
THE HYDRAULICS & PNEUMATICS INTELLIGENCE CENTRE

HPIC QUARTERLY

J F P S

Vol.10, No.3

2002.9



THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

HPIC Quarterly Vol.10, No.3

目 次

巻頭言	油空圧今昔物語	香川 利春	1
計測自動制御学会第2回流体計測制御シンポジウム講演会報告		塚越 秀行	2
平成14年春季フルードパワーシステム講演会参加記(液圧編)		山田 宏尚	4
平成14年度春季フルードパワーシステム講演会参観記		吉満 俊拓	7
第3回フルードパワー国際会議(アーヘン)参加記		築地 徹浩	11
日本機械学会第2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	15

HPIC 最新文献情報
(別掲載)

巻頭言

油空圧今昔物語

東京工業大学

香川 利春

空気圧システムは各産業分野に広く用いられ今日に至っている。日本油圧工業会と日本空気圧工業会が未だ分かれていた1970年代、重厚長大産業が盛んで空気圧システムもサイズの大きいもの多く、プラントの設備や車両制御機器など、多くの産業機器に用いられた。空気圧システムによる駆動ではメーターアウトシステムが重要となる。溶接工業会誌に掲載された空気圧シリンダのメーターアウトシステムの解析（安藤レポート）が始めてである。米国では空気圧サーボの方が興味を引き、MITのシエラーが空気圧サーボの論文を書いている。この20年間、電磁弁や空気圧シリンダはどんどんそのサイズにおいて小さくなってきている。特に近年マイクロエレクトロニクス分野において、小型の物体のハンドリングに空気圧システムが用いられてきている。例えば0.6mm, 0.3mmの部品を吸着によって把持し、搬送、装着するシステムが要求されることもある。しかし、これまでのサイズが限界と言われるが、よりいっそうの小型化が求められている。この部品を見せてもらったが、粉末に見えるだけで、到底部品には見えない。携帯電話やパソコンなどの半導体製品の組み立てには空気圧システムは無くしてはならない存在になっている。

ンはこの性質を用い、内燃機関で点火装置を不要としている。温度変化はエネルギー的にも特別な状況をもたらす。通常空気圧システムは空気圧縮機によって製造された空気を動作の源としている。近年この空気圧縮機の効率が大きく改善されている。インバータの利用によって、より負荷に対

応した運転状態になっている。古今東西、空気圧縮機として変わらない物理現象がある。圧縮に伴う温度変化と、これに付随するエネルギー損失である。空気圧縮機により圧縮された高温の空気は通常アフタクーラで冷却される。スクリー形にせよ、往復形にせよ、空気圧縮機での空気の状態変化はほぼ断熱変化に近く、かなりの高温となる。圧縮比が10に近い場合は潤滑油が炭化する温度にも達する。圧縮後の熱交換器において散逸するエネルギーは大変大きく、この部分が空気圧システムの効率にも大きく影響する。

空気圧システムの省エネルギーが叫ばれて、約7年経過する。1997年の京都会議において、日本の二酸化炭素排出ガスの減少目標が定められた。空気圧縮機が産業用電力の中でかなりの比率を占めている調査結果が出され、空気圧システムの省エネルギーは急務である。省エネルギーのためには、どれだけのエネルギーを消費しているかの計測が必要であるが、明確な定義がされていないし、当然計測器も未だ提案されていない。そこで空気の等温状態変化をベースに考える、空気圧のエネルギーメータを提案した。この計測器があれば、どのラインでどのくらいの空気圧エネルギーが消費されているか一目瞭然である。

空気圧システムは上記のように圧縮性による多くの特徴があり、その性質を上手にすればまだまだ応用分野が広がると考える。ただ応用分野の要求条件の変化も極めて速いため、技術者としてその変化に十分対応する基礎力と体力が求められる。

計測自動制御学会第2回流体計測制御シンポジウム

講演会報告

東京工業大学 塚越 秀行

平成13年12月5日 - 6日、東京工業大学百年記念館で開催された第2回流体制御シンポジウムにおいて23件の発表が行われた。その内訳は流体計測の発表8件、流体制御の発表が15件であった。以下に発表講演の概要を述べる。

流体計測：

- 1) 吉岡らは、渦流量計のノイズ除去のために、フィードバック制御を用いずに、スペクトル信号処理を用いてバンドパスフィルタを制御し、渦信号の変化に対応できる方法を提案している。
- 2) 寺尾らは、複数メーカーにわたる電磁流量計の安定性比較試験を行っている。
- 3) 石川らは、微小液体用超音波流量計を開発している。
- 4) 小林らは、湿式ガスメータの水蒸気圧補正の手法を提案している。
- 5) 小池らは、熱式の質量流量計測原理に基づく薄膜流量センサと、それを応用した家庭用灯油流量計を開発している。
- 6) 温井らは、双方向ピトー形流量計の特性解析を行っている。
- 7) 小田らは、従来のフローセンサに温度分布を付加し、ガス種の違いによる計測誤差を小さくすることを検討している。
- 8) 柳らは、可変開口形流量計のためのダンパ機構を提案している。

流体制御：

- 1) 真田らは、水圧駆動樹脂封止プレスの制御に関する研究を報告している。
- 2) 北川らは、開発した水圧用の高速オンオフ電磁弁の特性を報告している。
- 3) 小木曾らは、オンオフ電磁弁で駆動される水圧サーボシステムに関して報告している。
- 4) 相田らは、シンセティックジェットと古いディックノズルを組み合わせ、流れ場の能動制御システムの手法を提案している。
- 5) 斎藤らは、小噴流によって流れの渦構造を変化させ、噴流を制御する試みを行っている。
- 6) 浦田らは、分離型調節弁の制御に関する報告を行っている。
- 7) 黒田らは、対向衝突乱流による音波の流れへの影響を解明している。
- 8) 鈴木らは、モデル規範型適応インピーダンス制御の油圧ロボットへの応用を報告している。
- 9) 涌井らは、空圧式調節弁と電子式ポジション系の高性能化に関する報告を行っている。
- 10) 吉満らは、パワーアシスト用カフ式ロータリーアクチュエータの制御法に関する報告を行っている。
- 11) 北川らは、センサとバルブをシリンダ内にオールインワンに収めた油圧スプールインシリンダの提案を行って

