

---

---

THE FLUID POWER SYSTEM INTELLIGENCE CENTRE

---

---

# ***FPIC QUARTERLY***

---

J F P S

Vol.14, No.3

2006.9



---

---

THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

---

---

# FPIC Quarterly Vol.14, No.3

## 目 次

巻頭言 学会の発展に向けて	中田 毅	1
聴講記 オータムセミナー 2006 - 生活に密着したフルードパワー -	藤谷秀次	2
平成18年春季フルードパワーシステム講演会報告 早川 恭弘 伊藤 和宏		4
SICE-ICCAS 2006報告	川嶋健嗣	10
日本機械学会第6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	12
第4回FPNI・PhDシンポジウム会議報告	田中 豊	15

## 巻頭言 学会の発展に向けて

東京電機大学情報環境学部

中田 毅



進学適齢期人口の減少が急速に進みつつある一方、受験生の理工系離れが指摘されて久しい。大学帰属収入の大部分を占める学生納付金(入学金, 授業料など)の減少は, 大学運営上極めて大きな問題であり, 一部有力理工系大学を除く多くの理工系大学では定員確保に向け教育・研究の特色化, 個性化を図るなど様々な施策がとられている。これに加えて学生の学力不足も進んでおり, 中学・高校レベルの補習講義も必須となりつつあり, 大学教員としては頭が痛い問題となっている。このような状況は単に大学だけの問題ではなく, 技術立国を標榜する日本社会全体にも近い将来大きな影響を与えることも必至であろう。筆者が当大学に勤務するようになったのは約14年前であり, 当時から前記のような状況に陥ることは当大学としても予想されていたが 現実に直面しないとなかなか事の重大さを認識できないものだと痛感している。

どこの理工系学会でもその状況は大学が置かれている状況と似ているようであり, 会員数(特に, 企業技術者)の大幅な減少がここ数年進行しているといわれている。正会員・学生会員および賛助会員の年会費で主に運営される当学会においても, これから10年先を見つめて如何に適正な会員を確保していくかという問題に早急に対処する必要がある。その前提として学会は, 第一に会員に対して実際に役立つ有益な技術情報の提供, 第二にフルードパワー技術全体に波及する中・長期的な技術課題の解決に向けた共同研究の実施, 第三に実りのある研究交流の場の確保, などを重点的に推進していく必要があると考えている。第二の共同研究の例として, 2006年7月18日に開催された緊急特別セミナー「米国のフルードパワー教育・研究の現状とERCについて」(講演者: ミネソタ大学 Prof. Kim Stelson)の内容を簡単に紹介したい。これまで停滞していた米国のフルードパワー技術を発展させるため, NFPA(National Fluid Power Association)は総額約25億円をかけ, 新しい研究センターERC(Engineering Research Center for Fluid Power)を設立した。資金のうち, NSF(全米科学財団)が約18億円, 企業および大学がそれぞれ約3.5億円を負担している。参加する企業は約50社, 核となる7大学(ミネソタ大学, イリノイ大学, ジョージア工科大学, パデュー大学, バンダーベルト大学, ミルウォーキー大学, ノースカロライナ大学)で構成されている。その実施プログラムはフルードパワー教育と共同研究であり, 共同研究プログラムは小形・高効率, 振動・騒音, 漏洩, コンタミネーションおよびヒューマンファクターを核とするフルードパワー技術開発である。ちなみに, 講演者のProf. Kim StelsonがERCのディレクターを務めている。この米国の例を参考にしつつ当学会を基盤とした日本型の産学共同研究を実施すべく 現在検討を進めつつある。

筆者は, フルードパワー技術という境界領域を扱う当学会の活動の意義はますます高まっているものと確信しており, 当学会の発展に向けて会員の皆様の絶大なるご支援をお願いしたい。

なお, FPIC Quarterly Vol.14, No.2の巻頭言で, 基盤強化委員会の川上幸男幹事が会員増強策を述べられているので, ご一読いただければ幸いです。

**F P I C クオータリ 聴講記**  
**オータムセミナー 2006**  
**- 生活に密着したフルードパワー -**  
**S M C 株式会社 藤谷秀次**

フルードパワーシステム学会・東京都立産業技術高等専門学校産学交流センター主催のオータムセミナー『生活に密着したフルードパワー』が10月6日に開催された。大雨の最中に企業から26名、学生4名の計30名の参加者があり、テーマに対する期待の高さを窺い知ることができた。

