

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560259

研究課題名(和文) 強磁性粒子を用いた磁場援用セミアクティブダンパに関する研究

研究課題名(英文) Study on the semi-active damper using magnetic particles and magnetic field

研究代表者

井門 康司 (IDO, YASUSHI)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40221775

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：磁気混合流体に繊維状高分子材料を混合した流体を作動流体とすると、減衰力が増加することが明らかとなった。また、針状磁性粒子を混合した磁気機能性流体の場合、磁場の有無により粘性特性が変化し、特に磁気混合流体に針状磁性粒子を混合する場合、ベースとなる磁性流体量がある程度少ない場合に減衰力が極端に増加するところを見出した。鋼球を用いた粒状体ダンパに磁場を印加すると、減衰力が増大する。特に死点近傍で減衰力が増大することがわかった。粒状体ダンパは設置角によって減衰力特性が大きく変わることがわかった。磁場の印加は粒状体ダンパの設置角依存性を低減する方法としても有効である。

研究成果の概要(英文)：Adding fibrous material to a magnetic compound fluid is effective on increasing damping force of a damper. Viscous property of a magnetic functional fluid can be changed by applying magnetic field when needle-like magnetic particles are contained in the fluid. We have found that the damping force becomes stronger when the working magnetic compound fluid contains little amount of magnetic fluid with needle-like magnetic particles. The damping force of a damper using a magnetic particle assemblage increases in the presence of magnetic field and the damping force rapidly increases near the dead centers. The damping property of the damper using a particle assemblage depends on the setting angle of the damper. Applying magnetic field by two magnets arranged near the edge of the damper is useful method to suppress the dependency of damping force on the setting angle of the damper.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：ダンパ 磁気機能性流体 粒子群 減衰力可変ダンパ 振動制御 粒状体

### 1. 研究開始当初の背景

磁性流体やMR流体などの強磁性粒子を分散させた流体は、磁場印加によって見掛けの粘度を変化させるため、これを作動流体として用いれば減衰力可変ダンパを構成できる。このような流体を用いた制振装置に関する研究は、これまで数多く行われており、海外ではMRダンパなどその一部が実用化されている。一方、磁性流体にマイクロサイズの強磁性粒子を混合させた磁気混合流体が提案され、MR流体よりも分散安定性に優れ、磁性流体よりも磁化特性が良いと報告されている(島田ら, 2001)。著者らはこの磁気混合流体を作動流体としたダンパについて、小型の試作ダンパを製作し、印加磁場強度や振動周波数、作動流体の組成(磁性流体とマイクロサイズ強磁性粒子の混合割合や微粒子径や表面状態)などが減衰力特性へ与える影響を明らかにしてきた。MR流体中に分散している強磁性粒子はマイクロサイズであるため、分散安定性が問題となるが、これを解決する方法のひとつとしてMRゲルを利用する方法が考えられている。一方、粒子や粒子群(粒状体と呼ぶ)を容器や構造物に入れ、振動時に生じる壁面への衝突を利用した衝撃ダンパについても、これまで多くの研究がある。しかしながら粒状体のもつ流動性を利用したダンパ機構についての報告はほとんどない。著者らは衝撃ダンパとは異なり、粒状体を作動流体の代わりに利用する粒状体ダンパについて、図1のような小型試作ダンパを製作してその減衰力特性を調べた結果、漸硬型特性を示すことを明らかにしている。

前述の磁気混合流体ダンパはもちろん、粒状体ダンパにおいても粒状体として強磁性粒子を用いれば、磁場印加によって減衰力を変化させることが可能な可変ダンパとすることができる(特許出願: 林・井門, 2009)。このような可変ダンパは振動の大きさによって減衰力を制御することが可能なことから、地震発生時の建築構造物や機械類の免震や車両への搭載など、その利用範囲は大きいものと考えられる。

#### 文献

1. 島田ら, 「MCF(磁気混合流体)の流体力学的特性と磁化特性」, 日本機械学会論文集, 67-664, B編 (2001), pp.3034-3040.
2. 林・井門, 「ダンパ装置」, 特願 2009-165799.

