

---

---

THE FLUID POWER SYSTEM INTELLIGENCE CENTRE

---

---

# ***FPIC QUARTERLY***

---

J F P S

Vol.12, No.3

2004.9



---

---

THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

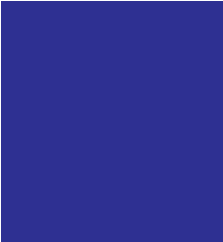
---

---

# FPIC Quarterly Vol.12, No.3

## 目 次

巻頭言	小山 紀	1
日本機械学会 2004 年度年次大会における フルードパワーの研究動向	竹村 研治郎	2
SICE2004 参加記	眞田一志	4
第 9 回ニューアクチュエータ国際会議 (ACTUATOR 2004) におけるフルードパワー技術研究動向	吉田 和弘	8
ロボメック 4 におけるフルードパワー 応用技術の動向	田中 豊	13
日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会 におけるフルードパワー技術研究動向	吉田 和弘	18



## 巻頭言 イチロー報道のこと

明治大学理工学部 小山 紀

とにかくイチロー選手の最多安打の件では世間中大騒ぎであった。私も騒いだひとりではあったが、野球の衛星放送の時間は研究室はテレビの周りに学生達が陣取り、イチロー選手の打席では歓声と嘆息とで画面を見ずとも現在の記録が確認できた。歴史的瞬間を見たい思いは募るばかりであった。

冷静になって考えると、普段野球が好きとも見えない人を巻き込んでの騒ぎは何だったのだろう。勿論、イチロー選手の活躍にケチをつけるつもりはない。大リーグで日本人のプレーが最高級のものであることを証明してくれて本当に嬉しい。我々に大きな夢を与えてくれた。最多安打の記録に対し心から祝福する。

考えたのは報道の様子のことである。リアルタイムで見ようが見まいが、結果は変わるものではない。ましてやそこで得た情報は明日はほとんど誰もが知り、将来の糧となるものでもないものを。しかし我々は必死で見た。人はなぜ刹那的な情報を欲しがるのか。

人のこの欲求は本質的、生物的なものであるという。情動と呼ばれるもので、情動から発生する好奇や熱中は恐らく種としての生物を保存させるのに必要なものだそうだ。元・都立大学の増山先生が唱える情動の構造や働きはとても面白い。ここでは割愛するが、まあ、感情の深層にあり行動の動機になっているが、現代人はこれを包み隠しあまり人前では表現したがないもののようなのだ。

人の刹那的な情動を利用した商売ほどやり易いという。風俗業がその例だろう。飲食業もそうかも知れない。電話のベルの音で始まるテレビCMなども、本来ならば危険から身を守るために人に与えられた機能を逆手にとって利用していると考えれば腹が立ってくる。

一方、人の単なる生物的でない部分、すなわち人への進化の過程で獲得した尊厳的なものは感性だと思う。感性は情動の元に成り立つが、それだけではなく個々の選り好み、価値観などが含まれる。感性に訴える商売はどうか。先と違ってなかなか困難だろう。何よりも本人が優れた感性を持つ必要がある。優れた飲食店は磨かれた感性に裏打ちされているのだ。さらに、感性に訴えるには持続する力が必要である。例えば人の持続的な知的好奇心を引き出すには、そのことに対する普遍的価値観が必要で、それはまさに文化そのものである。優れた文化が新たな感性を育てるのだ。

誰でも見たがるが刹那的であまり役に立たない情報はさておき、人の価値観の豊穡に寄与する情報を提供したい。フルードパワーシステム情報センターの運営スタッフの一人として切に思う。

# 日本機械学会 2004 年度年次大会における フルードパワーの研究動向

東京工業大学 竹村 研治郎

日本機械学会 2004 年度年次大会が 2004 年 9 月 6 日～9 日の 4 日間、北海道大学で開催された。日本機械学会が主催する会議の中でも最大規模の会議であり、30 室以上で特別講演や基調講演、国際フォーラム、市民フォーラム、ワークショップ、一般講演などが行われた。このなかで、今回は「アクチュエータシステム」セッション、および情報・知能・精密機器部門、ロボティクス・メカトロニクス部門、機素潤滑設計部門、および交通・物流部門が合同で企画した「センサ・アクチュエータシステムとその知能化—実環境で活躍するメカトロニクスを目指して」での講演およびワークショップの中からフルードパワーに関する研究動向を報告する。

法政大の田中らは、バーチャルリアリティのためのマスタロボットに空気圧を利用した接触感覚提示装置を実装した<sup>1)</sup>。バーチャルリアリティ技術の応用分野は、手術シミュレータやアミューズメント機器、3D 設計ツールなど多岐にわたる。このような応用にとって、コンピュータ内に構築したバーチャル空間において物体をハンドリングすることは特に重要な研究課題であり、これまでに多くの研究がなされている。田中らが構築した接触感覚提示装置は、バーチャル空間内のハンドが仮想物体に触れたときに実世界の操作者の指先に空気圧によって反力を提示し、接触感覚を高めるものである。仮想物体の剛性に応じて空気圧を調整することも期待でき、物体のハンドリングに対して有効なツールとなり得であろう。

岡山大の鈴森らは、位置センサを内蔵したコンパクトなインテリジェントシリンダを開発した<sup>2)</sup>。空気圧で駆動される本シリンダは表面にスリットを形成したロッド有し、小型エンコーダを内蔵している。スリットは YAG レーザにより加工され、ピッチは 0.338mm である。なお、本シリンダの制御に適応制御を用いることにより、オーバーシュートなく目標値に制御できることを実験的に示した。また、ラバチュエータの内部に柔軟変位センサを内蔵したインテリジェントラバチュエータも開発した<sup>3)</sup>。柔軟センサはシリコーンゴム表面に導電性樹脂塗料を塗付したものであり、伸縮に伴って電気抵抗が変化することを利用している。このほかにも、鈴森らはマイクロチャンバ内の反応物質攪拌のためのアクティブ触媒システムやアクティブフラスコといった興味深い新機能デバイスも開発している<sup>4)</sup>。

東工大の吉田らは、管路慣性を応用したマイクロポンプの最適設計を行った<sup>5)</sup>。このポンプは吐出側チェック弁の代わりに相対的に長い吐出管路を設け、流体の慣性を利用してポンピング中、常に流体を吐出するポンプである。吐出側にチェック弁が無いことからマイクロ化に適している。本講演会では、出力パワー向上のために、構築した数学モデルを用いて最適構造を設計し、実機を試作することによって設計解の有効性を明らかにした。また、吉田らは MR シリンダを用いたマニピュレータについても報告した<sup>6)</sup>。MR バルブをシリンダに内蔵することにより小形大ストロークの MR シリンダを開発し、垂直多関節形 2 軸マニピュレータに適用することによってその有効性を明らかにした<sup>6)</sup>。このほか、吉田らは直流高電圧の印加によってジェット流を発生する電界共役流体 (ECF) を利用した平面形ポンプも開発した<sup>7)</sup>。このポンプは、ノート PC に実装した CPU の液冷システムへの応用を目指したものであり、基本的な流量特性などが報告された。

東工大の横田らは、上記の ECF を利用してマイクロマニピュレータおよびマイクロ人工筋を開発した<sup>8)9)</sup>。いずれもフレキシブルチューブの内圧を ECF に発生するジェットを利用して制御するアクチュエータである。マイクロマニピュレータは直径 1 mm、マイクロ人工筋は直径 5 mm

であり，駆動実験によって基本的な出力特性を明らかにした．

以上のように，本講演会では従来の油圧・空圧アクチュエータばかりでなく，これらのインテリジェント化や新たな応用分野の開拓，機能性流体を利用した新たな機能要素の創造など，フルードパワーの新展開が報告された．近年，機械システムの利用範囲が多岐にわたるにつれて，マンマシンインタラクションの機会が増えている．空気圧の人間親和性や新たな機能性流体などに関する研究が活発化し，今後の機械システムにブレークスルーを与えることを期待したい．

