

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06315

研究課題名(和文) 超高層ビルエレベータの安全と快適性に寄与するデバイスの提案と有効性の検証

研究課題名(英文) A proposal of new device contributing to safety and comfort in an elevator system of high rise buildings and verifications of its effectiveness

研究代表者

中川 聡子 (NAKAGAWA, Toshiko)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：70134898

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：この研究で報告者は、磁性流体セミアクティブダンパーとスプリングで構成される新しいエレベーター用デバイスを提案します。この新しいデバイスは、高層ビルのエレベーターの外かごと内かごの間に挿入されます。報告者はこのデバイスを、そのような二重かご構造エレベーターの設置場所として利用します。これにより、提案されたデバイスは、通常のエレベーター走行に際しての乗り心地を改善し、緊急停止時のショックアブソーバーとして機能し、地震時にエレベーターかごの強い揺れを減衰させることができます。この研究では、提案されたデバイスの有効性を、デジタルシミュレーションと小型装置による実験を通じて示します。

研究成果の学術的意義や社会的意義

めざましい経済発展を背景に超高層ビルの建設ラッシュに沸く国々では、安全で高速、かつ快適な乗り心地をもつエレベータが求められている。我々が何気なく使っているエレベータは、超高層ビルにおいては深い縦抗内を大きな位置エネルギーと運動エネルギーをもって行き来する交通機関である。しかし地震などの災害に見舞われがちな我国では、このような生活に密着したシステムでの非常時の被害軽減や、平常時の快適性の追求は必須である。本研究は高層化する都市部の建造物における移手段として位置づけられるエレベータにおいて、安心安全社会の形成・維持のために意義のあるものとなる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the author proposes a new elevator-suspension device which is composed of a Magneto Rheological Fluid (MRF) semi-active damper and a spring. This new suspension device is inserted between the outer and the inner elevator-cages of an elevator in a high rise building. The author intends to utilize it to such a double-cage-structure elevator as its set-up place. Thereby, the proposed suspension can improve the ride quality in usual elevator runs, can also work as a shock absorber in emergency stop and can damp strong tremors of the elevator cage on earthquake. This study will show the effectiveness of the proposed device through digital simulations and experiments with small set-up.

研究分野：工学

キーワード：エレベータ 快適 安全 磁性流体 粘性制御 非線形ダンパ 非常停止 地震

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

めざましい経済発展を背景に超高層ビルの建設ラッシュに沸く国々では、安全で高速、かつ快適な乗り心地をもつエレベータが求められている。我々が何気なく使っているエレベータは、超高層ビルにおいては深い縦抗内を大きな位置エネルギーと運動エネルギーをもって行き来する交通機関である。しかし地震などの災害に見舞われがちな我国では、このような生活に密着したシステムでの非常時の被害軽減や、平常時の乗り心地の快適性の追求は必須である。

2. 研究の目的

報告者は、(i)地震・ワイヤ切断などの非常時の緊急停止に際して生じる強い衝撃を緩和させ、(ii)超高層ビルエレベータ特有の「つりワイヤ縦振動」による乗り心地悪化を軽減させるため、機能性流体注入の制御ダンパを使った新しいデバイスを提案した。本報告書では、提案システムが、上記(i)(ii)などのケースで強い制御効果を発揮できることを理論、シミュレーションおよび小型実験装置による模擬実験で検証した上で、我々の生活空間における安心安全快適性の創出に資する高層ビル内垂直移動システムを構築することを目的とする。

なお本稿をまとめるにあたり、提案デバイス(磁気粘性流体(以下、MRFと記す)制御ダンパ+ばね)の制御系設計法については、その基となる理論や具体的な数値を記載していない。これらについては、衝撃緩和、乗り心地改善、地震時の振動抑制など、個々の目的に合わせた制御系を設計するため、詳述には多くの紙面を要す。したがって、研究期間3年の間にIEEE TransactionやIEEE国際会議、また本研究成果によって技術賞を受賞した日本AEM学会論文誌や電気学会大会などで詳細を公表しているため、末尾にある「主な発表論文欄」を参照されたい。また製作した直動サーボを含む小型実験装置、提案デバイスなどの諸元も、同様に参照いただきたい。