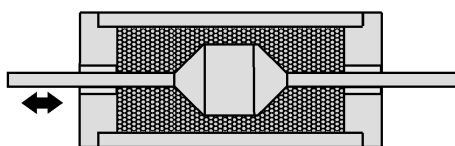


図2 試作した粒状体ダンパの構造概略図。容器内に粒子が充填されている。

### 2. 研究の目的

(1) 磁気混合流体のベースとなる磁性流体内では、磁場を印加すると非磁性粒子も反磁

性粒子のように振る舞うことが知られている。したがって、強磁性粒子が形成するクラスター構造を強化するために、繊維状高分子材料を磁気混合流体に混入させるのは効果的であると考えられる。そこで繊維状高分子材料を含んだ磁気混合流体を作動流体とし、ダンパの減衰力特性の印加磁場、振動周波数、強磁性粒子や繊維状高分子材料の混合量などへの依存性を明らかにする。また、粒子の分散安定性を調べ、それが減衰力特性に与える影響を調べる。

(2) MR流体や磁気混合流体に針状磁性粒子を混合した磁気機能性流体を新たに作製し、その流体を作動流体とした場合について、ダンパの減衰力特性を実験的に明らかにする。

(3) 粒状体ダンパの粒状体として強磁性粒子を用いた場合について、印加磁場や振動周波数に対する減衰力特性の依存性を明らかにする。粒状体が強磁性粒子である場合、磁場を印加すると、粒子同士に磁気的な引力が発生するとともに、磁場の強い方へ粒子が引き寄せられる。このため、磁場印加により減衰力が大きく変化することが考えられる。そのため、印加磁場による減衰力の変化を実験により明らかにする。

(4) 粒状体ダンパ内の粒子挙動を数値計算によって解析し、粒状体ダンパの減衰力発生メカニズムを明らかにする。

(5) 粒状体ダンパは、粒状体を充填したものであるが、ある程度粒子が流動できるようにするため、若干の空隙がダンパ内に存在する。そのため、粒状体ダンパの減衰力は設置角に依存するものと考えられる。設置角による減衰力特性の変化を明らかにするとともに、磁石を用いた設置角依存性を低減する方法を提案する。

### 3. 研究の方法

(1) 繊維状高分子材料を混入した磁気混合流体ダンパの減衰力特性の解明

繊維状高分子材料を磁気混合流体に混入させることにより、印加磁場下で発生する鎖状クラスター構造を強化できるものと考えられる。このような流体をダンパの作動流体として利用した場合について実験を行い、減衰力を測定した。繊維状高分子材料としてアルファセルローズを用い、磁気混合流体への混入量と、磁気混合流体内の強磁性粒子の量を調整し、それぞれが減衰力に及ぼす影響を調べた。

(2) 針状粒子を混合した磁気機能性流体の作製とダンピング特性の解明

短径 25 nm, 長径 100 nm の針状鉄粉を、ポリアルファオレフィンベースのMR流体に混合した場合、および磁気混合流体に混

合した磁気機能性流体を新たに作製した。これらの流体を作動流体として用いた場合について、強制加振に対する減衰力を実験によって調べた。MR 流体については、ミクロンサイズの球形強磁性粒子とナノサイズの針状鉄粉の混合割合を変化させて、それぞれの流体の減衰力を測定した。

### (3) 粒状体ダンパ減衰力特性の印加磁場依存性の解明

粒状体として鋼球を用いた場合について、減衰力特性を実験によって調べる。印加磁場強度、振動周波数などの条件を変化させ、それぞれの条件が減衰力に及ぼす影響を明らかにした。

### (4) 粒状体ダンパ内粒子挙動の数値解析と減衰力発生メカニズムの解明

粒子群を利用した粒状体ダンパの基本的な減衰力特性については、すでに報告されている。粒状体ダンパの減衰力は、粒子間または粒子と壁面間の摩擦や弾性反発力などによって発生すると考えられるが、内部粒子の挙動と減衰力との関係については明らかになっていない。そこで個別要素法による数値計算によって内部粒子の挙動を解析し、ピストン変位に伴って粒子間相互作用等がどのように変化していくのかを明らかにした。粒子挙動と粒子に作用する力（圧縮力）を調べた。

