

### マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

中村, 寛夫 / 大河内, 正一 / 今井, 清博 / 高月, 昭 / 田  
辺, 隆人 / 飯塚, 哲太郎 / 片岡, 洋右 / 石浜, 明 / 磯貝,  
泰弘 / 長井, 雅子 / 原田, 慶恵 / 平松, 豊一 / 堀, 洋

---

(出版者 / Publisher)

法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学マイクロ・ナノテクノロジー研究センター年報 / 法政大学マイクロ・ナ  
ノテクノロジー研究センター年報

(巻 / Volume)

2004

(開始ページ / Start Page)

38

(終了ページ / End Page)

56

(発行年 / Year)

2006-03-10

## マイクロ・ナノメカトロデバイスの研究

2003年度の研究環境の整備，すなわち，試作用微細加工環境（マイクロ放電加工機，マイクロプラスト加工機，マイクロ光造形機）および加工結果の計測と評価環境（レーザー顕微鏡システム）の整備を受け，2004年度は、マイクロメカトロデバイスの開発には欠かすことのできない，マイクロ領域における様々な駆動原理について検討した。その結果、流体パワーの伝達システムが持つ大きなパワー密度と機械的摺動部を持たない閉鎖空間の圧力（応力）変化に伴う変形という簡易な構造原理により，流体パワーの利用が極めて有望なメカトロデバイスを構成するアクチュエータ原理の一つであることを，理論的な検討および予備的な確認実験により明らかにした。

次に、この検討結果を踏まえ，積層一体化構造のマイクロメカトロデバイスの構想（図1）を立案し，各種モジュール（アクチュエータ，バルブ，ポンプ，信号処理とセンサ）の役割と試作方法について検討した。さらにマイクロメカトロデバイスの試行プロジェクトとして，種々のマイクロ機械要素の試作（マイクロ流路，マイクロバルブ，マイクロタービンなど）を行い，導入整備された微細加工機の性能や特性，適合する素材，加工法の長所と短所を明らかにした。

またマイクロバイオケミカルプラントのための高性能マイクロメカトロデバイスの開発を視野に，電界共役流体（ECF）と呼ばれる機能性流体の性質を用いて，マイクロサイズのポンプおよびフルイディスク形マイクロバルブ，ベローズ形およびブルドン管形マイクロアクチュエータを三次元アレイ状に配置してモジュール化したマイクロメカトロデバイスにおける各種モジュールの詳細な構造をデザインした。またポンプやバルブ，アクチュエータを階層構造に組み込んだマイクロメカトロシステムの統合化の問題点の抽出や設計手法の確立をめざした。

アクチュエータモジュールとして，閉鎖空間の内部圧力変化に伴う材料変形を利用したブルドン管形アクチュエータを試作し，動作特性を検討した。アクチュエータの試作にあたっては，従来の機械加工法とは異なる，微小化に有利な一体構造で製作できるマイクロ光造形法を利用し，この製作手法がマイクロアクチュエータの試作に有効であることを示した。図2はマイク

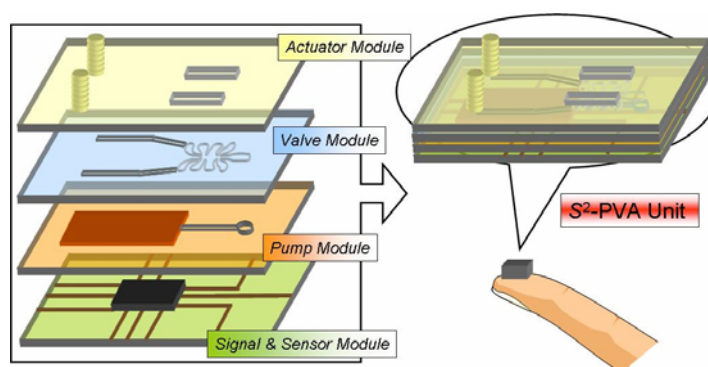


図1 マイクロメカトロデバイスの構想図

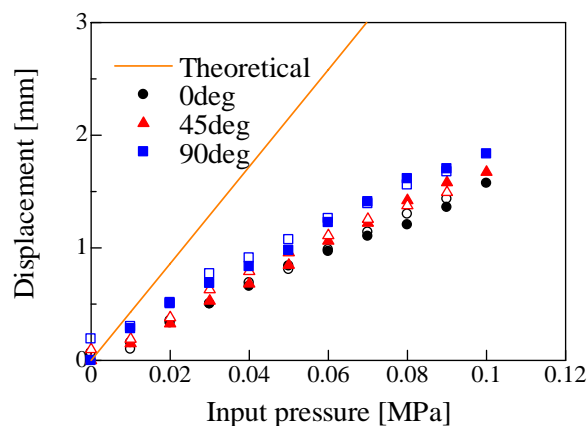


図2 ブルドン管形アクチュエータの特性

ロ光造形装置で一体成形した肉厚 0.5mm, アクチュエータ直径 10mm のブルドン管形アクチュエータの静特性である。アクチュエータの特性は光造形による成形時の積層方向に大きく影響されることが明らかとなった。この他に、ダイヤフラム形アクチュエータやベローズ形アクチュエータについても検討を行っている。

