

測域センサーによるロープ振れ感知、エレベーター管制システム

高木 耕司

(Koji Takagi)

フジテック株式会社 研究開発本部 知能システム部

1. はじめに

「エレベーターに乗っている時、地震が起きたらどうしよう」そんなことを考えたことは無いでしょうか。

エレベーターには、安心してご利用頂けるよう、地震発生時に乗客の避難をサポートする機能が備わっています。

また、乗客の安全を確保し機器の故障を防ぐため、地震の強いゆれを検知した場合には保守員が点検するまで運転を再開しないようになっています。

ただ、安全を確保するためとはいえ、エレベーターを停止することは利便性の低下につながります。

2022年3月16日深夜に東北地方で発生した地震では、首都圏でも震度4を観測する等、広い範囲で地震のゆれが観測されました。マンションやオフィスで暫くの間、エレベーターが使用できなかったという方もおられるのではないかと思います。

安全のためエレベーターが使用できなくなるというのは、ある程度仕方のないことですが、当社ではこれを課題ととらえ、安全性と利便性の両立を目指しました。そこで、測域センサーを利用してロープ振れ幅を感知するエレベーター管制運転システムを新たに開発しました。

本システムは、主に高層ビルに設置される長周期地震時管制運転を改善したもので、従来は推定演算で把握していた建物内のエレベーターロープの振れ幅をセンサーで直接監視することで、より実際の地震のゆれに応じた運転を可能にしたものです。(図1)

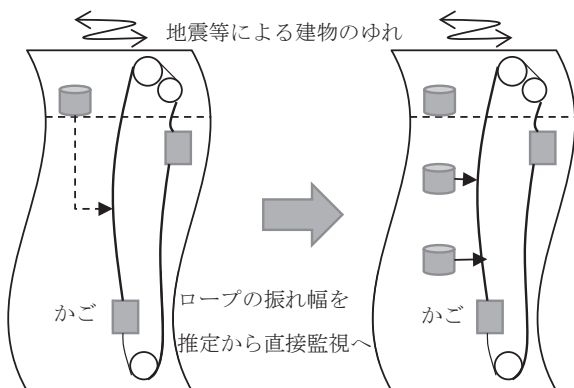


図1 従来のシステムと本システム

2. システム開発の動機

長周期地震動や強風によって発生した建物のゆれによりエレベーターのロープが大きく振れている状況では、運行を停止し乗客の安全を確保する一方、建物のゆれ、ロープの振れが収まればできるだけ早く運行を再開するという安全性と利便性の両立を目指しました。

2.1 安全性について

そもそもなぜロープの振れに対策が必要なのでしょう。一般に、建物のゆれにエレベーターのロープやケーブルが共振すると非常に大きく振れることが知られており、このような状況ではロープやケーブルが周囲の機器に引っかかったり衝突したりしてエレベーターが正常に運行できなくなる可能性があります。

2004年に発生した新潟県中越地震では、長周期地震動の影響で、関東地方の高層ビルでもエレベーター内に乗客の閉じ込めや機器の故障等のトラブルが発生しました。

このようなトラブルの対策として、高層ビルのエレベーターには長周期地震時管制運転システムが設置されます。

2.2 利便性について

長周期地震動は、一般的な地震感知器では検知できないため、専用の感知器をエレベーター機械室に設置し、機械室のゆれ方からロープの振れ幅を推定する方法が一般的ですが、ここで問題になるのが利便性です。

機械室のゆれを元にして、ロープの振れ幅を推定すると、常に最も振れ幅が大きい状況を想定する必要があります。

このため、建物のゆれ方によっては、実際のロープの振れ幅がそれほど大きくなくてもエレベーターを停止する必要があると判断してしまう可能性があります。

また、ロープの振れが収まったと判断できる場合はエレベーターの運行を再開することがありますが、ロープの振れ幅の推定が実際より大きかった場合には実際のロープの振れが収まっても運転を再開できない可能性もあります。

この問題を解消するため、エレベーターの昇降路内に新たにセンサーを設置し、従来推定によって把握していたロープの実際の振れ幅を監視することにしました。

技術講座

3. システムの構成

図2に示すように本システムは、昇降路内に設置した測域センサーによって計測したロープの振れ幅と機械室の感知器で計測した建物のゆれの大きさに基づいてエレベーターの動きを決定します。