今回のセミナーでは5件の講演があったが、いずれも油空圧機器の使用分野であるFA機器や建設機械などとは一味違った分野をテーマとしたものであり、フルードパワーシステムの裾野の広さを改めて実感できるセミナーであった。

以下、それぞれの講演の内容を簡単に紹介する。

1. リハビリ支援におけるフルードパワー 講師：芝浦工業大学 三好扶 先生

医療福祉関連の分野は、今後のフルードパワーシステムの応用先として注目されており、現在、数多くの研究がなされている。それらの中からリハビリ支援にフルードパワー技術がどのように使われているか、歩行補助装具、介助用ロボット等の例を交えながら解説された。なかでも、一例として紹介された荷重制御式歩行補助装具は、筆者もその開発に携わった経緯があり、当時の事を想うと感慨深いものがあった。

2. 「三重点での相変化を利用した携帯空圧源の開発とその応用」

講師：東京工業大学 北川能 先生

空圧システムを身近なものにするため、人体への装着も可能な小型軽量の携帯空圧源が必要であり、二酸化炭素の三重点における相変化を利用した新開発の携帯空圧源が紹介された。いわば、携帯空気源は空気の電池に相当するものであり、人体装着というだけでなくあらゆる分野での用途が期待され、実用化が待たれる。

3. 日常生活への水圧技術の応用 講師：泉工業株式会社 泉光男 氏

水道圧を用いた水圧技術には、安全性、騒音、電磁ノイズ、耐湿気、運用コスト等において他のアクチュエータに比べて優れた点が数多くあり、医療福祉分野や家庭内で利用される製品への応用が期待されている。この技術を用いた水圧自動ドアシステムや水圧昇降洗面台の特徴や開発の経緯等が紹介された。製品に水圧を使用するという着眼点もそうだが、開発された水圧自動ドアや水圧昇降洗面台などは、病院や医療福祉施設などの公共施設での使用を考慮したものであり、長寿社会をにらんだ弱者に優しいユニークな製品群である。

4. 石油タンクの清掃技術 日進工業株式会社 松浦慎一氏 清水和夫氏

石油タンクの清掃には爆発・火災の危険が伴うため、安全性に関する高い技術が求められている。防爆性に優れた空気圧アクチュエータを用いたタンク清掃ロボット『スラッジ

ギャザラー』や、超高圧洗浄機によるタンク底板塗膜除去装置が紹介された。石油タンクの製造技術は、我々空気圧に携わる者でも日頃あまり接しない分野であるが、防爆雰囲気に強いという空気圧機器の独壇場とのことである。空気圧機器の使用分野の裾野が思った以上に広いことに認識を新たにした。

## 5. 管内走行ロボットの技術とその応用

東京都立産業技術高等専門学校 大野学先生

私たちの日常生活は、さまざまな「管」によって支えられているのは周知のとおりであるが、それらの管のメンテナンスはけっして簡単なものではなく、また老朽化した上下水道の改修コストも問題となりつつある、とのことである。これらの問題に対処するための管内移動ロボットが注目を集めており、この管内移動ロボットとその周辺技術が紹介された。一口に「管」といってもガスや水道などから腸や血管まで様々な種類がある。開発された管内走行マイクロロボットは、管壁との摩擦ブレーキ機構を適用したもので、空気圧で駆動されるロボットであり、これら管のサイズや質に応じて設計すれば、何れにも対応できる。このロボットの手本になったのはミミズの動きであり、「ロボット開発の裏には動物の動きあり」ということらしい。

フルードパワーシステムは、製造業や建設業をはじめとして広く産業界で使われていることは周知のとおりであるが、我々の身近にも多く使われていることは意外と気付かないようである。フルードパワーシステムの置かれている現状を鑑みると、今回のセミナーはフルードパワーシステムの新たな展開が切望されていることを思い知る良い機会であったと思われる。

最後に、参加した学生の先生より、次のような学生の感想があったとのEメールを頂いた。セミナーを企画された方々の労に報いるためにも参考に紹介する。

『今回のセミナーの感想です。「生活に密着したフルードパワー」ということで、大学教授だけでなく社会人の方を講師に招いて、実用化されている機器やシステムの話が聞け、非常に興味深かったです。特に石油タンクの清掃にフルードパワーが活用されていることを初めて知ったのでとても印象に残りました。石油タンクに溜まったスラッジを、きれいな原油を加圧噴射して、分解してポンプで回収する原理は非常に面白く感心させられました。社会人講師の方の発表は実用化されているシステムの使っている現場の話がいろいろ聞け、学生ながら研究者（開発者）の端くれとして考えさせる部分もありました。また、大学の卒論発表や、学会の年次大会などの発表に比べて、発表時間が一人一時間と長く、ひとつの研究テーマからいくつもの研究成果の内容がまとまって聞けたり、従来の問題点を解決するために、さまざまな方法を実験的に検討して装置が改善され、実用化に向かって着実に進歩しているところを感じることが出来る点が非常によかったです。時系列に沿って装置を紹介していて、動画もたくさん見られ、発表がとてもわかりやすく大変勉強になりました。