3. 研究の方法

(1)年度ごとの作業分担とその内容

各年度の研究計画イメージを「理論・計算班」と「装置製作・実験班」に分け、図1に示す。

(2)研究システムの概要

図2-(a)が従来から使用されている一般のエレベータ、図2-(b)が本研究で提案するデバイスを乗客の乗る内側・外側のかご間に挿入した2重かご型のエレベータモデルである。また並行して行われる各種制御実験で用いられるエレベータ模擬実験装置(エレベータかご部、提案デバイス(サーボモータ+ボールねじ)、複数の位置および加速度センサ、LabviewPXI制御装置、モニタ等)を図3に示す。

4. 研究成果

本研究は、提案デバイスの有効性を、エレベータ吊り下げワイヤ切断事故等での非常停止時、通常運行時の乗り心地、

	代表者	研究協力者	(理論・計算班) 大学院生	(装置製作・実験班) 大学院生
初年度	研究方針指示 ①非線形制御理論 ②装置改修設計 ③情報収集 (学会・審議会出席) 論文投稿	非常止め(機械系ブレーキ特性指導) サーボ機構改修支援	2重かご構造を利用したエレベータモデルの定式化と状態空間表示 特性定式化 ・ワイヤ切断・地震(k-net) ・ワイヤバネ特性 ・回生失効時の逸走特性	新MRF流体(E-600)を用いた制御ダンパにおけるコイル電流vs.減衰比の調整 実験装置準備など ・小型模擬装置改修 ・直動サーボの改修(ノイズ対策・フィルタ)
H30年度	研究方針指示 ①国際安全基準(EN-81) ②乗り心地基準(UTACV) 論文投稿	サーボ系実験支援	制御系設計(Matlab)(ハミルトンヤコビ) ・実機・小型模擬装置最適設計値探索(制御自由パラメータ) ・衝撃緩和乗り心地の評価	実験装置の制御系構(Labview) ・画像センサ、加速度センサ直動サーボ指令作成(Labview) ・非常ブレーキ・ワイヤ伸縮 ・ワイヤ切断・地震波 ・回生失効逸走など
最終年度	結果の総合分析および評価 論文投稿	全体討議	シミュレーション実施 国際安全基準(EN-81)乗り心地基準(UTACV)との比較	非常停止時と通常運行時におけるMRFダンパ制御実験実施 実験結果を整理 衝撃緩和と乗り心地確保確認

研究成果の公表(成果を社会に還元)

図1 研究計画イメージ

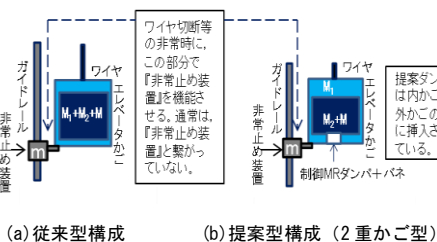


図2 エレベータモデル

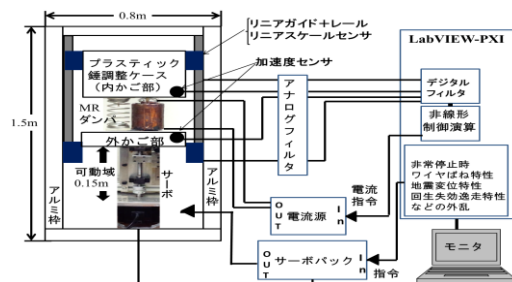


図3 エレベータ模擬実験装置

大地震時の上下揺動の抑制の観点に分けて、模擬実験装置を用いた制御実験、および実機パラメータを用いたシミュレーションによって解析を行うものである。

(1) 非常停止時における衝撃緩和

吊り下げワイヤ切断や機器不調などの異常が発生した場合、エレベータでは非常停止装置が働く。この装置のブレーキ力は強いほど確実に停止できるが、その衝撃で逆に乗客が負傷する可能性がある。したがって非常停止装置はできる限り強くし、この際の衝撃は提案デバイスで緩和できれば理想的である。

① 実機ベースでのシミュレーションによる解析

図4 (a) (b)では、提案するデバイスを用いない従来エレベータ(図2 (a))での、非常停止時におけるかご部の減速度特性、提案デバイスに制御を加えず一定の特性で使用するパッシブダンパとして図2 (b)のシステムに挿入した場合(以下、Pタイプという)の減速度特性、さらに提案デバイスに制御を加えた場合(以下、Sタイプという)の減速度特性を、それぞれ乗客人数をパラメータとして示す。これらの図から、乗客の人数によらず、非常停止時の大きな減速度(衝撃)ピークを、制御付きの提案デバイスにより、大きく緩和できることが分かった。