### (5) 粒状体ダンパ減衰力の設置角依存性とその低減方法

粒状体ダンパの減衰力が、ダンパの設置角度によってどのように変化するかについて、実験的に明らかにする。また、ダンパ設置角による減衰力特性の変化を低減するため、バネを有するダンパ機構を試作し、その効果を調べた。また、粒状体として鋼球を使用し、適切な磁場印加によって、減衰力の設置角依存性を低減させることを試みた。

## 4. 研究成果

### (1) アルファセルロースを混合した磁気機能性流体の作製とダンピング特性の解明

ポリアルファオレフィンベースの磁性流体に、平均粒子径約  $1.2 \mu\text{m}$  の球形カルボニル鉄粉を  $26 \text{ vol.}\%$  含有させた磁気混合流体に、アルファセルロースを混合しない場合（流体 A）、アルファセルロースをそれぞれ  $2 \text{ vol.}\%$ （流体 B）、 $4 \text{ vol.}\%$ （流体 C）および  $6 \text{ vol.}\%$ （流体 D）混合した流体を作製し、それらの流体を作動流体としたダンパの減衰力を測定した。その結果、図 2 に示すような減衰力-変位曲線を得た。図 2 は最大磁束密度約  $40 \text{ mT}$  の磁場を印加し、 $10 \text{ Hz}$  で強制加振した場合の減衰力を示している。その結果、アルファセルロースの混合割合が増加するにつれて、粘性抵抗による減衰力および摩擦による減衰力はともに増加し、降伏力も増大するこ

とがわかった。強磁性粒子を一定量とした場合、同じ印加磁場強度では、混合したアルファセルロース量と最大減衰力はほぼ比例しており、アルファセルロース量が多い方が最大減衰力は大きくなることが明らかとなった。また、強磁性粒子の一部をアルファセルロースに置換した流体も作製して実験を行った結果、強磁性粒子をアルファセルロースで置換した場合には、比較的弱い磁場で大きな減衰力が得られるが、置換による減衰力の増大には上限があることがわかった。

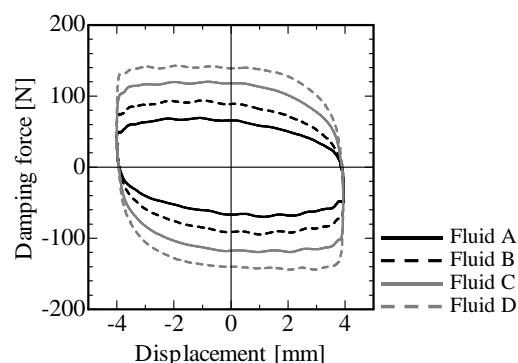


図 2 減衰力-変位曲線。アルファセルロース混合した磁気混合流体の場合。

### (2) 針状磁性粒子を混合した磁気機能性流体の作製とダンピング特性の解明

平均粒子径約  $1.2 \mu\text{m}$  の球形強磁性粒子を含むポリアルファオレフィンベース MR 流体に、短径約  $25 \text{ nm}$ 、長径約  $100 \text{ nm}$  の針状磁性粒子を混合した磁気機能性流体を作製した。2 種類の強磁性粒子の合計体制分率を  $0.30$  で一定とし、2 種類の粒子の混合割合を  $30:0$ （流体 A）、 $28:2$ （流体 B）、 $26:4$ （流体 C）、 $24:6$ （流体 D）、 $22:8$ （流体 E）とした流体を作動流体として減衰力を測定した。その結果、針状鉄粉を含む磁気機能性流体は、磁場印加が無い場合にはビンガム流体的な特性を示すが、磁場を印加すると擬塑性流体のような特性を示すことが明らかとなった。また、強磁性粒子の体積割合を一定として、針状鉄粉の割合を多くすると減衰力が増加する。ただし、針状鉄粉の混合割合が大きくなると、最大減衰力の印加磁場による増幅率が低下することもわかった。