こうしたセミナーや展示会にはできるだけ参加したいと考えています。また何かありましたらよろしく願います。』

## 平成 18 年春季フルードパワーシステム講演会報告

奈良工業高等専門学校 早川 恭弘  
上智大学 伊藤 和寿

春季フルードパワーシステム講演会が平成 18 年 6 月 8 日および 9 日、札幌市教育文化会館で開催された。参加者は、190 名で、基調講演 2 件、特別講演 1 件、OS・一般講演 57 件で、空気圧関係の講演が半数以上を占めている。また技術懇談会が札幌ビール園で開催され、学会会員相互の交流を深めることができた。さらにジャズの演奏なども企画され、盛況の内に終えることができた。以下の二つの写真は、平成 17 年春季講演会優秀発表者の表彰の様と、今回の春季講演会における基調講演の様子である。



図 1 学会長と優秀講演表彰者



図 2 基調講演の様子

以下、講演に関して、空気圧、油圧、水圧および機能性流体に分けて報告する。

空気圧：

6 月 9 日の基調講演では、岡山大学の 則次 俊郎先生により“ソフトメカニズムによるウェアラブル人間支援ロボット”の講演が行われた。講演では、少子高齢化による介護作業の増加と若年労働力の減少が問題になっていることから、これらの問題を解決するために、研究室で開発されたウェアラブル機器の紹介がなされた。

具体的には、空気圧ゴム人工筋を応用した伸長型湾曲ゴム人工筋を提案し、5 指の手甲側に取り付けたパワーアシストグローブの開発事例を説明された。さらに、手首部屈曲用装具にも応用し、リハビリにおける有効性を示された。また、マッキンベン型ゴム人工筋を用いた立ち上がり動作支援ロボットを開発し、立ち上がり動作支援の効果を具体的に提示されていた。

このように、ゴム人工筋を用いた種々の応用例を、具体的事例により詳細に説明され、非常に興味深い内容であった。

次に、空気圧関係のOS・一般セッションに関してまとめる。

空気圧機器としては、制御弁に関する講演が5件<sup>1)-5)</sup>、制御手法に関する講演が10件<sup>6)-15)</sup>行われた。また介護福祉及び生活支援機器に関する講演は、9件<sup>16)-24)</sup>で、さらに新型アクチュエータに関する講演も5件<sup>25)-29)</sup>あり、今後の応用が期待されている。管路内特性に関する講演、流量特性に関する講演<sup>30)-34)</sup>などもあり、要素から応用まで、空気圧に関する多くの研究発表が行われた。

#### 参考文献 (34 件)

- 1) 佐々木勝美(ピー・エス・シー株),平山朋子(同志社大学),“精密圧力制御弁(NF弁)”
- 2) 佐々木勝美(ピー・エス・シー株),“精密圧力制御弁(スプール弁)”
- 3) 田島正之,藤田壽憲,中田 毅(東京電機大学),“空気圧スプール弁内流れの数値シミュレーション”
- 4) 小藪栄太郎,築地徹浩,喜文字誠(上智大学),松村義人,佐藤泰造(サンデン株),“自動車空調用コンプレッサ内の吸入弁に関する研究(流速変動と弁振動に関して)”
- 5) 吉満俊拓,山本圭治郎(神奈川工科大学),小山 紀(明治大学),“フィードフォワード機構を用いた光流体変換素子の開発”
- 6) 絵鳩祐輔,川上幸男,佐藤克司(芝浦工業大学),中野和夫(東京工業大学),“空気圧リフタの制御手法に関する検討”
- 7) 宮上和也,木村哲也(長岡技術科学大学),山崎大生((財)鉄道総合技術研究所),“編成車両における鉄道用空気圧ブレーキシステムへのVSS制御の応用”
- 8) 山崎大生((財)鉄道総合技術研究所),“フル・ビークルモデルによる鉄道車両のロバスト滑走防止制御の効果”
- 9) 加藤友規(東京都立産業技術高等専門学校),川嶋健嗣,香川利春(東京工業大学),“圧力微分計を用いた空気ばね式除振台のモデル追従制御”
- 10) 早川恭弘,櫛 弘明(奈良工業高等専門学校),“ソフトラバーアクチュエータの制御性能に関する研究”
- 11) 只野耕太郎,川嶋健嗣,香川利春(東京工業大学),“空気圧シリンダを用いたマスタスレーブシステムの制御に関する考察”
- 12) 藤原彰人,小山 紀(明治大学),山本圭治郎,吉満俊拓(神奈川工科大学),“光-流体サーボシステムの制御に関する研究“
- 13) 宮崎里美,藤田壽憲,高木悠丞(東京電機大学),榊和敏(住友重機械工業株),宮島隆