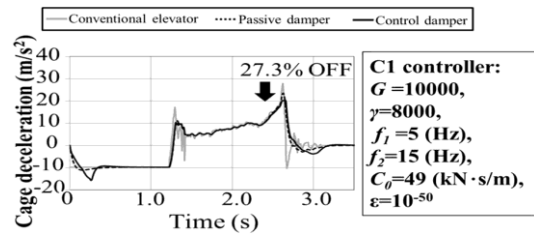
また、図5は、非常停止時に定められている国際的な安全基準2種(EN規格, ASME規格)をクリアできているか否かを検証している。これらの規格については、図の下段に、EN規格として2種類(i) (ii), ASME規格として1種類、それぞれ説明を加えている。

図からわかるように、従来のエレベータに比べ制御を行った提案システムでは、乗客の人数によらず全ての基準を満たしていることが判明した。一般に、乗客が少ない場合の非常停止時には、非常に大きな衝撃が加わることが知られているが、そのようなケースでも十分な衝撃緩和効果が発揮できることが確認できる。

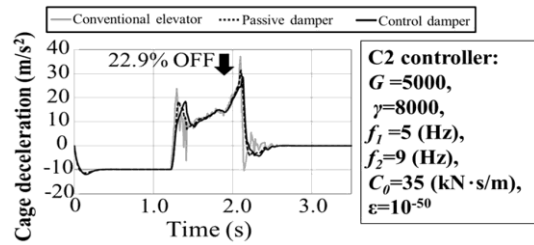
② 小型模擬装置を用いた実験による解析

図6 (a) (b)では、上記①と同様の検証を小型実験装置で実際に行った際の結果を示す。なお、この検証実験では、実際のエレベータシステムを、小型実験装置用にスケール変換した相似系で実験している。この検証に際しては、提案デバイスを用いない従来エレベータ(図2 (a))での非常停止減速度特性、提案デバイスを図2 (b)のシステムに挿入したPタイプでの減速度特性、さらに提案デバイスに制御を加えたSタイプでの減速度特性を、乗客人数をパラメータとして示している。これらの結果から、非常停止時の大きな減速度(衝撃度)を、提案デバイスにより制御を行うことで緩和できることが、実験結果より確認できる。

図7では図5と同様に、非常停止時に定められている国際安全基準2種(EN規格, ASME規格)をクリアできているか否かを、実験によって検証した。その結果、従来のエレベータに比べ、大きな衝撃緩和効果が得られていることが判明した。なお、定員時の特性(図

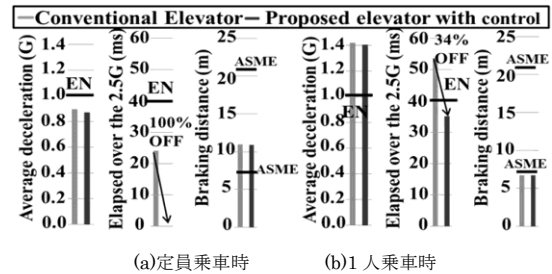


(a) 定員乗車時の減速度



(b) 1人乗車時の減速度

図4 非常停止時のシミュレーション結果 (従来型, P, S比較)



(a) 定員乗車時 (b) 1人乗車時

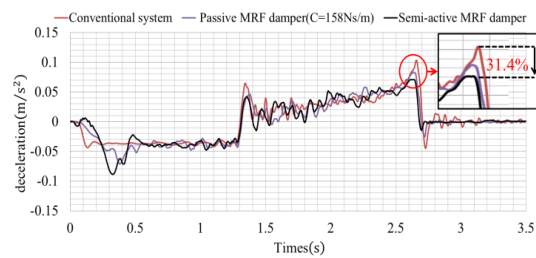
EN規格

かご部が非常停止する際の減速度は
(i) 減速度 2.5 (G) 以上の期間は 40 (ms) 未満
(ii) 平均減速度が 1 (G) 未満であること

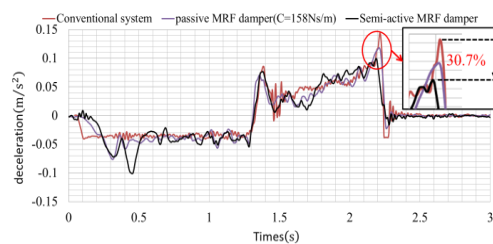
ASME規格

非常停止する迄のかご部の制動距離 X の範囲
 $(v_0^2 / 19.63) \leq X \leq (v_0^2 / 6.87) + 0.256$

図5 非常停止時の国際安全規格遵守度の評価 (実機ベースシミュレーション結果からの値)



