

## 解 説

## 機能性流体およびその他の分野のフルードパワーシース\*

吉田和弘\*\*

\* 平成 15 年 7 月 8 日原稿受付

\*\* 東京工業大学精密工学研究所, 〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

## 1. まえがき

フルードパワーの大学関係研究者を中心にフルードパワーシースのアンケートを行った結果, のべ 96 件のシース技術のうち, 機能性流体分野は 4 件, その他の分野は 5 件であった。機能性流体とは, 電界印加で見かけの粘度が増加する ERF (Electro-Rheological Fluids . 電気粘性流体), 磁界印加で見かけの粘度が増加する MRF (Magneto-Rheological Fluids . 磁気粘性流体), 磁界により吸引される磁性流体, 線状電極等により直流高電圧を印加するとジェット流を発生する ECF (Electro-Conjugate Fluids . 電界共役流体) など, 電気信号により特有の機能を発現する流体の総称である。なお, このアンケート結果は, 国内の研究者をすべて網羅しているわけではないことを注意しておく。

本稿では, アンケートに寄せられたシース技術について, 回答者の説明に基づき簡単に紹介する。

## 2. 機能性流体分野のフルードパワーシース

機能性流体分野では, 4 件の回答が寄せられた。具体的には, ERF 関係 2 件, MRF 関係 1 件, ECF 関係 1 件である。以下では, 各シース技術の概要について紹介する。

ERF は, 電界を印加すると見かけの粘度が増加する液体であり, 絶縁油中にマイクロメートルサイズの誘電性微粒子を分散させた粒子分散系と, 液晶に代表される均一な液体である均一系がある。

東京工業大学の吉田らは, 「均一系 ER 流体を作動流体としたマイクロバルブ」(表 1:ID88) を開発している。均一系 ERF を作動流体とした, 固定電極から成る単純構造のマイクロバルブ (マイクロ ER バルブ) を提案, 試作し, その特性を実験的に明らかにしている。試作マイクロ ER バルブは, 異方性エッチングにより高精度に溝を形成したシリコン基板と, スパッタにより薄膜電極を形成したパイレックスガラスを陽極接合し構成している。均一系 ERF として数種類の液晶を用いて実験し, それらの粘度変化の静特性および動特性を実験的に明らかにしている。

上智大学の築地らは, 「機能性流体の流体工学的特性」(表 1:ID91) の解明を行っている。機能性流体として, 電気粘性流体である粒子分散系 ERF と混合液晶 (均一系 ERF) を使用している。研究の目的は, 電場印加時での基本的な流れ場での機能性流体の流体工学的な挙動を調べるとともに流動特性を把握し, その特性を利用した機器やシステムを開発するための有用なデータを得ることである。特に, 非定常な電場印加時でのせん断応力や圧力・流量の特性を調べている。最近では, 新たに考案した円管電極の特性実験を行っている。

MRF は, 油中に磁性体微粒子を分散させた液体であり, 磁界を印加すると, 見かけの粘度が増加する。

東京工業大学の吉田らは, 「MR 流体を作動流体としたフルードパワーシステム」(表 1:ID90) を開発している。MRF を作動流体とした固定磁極から成る単純構造の制御弁 (MR バルブ) を提案, 試作し, その特性を実験的に明らかにしている。密度が低いフェライト微粒子を分散させた基底粘度の低い MRF を試作し, 2 ポート MR バルブを用いた実験によりその静特性および動特性を明らかにしている。さらにその結果に基づき 3 ポート MR バルブを試作し, ベローズ駆動システムの制御を試みている。

ECF は, 線状電極などで直流高電圧を印加するとジェット流を発生する特性を有するユニークな誘電性液体である。

東京電機大学の中田らは, 「電界共役流体 (ECF) を用いたリニアアクチュエータの開発」(表 1:ID92) を

行っている。本研究では、ECF の特性を利用して、コイル電極形、ピストン電極形およびポンプ駆動形という 3 種類のリニアアクチュエータを開発し、それらの駆動特性について実験解析を行っている。

### 3. その他の分野のフルードパワーシーズ

油圧、空気圧、水圧、および機能性流体に限定されない分野のフルードパワーシーズも寄せられている。以下、簡単に紹介する。

神奈川大学の小嶋らは、様々な流体に適用可能な「複合管路内の流体過渡現象解析用ソフトウェア」(表 1:ID93) の開発を行っている。解析の目的は、流体過渡現象に伴う管路系の衝撃・振動・騒音の低減化対策を見出すことにある。一般に、管路系は複数個の管路要素や分岐・合流継手から構成されているが、従来、このような複合管路に発生する流体過渡現象を精度良く予測できる数値計算法は開発されていない。そこで本研究では、複合管路内の流体過渡現象を高速・高精度で予測できる「SMA法」と呼ぶ汎用的な数値計算法を開発し、その有効性をすでに油圧管路系に対して検証している。今後は、空気圧配管系、エンジンの燃料配管系や吸・排気管路系、各種流体輸送管路などの分野への適用を計画している。