至，川嶋健嗣，香川利春（東京工業大学），“空気圧ベローズを用いた微動ステージの制御手法による特性改善”

14) 秋山悠基，眞田一志（横浜国立大学），“空気圧駆動パワーアシスト椅子における動作感応型制御に関する研究”

15) 堤 俊雄，山北次郎（岡山県立大学），谷野（三陽機器株式会社），“電磁バルブ用比例ソレノイドの電流補正制御”

16) 櫛 弘明，早川恭弘，西郷博則（奈良工業高等専門学校），“人間親和性を有する生体把持ハンド開発に関する基礎研究”

17) 千葉寛之，塚越秀行，北川 能（東京工業大学），“偏平チューブ固有の自励振動とそのマッサージデバイスへの応用”

18) 宇田浩士，小山 紀（明治大学），山本圭治郎，吉満俊拓（神奈川工科大学），“空気圧歩行支援システムの開発”

19) 嵯峨宣彦，長南征二（秋田県立大学），佐山一郎（秋田県立リハビリテーション精神医療センター），“人工筋アクチュエータによる上腕支援装置の開発”

20) 齋藤直樹，佐藤里佳，嵯峨宣彦，松山敬左，長南征二（秋田県立大学），佐山一郎（明治大学），“空気圧バルーン型アクチュエータによる足関節拘縮予防器械の開発”

21) 高岩昌弘，則次俊郎（岡山大学），“空気圧アクチュエータを用いた足関節歩行支援装置の開発”

22) 内野進一，高橋良至，米田隆志（芝浦工業大学），Mario Elsayeh（KTH），“装着型生活支援装置の開発に関する研究 マスタスレーブ方式ハンドの開発”

23) 石井峰雄，山本圭治郎，兵頭和人，若井良友（神奈川工科大学），“パワーアシストスーツの開発 - ベローズ型アクチュエータの開発 - ”

24) 赤木徹也，堂田周治郎（岡山理科大学），“ロングストローク型空気圧ゴム人工筋の改良”

25) 濱元 育，赤木徹也，堂田周治郎，松下尚史（岡山理科大学），“糸状柔軟変位センサの開発とゴム人工筋への応用”

26) 南後敏英，赤木徹也，堂田周治郎，松下尚史（岡山理科大学），“柔軟空気圧シリンダを用いた湾曲アームの試作”

27) 趙 菲菲，堂田周治郎，赤木徹也，松下尚史（岡山理科大学），“ゴム人工筋を用いた湾曲アクチュエータの開発と応用”

28) 久 隼人，田中 豊（法政大学），橋本怜子（東京工業大学），“空気圧電動ハイブリッドアクチュエータに関する研究（直線駆動型アクチュエータの試作と評価）”

29) 西岡靖貴，鈴森康一，神田岳文，田中淳一（岡山大学），佐々木篤志（株式会社コガネイ），“インテリジェントシリンダの開発（第4報：高分解能シリンダを用いたサーボ実験）”

- 30) 香川利春, 張 小剣, 川嶋健嗣 (東京工業大学), 村上賢哉, 中沢親志, 福山良和 (富士電機アドバンステクノロジー(株)), 戸高雄二 (富士電機システムズ(株)), “分岐合流を含む圧縮性流体管路の動特性とシミュレーション”
- 31) 黒下清志 (沼津工業高等専門学校), “充填法による空気圧機器の流量特性の試験方法の改良”
- 32) 張 護平, 苗 玉彬, 王 海濤, 妹尾 満, 小根山尚武 (SMC(株)), “自然放出法による空気圧機器の流量特性試験法に関する研究”
- 33) 妹尾 満, 小根山尚武, 張 護平 (SMC(株)), “空気圧機器の流量特性試験における圧力測定管のあり方”
- 34) 植木忠博, 柴田順二 (芝浦工業大学), 稲葉一雄 (株)ナピコ, “可動翼型吸込・送風エアポンプのベーンの挙動観察”