(a) 定員乗車時の減速度



(b) 1人乗車時の減速度

図6 非常停止時の小型装置を用いた実験結果 (従来型, Pタイプ, Sタイプ比較)

7 (a) において、2 本目の棒グラフに従来エレベータの特性値しか示されていないように見えるが、これは提案システムを用いれば完全にゼロ（完全に安全基準をクリア）に抑え込めたためである。

一方、乗客が少ない場合には、全てではないものの、提案システムを用いると安全基準において大きな改善がみられることが確認された。

(2) 通常運行時の乗り心地改善

本研究で提案した 2 重かご構造のエレベータでは、非常時の衝撃緩和のみならず、通常運行時での乗り心地も改善できる構造となっている。超高層ビルにおいては、図 8 に示すように、吊り下げワイヤは上下に伸縮するため等価的なばね特性に置き換えることができる。逆に言えばエレベータ駆動時には、駆動側で制御しなければ、上下にかごを振動させるため、高層であればあるほどその上下振動は無視できない。これは駆動側に少なからぬ負担となるため、大きな乗り心地問題を誘発する。

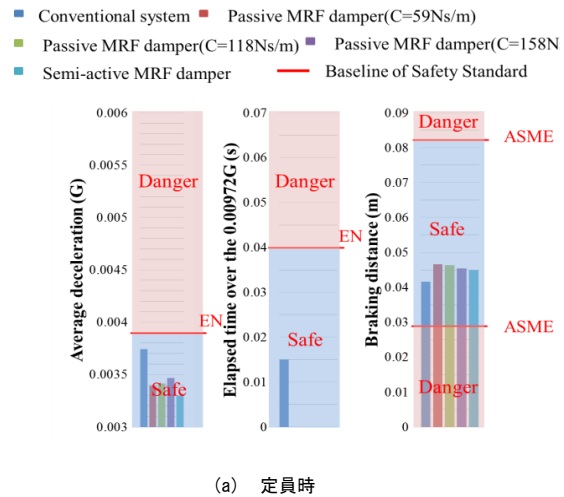
図 9 は、停止エレベータを上昇させ、一定速度で駆動後に、減速させて停止する操作を行った場合の、エレベータかごの加速度特性である。図 9 (a) 黒線は、かごの駆動パターン、その際の従来エレベータでのかご上下振動の加速度特性を灰色の線で表している。また図 9 (b) には、同様の駆動条件での、従来型エレベータ、2 重かご構造で提案デバイスを制御無しの P タイプで使用した場合、制御付きの S タイプで使用した場合の、かご上下加速度波形を比較したものである。明らかに、提案デバイスを S タイプで挿入した場合、振動が抑制されていることが判明した。図 9 (c) は、図 9 (b) の結果から、かご加速度の PSD を算出したもので、ここには乗り心地基準として使われている UNACV 特性も併記している。もしこの基準を、かご加速度の PSD が下回っているということができれば、エレベータの乗り心地は確保されているということができる。従来型のエレベータではワイヤ振動による上下動の加速度により、UNACV 乗り心地基準を満たしていないことがわかるが、提案の MRF ダンパを用いたデバイスが挿入されている場合は、P タイプでも、また S タイプでも、乗り心地は十分に確保されていることが確認される。

(3) 地震時のエレベータかご振動抑制

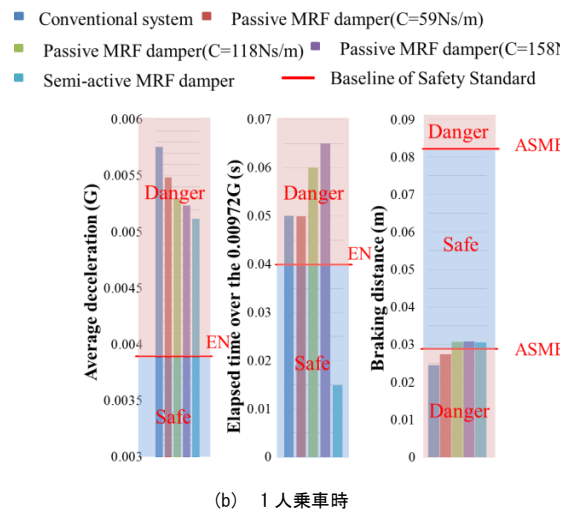
いつ地震が発生するか予見できない中で、エレベータで被災するケースもあり、数時間かご部に閉じ込められる場合もある。閉じ込められた状況下で、エレベータ吊り下げワイヤのばね特性により大きな揺れを受けながら救助を待つことも多い。超高層ビルにおいては、その上下震動は桁外れに大きなものとなる。そこで本研究では、大地震の際の提案デバイスの振動抑制効果の検証を、計算機によるシミュレーション、および小型模擬実験装置による制御実験を通して行った。