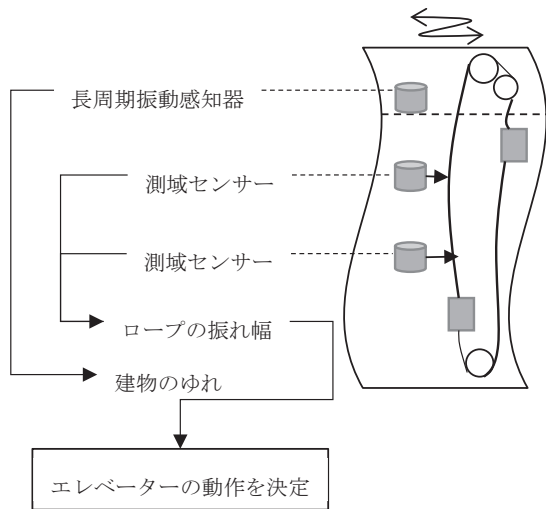


図2 システムの構成

3.1 測域センサー

従来のロープの振れ幅の推定によって生じる利便性低下の問題を解決するためにロープを直接監視する方式を採用したのが本システム最大の特徴ですが、それを可能にしているのが測域センサーです。

周囲の物体との距離をレーザーで測定するセンサーを使用することで昇降路内の機器を平面で検出し、ロープの位置の変化から振れ幅の大きさを計測します。(図3)

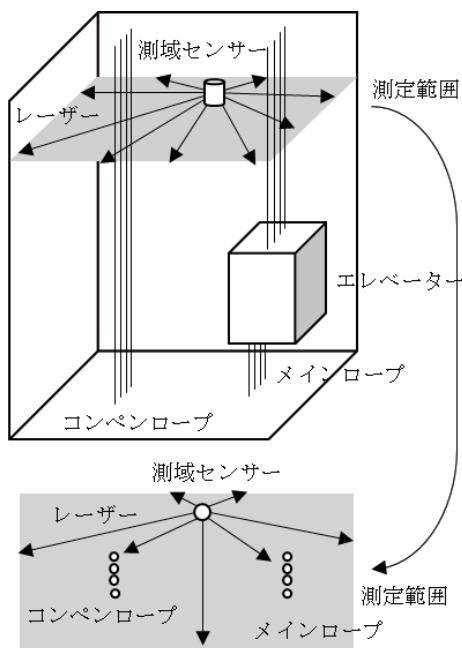


図3 測域センサーによる機器の検出

測域センサーは、エレベーターのかごの位置によらず常にロープを監視できるよう昇降路内2か所に設置します。図4のように、片方のセンサーと同じ高さにかごがあってもロープを検出できない場合にも、もう片方のセンサーがロープを検出することができるため、常に地震のゆれの大きさに応じた運転が可能です。

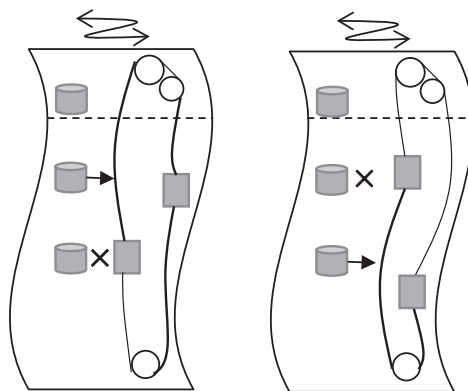


図4 エレベーターの位置と測域センサーの検出状態

3.2 管制判断

最終的なエレベーターの動きは建物のゆれとロープの振れ幅の大きさから判断します。

建物がゆれて、ロープが大きく振れている場合はもちろんですが、建物のゆれが小さくない場合でもロープの振れ幅が大きければエレベーターを停止するなどし、安全の確保に努めます。