- 1) 田中豊，力覚提示装置，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 8，pp. 421-422，2004．
- 2) 鈴森康一，神田岳文，田中淳一，宮下幸宏，インテリジェントシリンダの開発（第2報：インテリジェント空圧シリンダと適応制御），日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 263-264，2004．
- 3) 脇元修一，鈴森康一，神田岳文，インテリジェントラバチュエータの開発（第2報：拮抗型駆動機構による非線形特性の補償），日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 261-262，2004．
- 4) 鈴森康一，神田岳文，永田卓志，三谷修一，阪田祐作，武藤明德，マイクロリアクタ用新機能デバイスの開発，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 259-260，2004．
- 5) 吉田和弘，鄭淵午，瀬戸毅，高城邦彦，朴重濠，横田眞一，管路慣性を応用したマイクロポンプの最適設計，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 251-252，2004．
- 6) 吉田和弘，曾我力，横田眞一，河内仁，枝村一弥，長嶺靖之，MRシリンダ駆動マニピュレータ，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 253-254，2004．
- 7) 横田眞一，徐佑昔，吉田和弘，枝村一弥，電界共役流体（ECF）を応用した電子チップ液冷用平面形ポンプ，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 7，pp. 365-366，2004．
- 8) 阿部竜太郎，横田眞一，竹村研治郎，枝村一弥，ECFジェットを用いたマイクロマニピュレータの試作と特性評価，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 7，pp. 363-364，2004．
- 9) 竹村研治郎，横田眞一，枝村一弥，電界共役流体を用いたマイクロ人工筋の駆動特性，日本機械学会2004年度年次大会講演資料集，Vol. 4，pp. 225-226，2004．

## SICE2004 参加記

### 横浜国立大学大学院 眞田一志

平成 16 年 8 月 4 日 (水) から 6 日 (金) まで、北海道工業大学において、SICE Annual Conference 2004 in Sapporo が開催された。会場の北海道工業大学は、JR 札幌駅から JR にて手稲駅下車、JR バスで 5 分のところにある。大学のキャンパスは緑も多く、教室にはインターネットなどの最新設備が完備された、素晴らしい会場であった。

今回の Annual Conference で特筆すべき点は、完全英語化されたことである。すなわち、講演論文は例外なく英語で執筆され、講演発表と質疑応答も完全に英語でなされたことである。完全英語化までにもっていくステップにはそれなりの準備と合意形成が必要であったが、SICE では 2006 年に釜山で、韓国の計測制御の学会 ICASE と共催で、Annual Conference を開催する。そのための準備の過程にある。

全部で 600 件強の講演発表がなされたが、フルードパワーに関連する FLUCOME のセッションについて報告する。今回は、国際セッション 1、通常セッション 2 の合計 3 つのセッションが企画され、15 件の講演発表がなされた。国際セッションでは、韓国から 3 件の講演発表がなされた。Min-Su Cho ら [1] は、空気圧シリンダにおける位置と力の非干渉制御系を Youla のパラメトリゼーションを用いて設計し、実験による検証を行った。Dan Dan Sun ら [2] は、作動油が容器内に密封された状態での等価体積弾性係数を求める新しいモデルを考案した。Ahn K.K ら [3] は、ゴム人口筋アクチュエータの制御にニューラルネットワークを利用した PID ゲイン切替制御手法を考案した。Kiyoshi Kuroshita ら [4] は、空気圧の流量特性の新しい表示方法を考案した。Tomonori Kato ら [5] は、等温化圧力容器を用いた圧力の時間微分を検出するセンサーを考案し、フィードバック制御への利用例を示した。Harus L Guntur ら [6] は、空気圧の漏れ検出の差圧法における温度差の影響について検討した。Tatsuya Funaki [7] は、空圧層流流量計の動特性の検定法について述べた。Koichi Igarashi ら [8] は、定温度形マイクロ熱流量センサの特性を明らかにした。Satoshi Honda ら [9] は、電磁流量計の自己校正が可能な構成法を考案した。Sanada [10] は、建設機械用 HST の電子制御について検討した。Takahiro Imada ら [11] は、光フルイディックシステムの静特性を明らかにした。Yasuhiro Hayakawa ら [12] は、シリコン製のアクチュエータを利用した身体保護装置の特性を検討した。Jinhua Li ら [13] は、空気圧アクチュエータの制御に、内部モデル制御と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた新しい手法を考案した。Toshiro Noritsugu ら [14] は、空気圧のゴム製アクチュエータを用いた把持支援装置を考案した。Takashi Miyajima ら [15] は、空気圧サーボシステムの高速度デジタル制御系について検討した。

2005 年度の SICE Annual Conference は、岡山大学にて開催予定である。多数の方の参加を期待します。



図 1 SICE Annual Conference 2004 in Sapporo の看板



図 2 北海道工業大学の緑あふれるキャンパス



図 3 最新式のインフラを備えた講演会場



図 4 国際セッション参加者と司会（左：川嶋先生）

参考文献：いずれも出展は Proceedings of SICE Annual Conference 2004 in Sapporo (CD-ROM プロシーディングス)

セッション：Fluid Power Control (FLUCOME-J SICE 2004 International)

- 1) Ji-Seong Jang and Min-Su Cho (Pukyong National University), Design of Position and Force Simultaneous Trajectory Tracking Control system with a Pneumatic Cylinder Driving Apparatus
- 2) Ill-Yeong Lee and Dan Dan Sun (Pukyong National University), Evaluation of Effective Bulk Modulus of Oil in Automotive Hydraulic Dampers --- Effects of Cylinder Shell Elastic Deformation
- 3) Ahn K.K., Thanh T.D.C., and Yang S.Y. (University of Ulsan), Improvement of Control Performance of Pneumatic Artificial Muscle Manipulator using Intelligent Switching Control

セッション : Fluid Measurement (FLUCOME-J SICE 2004)

- 4) Kiyoshi Kuroshita (Numazu College of Technology) Naotake Oneyama (SMC Corporation), Improvements of Test Method of Flow-rate Characteristics of Pneumatic Components
- 5) Tomonori Kato (Tokyo Metropolitan College of Technology) Kenji Kawashima (Tokyo Institute of Technology) Michio Yanagisawa (Canon Inc.) Toshiharu Kagawa (Tokyo Institute of Technology), Application of Pressure Differentiator Using Isothermal Chamber to Isolation Table
- 6) Harus L Guntur, Maolin Cai, Kenji Kawashima, Toshiharu Kagawa (Tokyo Institute of Technology), Analysis of Temperature Effect on Differential Pressure Method for Air Leak Detection
- 7) Tatsuya Funaki (Tokyo Institute of Technology) Kenji Sengoku (Richo Co., Ltd.) Kenji Kawashima, Toshiharu Kagawa (Tokyo Institute of Technology), Dynamic Calibration of Laminar Flow Sensor for Gases
- 8) Koichi Igarashi, Tatsuya Funaki, Kenji Kawashima, Toshiharu Kagawa (Tokyo Institute of Technology), Characteristics of Constant-Temperature Type Micro Thermal Flow Sensor
- 9) Satoshi Honda (Keio University) Tomoshige Yamamoto (Yamatake Corporation), A New Configuration of Electro-Magnetic Flowmeters with Self-Calibration
- 10) Kazushi Sanada (Yokohama National University), A Study on a Full-electric Control System of a Hydro Static Transmission for Construction Machines

セッション : Fluid Control (FLUCOME-J SICE 2004)

- 11) Takahiro Imada, Osamu Oyama (Meiji university) Toshihiro Yoshimitsu, Keijiyo Yamamoto (Kanagawa institute of Technology), Development of the Opto-Fluidic Control System
- 12) Yasuhiro Hayakawa, Kensuke Morishita, Taichi Hata, Shogo Hirota (Nara National College of Technology), Basic Characteristics of a Body Protection Orthosis by Using Silicon Outer Fence Mold Actuator
- 13) Jinhua Li, Kanya Tanaka, Yuji Wakasa, Yoshiki Mizukami (Yamaguchi University), GA type IMC control for Pneumatic Servo System
- 14) Toshiro Noritsugu, Hiroshi Yamamoto, Daisuke Sasaki, Masahiro Takaiwa (Okayama University), Wearable Power Assist Device for Hand Grasping Using Pneumatic Artificial Rubber Muscle
- 15) Takashi Miyajima (Tokyo Institute of Technology) Toshinori Fujita (Tokyo Denki University) Kazutoshi Sakaki (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.) Kenji Kawashima, Toshiharu Kagawa (Tokyo Institute of Technology), Digital Control of High Response Pneumatic Servo Valve

# 第9回ニューアクチュエータ国際会議 (ACTUATOR 2004) におけるフルードパワー技術研究動向

東京工業大学精密工学研究所 吉田 和弘

## 1. はじめに

2004年6月14日(月)~16日(水)に、ドイツ、ブレーメンのブレーメン国際会議場において、第9回ニューアクチュエータ国際会議 (ACTUATOR 2004) が第3回スマートアクチュエータ・駆動システム展示会と合わせての開催された。