#### 油圧：

油圧関係の OS・一般セッションに関しては、モデル化・制御手法に関する講演が 5 件<sup>35)-39)</sup>、アクチュエータに関する講演が 2 件<sup>40),41)</sup>行われた。また、システム内のキャビテーションについての報告が 2 件<sup>42),43)</sup>、レスキューその他の研究が 5 件<sup>44)-48)</sup>あった。研究対象も、キャビテーション解析、ブランチホース設計、熱解析等の基礎研究から、自動車用パワーステアリングシステムのモデル化、トランスフォーマの制御などの応用まで幅広いものであった。

#### 参考文献 (14 件)

- 35) 高 炳釗, 眞田一志 (横浜国立大学), 降幡健一 (株)いすゞ中央研究所, “自動車用油圧パワーステアリングのシミュレーションモデルに関する研究”
- 36) 眞田一志, 宮本祐介 (横浜国立大学), “HILS による油圧制御用コントローラの開発手法に関する研究”
- 37) 池尾 茂, 上野智弘, 伊藤和寿, 高橋浩爾 (上智大学), 曾 億山 (合肥工業大学), “油圧トランスフォーマの位置・圧力制御系の設計”
- 38) 関 純子, 伊東孝彦 (雪ヶ谷制御研究所), “エネルギーフローのスイッチングと寄生振動”
- 39) 伊東孝彦, 関 純子 (雪ヶ谷制御研究所), “油圧スイッチング制振と伝達効率”
- 40) 大内英俊, 和田迫鉄矢 (山梨大学), “圧電噴射ポンプの特性に関する研究”
- 41) Wen Desheng, Lv Shijun, Wen Jia, Cai Xingzhou (Yanshan University), 築地徹浩 (上智大学), “Theoretic research of the variable displacement pump and motor of the same width and with

sliders, single-action, double-output and double-stator ”

- 42) 風間俊治, 三浦頼仁 (室蘭工業大学), “ 噴流衝突式によるキャビテーション壊食に関する研究 (噴流近傍形状の工夫による壊食低減の方策) ”
- 43) 築地徹浩, 佐倉青蔵 (上智大学), 永田精一, 野口恵伸 (KYB株), “ アキシャルピストンポンプ内のノッチから噴流に関する研究 ”
- 44) 塚越秀行, 伊藤雅之, 吉柳一郎, 留 滄海, 北川 能 (東京工業大学), “ がれき内人命救助の支援を目指したジャッキアップ移動体 ”
- 45) 柳田秀記, Tran Khanh Duong (豊橋技術科学大学), “ 電荷注入式静電フィルタの基礎研究 (油種の影響) ”
- 46) 富岡弘毅, 田中和博, 永山勝也 (九州工業大学), “ 油圧システムにおける配管およびシリンドラの熱予測手法 ”
- 47) 釜田恵太郎, 田中和博, 徳田君代 (九州工業大学), 湯下 篤 (三菱重工業株), “ スプール弁に作用する流体力の数値解析 ”
- 48) 一柳隆義, 西海孝夫 (防衛大学校), 小嶋英一, 遠藤一弘 (神奈川大学), “ 油圧回路の脈動伝達特性を考慮したサイドブランチ共鳴器の最適設計 “

水圧 :

6月8日の基調講演では, 横浜国立大学名誉教授 山口 惇先生による“水圧技術の開拓史”の講演が行われた。高い環境親和性と低ランニングコストをメリットとし, 電気, 油圧, 空気に並ぶ第四の駆動源としての認識を得るに至った水圧システム技術の現在に至る開発の歴史, 機器開発のキーポイントおよび実用例の詳解がなされた。歴史上, 最も身近な液体の圧力エネルギーを利用することから始まった水圧技術は, 紀元前 3 世紀までその起源を溯ることができる。その後産業革命を契機に本格的に工業用駆動源として水圧エネルギー供給会社がロンドンに誕生, 1976 年まで稼動していたことが解説された。また, 後半では水圧技術の市場および実用例が多く示され, これらに基づく市場規模予測も行われた。

適応範囲, 実績を着実に広めつつある水圧技術に今後も期待できる非常に興味深い内容であった。

一般セッションおよび OS については, 水圧モータの角度制御に関する研究結果<sup>49)</sup>およびポンプが直接シリンドラを駆動するタイプのアクチュエータの制御についての結果<sup>50)</sup>が発表された。