① 実機ベースでのシミュレーション解析

図 10 (a) は東日本大震災時の気象庁 K-net で公開されている上下加速度の観測データである。これを用いて、従来型のエレベータ内での上下振動特性、提案したエレベータ構成での P タイプを挿入した場合、さらに S タイプを挿入した場合の、それぞれのかご部の上下加速度波形を比較する。図 10 (b) はこれらの結果を示すが、提案した「ばねと MRF 制御ダンパ (S タイプ)」が挿入されたエレベータのかごの振れが、従来型エレベータのそれと比べ、1/10 以下に抑えられていることが確認できる。



(a) 定員時



(b) 1 人乗車時

図 7 非常停止時国際安全企画遵守の評価 (小型模擬実験装置での相似換算値)

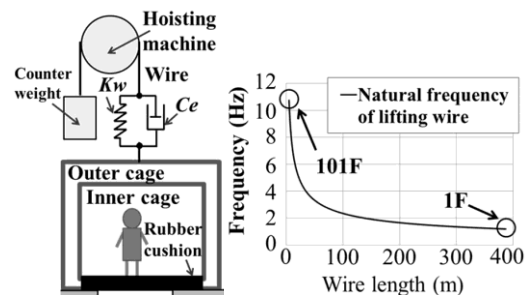
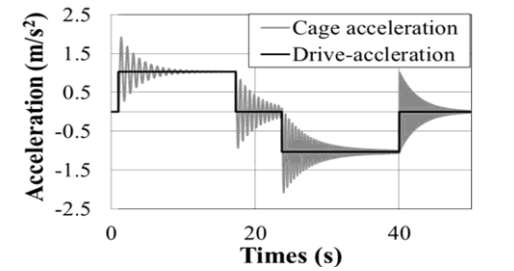
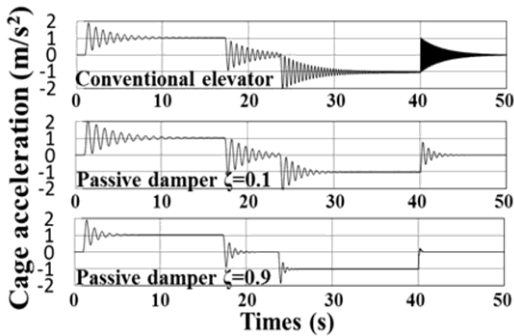


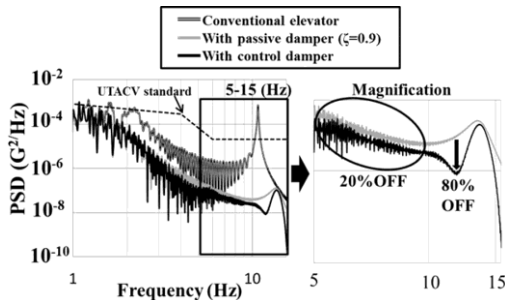
図 8 超高層エレベータにおける吊り下げワイヤとワイヤ等価ばね係数



(a) エレベータかご部の上下加速度



(b) エレベータかご部の上下加速度波形 (従来型, P, Sタイプの比較)



(c) 提案した構成でのかご上下加速度 (従来型, Pタイプ, Sタイプ)

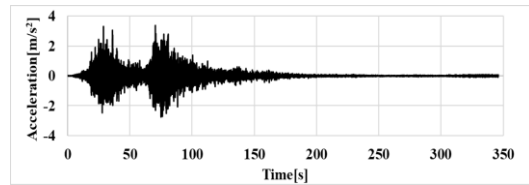
図9 エレベータ駆動時の上下振動加速度特性 (シミュレーション結果)