本講演会は、ニューアクチュエータに関する著名な国際会議の一つであり、2年に1回ずつ同一時期、同一場所で開催されている。今回は、口頭発表89件、ポスター発表105件であり、主な分野は、ER流体/MR流体アクチュエータ、アクティブ振動制御、低消費電力電磁アクチュエータ、航空機応用、マイクロアクチュエータ、バイオ/医用応用、超磁歪アクチュエータ、マイクロ流体工学、圧電アクチュエータ、ナノ位置決め/ナノマニピュレーション、高分子アクチュエータ、圧電アクチュエータ応用、形状記憶合金、電力供給である。フルードパワー技術と関連が深い発表は、ER流体/MR流体アクチュエータ12件(基調講演1件を含む)、マイクロ流体工学9件、その他2件の合計23件である。以下、その概要を報告する。

## 2. フルードパワー技術関連の発表内容

本講演会で発表されたフルードパワー技術と関連が深い発表を ER 流体/MR 流体アクチュエータ、マイクロ工学、およびその他に分類し、その概要を紹介する。

### 2.1 ER 流体/MR 流体アクチュエータ

ER (Electro-Rheological) 流体は印加電界により、MR (Magneto-Rheological Fluids) 流体は印加電界により見かけの粘度を制御できる機能性流体である。

ER 流体および MR 流体の研究動向に関する基調講演では、自動車産業で実用化されている MR サスペンションおよび MR クラッチ、ナノ粒子を用いた ER 効果が高い新しい ER 流体、ER ダンパおよび MR ダンパの数学モデルおよびその制御について紹介された<sup>1)</sup>。

ER 流体については、ER ダンパ関連4件、ER バルブ関連1件、ER クラッチ関連1件、合計6件の発表があった。具体的には、ER ダンパ関連として、超音波を応用して弾性分布を計測し図1に示す ER ダンパのアレイで離れた場所にいる操作者に触覚を伝えるハプティックインタフェース<sup>2)3)</sup>、圧電バイモルフを用いた新構造の点字表示デバイスのための比較的要求精度が低い ER ダンパ<sup>4)</sup>、通常のフローモードではなくスキーズモードで均一系 ER 流体を用いた ER ダン

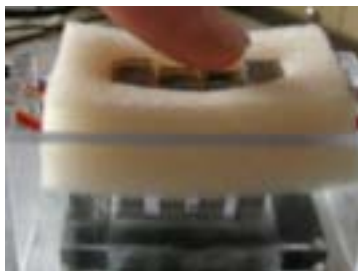


図1 ER ダンパを用いたハプティックインタフェース<sup>2)</sup>



図2 ER クラッチを用いた高応答ロボットアーム<sup>7)</sup>

パ<sup>5)</sup>, ERバルブ関連として, 4個のERバルブのブリッジで制御される液圧シリンダを用いた疲労試験機<sup>6)</sup>, ERクラッチ関連として, 互いに逆方向に回転する2台の電動機の出力を低慣性のERクラッチを介して接続した図2に示す高応答ロボットアーム<sup>7)</sup>の発表があった.

MR流体については, MRダンパ関連2件, MRバルブ関連2件, MRシール関連1件の合計5件の発表があった. 具体的には, MRダンパ関連として, MR流体の圧縮性および流体慣性を考慮したMRダンパの動力学モデル<sup>8)</sup>, 自動車の車体を伝わる振動を抑制するMR流体を用いた図3に示すセミアクティブブッシュ<sup>9)</sup>, MRバルブ関連として, 可動部のない単純構造で高応答のMRバルブ設計手法を確立するためのシミュレーション解析<sup>10)</sup>, MRバルブを内蔵した小形, 大ストロークの図4に示すMRシリンダとこれを用いた2軸マニピュレータ<sup>11)</sup>, MRシール関連として, MRシールでベーンを構成したマイクロコンプレッサおよび絞り要素<sup>12)</sup>の発表があった.

## 2.2 マイクロ流体工学



図3 MR流体を用いたセミアクティブブッシュ<sup>9)</sup>

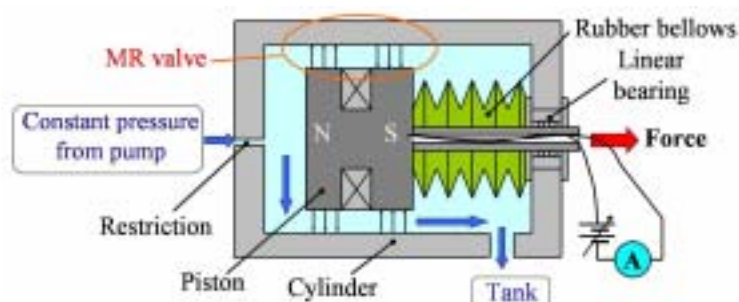


図4 MRバルブ内蔵形MRシリンダ<sup>11)</sup>

マイクロ流体工学は, 生命科学への応用を中心に開発が進められているが, マイクロポンプ, マイクロポンプなどフルードパワー分野への応用の可能性のあるデバイスの発表が9件あった. その内訳は, マイクロポンプ関連6件, マイクロバルブ関連2件, 流体マイクロアクチュエータ関連1件である.

具体的には, マイクロポンプ関連としては, 低コストなプリント基板技術を応用した熱空気圧駆動マイクロポンプ(およびバイメタル駆動バルブ)<sup>13)</sup>, フォトレジスト材料に表面マイクロマシニングを施したチェック弁を用いた圧電マイクロポンプ<sup>14)</sup>, 双方向の吐出が可能な図5に示すような二つのアクティブ弁を有するぜん動圧電マイクロポンプ<sup>15)</sup>, 使い捨てマイクロ流体システムのためのプリント基板技術で製作したパラフィンの相変化に伴う体積変化を用いたアクチュエータ<sup>16)</sup>, 弁開度の増大およびタイミング制御が可能な圧電アクチュエータで駆動されるアクティブチェック弁を用いた図6に示す共振駆動形圧電マイクロポンプ<sup>17)</sup>, 流体制御に

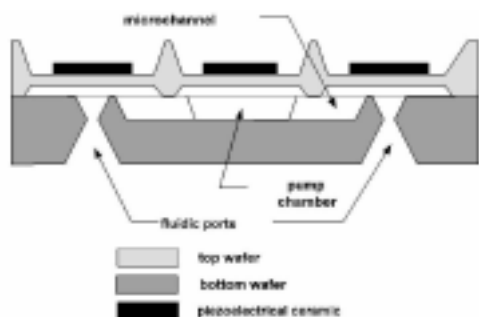


図5 双方向吐出可能なぜん動圧電マイクロポンプ<sup>15)</sup>

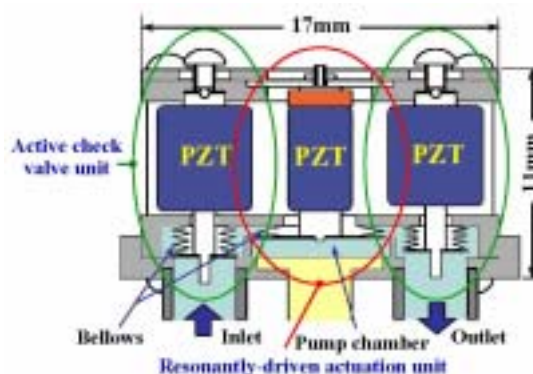


図6 アクティブチェック弁を用いた共振駆動形圧電マイクロポンプ<sup>17)</sup>

応用できる NASA で開発された径方向に電界を印加し駆動する圧電ダイアフラム (Radial Field Diaphragm; RFD) を用いた図 7 に示すマイクロポンプ (およびマイクロバルブ)<sup>18)</sup>、マイクロバルブ関連としては、弁体のたわみおよび外力を計測するセンサを集積化した圧電アクチュエータを用いた空気圧マイクロバルブ<sup>19)</sup>、作動流体自身の相変化を用いた可動部のない単純構造のマイクロバルブ<sup>20)</sup>、流体マイクロアクチュエータ関連としては、液体の表面張力を応用した低摩擦シールを用いた図 8 に示す液圧マイクロシリンダ<sup>21)</sup>の発表があった。

