復旧運転機能(以下、自動診断運転と略記)を強化するため、加速度センシング技術及び判定技術を新規開発することで、地震時にエレベーター機器各部で発生した加速度をより正確に把握し、自動診断運転の実施拡大及び早期復旧を可能とした。

一方、ここ数年に目を向けると、コロナ禍に配慮したエレベーターの利用が新たなトレンドとなっている。特に感染

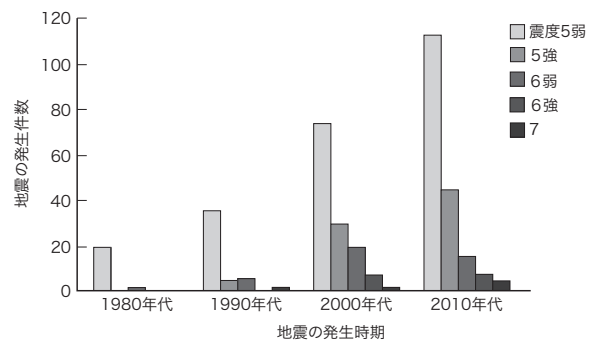


図1. 我が国における震度5弱以上の地震発生件数

過去40年間の震度5弱以上の地震発生件数は、増加傾向にある。

Number of earthquakes in Japan with a seismic intensity scale of 5 Lower or higher

拡大防止の観点から、不特定多数の利用者が触れるエレベーターの操作ボタンに触れたくないというニーズが高まっている。

これに対し当社は、触れずに操作でき、かつ過検知ににくいという二律背反の技術課題を、独自のセンシング・判定ロジックにより解決した非接触操作ボタンを開発した。

ここでは、これらエレベーターをより安全・快適にする最新技術について述べる。

2. 地震時にエレベーターを早期復旧するための技術

2.1 現行方式の課題

地震時におけるエレベーターの運行は、「平成20年12月26日国土交通省告示第1536号」及び昇降機耐震設計・施工指針2016年版²⁾に規定がある。図2に概要を示す。

まず、地震発生時の初期微動(P波)を検知した場合にエレベーターを速やかに最寄り階に停止させる。その後の本震が地震感知器の「低」設定値(震度5弱程度を想定・建物高さ60m以下の場合、地震計底部設置で80Gal)以上の加速度を検知していない場合には、一定時間後に運転を再開する。もし、本震が「低」設定値以上の加速度を検知した場合は、最寄り階に停止後、かご戸を開けて運転を休止し、乗客の閉じ込めを防止する。その後、エレベーターの安全を確保するため技術者による機器の確認を経て運転再開となる。このとき、地震感知器の「高」設定値(建物高さ60m以下の場合、地震計底部設置で120Gal)以上の加速度を検知していない場合は、一定の条件の下で自動診断運転を行い、機器などに問題がなければエレベーター技術者の確認を待たずに仮復旧することが認められている²⁾。また、地震感知器の「高」設定値以上の加速度を検知していた場合は、運行に支障があるものとみなし、自動診断運転は作動しない。