いる。

12) 田村らは、材質認識時における人間触覚の感性評価に関する研究を報告している。

13) 塚越らは、空圧によって跳躍と回転の運動を切り替えながら不整地を移動するレスキューロボットを提案している。

14) 関口らは、ゴム人工筋を用いた建設機械遠隔操縦用のための空圧ロボットを提案している。

15) 中山らは、光入力によるアナログサーボ弁を開発し、その特性を調べている。

以上の発表の他に、流体計測制御の最近の話題に関するパネルディスカッションが、香川氏(東工大)、山本氏(神奈川工科大)、高木氏(産総研)、北川氏(東工大)、小山氏(明治大)によってなされた。また、「私の歩いた流体制御の40年」と題して荒木氏による特別講演が行われた。活発な質疑応答が行われたが、出席者はあまり多くなく、比較的小規模の講演会に思われた。

平成14年春季フルードパワーシステム講演会参加記 (液圧編)

岐阜大学 山田宏尚

平成14年春季フルードパワーシステム講演会が、5月23、24日の2日間にわたって、東京港区の機械振興会館で開催された。同講演会では「油圧」、「空気圧」のセッションが並行して行われたが、本稿ではそのうち油圧のセッションについての概要を述べる。

まず、油圧関係では、18件の講演発表があった。その内訳は、油圧システムが5件、油圧機器・要素関連が10件、制御手法が3件であった。なお、今回は水圧に関連する講演はみられなかった。

以下に、各講演の概要を簡単に記す(数字は末尾の文献番号を示す)。

- 1 三田村らは、6軸油圧平行メカニズムを用いた車椅子体験シミュレータの開発をおこなっている。本シミュレータの用途は、船舶内部の施設のバリアフリー度を事前にバーチャルリアリティによる体験から検証することを目的としている。
- 2 王暁らは、インターネットを用いた遠隔油圧制御システムについての基礎的研究を行っている。インターネット回線による通信では、通常無視しがたい時間遅れが避けがたいため、遠隔制御において、これを補償するための方法を提案

している。

- 3 坂東らは、空気圧6軸平行リンク型力覚ディスプレイをマスタとして、油圧6軸平行リンク型マニピュレータをスレーブとしたマスタスレーブ制御について検討している。基本的なマスタスレーブ制御系を構成し、その周波数応答について実験により検討している。
- 4 加藤らは、油圧サーボ系の制御にニューラルネットワークを適用し、特に不感帯を有する油圧モータシステムへのディザの適用について検討している。本手法によれば、適正な振幅と周波数のディザをニューラルネットワーク制御系に与えれば、定常偏差の改善に役立つことを示している。
- 6 チェンウィスワットらは、鉄道車両ブレーキに高速オンオフ弁を用いたブレーキ圧力制御を適用し、検討を行っている。ポペット型高速オンオフ弁を用いた新しい制御方式を提案し、内部漏れと圧力センサの信頼性による問題の解決をはかっている。
- 7 三浦らは、油圧式射出成形機の省エネルギー化に取り組んでいる。従来の油圧式射出成形機を電動式にすれば消費電力が60~70%

- になるといわれているが、油圧式においても油圧回路を工夫すれば電動にひけをとらない省エネルギー化が達成できることを示している。
- 8 中道らは、インパルス加振による流体管路系構成要素の伝達マトリックス係数の簡易測定法について検討している。これは、管路特性の解析に必要な4端子伝達マトリックスの係数をインパルス加振により容易に求めるものであり、きわめて実用性の高い手法といえる。
 - 9 王らは、管路における波動伝ば速度の推定条件に関する研究を行っている。本報では最適化有限要素モデルと補助変数法を利用して管路の波動伝播速度を推定する方法において、推定結果に影響を及ぼす主な要因について考察している。
 - 10 桜井らは、OHC-Simによる負荷感応油圧システムのシミュレーションを行っている。OHC-Simにユーザーカスタマイズ機能を付加し、ユーザーが独自に油圧要素の数学モデルを追加・登録することで、広範な油圧回路のシミュレーションが可能となった。その応用例として、負荷感応油圧システムのシミュレーションを行っている。
 - 11 松原らは、ボンドグラフを用いて林らが行ったポペット弁の振動解析を再現している。ボンドグラフにより硬発振現象の発生が確認され、油圧回路の設計ツールとしての実用性を確認している。
 - 12 吉田らは、MR流体を用いた液圧駆動マニピュレータを実現するため、フェライト粒子を用いた低基底粘度MR流体の液圧源、MRバルブ、ペローズ駆動マニピュレータの試作を行い、実験により検討を行っている。
 - 13 伊東らは、電気分野におけるスイッチング制御（インダクターによる昇圧）の考え方を油圧ポンプ、オンオフ弁、アキュムレータおよび油圧モータからなる油圧回路に応用（アキュムレータによる昇圧）し、その基礎的評価を行っている。
 - 14 鈴木らは、12)で提案された方式に基づき実験装置を試作し、評価を行っている。その検討結果によれば、従来エネルギー損失が大きいとされた油圧トランスミッションにおいても高効率な制御が可能となるとしている。
 - 16 風間は、静圧球面軸受について、混合潤滑状態まで含めて変動する供給圧力と加重が作用する作動条件下においての非定常混合潤滑特性を数値シミュレーションにより検討している。
 - 17 鷲尾らは、円筒面絞りにおける油のキャビテーションの観察を行い、滑らかな円筒面におけるキャビテーションの発生状況および、円筒面絞りでの発光と帯電現象の様子について詳細に報告している。
 - 18 高橋らは、油中への気体の拡散による屈折率変化をマッハツェンダ干渉形を用いて観測するとともに、溶解気体の濃度勾配に起因するレーザ光の曲がり量を測定し、気体溶解量と屈折率の関係について調べている。
 - 19 鷲尾らは、オイルクーラを想定したモデルを取り上げ、冷却が流れに与える影響を中心に流速分布および温度分布を計測し、数値計算との比較