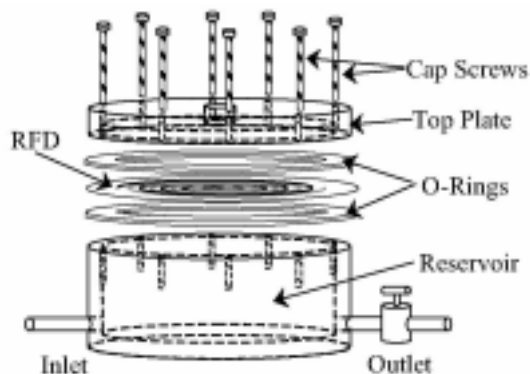


図 7 RFD を用いたマイクロポンプ<sup>18)</sup>

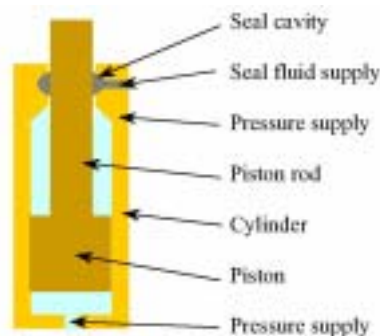


図 8 表面張力シールを用いた液圧マイクロシリンダ<sup>21)</sup>

### 2.3 その他

前節に分類されないフルードパワー技術関連の発表が 2 件あった。具体的には、小形、低コストの形状記憶合金アクチュエータを用いた図 9 に示す油圧制御弁<sup>22)</sup>、高齢者介護機器などに応用できる柔軟で軽量な図 10 に示す空気圧アクチュエータ<sup>23)</sup>の発表があった。



図 9 形状記憶合金を用いた油圧制御弁<sup>22)</sup>

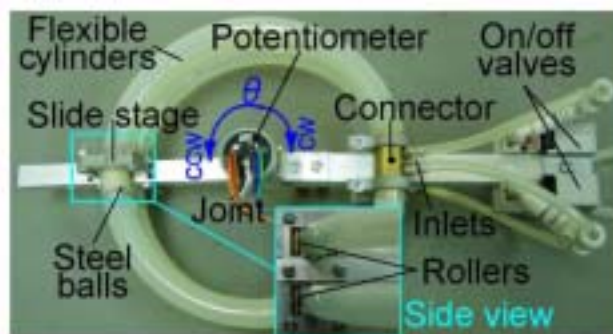


図 10 柔軟・軽量な空気圧ソフトアクチュエータ<sup>23)</sup>

### 3. おわりに

本講演会では、口頭発表、ポスター発表ともに活発な質疑が行われていた。次回は、2006年にドイツ、ブレーメンにおいて、ロボットワールドカップサッカー国際会議 (RoboCup2006) と同時開催の予定である。フルードパワー技術関連の研究発表がますます増えることに期待したい。

### 参考文献

- 1) Carlson, J. D. |Electro-Rheological and Magneto-Rheological Fluids: A State-of-the-Art Report|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp283-288|2004|
- 2) Bose, H. / Monkman, G. J. / Freimuth, H. / Tunayar, A. / Khaled, W. / Baumann, M. / Egerdorfer, S. / Ermert, H. |A New Haptic Sensor-Actuator System Based on

- Electrorheological Fluids|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp300-303|2004|
- 3) Tunayar, A. / Klein, D. / Freimuth, H. / Bose, H. / Baumann, M. / Monkman, G. / Egersdorfer, S. / Ermert, H. / Khaled, W. |A Tactile Array Based on Electrorheological Fluids|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp601-604|2004|
  - 4) Bansevicius, R. / Knight, J. A. G. / Ahmed, S. / Varnavicius, V. |Piezoelectric/ERF Array Actuators for 2-D Braille Devices|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp468-470|2004|
  - 5) el Wahed, A. K. |The Characteristics of a Homogeneous Electrorheological Fluid in Dynamic Squeeze|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp605-608|2004|
  - 6) Berg-Pollack, A. / Adenstedt, R. |High Performance ER-Actuator for Testing Machines|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp289-291|2004|
  - 7) Johnson, A. R. / Stanway, R. |Robot Actuator Control Using Twin ER-Clutches: A New Experimental Facility with Validation of Computer Models|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp304-307|2004|
  - 8) Alexandridis, A. A. / Goldasz, J. P. |High-Frequency Dynamics of Magneto-Rheological Dampers|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp292-295|2004|
  - 9) Sjoerdsma, M. / Verma, N. / Parameswaran, M. |A Semi-Active Bushing Using Magnetorheological Fluid|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp296-299|2004|
  - 10) Steck, A. |Properties and Design of Valves for Magnetorheological Fluids|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp597-600|2004|
  - 11) Yoshida, K. / Soga, T. / Yokota, S. / Kawachi, M. / Edamura, K. |A Valve-Integrated MR Cylinder Using Magneto-Rheological Fluid|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp609-612|2004|
  - 12) Bansevicius, R. / Kibirkstis, E. / Vaitasius, K. / Kabelkaite, A. |Magnetorheological Liquid Actuators|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp613-616|2004|
  - 13) Pagel, L. / Landrock, T. / Weicker, M. |Micro Fluidic in PCB Technology|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp204-207|2004|
  - 14) Nguyen, N. T. / Truong, T. Q. |Development of Micropumps Using Polymeric Surface Micromachining|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp212-215|2004|
  - 15) Wackerle, M. / Richter, M. / Drost, A. / Schaber, U. / Bigus, H.-J. |A Bi-Directional Micro Pump for the Handling of Liquids and Gases|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp216-219|2004|
  - 16) Lehto, M. / Boden, R. / Simu, U. / Hjort, K. / Schweitz, J.-A. |Printed Circuit Board Paraffin Actuators for Disposable Microfluidic Systems|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp220-223|2004|
  - 17) Park, J.-H. / Yoshida, K. / Yokota, S. / Seto, T. / Takagi, K. / Ham, Y.-B. / Yun, S.-N. |Resonantly-Driven Piezoelectric Micropumps Using Active Check Valves|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp557-560|2004|
  - 18) Bryant, R. G. / Kavli, S. E. / Thomas, Jr., R. A. / Darji, K. J. / Mossi, K.

M.|Experimental Characterization of Piezoelectric Radial Field Diaphragms for Fluidic Control|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp565-568|2004|

- 19) Schmid, A. J. / Topfer, U. / Murmann-Biesenecker, H. / Munz, G. / Munzenmaier, A. / Maichl, M. / Ballas, R. / Schlaak, H. F. / Steinkopff, T. / Schuh, C. / Laurent, M. / Bodinger, H. / Hoffmann, M. / Wagner, S.|Piezoelectric Micro Actuator with an Integrated Sensor to Control the Air Flow in a Micro Valve|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp537-540|2004|
- 20) Bogdanov, S. / Riedl, X. / Schweisinger, N. |Active New Microvalve Based on Phase Change Effect|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp549-552|2004|
- 21) Volder, M. D. / Peirs, J. / Reynaerts, D. |A Hydraulic Microactuator Sealed by Surface Tension|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp487-490|2004|
- 22) Strittmatter, J. / Gumpel, P. |Shape Memory Actuator for Hydraulic Valve|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp633-636|2004|
- 23) Akagi, T. / Dohta, S. |Development of Rodless Type Flexible Pneumatic Cylinder and Its Application|Proc. of 9th Int. Conf. on New Actuators (ACTUATOR2004)|pp751-754|2004|

## ロボメック'04におけるフルードパワー応用技術の動向

法政大学 田中豊

2004年6月18日～20日まで、名古屋の名城大学においてロボティクス・メカトロニクス講演会（通称：ロボメック04）が開催された。今回のロボメックのテーマは、「安心・安全な環境のための“スーパーものづくり”」で、トヨタ自動車に代表される中京地区の産官学のこだわりの「ものづくり」に関する討論の場としても盛会な講演会であった。今回の講演件数は過去最高の813件と、機械学会の1部門としては最大であった。講演会の特長はすべてポスターセッションで行われることで、講演者と聴衆との相互の密接な討論が会場のいたるところで見受けられた。ここではフルードパワーに関する発表論文について簡単に紹介する。なおこの講演会の前刷りはすべてCD-ROMの形で出版されている。

黒住ら<sup>1)</sup>は、重度の障害により、首の筋力が低下し、首がすわらない状態障害者を対象として、首を保持しながら、使用者の意思に応じて顔の向きを変えることが可能な可動式の首サポータにアクチュエータとして空気圧シリンダを用い、Fig.1に示すような試作機を開発した。制御アルゴリズムとして小脳演算モデル（Cerebellar Model Articulation Controller：CMAC）によりPIDゲインを調整するCMAC-PID制御を用いた結果について報告している。

中垣ら<sup>2)</sup>は義足のインテリジェント足継手にリニア型MRブレーキ（MRLB）を採用し（Fig.2）、リハビリ用下肢装具継手の性能向上を図っている。試作1号機により臨床歩行実験を行い、ブレーキによる背屈保持が実現出来ることを確認している。また被験者の感想は、ある程度の慣れが必要とのことであった。