#### 参考文献（2件）

- 49) 伊藤和寿, 高橋秀和, 池尾 茂, 高橋浩爾(上智大学), “外乱オブザーバ併用型スライディングモード制御による水圧モータ制御系の設計”
- 50) 宮崎敬一, 藤田壽憲, 田中雅将, 中田 毅(東京電機大学), “ポンプ制御形低水圧アクチュエータ”

#### 機能性流体：

一般セッションおよびOSについては、アクチュエータへの応用に関するものが4件<sup>51)-54)</sup>、ポンプ、バルブおよびダンパの開発あるいは特性解析に関するものがそれぞれ1件ずつ<sup>55)-57)</sup>であった。機能性流体は実用レベルを着実に上げつつあり、特に固有特性を応用した機器開発が多く報告されるなど、今回のOS「実用を意識した液圧技術と制御」の中心的役割を果たすトピックスであった。

#### 参考文献（7件）

- 51) 大野 学, 池田 茂, 伊藤周三(東京都立産業技術高等専門学校), 泉 俊之, 加藤重雄(日本工業大学), “気液相変化マイクロアクチュエータの基礎特性と応用例”
- 52) 赤松雄貴, 中村太郎(中央大学), “機能性流体を用いた柔軟関節マニピュレータの開発”
- 53) 竹村研治郎, 横田眞一(東京工業大学), 枝村一弥(新技術マネイジメント), “ECFマイクロ人工筋アクチュエータの駆動特性”
- 54) 工藤 周, 三井和幸, 寺坂澄孝, 小柳拓也(東京電機大学), 黒田真一(群馬大学), 阿部 洋(防衛大学校), “EHD現象を応用したリニアアクチュエータの開発”
- 55) 桜井康雄(足利工業大学), 中田 毅(東京電機大学), 枝村一弥((有)新技術マネイジメント), 小林義史(㈱ディー・エヌ・ケー), “管路型ECFポンプの試作”
- 56) 佐藤克司, 向山智史, 伊原龍太, 川上幸男,(芝浦工業大学), 堀川昭芳, 塩田浩司(㈱コガネイ), “MRバルブの流量特性の検討”
- 57) 出頭 茂, Douglas F.LeRoy(ロード・ファー・イースト Inc.), “大型車両運転席の緩衝用MRダンパの開発”

## SICE-ICCAS 2006 報告

東京工業大学 精密工学研究所 川嶋健嗣

平成 18 年 10 月 18 日～21 日まで、韓国釜山の Busan Exhibition & Convention Center において SICE-ICCAS2006 が開催された(<http://sice-iccas.org/>)。これは計測自動制御学会 SICE の Annual Conference が韓国 ICASE とのジョイントシンポジウムの形を取って開催されたものである。SICE の Annual Conference は国際化を意識してすでに3年前から発表はすべて英語で実施している。今回は韓国 ICASE とのジョイントとなり、その規模は驚くほど大きなものであった。何と 24 部屋同時開催で 3 日間午前、午後、夕方に分かれてセッション発表が行われ、発表件数は 1200 件以上であった。

開催期間中は天候にも恵まれ、学会は盛況であったが、あまりに発表件数が多く、聞きたいものがぶつかってしまうケースがあったことがやや残念であった。しかし、これだけの規模であればそれは致し方ないことではある。プログラムの詳細は <http://sice-iccas.org/program/plenary.asp> をご覧頂きたいが、配布された CD-ROM で Hydraulic, Pneumatic をキーワードに検索すると、それぞれ 38 件、43 件がヒットした。その中では単に比較や参照として示しているものもあり、実際にそれらを取り上げた研究はその半分程度である。本稿では筆者が参加したセッションを中心にフルードパワー関係の研究を紹介する。

はじめに、SICE Annual Conference では毎年、慶応大学の本多敏先生、明治大学の小山紀先生、横浜国大の眞田一志先生らが中心となって、FLUCOME-J SICE という OS(オーガナイズドセッション)を開催している。今年も 21 日に 2 セッション分、合わせて 9 件の発表が行われた。その内訳は、油圧 2 件、空気圧 4 件、水圧 1 件、その他 2 件であった。これをユーザサイドから見て分類すると、アクチュエータの制御 4 件、計測 3 件、自動車関連 2 件となる。SICE ということで、計測関係の講演が多い。本 OS はメンバーが毎回ほぼ同じであり、密度の濃い議論ができる利点があるが、参加者がやや少ないことが今後の課題であると感じた。