### (3) 粒状体ダンパ減衰力特性の印加磁場依存性の解明

粒子径  $0.5 \text{ mm}$  および  $1.0 \text{ mm}$  の鋼球を粒状体として用いた粒状体ダンパについて、磁場を印加したときの減衰力を調べた。その結果、印加磁場強度を変化させると、図 3 に示すように減衰力-変位曲線の形状が大きく変化し、印加磁場が大きい場合には死点近傍で減衰力が急激に大きくなることがわかった。図 3 は粒状体ダンパ外周部に巻いたコイルに流す電流を変化させた場合、すなわち印加磁場を変化させた場合の減衰力-変位曲線

で、加振周波数は 3 Hz、粒子径は 0.5 mm の場合である。印加磁場を強くすると、最大減衰力は増加するが、吸収エネルギー量は減少する領域がある。また、印加磁場が強い場合には、加振周波数や粒子径 (0.5 mm か 1.0 mm か) に対する減衰力特性への影響は小さくなることがわかった。

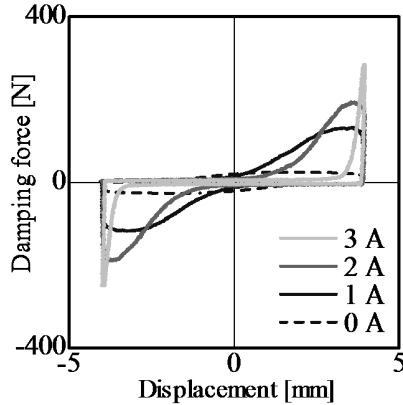


図3 減衰力-変位曲線. 印加磁場による減衰力の変化.

(4) 粒状体ダンパ内粒子挙動の数値解析と減衰力発生メカニズムの解明

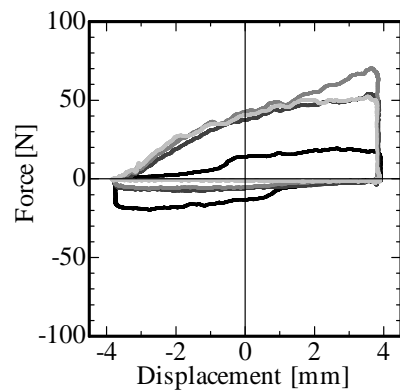
粒子の運動を、運動方程式を解くことによって逐次計算して求める個別要素法を用いて、粒状体ダンパ内の粒子挙動を解析した。その結果、ピストンが死点位置から反転して移動を始める時にはピストン前方にある粒子はあまり力を受けておらず、ピストンの進行に伴ってピストン前方の粒子が力を受け、摩擦力が增大することがわかった。

(5) 粒状体ダンパ減衰力の設置角依存性とその低減方法

粒状体ダンパはその構造から、粒状体の流動性をある程度保つため、容器内に空隙がある。そのため、重力による影響を受けて、減衰力がダンパ設置角の影響を受ける。この設置角依存性を実験によって明らかにした。図4に減衰力-変位曲線を示す。図4のように、粒状体ダンパの設置角が水平の場合にはピストンの移動する向きに依らず、減衰力が発生しているが、設置角が 30°、60° および 90° の場合には、ピストンが下方へ移動する場合には比較的強い減衰力が発生しているのに対して、ピストンが上方へ移動する場合にはほとんど減衰力が発生していないことがわかる。このような特性を有効に利用することも考えられるが、設置角依存性を低減することができれば、使用環境が拡大する。

そこで粒状体ダンパの設置角依存性を低減するため、バネをエンドキャップ後方に配置して常に粒状体にある程度の力がかかるようにした機構を提案し、その有効性を実験的に明らかにした。このような機構の場合、減衰力特性は摩擦ダンパの特性に近いものとなる。一方、磁石による設置角依存性低減

も試みた。粒状体を鋼球とし、電磁石を両側のエンドキャップ近傍に配置して磁場を印加した場合の実験結果を図5に示す。図5はダンパ設置角度が 60 度の場合の減衰力-変位曲線である。図5より、電磁石による磁場印加により、減衰力の設置角依存性を大きく低減できていることがわかる。電磁石を適切に配置して磁場を印加することにより、粒状体ダンパの設置角依存性を大きく低減できることがわかった。また、電磁石の代わりに永久磁石を配置することによっても、ダンパ設置角依存性を大きく低減できることも明らかにした。



— 0 deg. — 30 deg. — 60 deg. — 90 deg.