流れの方向を切り替えるバルブモジュールとして、機械的な可動部を持たない図3に示すマイクロフルイデクス（層流比例素子）構造について検討し、ポート形状や小形化にともなう特性を実験的に検討した。主流ポート幅  $190\mu\text{m}$  の試作モデルについて、制御ポート圧力に対する負荷ポート圧力のゲイン特性が、小形化するにあたって非常に有利であることを実験的に確認した。

作動流体に電界共役流体（ECF）を用いて、内径 2mm の微小管路内に電極を複数本、多段に配置した、管路と一体構造の多段式 ECF ポンプを試作し、その動作特性を検討した。図4に印加電圧と出力圧力の静特性実験結果を示す。作動原理は従来の容積形ポンプと大きく異なるが、電極の構造や配置などが最適ではないため、マイクロメカトロデバイスのポンプモジュールに利用できるだけの所望の特性を得られていない。

以上のように、ポンプモジュールについては所望の特性が得られていないが、2004年度は当初の計画目標の概ね 80% の内容を達成した。

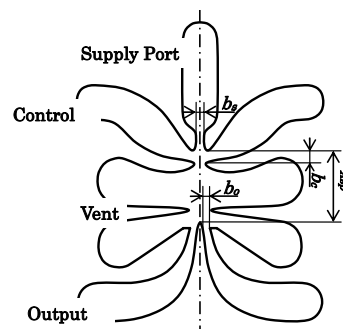


図3 フルイデクスバルブ

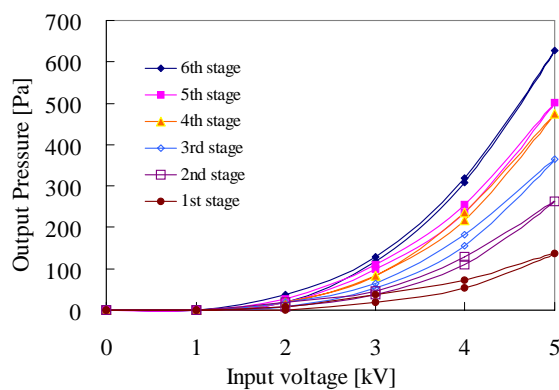


図4 多段式 ECF ポンプの特性

田中 豊

<雑誌論文>

- 1) 田中豊, ” 時間と空間の制約からの解放をめざして—法政大学の国際遠隔講義への取り組み—”, 大学教育と情報 (JUICE Journal), Vol.13, No.2, 2004/5, pp.17-19
- 2) Yutaka TANAKA, H.HAGIWARA, H.BEPPU, T. MIZUNO, ” Tele-Operated Hydraulic Excavator with Immersive Virtual Environment”, Proceedings of the 8th International Conference on Mechatronics Technology, 2004/12, pp.233-237
- 3) Ryushi SUZUKI, Yutaka TANAKA, ” Bubble Elimination in Hydraulic Fluids: Part I - Basic Principle and Technology Overview —”, Proc. IFPE 2005 Technical Conference, NCFP105-17.2, 2005/3, pp.679-688
- 4) R.J. Bishop Jr. R. Suzuki, Y. Tanaka, and G.E. Totten, ” Applications and Operation of the Novel Bubble Eliminator Device for Deaeration of Hydraulic and Turbine Oils”, Proc. IFPE 2005 Technical Conference, NCFP105-17.3, 2005/3, pp.689-696
- 5) Yutaka TANAKA, Yuuki ISHIDA, Seiya ISHIKURA, and Ryushi SUZUKI, ” Bubble Elimination in Hydraulic Fluids: Part II - A New Technology for Downsizing of Reservoirs —”, Proc. IFPE 2005 Technical Conference, NCFP105-17.4, 2005/3, pp.697-706