山口ら<sup>3)</sup>は、MRアクチュエータを用いた2次元力覚提示システムをリハビリテーションシステムに応用し、その基本特性や感覚提示性能、特長などについて報告している。

小柳ら<sup>4)</sup>は、ER（Electro-Rheological）流体ブレーキを用いたロボットアームタイプの3次元パッシブ型力覚提示システムの開発およびその基礎的な力覚提示実験について報告している。ON・OFF 切換制御により、いくつかの仮想壁平面について、なぞり動作を実現している。

中山ら<sup>5)</sup>は、Fig.3に示すMR流体を用いて物体形状を表現する新しい触覚ディスプレイを提案している。

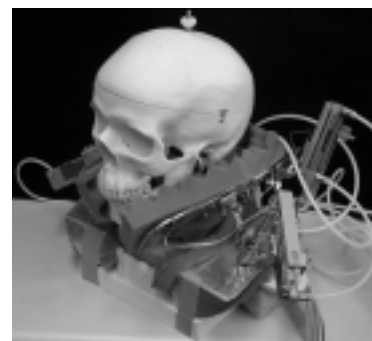


Fig.1 空気圧シリンダを用いた首サポータ

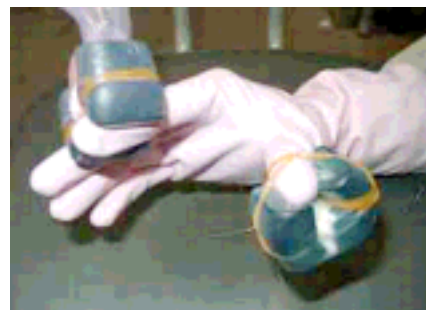


Fig.3 MR流体を用いた触覚ディスプレイ

指に固定されたコイルが、指の前面に磁場を発生させ、MR 流体のレオロジ特性を変化させ、このレオロジ特性の変化により、かたい物体、やわらかい物体の触感などを表現している。

高岩ら<sup>6)</sup>は、原子炉施設など人が容易に立ち入れない環境で、人が操縦するロボットに作業を代行させるマスタ・スレーブシステムにおいて、従来提案されているバイラテラル機能に加えて作業環境に応じてマスタ操作者を支援する手法を提案している。グラフィックスを用いた仮想的な拘束環境を構成し、その接触反力を支援力とする手法を用いることで、操作性の向上を目指している。

川向ら<sup>7)</sup>は、MR流体に砥粒を混合したスラリーER スラリー<sub>2</sub>を用いることにより、高効率な研磨加工が可能であることに着目し、研磨箇所ごとにER スラリーの粘性を変化させることで加工面を選択的に研磨する、選択的研磨制御の基礎実験について報告している。高分子液晶系流体と片側パターン電極を用いた研磨を行い、同心円形および放射形パターン電極において研磨効果に差が生じることを明らかにしている。

レスキューロボット関係にフルードパワーを応用した研究発表が多く見られた。塚越ら<sup>16)</sup>は、人命探査を目指した土内推進ホースの構想を提唱し、その実現のために、ホースが受ける抵抗力の特性、その抵抗力を効果的に軽減できる種々の推進方式や方向操舵手法などに関して考察を行っている。

近年開発が進んだ超高压油圧アクチュエータを利用したパワーレスキューロボットの研究・開発の一環として、高田ら<sup>17)</sup>は、人が進入することのできないような場所で発見された被災者に対して、従来の救助器具の操作範囲を超える場所へ移動し、瓦礫のジャッキアップを行う、油圧シリンダを搭載した最大3.4tのジャッキアップ能力を有するロボットの開発結果について報告している。走行実験とジャッキアップ実験を行い、実際に約500kgの荷重を持ち上げることに成功したことが報告されている。

塚越ら<sup>18)</sup>は、ロボット自らが瓦礫重量物をジャッキアップし、移動経路を生成しながら推進するための方式を提案し、この方式に基づいて狭隘空間においてジャッキアップしながら移動するロボット(Bari-bari-I)の試作結果について報告している。

川嶋ら<sup>19)</sup>は、軽量で高出力な空気圧ゴム人工筋を用いた6自由度ロボットアームを製作し、一般の建設機械に搭載可能な、可搬性に優れた建機遠隔操縦システム(Fig.4)を開発した。遠隔操縦に必要なロボットシステムのユニット化および無線LANによる遠隔操縦システムを組み込んだ空気圧ロボットシステムを開発し、実際にフィールドテストを行い、システムの有効性を明らかにしている。

臼井ら<sup>9)</sup>は、軽量かつ柔軟で、様々な運動を実現させることのできるアクチュエータとして、Mckibben型空気圧人工筋を用いた空気圧群アクチュエータ(Pneumatic Group Actuator)を開

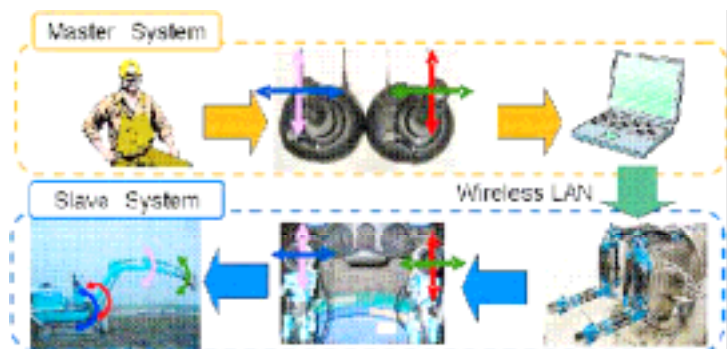


Fig.4 建機遠隔操縦システム

発し、て試作した1自由度空気圧ハンド、手首機構、PGAのMcKibben型空気圧人工筋の内圧と位置、角度との関係、PGAにハンドを取り付け行った物体操作の実験結果を示している。

岡安ら<sup>20)</sup>は、脳神経外科手術を対象とし、低侵襲手術ロボットに向けた新方式の液圧駆動脳ヘラマニピュレータシステムの開発を目的として、Fig.5に示す機械加工による試作機を製作・実現し、特性評価をおこなっている。また飯田ら<sup>8)</sup>は、上述の低侵襲手術用多自由度脳ヘラ型マニピュレータの駆動部として、水圧制御を用いた安全制御システムの構築を報告している。

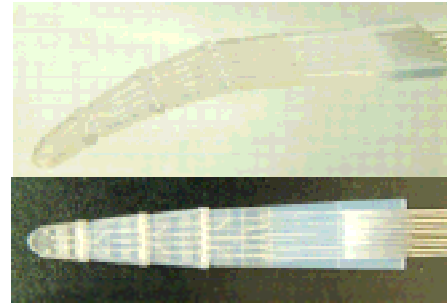


Fig.5 液圧駆動脳ヘラマニピュレータ

小林ら<sup>30)</sup>は、マスタ・スレーブ双方のアクチュエータにMcKibben型空気圧式アクチュエータを採用し、マスタマニピュレータに自重補償作用を加えることによって、操作者の姿勢保持に要する負担を軽減して操作性をあげることを試みている。また、バイラテラル制御を実現する為には、スレーブマニピュレータの作業状況によって、マスタの動作を急激に停止させるためのブレーキ機構が必要となる場合がある。ここでは空気圧によるブレーキ機構を提案し、操作反力の実験によりその妥当性を検証している。

脇元ら<sup>23)</sup>は、導電性ゴムを使用した柔軟変位センサを開発し、これを空気圧ラバチュエータ内に内蔵することでコンプライアンス性を維持したまま単体で位置制御可能なインテリジェントラバチュエータを開発し、良好な応答性を得ている。

大野ら<sup>21)</sup>は、ベローズとバネより構成される空気圧アクチュエータに管を保持する摩擦リングを用いた新しい管内走行マイクロロボットを提案、試作し、その動作性能を実験的に検討している。また同じく大野らは、ピヤ樽形状のブレーキ機構を用いた空気圧によって駆動されるマイクロロボットを提案、作し、走行実験より、管内の段差の通過、管内に流体が流れている状態の走行、曲管の走行、摩擦係数の極めて小さい管の走行と有効性を確認している。

小林ら<sup>33)</sup>は、「自力での動作が困難な人が本人の意思で動くことができるようになる」ことを目的にマッスルスーツの開発を行っている。これは、着用により要介護者自らが動くことができるようになるウェアラブルロボットと呼ばれる、新しいロボットの形態である。非金属の外骨格構造物と金属のジョイントを用いた新しいマッスルスーツを開発し、上肢の全動作を実現している。

この他にもフルードパワーを用いた研究開発例が、マイクロアクチュエータやレスキューロボットや福祉ロボット関連を中心に合計34件ほど見られた。興味ある読者は、下記の文献リスト一覧をご参照いただきたい。