図4 減衰力-変位曲線. 粒状体ダンパの設置角による影響.

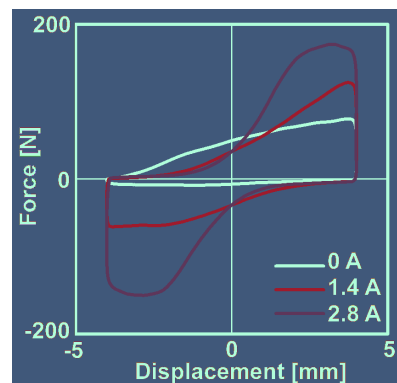


図5 減衰力-変位曲線. 電磁石を用いた設置角依存性の低減. 設置角度は 60 度.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

① Yasushi Ido, Koichi Hayashi, Satoshi Ueno and Takashi Todaka

"Viscous and damping properties of magnetic functional fluids containing fibrous materials under applied magnetic field," International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 2014, 査読有り, 掲載決定.

② 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「針状磁性粒子を含む磁気混合流体の作製とそのダ

- ンピング特性」, 日本 AEM 学会誌, Vol.22, No.2, 2014, 査読有り, 掲載決定.
- ③ 井門康司, 林浩一, 東太寛, 山田将士, 「電磁石を用いた粒状体ダンパー減衰力の設置角依存性の低減」, 日本 AEM 学会誌, Vol.22, No.2, 2014, 掲載決定.
- ④ 林浩一, 井門康司, 伊藤匠, 「粒状体ダンパー減衰力特性の設置角度依存性」, 実験力学, 査読有り, 第 13 巻, 第 4 号, 2013, pp.395-400.
- ⑤ 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「ナノサイズ針状磁性粒子とミクロンサイズ球状磁性粒子を含有する磁気機能性流体のダンピング特性」, 日本 AEM 学会誌, 査読有り, Vol.21, No.4, 2013, pp.590-595.
- ⑥ 林浩一, 井門康司, 上野聖司, 「アルファセルロースを混合した磁気混合流体を用いた減衰力可変ダンパーの減衰力特性」, 実験力学, 査読有り, 第 12 巻, 第 4 号, 2012, pp.34-349.
- ⑦ Yasushi Ido, Koichi Hayashi and Takuma Kawai, "Damping Force of a Semiactive Damper Utilizing Magnetic Particles under Applied Magnetic Field", International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 査読有り, Vol.39, 2012, pp.535-540.
- ⑧ 林浩一, 川合琢真, 井門康司, 木内裕也, 「印加磁場に対する粒状体ダンパーの減衰力特性」, 日本 AEM 学会誌, 査読有り, Vol.20, No.1, 2012, pp.274-279.

[学会発表] (計 33 件)