横浜国立大学の眞田らは、「ロバスト制御の応用」(表 1:ID94) の研究を進めている。制御をしているが運転条件が変わると制御特性が変わってしまう、安定性が確保できない、このようなときに有効なロバスト制御を実際問題に応用する研究を行っている。これまで自動変速機のブレーキ制御、半導体用樹脂封止プレスの荷重制御などに応用実績を持っている。

横浜国立大学の佐藤らは、「流体制御用電磁アクチュエータ(電磁式および超磁歪)」(表 1:ID95) の開発、高性能化を行っている。電磁弁用オンオフソレノイド、比例ソレノイド、ラッチソレノイド、特殊ポンプ駆動用電磁アクチュエータ、リニアモータ、および磁界の変化に応答して伸長する合金の超磁歪素子をベースとした高応答アクチュエータなどを対象に、FEM 磁場解析、可動部の動特性解析を駆使して、発生力、応答性など各種要求仕様に着目した設計最適化を行っている。

東京工業大学の吉田らは、フルードパワーが高出力密度である点に着目し、フルードパワー駆動のマイクロマシンの実現を目指して研究を進めており、その流体パワー源として、「共振駆動を用いた高出力圧電マイクロポンプ」(表 1:ID89) を開発している。これは、弾性体のポンプ室と慣性質量から成る振動系の共振により圧電素子の微小変位を拡大し高出力化を図ったポンプである。直径 9mm、高さ 10mm の試作ポンプで水を作動流体としたとき、流量  $80\text{mm}^3/\text{s}$ 、圧力 0.32MPa、パワー密度  $14\text{mW}/\text{cm}^3$  を実現している。さらに、均一系 ERF などの比較的粘度の高い液体のポンピングのため、吸入弁、吐出弁の能動駆動を含む改良を試みている。

横浜国立大学の田中らは、「トラクションドライブ式無段変速機の開発」(表 1:ID96) を行っている。これは歯車伝動に代わる伝達装置で、平滑な面を 2~3GPa のヘルツ圧力で接触させ、油を液体から固体に変え動力を伝える無段変速機である。

### 4. あとがき

機能性流体およびその他の分野のフルードパワーシーズとして、アンケート結果に基づき紹介した。各シーズがそれぞれ進展するとともに、産業界に活用され、共に発展することに期待したい。

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後期課程制御工学専攻修了，同年同大学精密工学研究所助手，1996 年同研究所助教授，現在に至る．流体マイクロマシン，流体制御システムの研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会，IEEE などの会員．工学博士．

email: [yoshida@pi.titech.ac.jp](mailto:yoshida@pi.titech.ac.jp)

URL: <http://yokota-www.pi.titech.ac.jp>

表 1 機能性流体およびその他の分野のフルードパワーシース

ID	タイトル	機関名	研究担当者	TEL & FAX	email & home page
88	均一系ER流体を 作動流体とした マイクロバルブ	東京工業大学 精密工学研究所	吉田和弘	045-924-5011 045-924-5961	yoshida@pi.titech.ac.jp http://yokota-www.pi.titech.ac.jp/
89	共振駆動を用いた 高出力圧電 マイクロポンプ	東京工業大学 精密工学研究所	吉田和弘	045-924-5011 045-924-5961	yoshida@pi.titech.ac.jp http://yokota-www.pi.titech.ac.jp/
90	MR流体を作動流体 としたフルード パワーシステム	東京工業大学 精密工学研究所	吉田和弘	045-924-5011 045-924-5961	yoshida@pi.titech.ac.jp http://yokota-www.pi.titech.ac.jp/
91	機能性流体の 流体工学的特性	上智大学 理工学部 機械工学科	築地徹浩	03-3238-3818 03-3238-3311	t-tukiji@sophia.ac.jp http://www.me.sophia.ac.jp/fluid/ tsukiji.htm
92	電界共役流体(ECF) を用いたリニアアク チュエータの開発	東京電機大学 情報環境学部 情報環境デザイン学科	中田 毅	0476-46-8423 0476-46-8423	nakada@sie.dendai.ac.jp
93	複合管路内の流体 過渡現象解析用 ソフトウェア	神奈川大学 工学部 機械工学科	小嶋英一	045-481-5661 045-481-5122	kojime01@kanagawa-u.ac.jp
94	ロバスト制御の応用	横浜国立大学 大学院工学研究院 システム統合工学専攻	眞田一志	045-339-3877 045-331-6593	sanada@post.me.ynu.ac.jp http://www.sana.me.ynu.ac.jp
95	流体制御用電磁アク チュエータ(電磁式 および超磁歪)	横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創生部門	佐藤恭一	045-339-3883 045-339-3883	sato@post.me.ynu.ac.jp http:// falcon.forest.me.ynu.ac.jp
96	トラクション ドライブ式無段 変速機の開発	横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創生部門	田中裕久	045-339-3884 045-331-6593	tanaka@post.me.ynu.ac.jp http://www.me.ynu.ac.jp/faculty/ system/tanaka/tanaka.html