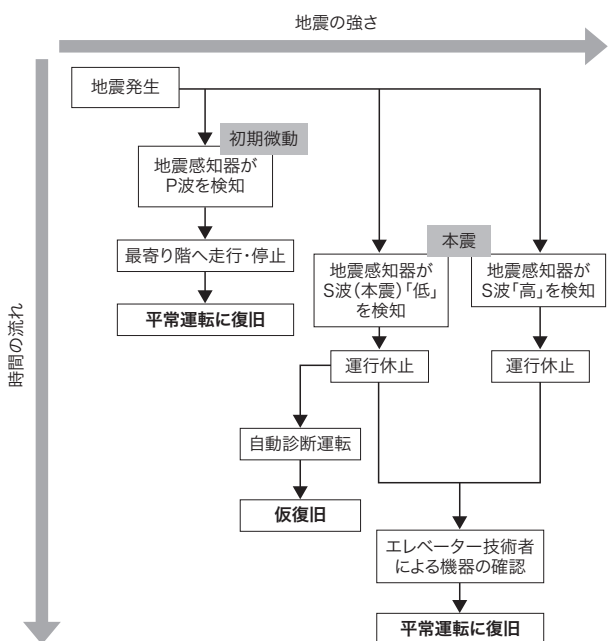


図2. 地震時における現行エレベーターの運行模式図

エレベーター復旧までの時間は、地震の大きさに比例して増加する。

Diagram of elevator operation during an earthquake

このように、現行方式では昇降路底部や機械室に設置した地震感知器の検知結果を基に、エレベーター機器各部に加わる加速度を間接的に推定・評価し、自動診断運転の開始可否を判断している。また、実際の建物の揺れ方は建物高さ、構造、地震波によって変化するが、判断を単純化するため、建物の振動応答倍率は余裕を考慮した一律の値を用いている²⁾。その結果、実際の地震発生時に地震感知器の「高」設定値以上の加速度を検知していた場合でも、エレベーター機器には大きな損傷がなく、安全に自動診断運転ができたにもかかわらず、エレベーターを休止させていたケースが多く見られた³⁾。仮に、都市部で大地震が発生した場合は、数万台のエレベーターが同時に運行休止するおそれがあり、エレベーター技術者による確認後の復旧を待っている利用再開までに長時間を要する。これを避けるため、機器各部の損傷有無をより正確に把握し、運行休止する必要のないエレベーターは自動診断運転により速やかに復旧する必要がある。

2.2 自動復旧運転機能プラスの構成

当社は、この課題を解決する新たな技術として自動復旧運転機能プラス(検出精度向上仕様)を開発した。図3に全体構成図を示す。

この技術では、加速度センサーをかご・釣合おもり・駆動装置近傍に設置し、地震時に各々の機器に生じる加速度を直接測定する構成としている。ここで、釣合おもりには通

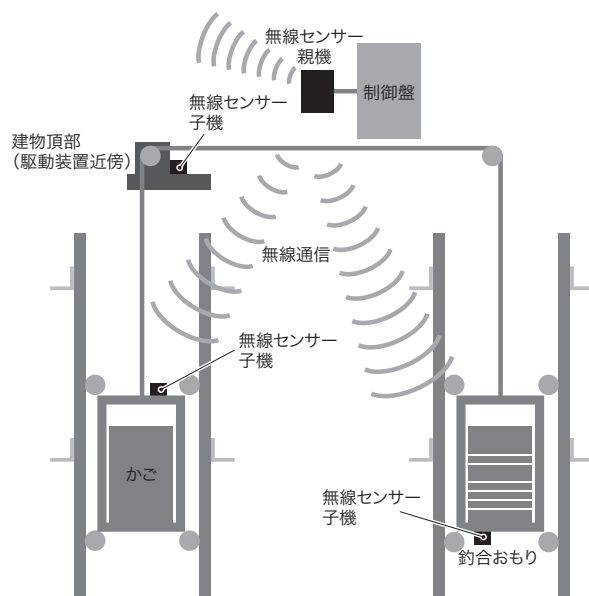


図3. 自動復旧運転機能プラスの構成

加速度センサーをかご・釣合おもり・駆動装置近傍へ取り付けすることで、地震時に各々の機器に生じる加速度を直接測定する構成とした。

Enhanced automatic operation restoration function configuration

信線も電源線もないため、ここに設置する加速度センサーは配線レスを基本とする必要がある。このため、全ての加速度センサーを無線通信・電池駆動としている。無線通信方式には、920 MHz帯の特定小電力無線を採用した。この無線方式は、伝送できるデータ量が少ないものの、利用者側が免許や登録なしに使用できるメリットがある。

2.3 誤判断防止対策

エレベーターの各機器は、通常運行に伴い、ある程度の振動を発生している。駆動装置の近傍は、巻上機自身の振動の影響があり、かご及び釣合おもりは、エレベーター運行時には移動体となるため、運行及び停止時に揺れが発生する。これら運行時の振動を地震時の揺れと誤って認識しないように、フィルターを制御マイコンに組み込むことで、ある程度の振動は運行振動として検知せず、一定以上の揺れを検知した場合に地震発生とみなし、詳細なセンシングを開始するようにしている。