- ① 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「針状磁性粒子を含む磁気混合流体の作製とそのダンピング特性」, 第 22 回 MAGDA コンファレンス, 宮崎観光ホテル, 12 月 2~3 日 (2013).
- ② 井門康司, 林浩一, 東太寛, 山田将士, 「電磁石を用いた粒状体ダンパー減衰力の設置角依存性の低減」, 第 22 回 MAGDA コンファレンス, 宮崎観光ホテル, 12 月 2~3 日 (2013).
- ③ Yasushi Ido, Koichi Hayashi and Takuma Kawai, "Effects of Magnetic Field and Amplitude on Damping Force of a Damper Utilizing a Magnetic Particle Assemblage", The 12th International Conference on Fluid Control, Measurement and Visualization, Nara, Japan, Nov.18-23 (2013).
- ④ 中條篤, 林浩一, 井門康司, 「磁性エラストマー粒子を用いたダンパーの減衰力」, 平成 25 年度磁性流体連合講演会, 富山県民会館, 11 月 15~16 日 (2013)
- ⑤ 山田将士, 林浩一, 井門康司, 「電磁石による粒状体ダンパー減衰力設置角依存性の緩和」, 平成 25 年度磁性流体連合講演会, 富山県民会館, 11 月 15~16 日 (2013).
- ⑥ 横山裕紀, 飛田隼佑, 林浩一, 井門康司, 「針状粒子を含有する磁気混合流体のダンピング特性」, 平成 25 年度磁性流体連合講演会, 富山県民会館, 11 月 15~16 日 (2013).
- ⑦ 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「針状磁性粒子を混合した磁気混合流体のダンピング特性」, 日本機械学会第 91 期流体工学部門講演会, 九州大学伊都キャンパス, 11 月 9~10 日 (2013).
- ⑧ 林浩一, 井門康司, 宮崎陽平, 「粒子サイズが粒状体ダンパーの減衰力特性に及ぼす影響」, 日本機械学会機械力学・計測制御部門第 13 回「運動と振動の制御」シンポジウム, 九州産業大学, 8 月 26~30 日 (2013).
- ⑨ 井門康司, 「特別講演: 磁石に応答する人工の液体~磁気機能性流体~」, 日本実験力学会 2013 年度年次講演会, 由利本荘市文化交流会館「カダーレ」, 8 月 20~22 日 (2013).
- ⑩ 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「針状磁性粒子を含有する磁気機能性流体のダンピング特性」, 日本実験力学会 2013 年度年次講演会, 由利本荘市文化交流会館「カダーレ」, 8 月 20~22 日 (2013).
- ⑪ Yasushi Ido, Koichi Hayashi, Satoshi Ueno and Takashi Todaka, "Viscous and damping properties of magnetic functional fluids containing fibrous materials under applied magnetic field", 16th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, Quebec, Canada, Jul.31-Aug.2 (2013).
- ⑫ 中條篤, 山木田貴則, 林浩一, 井門康司, 「磁性エラストマーを用いた粒状体ダンパーの減衰力特性」, 第 25 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, 箱根ホテル小涌園, 5 月 15~17 日 (2013).
- ⑬ 川合琢真, 清水智弘, 林浩一, 井門康司, 「鋼球を用いた粒状体ダンパー減衰力の印加磁場依存性」, 第 25 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, 箱根ホテル小涌園, 5 月 15~17 日 (2013).
- ⑭ 西澤俊樹, 井門康司, 林浩一, 「粒状体ダンパーの減衰力特性と粒子挙動」, 日本機械学会東海支部第 62 期総会・講演会, 三重大学, 3 月 18~19 日 (2013).
- ⑮ 飛田隼佑, 林浩一, 井門康司, 「針状磁性微粒子を含む磁気機能性流体の作製とそのダンピング特性」, 平成 24 年度磁性流体連合講演会, 同志社大学今出川キャンパス, 京都, 11 月 29 日 (2012).
- ⑯ 川合琢真, 林浩一, 井門康司, 「粒状体ダンパーの印加磁場による減衰力変化」, 平成 24 年度磁性流体連合講演会, 同志社大学今出川キャンパス, 京都, 11 月 29 日 (2012).
- ⑰ 飛田隼佑, 林浩一, 井門康司, 「針状鉄粉を含む磁気混合流体を用いた減衰力可変