を行っている。また、冷却による揺らぎ周期の違いを観察している。

20. 築地らは、混合液晶が一定流量で並行二平板電極間を流れる場合について、様々な電場を印加し、その圧力応答を計測している。また、ビデオカメラを用いて流動状態を撮影して液晶分子の配向状態および圧力変動を予測している。

滑特性

27. 吉森修一，他 2 名 28. ，円筒面絞りにおける油のキャピテーションの観察

29. 高橋智，他 2 名 30. ，気体溶解に伴う油の屈折率変化の測定

31. 田村洋平，他 2 名 32. ，冷却管まわりの油の流れに関する研究

33. 三谷剛，築地徹浩，混合液晶の流動特性に関する研究

参考文献（出典は講演論文集）

1. 三田村恵介，他 2 名 2. ，VR の利用による車椅子体験シミュレータの開発
3. 王晓峰，他 6 名 4. ，インターネットによる遠隔油圧制御システムの基礎研究
5. 坂東直行，他 3 名 6. ，パラレルリンク型力覚ディスプレイを用いたマスタスレーブ制御
7. 加藤博司，他 2 名 8. ，ニューラルネットワークによる油圧サーボ系の制御（不 9. 感帯を有する油圧モータシステムへのディザの適用）
10. チェンウィスワットタム，他 3 名 11. ，油圧制御による鉄道車両ブレーキに関する研究（高速オンオフ弁を用いるブレーキ圧力制御）
12. 三浦洋平，他 2 名 13. ，油圧式射出成形機の省エネルギー化
14. 中道秀夫，品田正昭，インパルス加振による流体管路系構成要素の伝達マトリックス係数の簡易測定法
15. 王盛，真田一志，管路における波動伝ば速度の推定条件に関する研究
16. 桜井康雄，他 2 名 17. ，OHC-Sim による負荷感応油圧システムのシミュレーション
18. 松原守，他 3 名 19. ，ボンドグラフによるポペット弁の振動解析
20. 吉田和弘，他 4 名 21. ，MR 流体を用いたベローズ駆動マニピュレータ
22. 伊東孝彦，他 4 名 23. ，油圧制御に於ける新理論の提案
24. 鈴木茂，他 5 名 25. ，油圧制御に於ける新方式の試作，実験報告
26. 風間俊治，静圧球面軸受の非定常混合潤

平成 14 年春季フルイドパワーシステム講演会参観記

神奈川工科大学 吉満 俊拓

平成 14 年春季フルイドパワーシステム講演会が 2002 年 5 月 23・24 日に開催されました。日本油空圧学会は創立 30 周年を迎え、学会の研究対象の領域が油・空圧から水圧・機能性流体へと拡がる中、昨年 8 月に学会の名称を日本フルードパワーシステム学会に変更されました。

また、成熟の産業と言われる「油空圧」が、次の世代に向かい新たな展開を図る上で、その節目となる重要な時期にあたり、パネルディスカッション「フルードパワーが見る夢」が開かれました。

内容は、ロボット、バーチャルリアリティー、トライボロジー・水圧、福祉機器、マイクロフルードパワー等、多岐の分野にわたり、パネラーに現状や研究の紹介が行われ、参加者から現在障害となっている事例など掘り下げた論議が行われました。

春季講演会の発表論文数は 35 件であった。

以下では、講演会より数編の論文を紹介する。

(1) チェンウィスワットらによる油圧制御による鉄道車両ブレーキに関する研究

この論文は、鉄道車両用小型電子油圧ブレーキユニットの開発に関するものである。

鉄道車両用機械ブレーキとしては従来空気圧ブレーキが用いられている

が、電気ブレーキの高度化に対応する機械ブレーキの研究は十分行なわれていない。機械ブレーキとして空気圧ブレーキのような長い空気圧管路を使用せず、小型電子制御油圧ユニット化した油圧システムを用いると、ブレーキの性能と信頼性が向上できる。鉄道車両のブレーキシステムを小型油圧化すると、空気圧システムのような大きいタンクがなくなるため、制御弁の内部漏れにより圧力の保持ができないという難点があった。そこで、内部漏れがほとんど無い弁を利用するブレーキ圧力制御の方法として、高速オンオフ弁を用いた PWM 方式による圧力制御がある。一般的な圧力制御法の一つとして、圧力センサからのフィードバック信号による閉ループ系での制御があるが、このシステムを鉄道車両に用いると、温度変化や台車の振動などにより圧力センサが損壊する可能性があり、その方法を利用されにくいという問題がある。それに対して、本論文では圧力センサによらず開ループ系のように制御できるシステムの開発を目的とする。弁のオンオフ動作による ON・OFF 制御と PWM 信号により弁を駆動する PWM 制御を組み合わせた方式を開発した。

(2) 吉田らによる MR 流体を用いたベローズ駆動マニピュレータ

この論文は、印加磁界により見かけの粘度を大きく変化できる MR

(Magneto-Rheological)流体を作動流体とした、可動部のないシンプルな構造で高パワーの液圧制御が可能なMRバルブを提案し、フルードパワーシステムへの応用をおこなうものである。

多くの市販MR流体の分散粒子は軟鉄であり、密度が高い分散粒子の沈降速度を低減するため分散媒の粘度が $0.1 \sim 1\text{Pa}\cdot\text{s}$ と高く設定されている。したがって、フルードパワーシステムに応用する場合、磁界無印加時の基底粘度の増加に伴う配管系における粘性圧力損失が問題になる。そこで著者らは、低密度のフェライト粒子を用いたMR流体を提案、試作し、圧力 0.2MPa 以下における特性を実験的に明らかにしている。

低密度のフェライト粒子を分散させた基底粘度の低いMR流体を試作し、高圧・高流量のポンピングを試みるとともに、MRバルブの特性について実験的に検討する。次に、分散粒子が詰まる摺動部がないベローズ形アクチュエータを用いたマニピュレータを試作し、MRバルブによる制御を試みたものである。

(3)塚越らによるTubeActuatorを用いた省エネルギー歩行支援のための提案

この論文は、患者の自立的歩行促進と看護師の負担軽減のために、患者個々の能力に適應しながら歩行支援を行えるウェアラブル・フルードパワーの開発を目標としている。

流体、特に空気の軽量・柔軟性を生かした装着型流体制御システムであり、すでに筆者らはWoundTubeActuatorを用いた装着感重

視の腕や指の駆動系設計法を提案してきている。本論文では、歩行支援へ発展させる第一段階として、下肢で最も可動範囲を必要とする膝の駆動系に着目し、装着性とエネルギー効率性に優れた駆動系を提案している。