#### フルードパワー関連の文献リスト一覧（一部は本文中で引用）

- 1) 黒住亮太/山本透, 空気圧駆動による首サポータのインテリジェント制御, 1A1-H-53
- 2) 中垣聡子/落合公大/李成求/古荘純次/小柳健一/中川昭夫/赤澤康史/Satoko NAKAGAKI, リニア型MRブレーキを用いた義足のインテリジェント足継手一次試作機の開発及び実験,

1A1-H-56

- 3) 山口 雄平/木村 真也/古莊 純次/宮井 一郎, MRアクチュエータを用いたリハビリテーションシステムに関する基礎研究 1A1-H-64
- 4) 小柳健一/ 古莊純次/ 小野智也: , ERブレーキによる3次元パッシブ力覚提示システムの開発, 1A1-H-4
- 5) 中山健二/ 山口雄平/ 古莊純次/ 小柳健一, MR流体を用いたウェアラブル型触覚提示ディスプレイの基礎研究 1A1-H-6
- 6) 高岩昌弘/則次俊郎/白川悟, 空気式パラレルマニピュレータを用いた仮想拘束面の導入による操作支援マスタ装置の開発 1A1-H-73
- 7) 川向良平/ 木村道廣/ 菊池武士/古莊純次/藤原順介/井上昭夫/, 高分子液晶を用いた片側パターン電極による選択的研磨制御の基礎実験 1P1-L1-25
- 8) 飯田 益久/岡本 淳/藤江 正克/, 水圧を用いた安全制御システムの構築, 2A1-H-63
- 9) 臼井 美和子/ 三宅 巧馬/ 平井 慎一/ Mckibben型空気圧人工筋を用いた空気圧群アクチュエータの開発と制御, 2A1-L1-57
- 10) 竹村研治郎/横田眞一/枝村一弥/西岡國生/ 電界共役流体 (ECF) を用いたマイクロ人工筋アクチュエータ, 2A1-L1-59
- 11) 横田眞一/谷口浩一/竹村研治郎/枝村一弥/, 電界共役流体 (ECF) を用いた平面形マイクロポンプ/ 2A1-L1-60
- 12) 横田眞一/河村清美/竹村研治郎/枝村一弥/, 電界共役流体 (ECF) を用いた高集積マイクロモータ/ 2A1-L1-61
- 13) 早川 恭弘/秦 太一/廣田 彰吾/森下 賢祐/, シリコン外殻型発泡ゴムアクチュエータを用いた身体保護装具開発のための基礎研究, 2A1-L1-66
- 14) 土井智晴/橋本浩介/, 流体による振動現象を利用したマイクロ発電 2A1-L1-35
- 15) 梅館拓也/青木 猛/増淵雄一/土井正男/石黒章夫/, ER 流体を用いた可変弾性要素の開, A1-L1-37
- 16) 塚越 秀行/ 小山 輝憲/ 北川 能/, 土砂内人命探査を目的としたジェット推進ホースの開発 2P1-H-23
- 17) 高田昌憲/鈴森康一/神田岳文/三宅健史/, 高圧油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットの開発, 2P1-H-41
- 18) 塚越 秀行/ 天野 裕輔/ 田中 崇裕/北川 能/ 狭隘空間におけるジャッキアップ移動体: Bari-bari-I の開発, 2P1-H-42
- 19) 川嶋 健嗣/佐々木 高宙/宮田 敏行/永井 崇之/茶山 和博/森 利夫/藤岡 晃/ 建設機械遠隔操縦用空気圧ロボットシステムのフィールドテスト, 2P1-H-43
- 20) 岡安 はる奈/岡本 淳/藤江 正克/伊関 洋/, 低侵襲手術に向けた液圧駆動脳ヘラマニピュレータの開発2P1-H-53
- 21) 大野学/岩橋裕二/濱野聡明/加藤重雄/ エアシリンダ型管内走行マイクロロボットの試作, P1-L1-71
- 22) 大野学/笹崎智哉/内藤孝行/加藤重雄/ 管内走行ビヤ樽形ロボットの研究, 2P1-L1-72
- 23) 脇元 修一/鈴森 康一/神田 岳文/, インテリジェントラバチュエータの開発(第1報:導電性ゴムセンサの内蔵とサーボ実験) 2P1-L1-57
- 24) 田圃 圭祐 /塚越 秀行/ 北川 能/, Flat Ring Tube の振動現象を基本とする流体アクチュエータの提案/ 2P1-L1-58
- 25) 鈴森 康一/神田 岳文/田中 淳一/, インテリジェントシリンダの開発(第1報:インテリジェントシリンダの試作とサーボ実験) 2P1-L1-59
- 26) 川向良平/ 木村道廣/ 菊池武士/古莊純次/井上昭夫/, 片側パターン電極における低分子液晶系ER流体のER効果の発現 2P1-L1-60
- 27) 横田 眞一/徐 佑昔/吉田 和弘/枝村 一弥/ 電界共役流体(ECF)を応用した平面形ポンプ(電子チップ液冷のためのECF ポンプの提案) 2P1-L1-61

- 28) 多田隈 建二郎/萩原 哲夫/広瀬 茂男/ 屈曲型空気圧アクチュエータの研究(第2報) 最適化設計に関する考察 2P1-L1-65
- 29) 福本 剛之/武田 淳吾/鈴森 康一/神田 岳文/, 自転車用空圧トランスミッションの開発(第2報; ステップペダルの開発と走行実験) 2P1-L1-67
- 30) 小林 宏/真鍋健太郎/椎葉 太一/, 空気圧アクチュエータを用いたマスタ・スレーブシステムの開発 2P1-L1-55
- 31) 河村 隆/藤林 紘子/岩出 卓/上原 淳一/, 繊維強化ゴム人工筋の特性とそれを用いたセンサレス力制御2P1-L2-22
- 32) 佐々木大輔/則次俊郎/ 高岩昌弘/ 福井清純/ 空気圧ソフトアクチュエータを用いた手首関節補助装置ASSISTの開発2P2-H-45
- 33) 小林 宏/椎葉 太一/石田 雄二郎/ 内村 明高/佐藤 裕 /平松 万明/ 小浪 信/ 松下 泰介 /HIROSHI Kobayashi, マッスルスーツの開発(上肢7動作の実現 2P2-H-58
- 34) 塚越 秀行/白土 賢一/ 北川 能/, 湾曲用 Z-tube Actuator による下肢の運動支援, 2P2-H-59

# 日本機械学会第4回機素潤滑設計部門講演会における フルードパワー技術研究動向

東京工業大学精密工学研究所 吉田 和弘

## 1. はじめに

2004年4月19日(月)~20日(火)に、つなぎ温泉ホテル大観(岩手県盛岡市繫字湯の館37-1)において、日本機械学会機素潤滑設計部門の企画により第4回機素潤滑設計部門講演会が開催された。

本講演会では、トライボロジー・機械要素関連32件(基調講演1件を含む)、伝動装置関連11件(基調講演1件を含む)、センサ・アクチュエータ関連14件(基調講演1件を含む)、機構関連18件(基調講演1件を含む)、合計75件の研究発表が行われた。フルードパワーに直接関連するものとしては、アクチュエータ関連で6件発表された。以下、各概要を報告する。

## 2. フルードパワー技術関連の発表内容

本講演会で発表されたフルードパワーに直接関連する発表はアクチュエータ関連のものであり、合計6件である。

### (1) 高集積形 ECF マイクロモータの小径化<sup>1)</sup>

電極対を配置した薄い円板形ロータを有し、電圧印加で生じる ECF ジェットの反動で回転する DP-RE 形 ECF マイクロモータの小径化による特性改善について実験的に検討している。

まず、内径 5mm8 層モータを試作し、特性実験を行い、その問題点を明らかにしている。次に、図 1 に示す内径 5mm8 層モータを試作し、図 2 に示す出力特性を実験的に明らかにするとともに、従来の内径 9mm8 層モータと比較し出力パワー密度が 2.3 倍向上することを示し、小径化の有効性を確認している。さらに、ECF を高性能 ECF と交換して特性実験を行い、出力パワーが 5 倍程度向上することを確認している。