- ダンパーの減衰力特性」, 平成 24 年度 MAGDA コンファレンス, 戦災復興会館, 仙台, 11 月 21~22 日(2012).
- ⑱ 井門康司, 林浩一, 上野聖司, 「磁気混合流体を用いた減衰力可変ダンパー減衰力の周波数依存性」, 日本機械学会第 90 期流体工学部門講演会, 同志社大学今出川キャンパス, 11 月 17~18 日(2012).
- ⑲ Yasushi Ido and Koichi Hayashi, "Damping force of a damper utilizing a spherical particle assemblage", 15th International Conference on Experimental Mechanics, Porto, Portugal, Jul.22-27 (2012).
- ⑳ 林浩一, 伊藤匠, 井門康司, 「設置角依存性のない粒状体ダンパー機構」, 日本実験力学会 2012 年度年次講演会, 豊橋技術科学大学, 7 月 14~15 日(2012).
- ㉑ Yasushi Ido, Koichi Hayashi and Satoshi Ueno, "Damping force of a damper utilizing magnetic compound fluids containing fibrous materials", 13th International Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions, Ankara, Turkey, Jul. 2-6 (2012).
- ㉒ 井門康司, 林浩一, 「MCF ダンパーの減衰力特性」, 磁気混合流体応用講演会, 富山高等専門学校, 6 月 14 日(2012).
- ㉓ 林浩一, 井門康司, 上野聖司, 赤松渉平, 「アルファセルローズ混合割合が磁気混合流体ダンパー減衰力特性に与える影響」, 第 24 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, 富山国際会議場, 5 月 16~18 日(2012).
- ㉔ 伊藤匠, 林浩一, 井門康司, 「粒状体ダンパーの減衰力に対する設置角の効果」, 日本機械学会東海支部第 61 期総会・講演会, 名古屋工業大学, 3 月 15~16 日(2012).
- ㉕ 赤松渉平, 林浩一, 井門康司, 上野聖司, 「磁気混合流体を用いたダンパーの減衰力特性 (アルファセルローズ混合割合の影響)」, 平成 23 年度磁性流体連合講演会, 滋賀県立大学, 12 月 1~2 日(2011).
- ㉖ Yasushi Ido, Koichi Hayashi and Ryuji Takagi, "Effect of both materials and surface shape of micron-size magnetic particles on damping force of the damper utilizing magnetic compound fluids", The 20th MAGDA conference in Pacific Asia, Kaohsiung, Taiwan, Nov. 14-16 (2011).
- ㉗ Koichi Hayashi, Yasushi Ido and Takatomo Yamada, "Basic Properties of Damping Force of a Damper Utilizing Magnetic Functional Fluids in the Presence of Magnetic Field", International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011, Kobe, Japan, Sep. 19-21 (2011).
- ㉘ 伊藤匠, 林浩一, 井門康司, 「粒状体ダン

パー減衰力の設置角度依存性」, 日本機械学会 2011 年度年次大会講演会, 東京工業大学, 9 月 12~14 日(2011).

- ㉙ Yasushi Ido, Koichi Hayashi and Takuma Kawai, "Damping Force of a Semiactive Damper Utilizing Magnetic Particles under Applied Magnetic Field", 15th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, Napoli, Italy, Sep.7-9 (2011).
- ㉚ 井門康司, 林浩一, 飛田隼佑, 「磁気混合流体を用いたダンパーの減衰力特性に関する実験的研究」, 2011 年度日本実験力学会年次大会講演会, 奈良, 8 月 30 日~9 月 1 日(2011).
- ㉛ 林浩一, 川合琢真, 井門康司, 木内裕也, 「印加磁場に対する粒状体ダンパーの減衰力特性」, 第 23 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, ウィンクあいち, 5 月 18~20 日(2011).
- ㉜ 赤松渉平, 林浩一, 吉田直樹, 井門康司, 「磁気機能性流体ダンパーの 1 自由度振動系における共振特性」, 第 23 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, ウィンクあいち, 5 月 18~20 日(2011).
- ㉝ 飛田隼佑, 林浩一, 山田貴友, 井門康司, 「磁気混合流体緩衝器の衝撃応答特性」, 第 23 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム, ウィンクあいち, 5 月 18~20 日(2011).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: ダンパ装置  
 発明者: 井門康司, 林浩一  
 権利者: 名古屋工業大学  
 種類:  
 番号: 特願 2013-158046  
 出願年月日: 2013 年 7 月  
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井門 康司 (ID0, Yasushi)  
 名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号: 40221775