装着感を高める身体駆動用アクチュエータとして、身体周部に巻きつくように装着できる扁平チューブの有効性に着目している。これは、断面が予め潰れたウレタンチューブで構成されており、内部を空気で加圧するとその断面周長はほとんど変化せずに膨らむため、耐圧も高く効率的な力の伝達が可能である。このチューブを同一平面内の曲げ、垂直方向の曲げ、ひねり、さらにこれらを同一方向、反転切り換え、という変形手段の組み合わせによって、それぞれ異なる形状変化を行うアクチュエータが構成される。

WoundTubeActuatorとして提案してきている。WTAは体の周部に巻きつけて駆動することが可能なため、同一断面積のベローズやシリンダなどで駆動する場合に比べて、突出度を最小限にすることが可能である。

(4)楊らによる省エネ化/コンパクト化に挑むエアセービングバルブ

この論文は、空気消費量を削減するためのエアセービングバルブの開発に関するものである。

シリンダの最も一般的な使用法であるクランプ作業、カシメ作業および重量物の搬送作業において、所定の出力を必要とするのは、片側のストロークのみであって、復帰のための圧力は $0.1 \sim 0.2\text{MPa}$ で十分であり、片側を減圧すれば空気消費量の削減ができる。例えば作業ストロークの圧力が 9MPa 、

復帰ストロークの圧力が0.1MPaのとき、往復では40%の削減に達することになる。

エアセービングバルブはプレッシャバルブとフローバルブにより構成され、圧力と流量を独立にコントロールする機能を持つ。プレッシャバルブは流量制御弁と減圧弁を直列させた構造で、エア供給時の減圧機能とエア放出時の流量制御機能を実現する。フローバルブは2方向流量制御弁と開閉弁を並列させた構造で、エア供給と放出時の流量制御を実現する。

これは電磁弁とシリンダの配管途中に、通常スピードコントローラを介していたものを、エアセービングバルブに置き換えたシステムである。そして高圧の作業ストローク側はフローバルブ、低圧の復帰ストローク側はプレッシャバルブとするもので、供給圧力に対して、復帰ストローク側はプレッシャバルブで任意の低圧に設定するものである。フローバルブは作業ストロークにおけるシリンダピストンの起動時の飛び出しを防止し、復帰ストロークの始動時間を短縮する役割を果たす。

第3回フルードパワー国際会議（アーヘン）参加記

上智大学 築地徹浩

2002年の3月5、6日にドイツのアーヘンで第3回フルードパワー国際会議が開催され、私も出席する機会に恵まれたのでその時の印象を特に油空圧弁内の流れの数値シミュレーションに関して述べる。全体で80件の講演があり、その内訳は以下の通りである。

1. 生産関連 7件
2. 弁 11件
3. シミュレーションと制御 11件
4. 自動車 8件
5. 一般移動機械 7件
6. 油圧ポンプ 8件
7. イノベーション 8件
8. 航空機 7件
9. トライボロジーと流体 6件
10. 騒音と振動 7件

その中の3. シミュレーションとコントロールのグループでは、11件中7件が数値流体力学（CFD：Computational Fluid Dynamics）を使用した研究であった。油空圧弁内の流れ解析に関する論文が多く、単相流れの計算がほとんどであったが、数値解析技術がフルードパワーシステムの分野でも機器の設計開発のツールとして役に立っているといった感じであった。

従来、油圧弁内の流れを非圧縮性流

れと仮定した流れの数値シミュレーションが多く行われてきた。計算結果の圧力分布などから弁が流体から受ける流体力が予測され、流体力を低減できる弁の形状設計が行われてきた。一方、空気圧弁に関しての流れ解析に関する研究は比較的少なかった。ここで、印象に残った空気圧弁内の流れ解析結果の一つを紹介しよう。基礎式は、圧縮性流れの乱流モデルを使用しており、有限体積法で計算している。ある円筒形状の弁の場合のマッハ数の分布を図1に示す。絞りを通過した直後にマッハ数が大きな領域が存在することがわかる。さらに、反球状の弁内のマッハ数の分布を図2に示す。反球状の弁に流れが衝突する付近で衝撃波の存在が確認できる。最後に、円筒形状の弁内の圧力分布を図3に示す。流路形状はほぼ軸対象であっても、三次元的な圧力分布を呈していることが分かる。以上のように、空気圧弁内の三次元流れが、圧縮性を考慮した乱流モデルを用いて、マッハ数分布や圧力分布などの情報が得られていることが分かる。弁形状を種々に変え、流体力が小さい弁の開発を数値流体力学と実験との両面から行っている。この研究を実験のみで行うと、膨大なコストと時間がかかるので、数値流体力学を実験の労力の削減に利用している感じであった。

展示会場では、海外からのCFDのメーカーが流れ解析のデモンストレーショ

ンを行っていた。CFD 技術開発の初期のころは、計算結果の信頼性に関する質問が多かったが、この会議でそういった質問はほとんどなく、CFD を使った計算の信頼性がある程度浸透してきたように思われる。日本でのフルードパワーシステム学会の講演会では、この会議と比較しても、CFD を使った研究開発に関する研究発表は大学および企業において比較的少なく、今後、より一層の CAD 技術を含めた研究開発が望まれる。最後に、この度は日本からの参加者は、私一人のようだった。私にとって、初めてのアーヘンでの国際会議参加であり、あわせて IFAS 研究所の見学も非常に有意義であった。

