

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月12日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22654044

研究課題名（和文） 無重力下実験による電気粘性流体における粘性抵抗の役割の解明

研究課題名（英文） STUDY OF EFFECT OF VISCOSITY RESISTANCE IN ELECTROFHEOLOGICAL FLUID BY MICRO GRAVITY EXPERIMENTS

研究代表者

武田 三男 (TAKEDA MITSUO)

信州大学・理学部・教授

研究者番号：20115653

研究成果の概要（和文）：

微小重量下において、空気中に分散させたガラス球の挙動を印可電場下において高速ビデオカメラを用いて観測した。微小重力下においては、浮遊に必要な流体がない、One phaseでも電場印可によってポリスチレン球が柱状に整列する電気粘性効果を示すことを始めて発見した。この実験結果から整列応答時間、粘性抵抗係数の印可電圧依存性等を解析した。誘電体派柱の大きさは通常の Two phase のそれと比較すると極めて大きいことが分かった。有限要素法を用いて歪みに対する電気エネルギー密度の変化を解析し、得られた結果が、特に低電圧領域での理論予測と良い一致を示すことが分かった。

研究成果の概要（英文）：

We reported the first observation of electrorheological (ER) effect in a single phase ER suspension, comprising mono-dispersed dielectric particles, from a microgravity experiment. A highly sensitive electro-rheometer was designed for the measurements and the results show that, in the microgravity environment, the particles can form stable single phase suspension without a suspending liquid, which is usually necessary for the conventional ER fluid. It is found from the experiments that the size of the column structures formed by the particles exceeds the maximum column width usually observed in the two-phase ER fluids. Finite element method (FEM) was used to evaluate numerically the variation of the electric energy density with respect to the strain, and the results yield a good account of the measured data, especially in the low field region.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	0	1,500,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	360,000	3,060,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：流体物理学

### 1. 研究開始当初の背景

溶液に誘電体微小球を分散させた流体に電場を印加すると、各微小球の分極の相互作用により、微小球が瞬間的に柱状に配列する。このような流体は、電気粘性流体と呼ばれる。このような流体は、電気粘性流体と呼ばれる。印加電場をさらに強くすると隣接する柱が引き合い、三次元の結晶格子を形作ることが理論モデルから予測されている。しかしながら、実際には理想的な結晶にはならない。これは、ファンデル・ワールス力による懸濁液中に形成されるフォトニック結晶の場合と対照的である。理想的な結晶とならない原因が、重力、対流等の外部からの影響か、あるいは流体の粘性抵抗の存在によるものなのかはこの分野で長年の懸案課題となっていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、自由落下装置を用いて、微小重力状態における媒体となる液体が存在しない (One phase) 場合での電気粘性流体のダイナミック挙動をその場で観察し、電気粘性流体における重力と粘性抵抗の役割を解明する。電気粘性流体の誘電体球柱状形成機構では、上述のように外部電場と垂直方向の周期性が形成されるという理論と実際の重力下実験の間に不一致が存在している。本研究では、微小重力下でその場観察をしながら、同時に流体の粘性 (摩擦力) を測定し、粘性抵抗と重力の役割について決定的な確証を得ようとする独創的な研究である。この結果は電気粘性流体における長年の懸案課題を解決するものであり物性物理学上の大きな意義がある。また、マイクロバルブ等の応用が期待されている電気粘性流体や磁気粘性流体の開発研究の指導原理を提供するものでありその点からも意義がある。

### 3. 研究の方法

無重量総合研究所の自由落下システムを利用して、微小重力状態での電気粘性流体のダイナミック挙動を実時間で観察するとともに、誘電体球の柱状構造時および誘電体球柱集合構造における粘性抵抗の変化を測定する。重力下における測定結果と比較検討し、重力及び粘性抵抗の役割を解明するために下記の計画に従って研究を実施した。

(1) 自由落下実験用測定モジュールの改良と試作

実験装置モジュールは、実験セル、高圧電源、高速ビデオカメラ、粘性抵抗測定用駆動部および力センサーと制御コンピュータで構成される。改良を重ね最適な装置を設計試作する。

(2) 重力下実験による電気粘性流体中の誘電体微小球の分散挙動のその場観察

第一段階として、重力下の実験室において、シリコンオイル媒体中に分散させた誘電体球の挙動を印可電場下で高速ビデオカメラを用いて観測する。誘電体球及び溶液の誘電率、溶液の粘性、電場強度などパラメータを変化させ、重力下での誘電体微小球のその場観察を行い、整列応答時間を測定し解析する。

(3) 重力下実験による粘性抵抗の測定と解析

ステッピング・モーターとマイクロメーターヘッドにより下側電極を水平方向に移動させ、このときの上側電極に掛かる流体からの粘性抵抗を力センサーで測定する。誘電体球の種類及び溶液の誘電率を変えながら粘性抵抗係数の印可電圧依存性を測定し解析する。

(4) 自由落下実験による電気粘性流体中の誘電体微小球の分散挙動のその場観察

微小重量下において、空気中に分散させたガラス球の挙動を印可電場下において高速ビデオカメラを用いて観測する。誘電体微小球のその場観察を行い、整列応答時間等を測定し解析する。