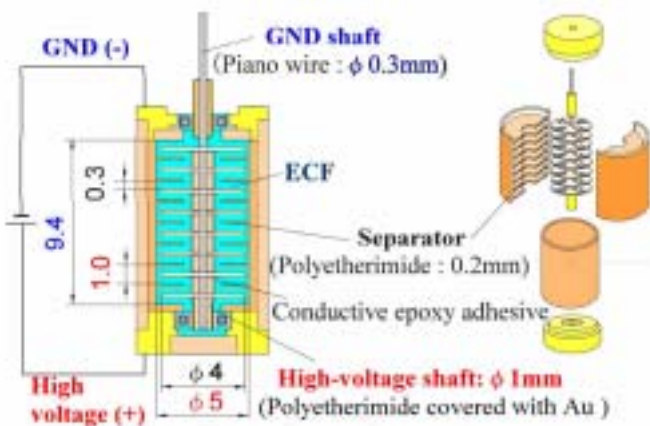


図1 内径5mm8層 DP-RE 形 ECF マイクロモータ<sup>1)</sup>

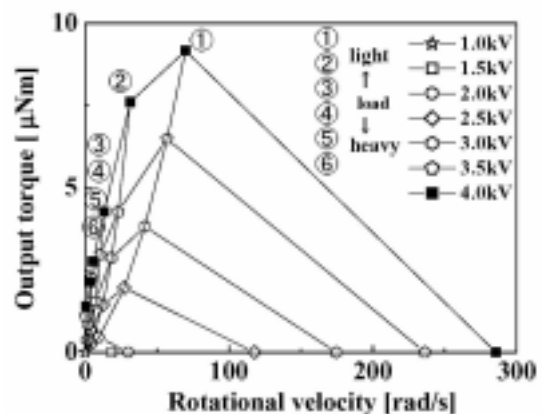


図2 内径5mm8層 DP-RE 形 ECF マイクロモータの出力特性<sup>1)</sup>

### (2) ECF ジェット駆動マイクロマニピュレータの製作と特性評価<sup>2)</sup>

針状電極からリング状電極への針状電極 ECF ジェットを用いたチューブ形マイクロ ECF アクチュエータの特性実験を行い、2自由度マイクロ ECF マニピュレータを提案、試作している。

まず、針状電極 ECF ジェットによる発生圧力について実験的に検討し、微小化による向上を示すとともに電極寸法を求めている。次に、図 3 に示す針状電極 ECF ジェットを用いたチューブ

ブ形マイクロ ECF アクチュエータを試作し，静特性実験により図 4 に示す設計仕様をほぼ満たす変位を得ている．さらに，軸と垂直な断面で 3 分割されたチューブを有し，各部屋間で ECF を移動することで 2 自由度の変形が可能なマイクロ ECF マニピュレータを提案，試作している．

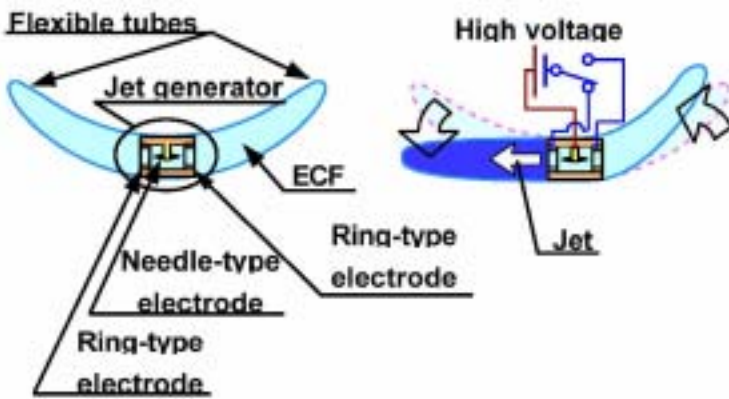


図 3 チューブ形マイクロ ECF アクチュエータ<sup>2)</sup>

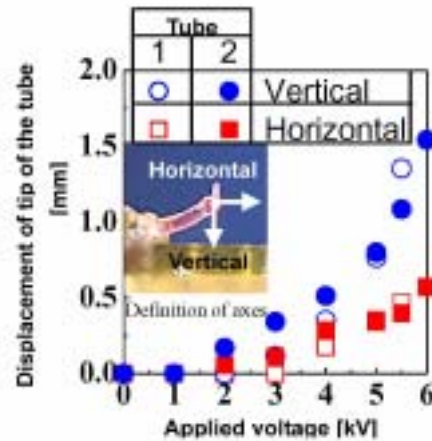


図 4 チューブ形マイクロ ECF アクチュエータの静特性<sup>2)</sup>

(3) 電界共役流体 (ECF) を駆動源とするダイアフラム式平面形マイクロポンプ<sup>3)</sup>

・TAS, 薬液投与などのため, 針状電極 ECF ジェットによりダイアフラムおよびアクティブチェック弁を駆動する平面形マイクロポンプを提案, 試作し, 特性を実験的に評価している.

まず, 針状電極 ECF ジェットによる発生圧力でポンプ室ダイアフラムおよびアクティブチェック弁の薄膜弁体を駆動する図 5 に示す平面形マイクロポンプを提案し, 大きさ  $20 \times 20 \times 10 \text{mm}^3$  のラージモデルを試作している. 次に, アクティブチェック弁の漏れ流量について実験的に検討し,  $1.2 \text{kPa}$  まで漏れがないことを確認している. 最後に, ポンプ実験を行い, 図 6 に示すように, 印加電圧  $5.5 \text{kV}$ , 駆動周波数  $11 \text{Hz}$  において最大流量  $0.75 \text{mm}^3/\text{s}$  を得ている.

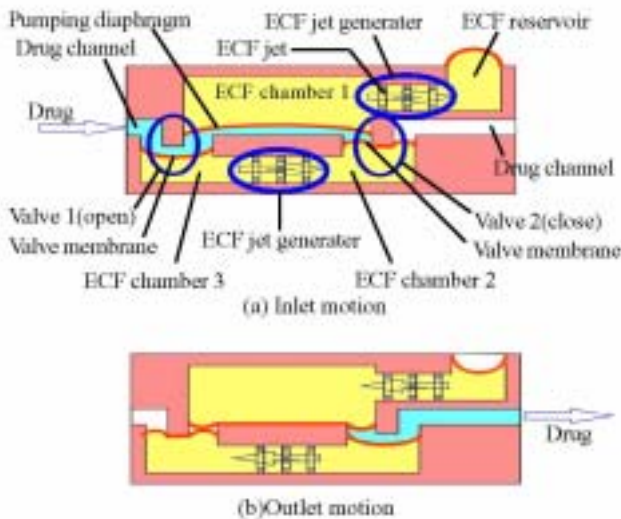


図 5 ECF を駆動源とするダイアフラム式平面形マイクロポンプ<sup>3)</sup>

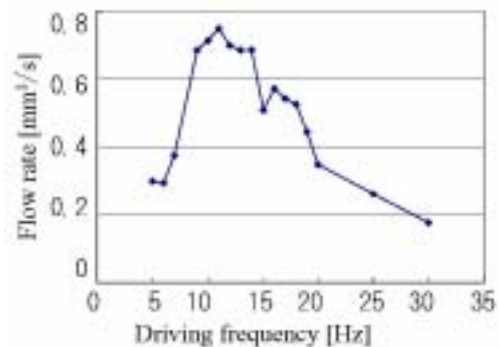


図 6 ECF を駆動源とするダイアフラム式平面形マイクロポンプの無負荷流量<sup>3)</sup>

(4) 管路慣性を応用したマイクロポンプ (最適構造の検討)<sup>4)</sup>

産業用プラントの細管内メンテナンスシステムなどの流体パワー源となる管路慣性を応用した圧電マイクロポンプの最適構造について, シミュレーションおよび実験により検討している.