反対に、建物のゆれが大きい場合にはロープの振れ幅がそれほど大きなくても同様の対応になります。

4. システムの処理の概要

2台の測域センサーの測定結果からロープの振れ幅をどのように測定し管制運転につなげるのか、具体的な処理を見ていきます。

4.1 ロープの検出

センサーの測定結果にはレールやブラケットといった機器や昇降路の内壁等も含まれており、ここからロープを探し出す必要があります。

本システムで採用した測域センサーは内部でレーザーの射出口が回転しながら周囲にレーザーを照射しており、レーザーの反射光によって物体までの距離を測定します。

図5のようにセンサーの測定データを平面上にプロットすると昇降路内の機器がどこにあるかを把握することができます。

技術講座

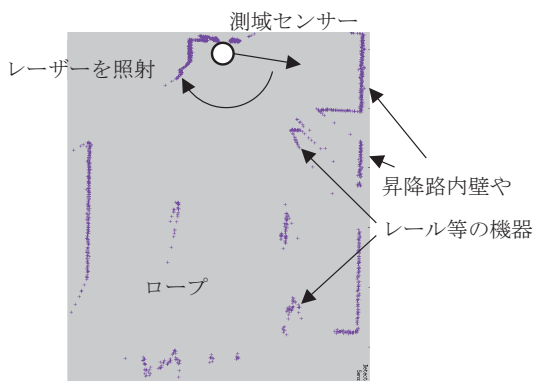
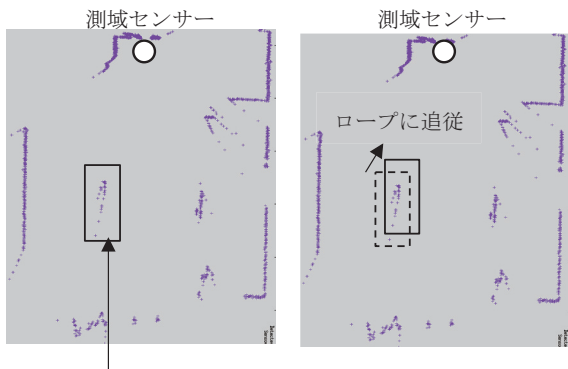


図5 測域センサーの測定データ

この平面にロープ以外のものが存在しない範囲を設定することで、ロープの位置を特定するようにしました。ロープが振れている場合は検出範囲も振れに追従することで、一度設定すればロープを検出し続けます。(図6)



この範囲内にある物体はロープとして扱う

図6 検出範囲設定によるロープ位置の検出

4.2 ロープの振れ幅を測定

図7に示すとおり、センサーの測定結果から特定した現在のロープの位置が、基準となる位置(ロープが振れていない時の位置)からどれだけ離れているかを計算することで振れ幅を知ることができます。

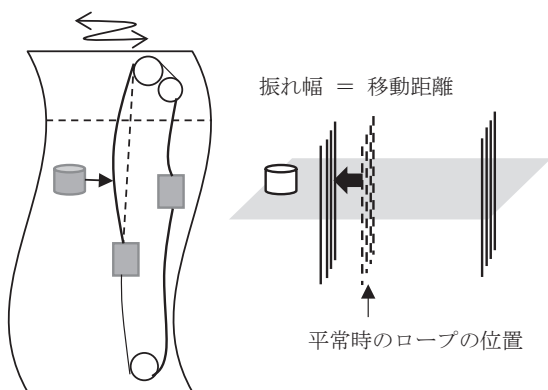


図7 ロープ振れ幅の測定

4.3 ロープの振れ幅が最大となる場所で推定

エレベーターは常に同じ階に停止しているわけではないため、図8左に示すようにロープの振れ幅は測域センサーの測定している高さで最大になるとは限りません。このため本システムではロープの振れ幅を正弦波に近似し、測定位置とロープの中央の位置の比から振れ幅が最大となる位置で振れ幅の大きさを推定しています。

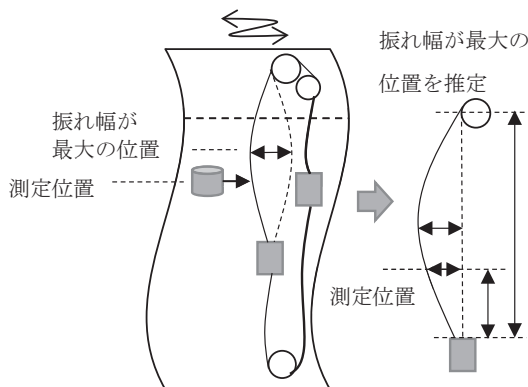


図8 振れ幅が最大の位置を推定

4.4 測域センサー2台のどちらの測定結果を採用するか

ロープを監視するセンサーを2台設置したため、かご位置によっては同じロープの振れ幅を2台のセンサーが測定していることがあります。この場合には、よりロープの中央に近いセンサーの測定結果を管制判断に使用するようにしました。

4.5 エレベーターの動きを決定

このようにして昇降路内に設置した測域センサーによって測定したロープの振れ幅と、機械室の感知器によって測定した建物のゆれの大きさに応じてエレベーターの動きを決定します。

5. おわりに

エレベーターには地震等、建物のゆれによる機器の故障を防ぎ、乗客がエレベーターから安全に避難することをサポートする機能が必要とされます。長周期地震動管制運転システムに、測域センサーによるロープの振れ幅の感知を活用することで、利便性の低下を防ぎつつ、より高い精度で乗客の安全を確保し機器を故障から守ることが可能になります。

エレベーター利用中に地震にあった！そのような万が一の場合にも利用者の方に落ち着いて行動して頂けるよう、当社は、これからも利用者にとって安全、安心なエレベーターを提供し機能の向上を図っていきます。