②小型模擬装置を用いた実験による解析
 上述①のように、計算機シミュレーションにより提案システムの有効性が判明したので、ここでは小型実験装置によっても提案システムの有効性を評価する。

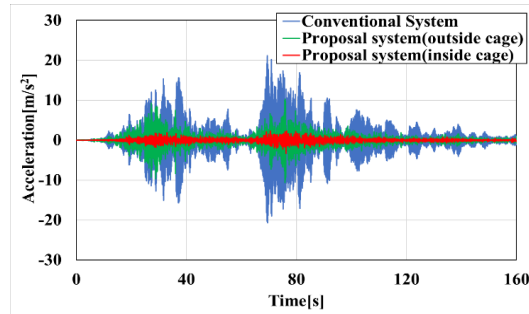
図11(a)は、静岡県で発生した震度6の地震波形をK-netから得て、それをFFTしたものである。この波形のみならず、多くの地震動は20Hz以下の低域に分布している。この静岡での原波形を、当グループが製作した地震動発生装置(直動サーボ)で実際に生成し、エレベータ模擬装置に印加し、提案デバイスの効果の有無の検証実験を行った。図11(b)が従来エレベータでのかご部の上下振動、下段の波形は提案デバイスをPタイプで使用した際の上下加速度波形である。Pタイプでも、かなりの振動抑制が達成されていることが確認される。一方、図11(c)は従来型エレベータと提案デバイスをSタイプで使用したものとの比較である。提案デバイスを使用した場合、さらに大きな制振効果が得られることが確認できた。

(4) 本研究のまとめ

以上、(a)従来エレベータ、(b)提案したエレベータ構成で提案デバイスをパッシブダンパ(Pタイプ)で使用した場合、(c)提案したエレベータ構成で提案デバイスを制御して使用した場合(Sタイプ)それぞれを、実機ベースでのシミュレーション、及び小型実験装置の制作により実際に制御実験を行い、提案デバイスの優位性を示すことができた。

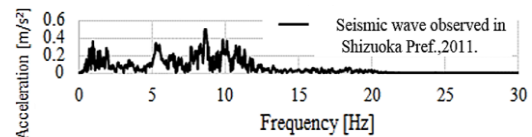


(a) 東日本大震災宮城県桶屋町での上下加速度波形

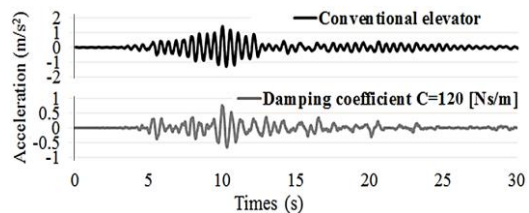


(b)エレベータかご部の上下加速度特性

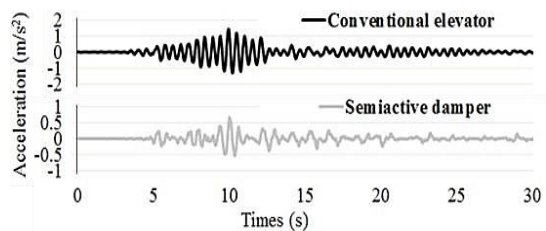
図10 地震に被災した際のエレベータかご部のシミュレーション結果



(a) 2011年発生静岡県地震実測波形のFFT(震度6)



(b) 地震によって生じるかご部の加速度波形実験値 (従来型とPタイプ(一定ダンパ)比較)



(c) 地震によって生じるかご部の加速度波形実験値 (従来型とSタイプ(制御ダンパ)の比較)