次に、Hydraulic/Pneumatic System Control のセッションでは、油圧サーボ 1 件、空気圧 4 件の計 5 件の発表が行われた(1 件キャンセルあり)。発表者は韓国人 2 名、日本人 2 名と台湾人 1 名で国際色を感じた。研究の内容は空気圧シリンダの制御に関するもの、油圧サーボシリンダの制御に無駄時間補償を施した制御の研究、空気圧駆動アクチュエータの研究、空気圧モータの制御に関する研究であった。また、Mechatronics & Smart Actuator System のセッションでは、油圧 1 件(ダンパ)、空気圧 2 件(バルブ等)、水圧 1 件(ポンプ)の講演が行われた。さらに、Artificial Life and Humanoid Robot using Artificial Pneumatic Muscles のセッションでは、その名の通り、空気圧ゴム人工筋関係の講演が 6 件行われた。その他 Control Application in Automobile においてトランスミッションの研究発表等があった。

本学会では、19～21 日の毎日基調講演があり、また 6 件の招待講演が行われた。初日の基調講演では、筑波大学の山海教授によるパワーアシストロボットスーツ HAL を紹介する講演が行われ(図 1)、500 人以上は入れるかという広い会場に座れ切れず、立って聞く人が出るほどであった(筆者も立って聞きました)。世界的に大変注目されている研究開発であることを再認識した。また、招待講演では電気通信大学の新教授による未来の自動車像についての講演があり、興味深く拝聴した。

学会に参加してフルードパワー関連の研究について感じたこととして、油圧の発表においては、油圧

サーボ系の制御，自動車関係の研究が多かったこと，またそれらのほとんどが韓国の研究者の発表であり，日本人の発表が少なかったことが挙げられる．また空気圧に関しては，ゴム人工筋を用いたロボットの研究発表が多かったこと，触覚センサ（図 2）などに空気圧を用いた研究があるなど，予想以上に関連の研究発表があった印象を持った．

SICE は 6 部門制の体制で運営されており，その中の SI（システムインテグレーション）部門の活況が最近顕著である．本学会においても SI 部門関連の OS が数多くあり，ロボットの研究が多いと感じた．フルードパワーシステムにおいても筆者は融合（インテグレーション）は一つのキーワードであると考えており，電動との融合，ハードとソフトの融合などによって，フルードパワーシステムの新しい展開があると期待している．



図 1 ロボットスーツ HAL-5

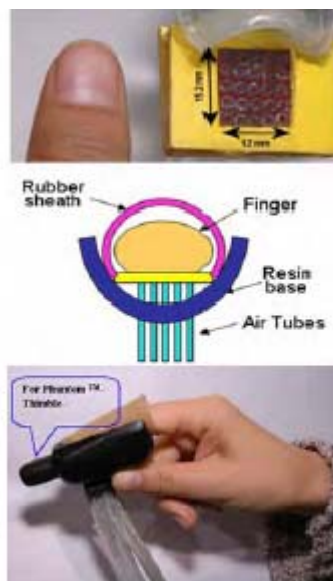


図 2 空気圧を用いた触覚センサ

Design and Psychophysical Evaluation of Pneumatic Tactile Display , Yeongmi Kim<sup>1</sup>, Ian Oakley<sup>2</sup> and Jeha Ryu<sup>1</sup>  
Department of Mechatronics, Gwangju Institute of Science and Technology , Gwangju, Korea より

# 日本機械学会第6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

2006年5月29, 30日に、ホテル松島大観荘（宮城県松島町）において、日本機械学会第6回機素潤滑設計部門講演会が開催された。本講演会は、日本機械学会の機械要素（歯車、伝動装置、アクチュエータなど）、トライボロジー、メカニズムなどの技術分野を含む機素潤滑設計部門において、年1回のペースで開催されている講演会である。今回は、基調講演を含む104件の発表があり、そのうちフルードパワーに関係するものはアクチュエータ関連の7件であった。以下、それぞれの発表内容を簡単に紹介する。

## 2. フルードパワー技術関連の発表内容

本講演会における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に関連するものであり、空気圧アクチュエータ3件、機能性流体アクチュエータ3件、その他1件であった。以下、順番に説明する。

### 2.1 空気圧アクチュエータ関係の発表

宇塚らは、実用的なニューテーションモータの開発を行っている<sup>1)</sup>。ニューテーションモータは、複数の直動空気圧アクチュエータでかさ歯車を揺動運動させ、これとかみ合う軸を固定したかさ歯車から回転運動を取り出す。本報では、出力側のかさ歯車を固定し、また1枚のダイヤフラム部品で複数の直動空気圧アクチュエータを構成する、部品点数が少なく小形化が可能な図1に示す構造を提案し、試作モータの特性実験によりその有効性を確認している。