2.4 安全対策

各加速度センサーと親機は定期的に通信を行っており、一定期間親機で通信を受信できない場合は異常とみなし、遠隔監視システムにより当社監視センターへ自動で通報するとともに、異常発生中は安全の観点から自動診断運転を行わない。また、加速度センサーの電池消費電力が最も大きくなるのは無線通信時であり、機能維持のため無線通信間隔の管理が重要となる。通常運行時は通信間隔を長くし、一定以上の揺れを検知すると通信間隔を短くすることで消費電力の低減につなげている。

また、仮に詳細なセンシングを行っている間に耐震設計値を超える振動が発生した場合は、親機にその情報を送信し、自動診断運転は行わない。

このように、この技術の導入により、かご・釣合おもりが脱レールしていないことや、駆動装置の移動・転倒などが発生していないことを直接的に判定し、自動診断運転の開始が可能か否かをより適切に判断できる。その結果、運行休止させる必要のないエレベーターでは、技術者が確認するまで利用できない状況を改善できる。

3. ボタンに触れずエレベーターを操作するための技術

3.1 非接触ボタン(センサー組込形)の構成

当社は、かごや乗り場の操作ボタンに触れず、指を近づけるだけでボタン操作を可能とした非接触ボタン(センサー組込形)を開発した。外観は、従来同様の意匠性の高いクリックタッチボタンと同じで、ボタン内部に非接触センサーを組み込んだ一体型のボタン(以下、非接触ボタンと略記)である。非接触ボタンの外観を図4に示す。

通常のボタンと区別できるように、各ボタンの表面右上にピクトグラムを示し、センサーが組み込まれていることを表している。非接触ボタンは、センサーによる操作だけでなく、従来どおりの接触式の押しボタンとしても操作できる。また、操作完了時にはボタンを点灯させるだけでなく、「ピッ」という音を鳴らしてボタン操作が完了したことを利用者知らせるようにしている。

3.2 各ボタンの操作方法

乗り場操作ボタンに対しては、過検知防止のため、ボタンに指を近づけた際に、一定の時間(t_1 秒間)センサーの検出を続けると、ボタン操作完了となる。

かご内には、複数個の行き先階ボタンが並んでおり、ボタン間隔も狭いため、本来操作したいボタン以外のボタンを意図せず検出してしまうおそれがある。この対策として、前述の過検知対策機能に加え、検知しているボタンを利用者に知らせる機能を実装した。詳細を図5に示す。

まず、行き先階ボタンに指を近づけてセンサーが検出すると操作候補としてボタンが淡く点灯する。この状態で t_1 秒間以上センサーの検出を継続した後、ボタンから指を離すとボタンが明るく点灯し、操作完了となる。

また、意図しないボタンのセンサーが反応してしまった場合、操作したいボタンへ移動できるよう、指を離してからボタン操作完了までに t_2 秒間のディレイを設けている。この t_2 秒の間に操作したいボタンに指を移動すると、意図しないボタンは消灯し、移動先のボタンが淡く点灯する。その状態から指を離せば、本来操作したかったボタンの操作を完了できる。このように、意図しないボタンを操作候補として検出してしまった場合でも、本来のボタンを操作することを可能とした。



図4. 非接触ボタンの外観

ボタン表面右上にピクトグラムを表示し、非接触操作ができることを示している。

Contactless button exterior view

3.3 行き先階ボタンの過検知対策機能

かご内の行き先階ボタンは、センサーの過検知により複数のボタンを同時に操作してしまうリスクがある。この対策として、センサーの検知パターンによる判定を行っている。検知パターンは、ボタン操作時の手指の向きを考慮し、以下に示す二つのパターンについて定義した。

