

展 望

2019年度の機能性流体分野の研究活動の動向*

吉田和弘**

* 2020年7月21日原稿受付

**東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所, 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259-R2-42

1. はじめに

2019年度の機能性流体分野の研究活動について概観する。ここでは、代表的な機能性流体として、電界印加で粘度が上昇するERF (Electro-Rheological Fluid, ER流体, 電気粘性流体), 磁界印加で粘度が上昇するMRF (Magneto-Rheological Fluid, MR流体, 磁気粘性流体), 不均一電界印加で活発な流動を発生するECF (Electro-Conjugate Fluid, 電界共役流体) およびEHD (Electrohydrodynamics, 電気流体力学) を取り上げる。本稿では、英文ジャーナルの文献検索を行うとともに、本学会および日本機械学会が関連する国内会議の講演論文を概観する。

2. 英文ジャーナルの文献検索結果

機能性流体分野の研究活動の世界的動向を把握するために、英文ジャーナルの文献検索を行った。2019年に発行された英文ジャーナル(レビューおよび国際会議講演論文は除く)について、各流体の名称のキーワードが論文題目, 抄録, またはキーワードに含まれるものを検索した。ここでは、フルードパワー技術は広く解釈した。文献検索の結果は以下の通りである。

(1) ERF 関連 (ER エラストマを含む) :

ER 効果関連 19 編, ダンパ関連 8 編, ブレーキ・クラッチ関連 1 編, アクチュエータ関連 1 編, その他 5 編, 合計 34 編

(2) MRF 関連 (MR エラストマを含む) :

ダンパ関連 146 編, MR 効果関連 128 編, ブレーキ・クラッチ関連 15 編, 加工応用関連 13 編, アクチュエータ関連 11 編, その他 4 編, 合計 317 編

(3) ECF, EHD 関連 :

加工応用関連 82 編, ECF・EHD 効果関連 81 編, アクチュエータ関連 27 編, 熱伝達関連 21 編, その他 16 編, 合計 227 編

出版された英文ジャーナルとしては、加工応用などのフルードパワー技術以外のものを除いても MRF 関連のものが多い。ECF, EHD 関連のフルードパワー技術関連がその次である。それぞれの効果に対する基礎的な研究も多く占めており、機能性流体自身の性能向上が図られていることがうかがえる。

3. 国内会議における ERF 関連の研究

国内会議における ERF 関連の研究では、ER 効果関連 1 件, ブレーキ関連 1 件, マイクロアクチュエータ関連 1 件などの発表があった。

金滝らは、低分子ネマティック液晶のパラメータを実験的に同定し、液晶分子の配向分布を解明している¹⁾。外川らは、マイクロマウスのための小形 ER ブレーキを試作し、シミュレーションにより有効性確認を行っている²⁾。Sudhawiyangkulらは、フレキシブル ER マイクロバルブを搭載した 2 自由度ソフトマイクロアクチュエータを提案、試作している³⁾。

4. 国内会議における MRF 関連の研究

国内会議の MRF 関連の研究では、ダンパ関連 1 件、加工応用関連 3 件、磁気浮上関連 2 件、シール関連 1 件、センサ関連 1 件、熱磁気自然対流関連 1 件などの発表があった。

小阪らは、着磁した磁性エラストマー粒子を粒状体として両ロッドシリンダに封入したセミアクティブダンパを提案、開発している⁴⁾。森らは、情報機器に用いる微細溝の内壁部を高精度に仕上げるため、MCF (Magnetic Compound Fluid, 磁気混合流体) スラリーを永久磁石で支持する研磨手法を提案、開発している⁵⁾。渡辺らは、脆性材料の高能率、高精度研磨の可能性がある MCF ホイール研磨のメカニズムを実験的に解明している⁶⁾。山本らは、MCF を用いた精密研磨の加工量の予測のため、相関があることがわかっているせん断応力の特性を実験的に明らかにしている⁷⁾。山口らは、磁性流体液滴を上方の電磁石で吸引する磁気浮上を実現し、その特性を実験的に明らかにしている⁸⁾。宮尾らは、水素の製造のため、水ベース磁性ナノ流体を電解液とし、磁気浮力により気泡を電極から離脱させる手法を提案、開発している⁹⁾。宮内らは、磁性流体シールを搭載した磁気軸受を提案し、その基本的な特性を実験的に明らかにしている¹⁰⁾。池田らは、MCF ゴムを用いた力センサの放射線環境下における特性を実験的に明らかにしている¹¹⁾。栄らは、温度により磁化特性が著しく変化する感温性磁性流体を用いた熱磁気自然対流について実験および数値解析により検討している¹²⁾。

5. 国内会議における ECF, EHD 関連の研究

国内会議の ECF, EHD 関連の研究では、ECF 効果関連 1 件、マイクロポンプ関連 1 件、ロボット関連 4 件などの発表があった。

進藤らは、ECF ジェットの駆動電圧を低減する局所的に高電場が得られる電極構造を提案し、その流れ場を実験的に解明している¹³⁾。相らは、ECF マイクロポンプの高出力化のため、三角柱-スリット形電極対の改良形を提案し、その妥当性を実験的に明らかにしている¹⁴⁾。金らは、ECF を用いた液圧源を搭載し瓦礫などの不整地で移動を行う昆虫形ソフトロボットを提案し、その開発を行っている¹⁵⁾。金らは、ECF による吸引形液圧源によるジャミング転移現象を用いたマイクログリップを提案、開発している¹⁶⁾。森田らは、水中ソフトロボットのため EHD ポンプを駆動源としたヒレ駆動機構を試作し、その特性を実験的に明らかにしている¹⁷⁾。杉岡らは、力覚提示デバイスに用いるテーパ形電極と円筒電極から成る小形 EHD ポンプの高出力化を行っている¹⁸⁾。