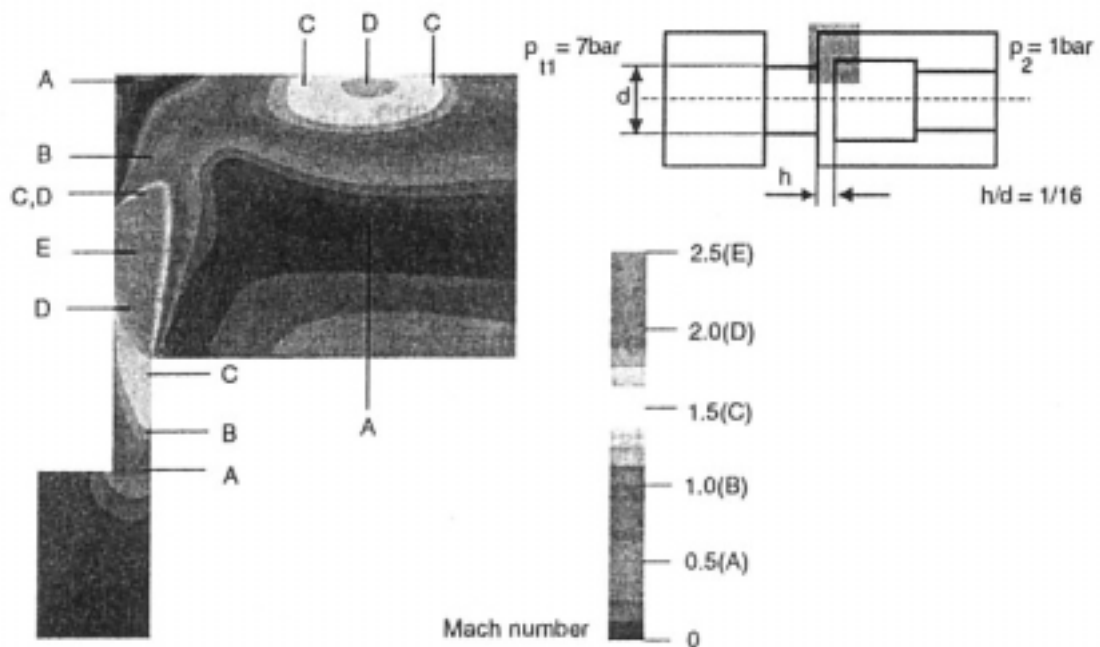


図1 円筒形弁の場合のマッハ数の分布

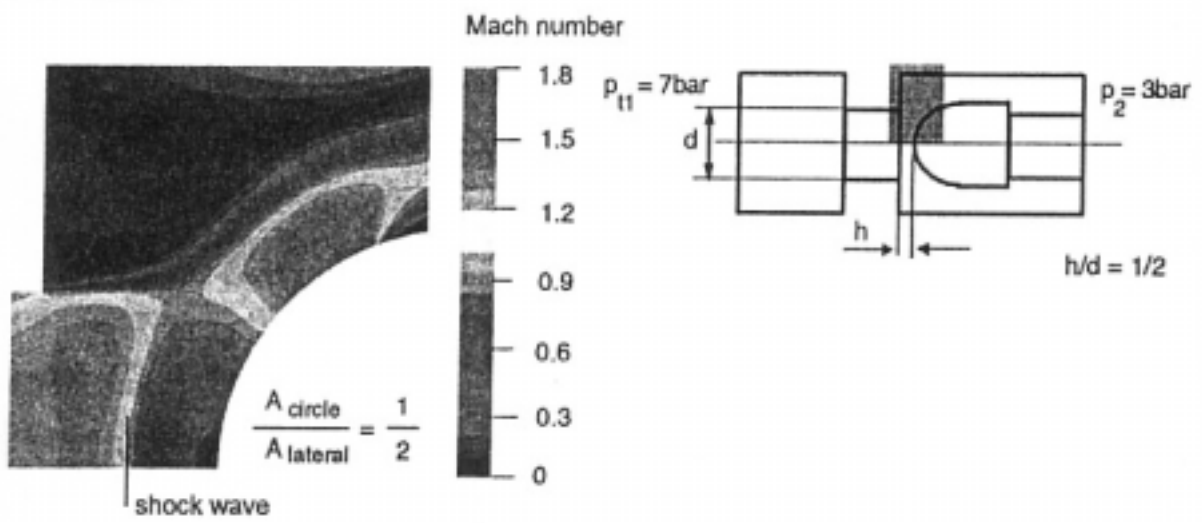


図2 半球形弁の場合のマッハ数の分布

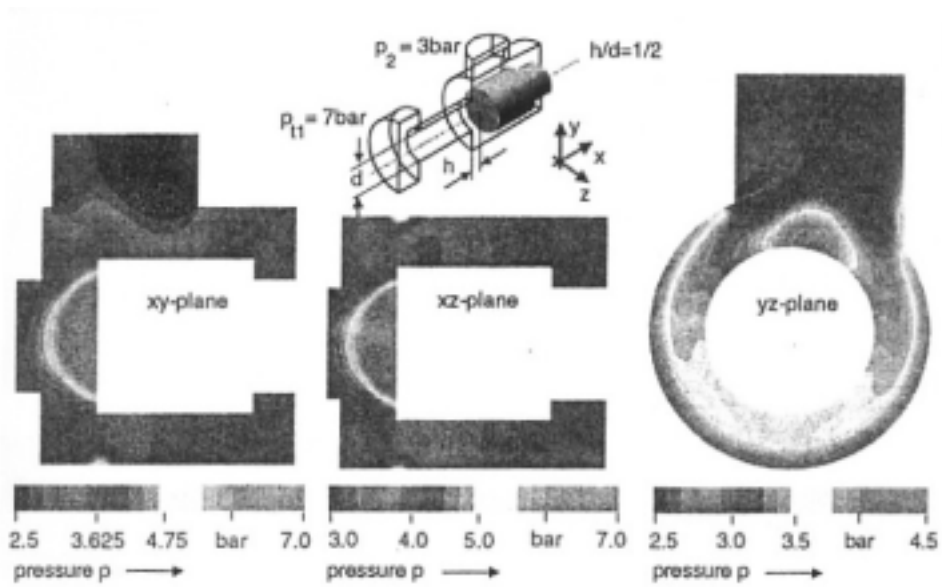


図3 円筒形弁の場合の圧力分布

日本機械学会第2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

2002年4月22日(月)～23日(火)に、ルークプラザホテル(長崎市江の浦町17-15)において、日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会が開催された。本講演会は、日本機械学会の機素潤滑設計部門により企画された講演会であり、前年4月の熱海に続き第2回目である。