<学会発表>

- 1) 田中 豊, 岡田, ” 空気圧を用いた昇降運動感覚提示システム”, 日本フルードパワーシステム学会春季フルードパワーシステム講演会, 東京, 2004/5
- 2) 田中豊, 澤田, 伊藤, ” アミューズメントロボットのための動物的動作の提案と検証”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2004/6
- 3) 田中 豊, ” ワークショップ「触・力覚のセンシングと提示技術」・力触覚提示装置”, 日本機械学会 2004 年度年次大会, 札幌, 2004/8
- 4) 田中 豊, 石田, 鈴木, ” 気泡除去装置による油圧タンクの小型化 (熱収支モデルによる検討)”, 日本機械学会山梨講演会, 甲府 (山梨), 2004/10
- 5) 田中 豊, 石田, 鈴木, ” 気泡除去装置内の流れ解析 (気泡除去率による性能評価)”, 日本フルードパワーシステム学会秋季フルードパワーシステム講演会, 高知, 2004/11
- 6) 佐藤, 田中 豊, 三枝, 五嶋, 一柳, ” パイプ形状の画像計測と 3 次元曲げ加工機への応用”, 日本フルードパワーシステム学会秋季フルードパワーシステム講演会, 高知, 2004/11
- 7) Yutaka TANAKA, ” Plenary Speech “Advanced Mechatronics and System Design based on Fluid Power Technology”, 3rd National Conference of Fluid Transmission and Control in Gangzhou, China, 2004/11
- 8) Yutaka TANAKA, ” Special Talk “Advanced Mechatronics and System Design based on Fluid Power”, The State Key Lab. of Fluid Power Transmission & Control in Hangzhou University, China, 2004/11

## 御法川 学

### <雑誌論文>

1) 入門寛, 御法川学, 長松昭男, 鈴木昭次, 伊藤孝宏,” ターボ機械の音質評価に関する研究 (第1報)”, ターボ機械, 2005年2月号, 2005/2

### <図書>

1) 御法川学 (分担執筆), ” 機械音響工学”, コロナ社, 2004/3 全210頁中42頁

### <学会発表>

1) Shimpei Mizuki, Gaku Minorikawa, Hoshio Tsujita, Toshiyuki Hirano, Eisuke Ota and Yutaka Ohta,” Design and Prototyping of Micro Centrifugal Compressor for Ultra Micro Gas Turbine”, CAME-GT Second International Conference on Industrial Gas Turbine Technologies, 上海 (中国), 2004/4

2) 御法川学, 水木新平, 平野利幸, 山口直樹, 小野友嗣,” 超小型遠心圧縮機の要素試作に関する研究”, 日本機械学会第9回動力・エネルギー技術シンポジウム, 東京, 2004/6

3) Gaku Minorikawa, Hiroshi Nakaniwa and Yoshiyuki Maruta,” Study on Sound from Stream of Water Passing through Channel with Step and its Sound Quality”, INTERNOISE2004, Prague (Czech Republic), 2004/8

4) 御法川学, 入門寛, 鈴木昭次, 長松昭男, 伊藤孝宏,” 送風機騒音の音質評価に関する研究”, 日本騒音制御工学会平成16年度研究発表講演会, 甲府 (山梨), 2004/9

5) 御法川学,” 流体機械の快適音化に関する試み”, 東京工業大学精密工学研究所静粛工学セミナー, 横浜 (神奈川), 2004/10

## 岩月 正見

### <雑誌論文>

1) 岩月正見, 竹内則雄, 小林尚登, 八名和夫, 武田洋, 徳安彰, 柳沼寿, 清原孟,” 法政大学における遠隔講義への技術的取り組み”, 日本e-Learning学会会誌, Vol.6, 2004/6, pp. 37-41

2) 米川輝, 立花綱治, 相田達也, 若原裕範, 岩月正見,” 通常教室におけるデジタルコンテンツ自動作成システムの試作”, メディア教育研究, Vol.1, No.2, 2005/3, pp. 83-90

### <学会発表>

1) 岩月正見, 米川輝, 「WWWに基づく工学教育用遠隔教育システムの開発と評価」全国大学情報教育方法研究発表会 2004/7

2) 吉澤大輔, 平野秀樹, 米川輝, 橋本政宏, 岩月正見 「工学教育用遠隔実験システムの開発と評価」電子情報通信学会教育工学研究会 2004/12

3) 立花綱治, 相田達也, 若原裕範, 米川輝, 岩月正見, 「通常教室におけるデジタルコンテンツ自動作成システムの開発」電子情報通信学会教育工学研究会 2004/12

4) 山本司, 岡裕介, 岩月正見, 「円筒座標系に基づくビジュアルサーボイングの性能評価」第37回計測自動制御学会北海道支部学術講演会 2005/1

5) 荒澤隆之, 山田英俊, 岩月正見, 「極座標系に基づく全方位カメラのためのビジュアルサーボイ

ング」第 37 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会 2005/1

6) 平野秀樹, 吉澤大輔, 米川輝, 橋本政宏, 岩月正見, 「WWWに基づく工学教育用遠隔実験システムの開発とその評価」第 37 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会 2005/1

7) 相田達也, 立花綱治, 若原裕範, 米川輝, 岩月正見, 「画像処理を用いた板書データ抽出による講義コンテンツ作成システム」第 37 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会 2005/1