まず, 図 7 に示す本ポンプの動作原理を説明し, 吐出側チェック弁の代わりに設置した管路要素の管路慣性をを用い高出力が得られるとしている. 次に, 高出力化が図れる最適構造につい

て検討するため提案している非線形集中定数系数モデルを示し、シミュレーションにより図8に示すように出力パワーが高くなる条件を探索し、吐出側管路要素およびダイヤフラムの寸法の最適値を求めるとともに、試作ポンプの特性実験によりその妥当性の一部を確認している。

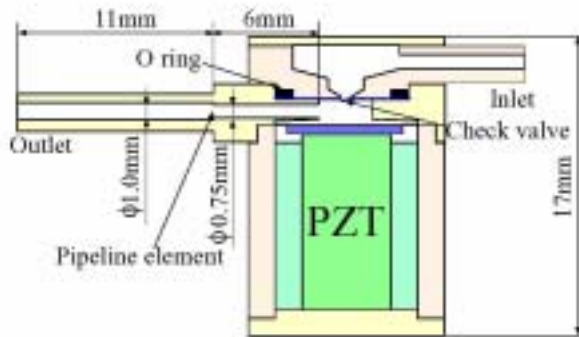


図7 管路慣性を応用した  
圧電マイクロポンプ<sup>4)</sup>

1:1<sup>st</sup> mode, 1.2:1<sup>st</sup> or 2<sup>nd</sup> mode, 2:2<sup>nd</sup> mode

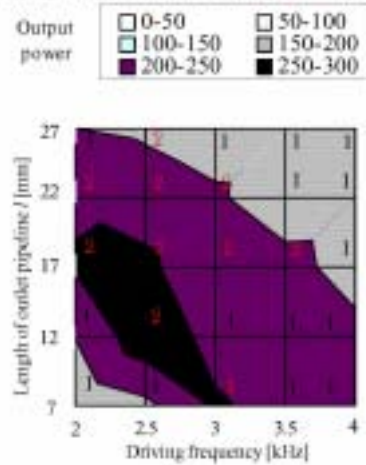


図8 管路慣性を応用した圧電マイクロ  
ポンプのシミュレーション結果例<sup>4)</sup>

(5) ニューテーションモータの開発(第5報・10 空圧ニューテーションモータの開発と基本特性)<sup>5)</sup>

空圧アクチュエータの直動運動でかさ歯車を揺動させ、それとかみ合うかさ歯車で回転運動を取り出すニューテーションモータの小形化を図り、その特性を実験的に評価している。

まず、空圧アクチュエータとしてシリコンゴム製ダイヤフラムを用い、構造を簡略化した図9に示す直径10mmのニューテーションモータを設計、試作している。次に、特性試験を行い、低騒音、低振動、低速回転可能、過負荷防止機構などの特徴を確認するとともに、図10に示すように最大トルクが回転数5~30rpmにおいてほぼ一定で、供給圧力にほぼ比例することを示している。また、位置決め性能が設計値通り90step/rev.であることも確認している。

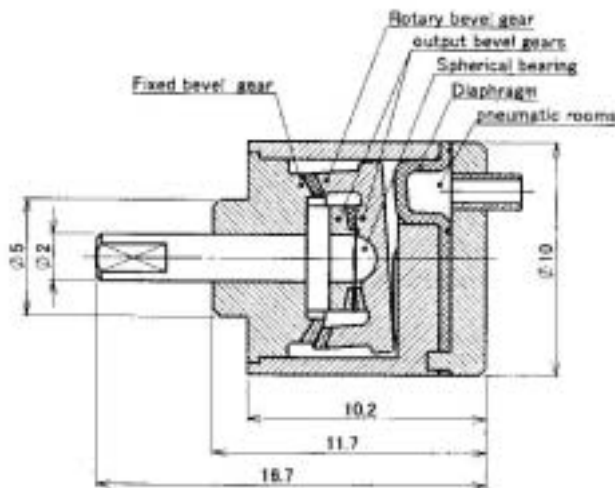


図9 直径10mm空圧ニューテーション  
モータ<sup>5)</sup>

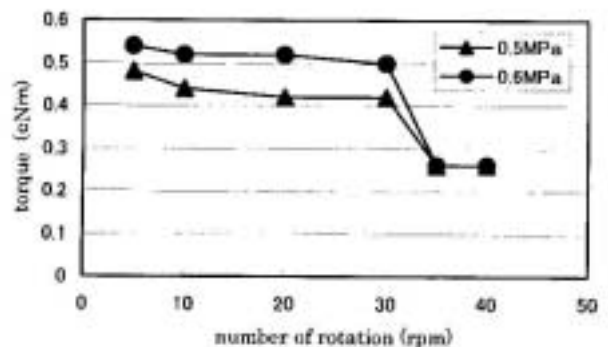


図10 直径10mm空圧ニューテーション  
モータの最大トルク<sup>5)</sup>

(6) バルブ内蔵形MRシリンダとその応用<sup>6)</sup>

印加磁界で粘度制御可能なMR流体を作用流体としたMRバルブを内蔵した、小形、大ストロークのMRシリンダを提案、試作し、2軸マニピュレータへの応用を図っている。

まず，図 11 に示すバルブ内蔵形 MR シリンダを提案し，その動作原理および特長を明らかにしている．次に，1 対の MR シリンダの拮抗動作で各関節を駆動する図 12 に示す垂直多関節形 2 軸マニピュレータを設計，試作し，MR シリンダに内蔵された MR バルブの磁界制御の静特性および動特性を実験的に明らかにしている．最後に，試作マニピュレータの第 2 軸について P-I 制御系を構成し，ステップ応答実験を行い，その動特性を実験的に明らかにしている．

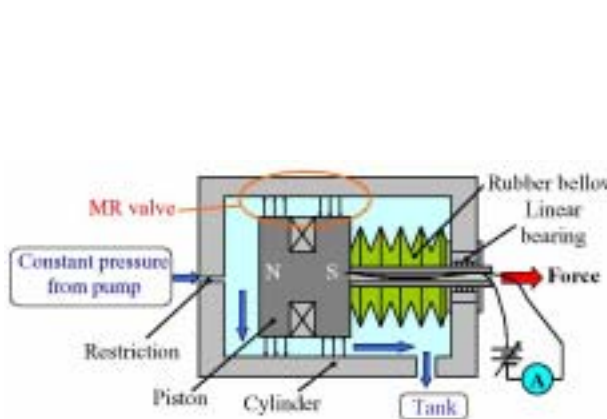


図 11 MR バルブ内蔵形 MR シリンダ<sup>6)</sup>

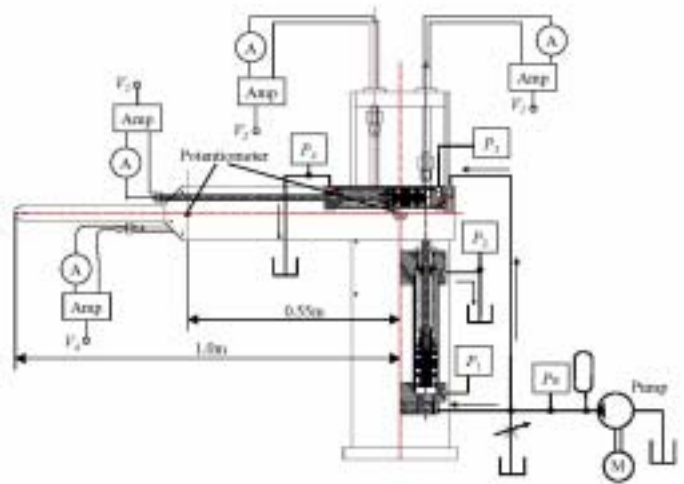


図 12 MR シリンダを用いた垂直多関節形 2 軸マニピュレータ<sup>6)</sup>

### 3. おわりに

本講演会は，日本機械学会機素潤滑設計部門講演会の第 4 回目であり，活発な質疑が行われていた．次回は，本講演会初の試みとして，2005 年 6 月 23 日（木），24 日（金）に韓国ソウルの中央大学校において，日韓生産機素潤滑設計に関する国際会議と合わせて開催予定である（詳細は [http://www.jsme.or.jp/mdt/index\\_MDT2005.htm](http://www.jsme.or.jp/mdt/index_MDT2005.htm) 参照）．フルードパワー技術関連の研究発表がますます増えることに期待したい．

### 参考文献

- 1) 河村清美 / 横田眞一 / 西澤竜太 / 枝村一弥 / 竹村研治郎 | 高集積形 ECF マイクロモータの小径化 | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp145-148 | 2004 |
- 2) 阿部竜太郎 / 横田眞一 / 竹村研治郎 / 枝村一弥 | ECF ジェット駆動マイクロマニピュレータの製作と特性評価 | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp149-150 | 2004 |
- 3) 横田眞一 / 谷口浩一 / 竹村研治郎 / 枝村一弥 | 電界共役流体（ECF）を駆動源とするダイヤフラム式平面形マイクロポンプ | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp151-152 | 2004 |
- 4) 吉田和弘 / 鄭 淵午 / 瀬戸 毅 / 高城邦彦 / 朴 重濠 / 横田眞一 | 管路慣性を応用したマイクロポンプ（最適構造の検討） | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp141-144 | 2004 |
- 5) 宇塚和夫 / 榎本勇生 / 鈴森康一 | ニューテーションモータの開発（第 5 報 ・ 10 空圧ニューテーションモータの開発と基本特性） | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp159-160 | 2004 |
- 6) 吉田和弘 / 曾我 力 / 横田眞一 / 河内 仁 / 枝村一弥 | バルブ内蔵形 MR シリンダとその応用 | 日本機械学会第 4 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp153-154 | 2004 |