本講演会では、トライボロジー・機素要素関連20件(基調講演1件を含む)、伝動装置関連26件(基調講演1件を含む)、センサ・アクチュエータ関連15件(基調講演1件を含む)、機構関連8件(基調講演1件を含む)、合計69件の研究発表が行われた。フルードパワー技術関連としては、アクチュエータ関連で6件発表された。以下では、各内容について報告する。

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関連の発表はすべてアクチュエータ関連のもので、マイクロマシン4件、空気圧1件、水圧1件の合計6件である。

2.1 マイクロマシン

(1) 針状電極 ECF ジェットを用いた

マイクロアクチュエータ

(提案とラージモデルの特性評価)¹⁾

針状電極への直流高電圧印加で生じる ECF ジェットにより弾性体チューブを変形させるマイクロアクチュエータを提案、試作し、その特性を実験的に検討している。

まず、「針状電極 ECF ジェット」の特性を実験的に検討し、微小化により発生圧力が増大することを示している。次に、図1に示すマイクロアクチュエータを提案し、その動作原理を明らかにしている。最後に、直径125mmの針状電極と内径5mmのリング状電極を間隔0.3mmで配置したジェット発生部と外径2.5mm、長さ28mmのシリコン

ゴムチューブから成るラージモデルを試作し、内圧(図2)および先端変位の静特性を実験的に明らかにしている。

(2) 電界共役流体(ECF)を作動流体として用いたリニア型駆動システムの提案²⁾

直流電圧印加でジェットを生じる ECF を用いた電極構造が異なる2種類の直動形アクチュエータを提案、試作し、その特性を実験的に検討している。

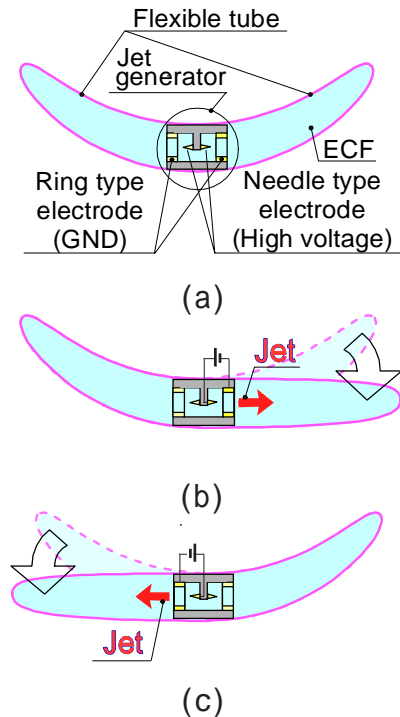


Fig. 1 針状電極 ECF ジェットを用いたマイクロアクチュエータ¹⁾

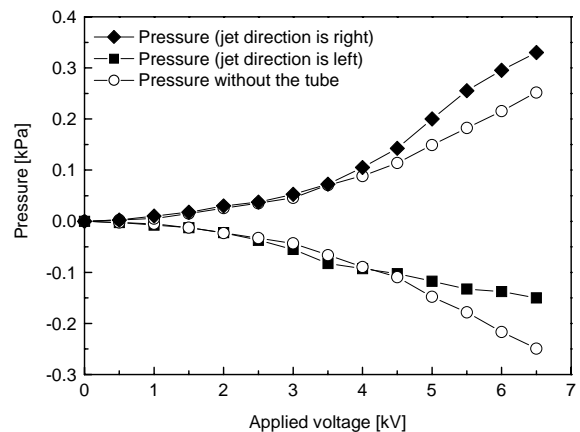


Fig. 2 試作 ECF マイクロアクチュエータの発生圧力¹⁾

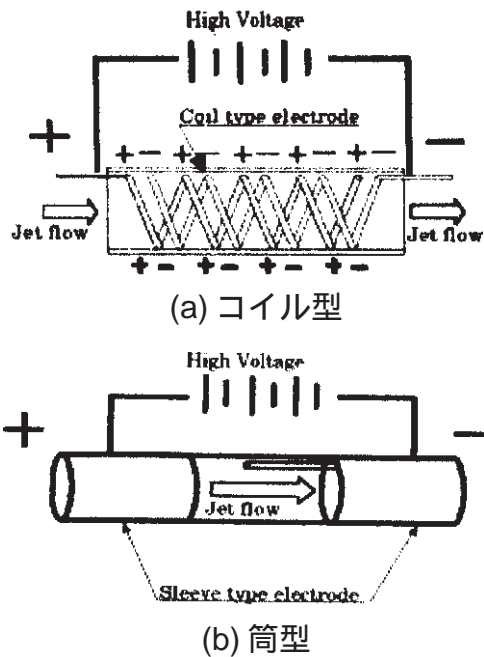


Fig. 3 直動 ECF アクチュエータの電極²⁾

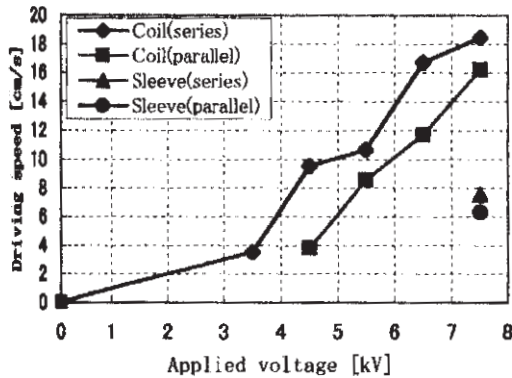


Fig. 4 試作アクチュエータの無負荷速度²⁾

まず、図3(a)に示す二重らせんの「コイル型」電極と図3(b)に示す「筒型」電極を用いた2種類のアクチュエータを提案し、内径6mmのアクチュエータとマグネットカップリングで結合された直動駆動システムを試作している。次に、試作機の実験を行い、無負荷速度(図4)、発生圧力、発生力、負荷特性を明らかにし、コイル型の方が優れていることなどを示している。

(3) ERバルブ集積形マイクロアクチュエータ³⁾

固定電極により印加する電界で圧力・流量を制御するマイクロERバルブとダイアフラム形マイクロ流体アクチュエータを集積化したアクチュエータを提案、試作し、その特性を実験的に検討している。