図11 地震に被災した際のかご部の実験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 T. Torii, T. Nakagawa	4. 巻 LDIA
2. 論文標題 Verification of Effectiveness of an MRF Semi-Active Damper using a Double-Cage Structure Elevator Simulator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE-Xplore	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LDIA.2019.8771019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 川瀬，鳥居，中川	4. 巻 Vol. 27, No.2
2. 論文標題 制御MR流体ダンパを用いたエレベータシステムによる地震波に対する制振効果の検証実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 212-218
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Egashira, Nakagawa	4. 巻 LDIA
2. 論文標題 A Proposal for Precision Positioning Control of Linear Induction Motor Using Nonlinear Friction Compensation and High-Order Disturbance Observer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE-Xplore	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LDIA.2019.8770972	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 鳥居武史，川瀬圭祐，中川聡子	4. 巻 LD-19-20
2. 論文標題 制御MR流体ダンパを用いた二重かご構造エレベータにおける非常停止時に対する制御効果の実験的検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会LD研究会論文集	6. 最初と最後の頁 37-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 若林太貴, 中川聡子	4. 巻 LD-19-21
2. 論文標題 制御MR流体ダンパを用いた超高層エレベータの乗り心地改善に関する検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会LD研究会論文集	6. 最初と最後の頁 43-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 江頭駿哉, 中川聡子	4. 巻 LD-19-004
2. 論文標題 リニア誘導モータにおける非線形摩擦補償と高次外乱オブザーバを用いた精密位置決め制御法の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会LD研究会論文集	6. 最初と最後の頁 17-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林尚暉, 若林太貴, 中川聡子	4. 巻 Vol. 26-No. 2
2. 論文標題 制御 MR 流体ダンパを用いたエレベータシステムの衝撃緩和及び乗り心地改善効果の検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 374-380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 川瀬, 鳥居(武), 中川	4. 巻 第27回MAGDA会議
2. 論文標題 制御MR流体ダンパを用いたエレベータシステムによる地震波に対する制振効果の検証実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本AEM学会MAGDAコンファレンス論文集	6. 最初と最後の頁 256-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 駿介, 小林 尚暉, 川瀬 圭祐, 中川 聡子	4. 巻 Vol. 25, No.2
2. 論文標題 MR流体ダンパを取り入れた新構成エレベータ非常止め装置の基礎検証	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 106-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 N. Kobayashi, K. Kawase, S. Sato and T. Nakagawa	4. 巻 Vol. 53 Issue11
2. 論文標題 Experimental Verification on Effects in an Emergency Stop by Installation of Magneto Rheological Fluid Damper to an Elevator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2017.2717839	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Keisuke Kawase, Naoki Kobayashi, Toshiko Nakagawa	4. 巻 43th Annual Meeting
2. 論文標題 Experimental Verifications of Control Effects for Severe Conditions at Elevator Emergency Stop based on the Safety Standards	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE IECON	6. 最初と最後の頁 3045-3050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 K. Kawase, N. Kobayashi M. Yamada and T. Nakagawa
2. 発表標題 Experimental Verification of Effectiveness of Magnetorheological Fluid Damper fixed to an Elevator in Case of Earthquake
3. 学会等名 IEEE-Intermag conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田, 中川
2. 発表標題 MRFダンパを用いた新構成2重かごエレベータの地震時における有効性検証
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳥居(武), 中川
2. 発表標題 二重かご構造エレベータの非常停止時におけるMR流体ダンパの有効性に関する実験的検証
3. 学会等名 電気学会東京支部発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kobayashi, Nakagawa
2. 発表標題 Experimental Verification on Effects in an Emergency Stop by Installation of Magneto Rheological Fluid Damper to an Elevator
3. 学会等名 IEEE Intermag Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林, 中川
2. 発表標題 制御 MR 流体ダンパーを用いたエレベーターシステムの衝撃緩和および乗り心地改善効果の検証
3. 学会等名 日本AEM学会MAGDAコンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若林, 中川
2. 発表標題 2重かご間に挿入した磁気粘性流体ダンパによる高層エレベータの乗り心地改善に関する研究
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川瀬, 中川
2. 発表標題 ACサーボモータ汎用加振器を用いた地震時における新構成エレベータのかご部挙動生成
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakauchi, Nakagawa
2. 発表標題 Precise Positioning Control of a Linear Induction Motor Drive System by Utilizing Nonlinear Friction Behaviors
3. 学会等名 International Conference LDIA (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Arita, Nakagawa
2. 発表標題 A Proposal of Magnetic Levitation System Without Using Sideslip-Sensors and Actuators in Guidance Control
3. 学会等名 ICEMS (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kimura, Nakagawa
2. 発表標題 Basic Study for Achieving Stable Levitation of a Steel Plate Irrespective of Its Thickness
3. 学会等名 ICEMS (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takada, Nakagawa
2. 発表標題 Stable Magnetic Levitation of 0.1-mm-thick Steel Plate as Supreme Thickness in Our Study
3. 学会等名 International Conference LDIA (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takada, Nakagawa
2. 発表標題 Influence of Inductance Properties on a Magnetic Levitation for Thin Steel Plates
3. 学会等名 IEEE Intermag Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>中川聡子HP http://toshiko-nakagawa.na.coocan.jp/</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----