3.3.1 過検知対策パターン①

利用者が行き先階を選択する際、図6(a)に示すように指を上にしてボタンを操作する。この場合、指先以外に手のひらをセンサーが検出し、意図しないボタンが操作されるおそれがある。そのため、検知している複数ボタンの一番上のボタン(図6(a)に示す11階)だけを操作候補として淡く点灯させることで、意図しないボタンは操作しないようにしている。

3.3.2 過検知対策パターン②

かごに乗り込んだ利用者はドア付近から行き先階ボタンの

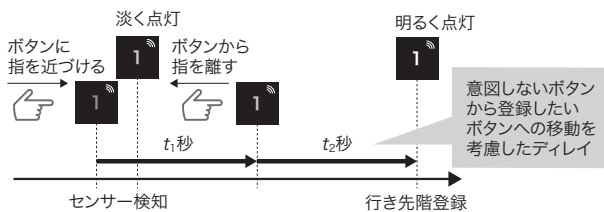
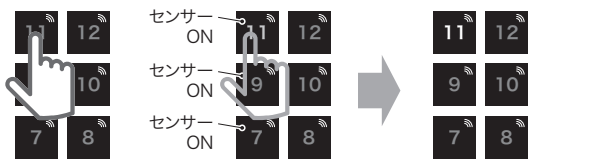


図5. 行き先階ボタンの操作方法

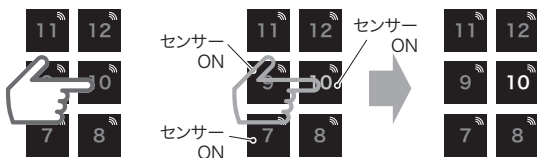
選択しているボタンが分かるように、点灯色を変化させている。

How to operate the destination floor buttons



11階を行き先階登録しようとする、操作する指以外の手指で複数のセンサーが検知する。位置が高いものを有効とみなし11階を行き先階登録する。

(a) 過検知対策パターン①



10階を行き先階登録しようとする、操作する指以外の手指で複数のセンサーが検知する。センサーが検知したボタンの少ない列を優先し10階を行き先階登録する。

(b) 過検知対策パターン②

図6. 過検知対策パターン

縦方向に複数のボタンが検知した場合は、最も高い位置のボタンを操作候補とし、横方向に複数のボタンが検知した場合は、検知数の少ない列のボタンを操作候補とする。

Overdetection countermeasure pattern

操作をすることがある。その場合、図6(b)に示すように真横から手を伸ばし指先が横を向くため、パターン①では対応できない。この場合は、検知しているボタンのうち、少ない列の一番上のボタン(図6(b)に示す10階)だけを操作候補として淡く点灯させることで、意図しないボタンは操作しないようにしている。

これらの二つの検知パターンを定義することで、センサーの過検知による誤操作を抑制した。

この技術の導入により、触れずに操作でき、かつ過検知にくいという二律背反の技術課題を解決し、利用者のニーズに応えられた。

4. あとがき

当社は、エレベーターをより安全・快適にする二つの新技術を開発・投入した。この開発で培われた先端技術を生かし、引き続き市場ニーズに応えられるエレベーターを提供していく。

文 献

- 田中和宏, ほか. 東京スカイツリー® 向けエレベーターの最新技術. 東芝レビュー. 2012, 67, 11, p.16-19.
- 日本建築設備・昇降機センター, 日本エレベーター協会編. 昇降機技術基準の解説. 2016年版, 2016.
- 日本建築設備・昇降機センター, 東京電機大学. “令和4年度 建築基準整備促進事業 P14 大地震時におけるエレベーターの閉じ込め防止に関する検討”. 建築基準整備に係る調査結果の報告会, 東京, 2023-04, 国土交通省, 2023.



田中 和宏 TANAKA Kazuhiro
東芝エレベータ(株)
研究開発センター システム開発部
日本機械学会会員
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



近藤 昇平 KONDO Shohei
東芝エレベータ(株)
研究開発センター 開発戦略部
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.



渡邊 雄太 WATANABE Yuta
東芝エレベータ(株)
研究開発センター コア開発部
Toshiba Elevator and Building Systems Corp.