まず、マイクロERバルブの小形化のた

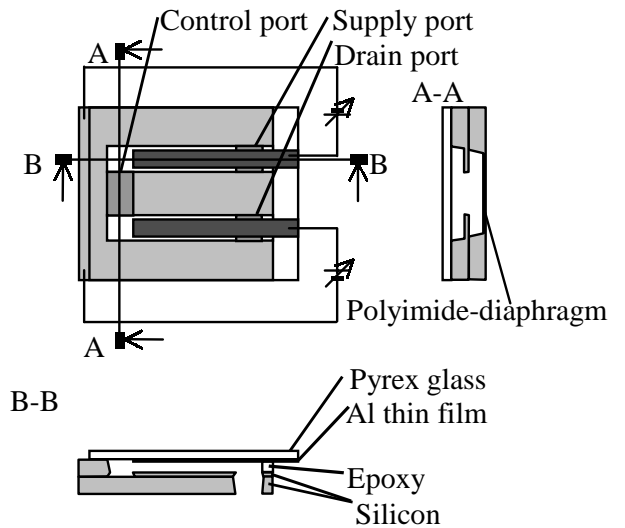


Fig. 5 ERバルブ集積形マイクロアクチュエータ³⁾

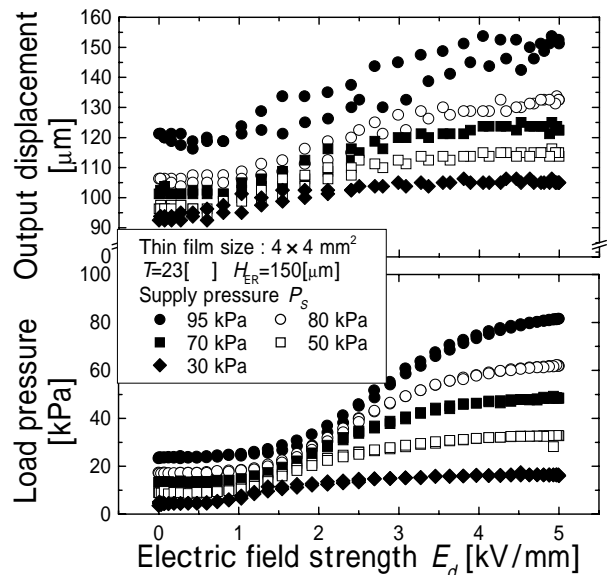


Fig. 6 試作アクチュエータの静特性³⁾

め、流路の屈曲および電極間隔の影響を実験的に解明している。次に、柔軟なポリイミド製ダイアフラムを用いたマイクロ流体アクチュエータを試作し、その静特性を実験的に明らかにしている。最後に、上記の要素を集積化した図5に示す851051.4mm³サイズのアクチュエータを試作し、図6に示す静特性を実験的に示すとともに、マイクログリッパ駆動への応用を試みている。

(4) マイクロファクトリのための高出力流体パワー源⁴⁾

マイクロファクトリのための共振駆動形圧電マイクロポンプ高出力化のため、「マイクロシートバルブ」を提案、試作し、特性実験を行うとともにポンプ応用を試みている。

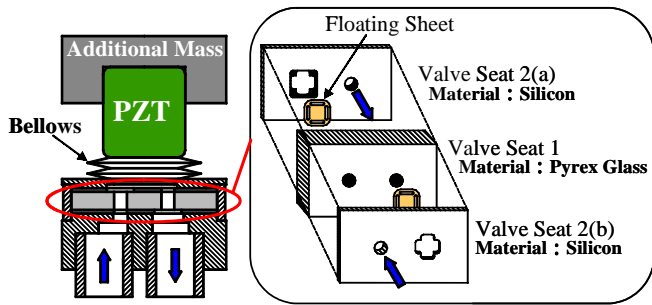


Fig. 7 マイクロシートバルブを有する共振駆動形圧電マイクロポンプ⁴⁾

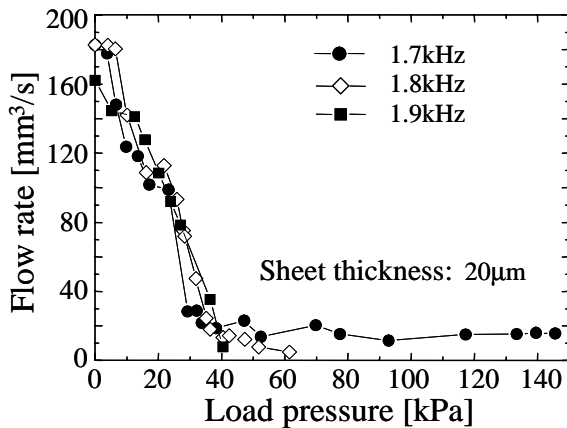


Fig. 8 試作マイクロポンプの負荷特性⁴⁾

まず、ポンプ高出力化のため、図7に示す浮揚動作する軽量のシート形弁体を用いたマイクロシートバルブを提案、試作し、その静特性を実験的に検討している。次に、これを10mm立方サイズのポンプに組み込み出力特性について実験的に検討し、マイクロシートバルブの改良を行い、図8に示す負荷特性を得ている。最後に、試作ポンプを用いた20 \times 20 \times 28mm³サイズのマイクロプレスを試作し、打ち抜き実験を行っている。