(5) 自由落下実験による粘性抵抗の測定と解析

粘性抵抗係数の印可電圧依存性を測定し解析する。余野の作製した巨大誘電率を持つ誘電体球を用いて実験を行う。得られたパラメータを用いて数値解析シミュレーションを行い、誘電体球整列機構を考察する

(6) 自由落下実験用測定モジュールの改良と試作初年度の実験結果を基に測定装置の改良を行う。

(7) 自由落下実験による電気粘性流体中の誘電体微小球の分散挙動のその場観察および粘性抵抗の測定と解析

改良した測定装置を用いて、より高精度の粘性抵抗係数の印可電圧依存性を測定し解

析する。

#### (8) 研究の総括

得られた結果から誘電体球整列機構を解明する。また、これを基に「国際宇宙ステーション実験」を提案する。

#### 4. 研究成果

実験装置モジュールを設計・試作した(図1)。

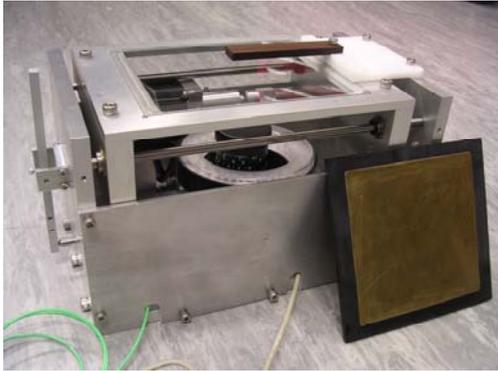


図1

無重量総合科学研究所の自由落下装置に試作したモジュールを組み込み(図2)、微小重量下において(図3)、空气中に分散させたガラス球の挙動を印可電場下において高速ビデオカメラを用いて観測した。



図2

微小重力下においては、浮遊に必要な流体がない、One phase でも電場印可によってポリスチレン球が柱状に整列する電気粘性効果を示すことを始めて発見した(図

4)。この実験結果から整列応答時間、粘性抵抗係数の印可電圧依存性等を解析した(図5)。有限要素法を用いて数値解析を行い、歪みに対する電気エネルギー密度の変化を解析し、得られた結果が、特に低電圧領域での理論予測と良い一致を示すことが分かった。

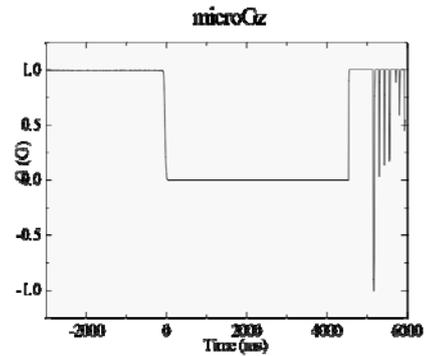


図3



図4

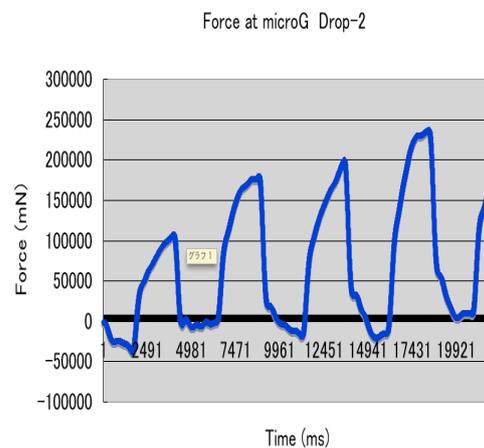


図5

この One phase 電気粘性流体の宇宙空間等での可変抵抗材料としての可能性を示すことができた。また、他の複雑なコロイド系の研究に応用できることを示した。この成果は Soft Matters に掲載され Highlight paper に選ばれる等高い評価を得た。さらに、得られたパラメータを用いて数値解析シミュレーションプログラムを作成し、シミュレーションを行い、実験結果の再現を試みた。現在、通常の粘性抵抗のある Two phase での特性を再現した。引き続き、One phase の場合について解析する予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

(1) Guoqing Zhao, Shuyu Chen, Weijia Wen, Fumiaki Miyamaru, Mitsuo W. Takeda, Jianding Yu, and Ping Sheng, Single-phase electrorheological effect in microgravity, Soft Matter, 査読有, Vol.7, 2011, pp7198-7200, 10.1039/c1sm05736g.

[学会発表] (計 1 件)

(2) 余野建定、武田三男、宮丸文章、増野敦信、趙国慶、沈平、温維佳、微小重力下における電気粘性液体の挙動と応用、宇宙利用シンポジウム (第 28 回), 2011 年 12 月 9 日, 東京.

[その他]

ホームページ等

[http://science.shinshu-u.ac.jp/~thz/kenkyusitu/kenkyusitu\\_ronbun.html](http://science.shinshu-u.ac.jp/~thz/kenkyusitu/kenkyusitu_ronbun.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

武田 三男 (TAKEDA MITSUO)  
信州大学・理学部・教授  
研究者番号 : 20115653

### (2) 研究分担者 ( )

研究者番号 :

### (3) 連携研究者

余野 建定 (YONO KENNTEI, JIANDING YU)  
宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・  
主幹研究員  
研究者番号 : 40358750