6. おわりに

2019年度の機能性流体分野の研究活動の動向について、英文ジャーナルの文献検索結果、および本学会および日本機械学会が関連する国内会議の講演論文の概観により示した。ERF, MRF, ECF の他にも興味深い流体の特性を用いた研究が行われている。たとえば、堀部、山本は、Shear-thickening 粘性を示す粘弾性流体について数値解析により特性を解明している¹⁹⁾。本学会には「機能性流体フルードパワーシステムに関する研究委員会」(委員長：東北大学、中野政身教授)が設置されており、技術情報交換が活発に行われている。今後も、ユニークな特性を有する機能性流体を用いた高い機能を有するフルードパワーシステムの開発が期待される。

参考文献

- 1) 金滝泰英, 辻知宏, 蝶野成臣: 低分子ネマティック液晶の円板間せん断流れ, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S05307P (2019)
- 2) 外川貴規, 橋拓真, 田中豊: 小形ロボット搭載用 ER ブレーキの試作と評価, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), J11111 (2019)
- 3) Sudhawiyangkul, Thapanun, 吉田和弘, 巖祥仁, 金俊完: Proposal of a two-DOFs soft microactuator integrated with flexible ER microvalves, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 22B1-1 (2019)
- 4) 小坂亮輔, 堀田俊介, 井門康司, 岩本悠宏, 豊内敦士: 磁性エラストマー粒子を用いた両出し型セミアクティブダンパー, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23C4-3 (2019)

- 5) 森俊樹, 野村光由, 呉勇波, 土井聖将, 野本憲太郎: 磁気混合流体 (MCF) を用いた微細内壁研磨技術の開発, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S13205P (2019)
- 6) 渡辺隆文, 野村光由, 鈴木庸久, 藤井達也, 呉勇波: MCF ホイール研磨におけるスラリー形状による研磨性能への影響, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S13206P (2019)
- 7) 山本久嗣, 西田均, 百生登, 島田邦雄, 井門康司, 池田慎治: 磁気機能性流体のせん断応力に関する基礎研究, 2019 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 83-85 (2019)
- 8) 山口宗一郎, 大路貴久, 飴井賢治, 清田恭平: 磁性流体に対する位置決め制御と液滴磁気浮上の試み, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 22C2-1, (2019)
- 9) 宮尾仁士, 千村幸太郎, 井門康司, 岩本悠宏, 高木繁, 川崎晋司, 石井陽祐, バラチャンドランジャヤデワン: 水電解における磁性ナノ流体の電気化学的特性の調査, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23C4-2 (2019)
- 10) 宮内涼, 大路貴久, 飴井賢治, 清田恭平: 磁気支持と磁性流体シールの一体化に関する基礎的検討, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 22C2-3 (2019)
- 11) 池田遼, 高橋秀治, 木倉宏成, 島田邦雄: 放射線環境下における MCF ゴムセンサの電位特性, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23C4-5 (2019)
- 12) 栄中武, 瀬合恭平, 田澤拓也, 山口博司: 感温性磁性流体を用いた熱磁気自然対流に関する研究, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23C4-4 (2019)
- 13) 進藤俊太郎, 小笠原尚輝, 佐藤明, 二村宗男: 電界共役流体中に誘起されるジェットの高効率化の条件, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S00112P (2019)
- 14) 相翔太, 吉田和弘, 金俊完: ECF マイクロポンプの高出力化を可能にする新たな電極対の提案, 2019 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 86-88 (2019)
- 15) 金俊完, 鳴海将, 吉田和弘: ECF 液圧源で駆動する昆虫形ソフトロボットに関する研究, 機学第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23B1-1 (2019)
- 16) 金俊完, 濱野真衣, 吉田和弘: 電界共役流体 (ECF) を液圧源とするマイクロジャミングリップに関する研究, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), J11113 (2019)
- 17) 森田浩輔, 武井裕輔, 寺阪澄孝, 下大川丈晴, 三井和幸: EHD ポンプを駆動源とした水中ソフトロボットの開発に関する基礎的研究—ヒレ駆動機構の開発—, 2019 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 23-25 (2019)
- 18) 杉岡健一, 村田尋斗, 小柳健一, 中山勝之: 小型 EHD ポンプ内に生じる静電場解析, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S00105 (2019)
- 19) 堀部悠河, 山本剛宏: Shear-thickening 粘性を示す粘弾性流体の数値流動解析, 機学 2019 年度年次大会講論集 (DVD-ROM), S05306P (2019)

著者紹介



よしだかずひろ

吉田和弘 君

1989 年東京工業大学大学院博士課程修了, 同大学助手, 助教授 (准教授) を経て 2015 年 4 月教授. 2008 年 10 月~2009 年 3 月米国 UCSB 客員研究員, 2015 年 7 月~9 月米国 MIT 客員研究員. 流体マイクロマシン, 機能性流体の研究に従事. JFPS, JSME, IEEE などの会員. 工学博士.

E-mail : yoshida@pi.titech.ac.jp