2.2 空圧アクチュエータ

(1) ニューテーションモータの開発

(第1報 空圧ニューテーションモータの開発と基本特性)⁵⁾

一対のかさ歯車と直動形空圧アクチュエータを組み合わせた「空圧ニューテーションモータ」を提案し、その特性を理論的および実験的に明らかにしている。

まず、高効率、低騒音、低振動で超低速回転および高分解能のステップ動作が可能な提案するモータの図9に示す構造お

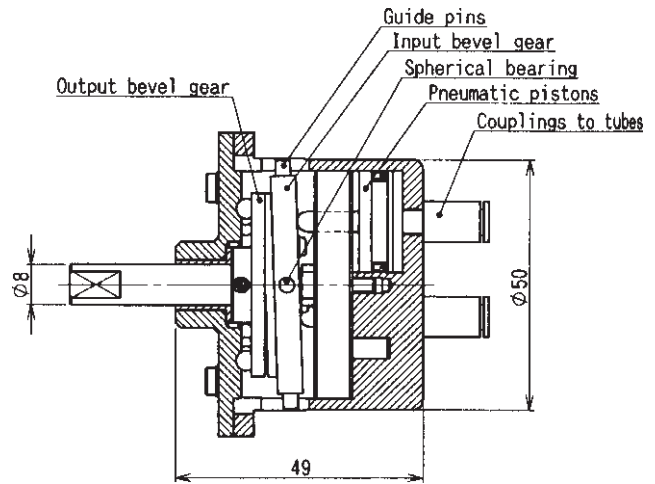


Fig. 9 空圧ニューテーションモータ⁵⁾

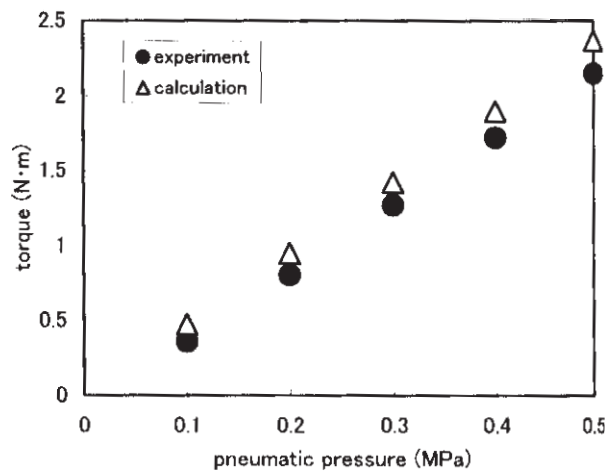


Fig. 10 試作モータの発生トルク⁵⁾

よび動作原理について説明している。次に、許容トルクについて理論解析を行い、数学モデルを構築している。最後に、3個の直動空圧アクチュエータにより駆動される直径50mmのモータを試作し、図10に示すように数学モデルとよく一致する特性を実験的に明らかにしている。

2.3 水圧駆動システム

(1) 長い管路を有する低圧水圧駆動システムの特性解析⁶⁾

浴室内における介護システムなどを対象として、水道水圧力程度の低圧で駆動できる長い管路を有する試作水圧駆動システムの動特性についてソフトウェアOHC-Simによりシミュレーション解析している。

まず、図11に示す試作した低圧水圧駆動システムの構成、およびステップ状に電磁弁を開き水圧シリンダを上方に移動させる

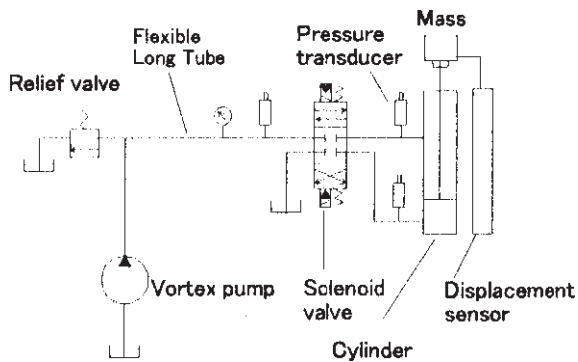


Fig. 11 長い管路を有する低圧水圧駆動システム⁶⁾

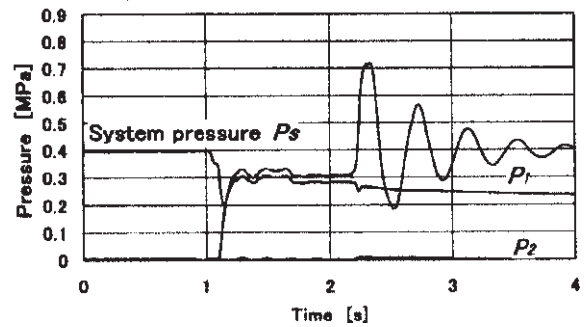
実験方法を説明している．次に，実験およびシミュレーションを行い，図12に示すような圧力および変位のステップ応答波形を求め，比較検討を行っている．

3. おわりに

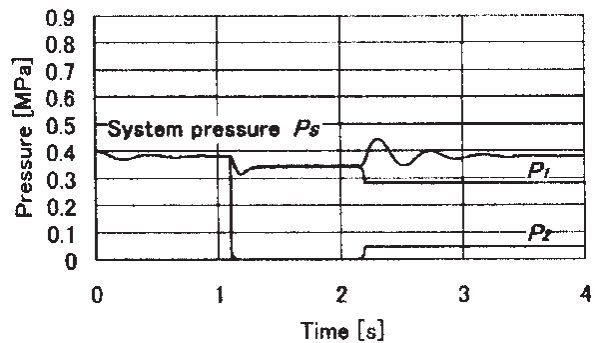
本講演会は，日本機械学会機素潤滑設計部門講演会の第2回目であり，活発な質疑が行われていた．次回は，2003年4月に東京で行われる予定である．フルードパワー技術関連の研究発表がますます増えることに期待したい．

参考文献

- 1) 横田眞一 / 上田渉 / 阿部竜太郎 / 近藤豊 / 枝村一弥 | 針状電極ECFジェットを用いたマイクロアクチュエータ (提案とラージモデルの特性評価) | 日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp143-146 | 2002 |
- 2) 大島崇 / 中田毅 / 柴田優 | 電界共役流体 (ECF) を作動流体として用いたリニア型駆動システムの提案 | 日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp147-150 | 2002 |
- 3) 吉田和弘 / 矢野宏 / 朴重濠 / 横田眞一 | ERバルブ集積形マイクロアクチュエータ |



(a) 実験結果



(b) シミュレーション結果

Fig. 12 試作水圧駆動システムの圧力応答⁶⁾

- 日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp151-154 | 2002 |
- 4) 朴重濠 / 吉田和弘 / 中須祥浩 / 横田眞一 / 瀬戸毅 / 高城邦彦 | マイクロファクトリのための高出力流体パワー源 | 日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp155-158 | 2002 |
- 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1報 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2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp159-162 | 2002 |
- 6) 矢田好洋 / 中田毅 / 桜井康雄 / 田中和博 | 長い管路を有する低圧水圧駆動システム の特性解析 | 日本機械学会第2回機素潤滑設計部門講演会講演論文集 | pp163-164 | 2002 |