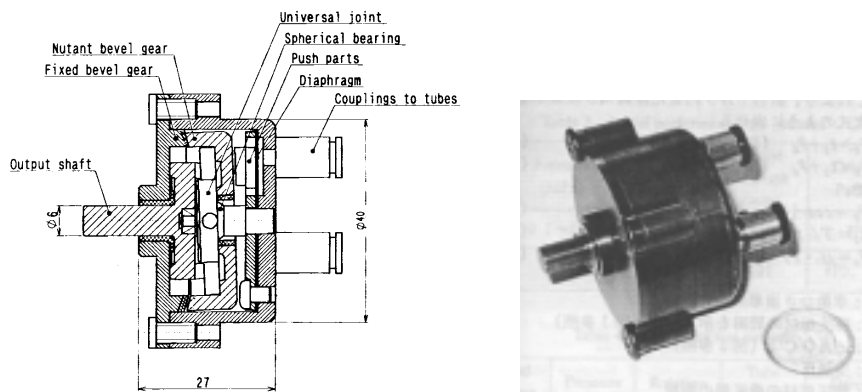


図1 ニューテーションモータ<sup>1)</sup>

岡本らは、3室マイクロ空圧ワブルモータの開発を行っている<sup>2)</sup>。空圧ワブルモータは、内歯歯車（ワブルリング）を空気圧アクチュエータ（ワブルジェネレータ）で公転運動させ、これとかみ合う歯数が少なく軸が固定された外歯歯車（ロータ）で回転運動を取り出す。本報では、微細加工技術の適用と、ワブルジェネレータの圧力室を従来の6室から3室に減じることによって図2に示す直径6mmの小形化を実現し、ハーフピッチ駆動による回転動作を確認している。

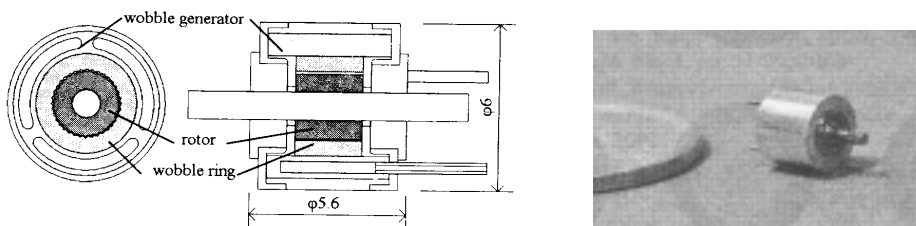


図2 3室マイクロ空圧ワブルモータ<sup>2)</sup>

宮川らは、繊維強化ゴムを用いた湾曲形空気圧アクチュエータを提案，試作し，その特性を検討している<sup>3)</sup>。提案しているアクチュエータは，図3のように，周方向の伸長を抑える繊維と，図の下部の軸方向の伸長を抑える繊維をゴムチューブに埋め込んだ構造で，空気圧印加により湾曲動作を行う。本アクチュエータの静的変形を理論的に解析するとともに，試作した長さ120mmのアクチュエータの静的湾曲角を測定し，理論解析式の妥当性の一部を確認している。

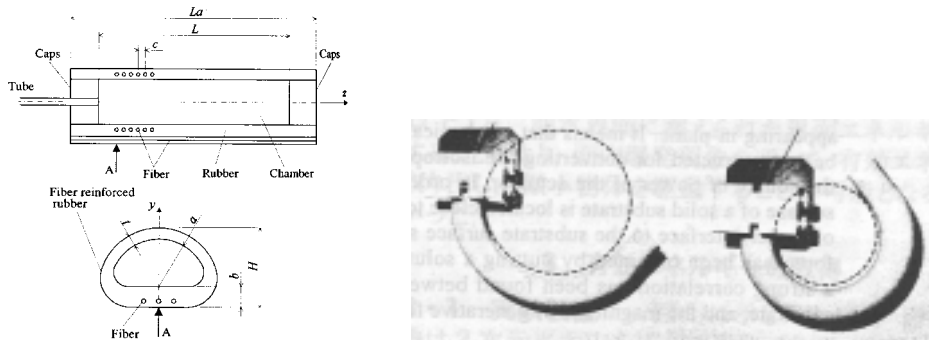


図3 湾曲形空気圧ゴムアクチュエータ<sup>3)</sup>

## 2.2 機能性流体アクチュエータ関係の発表

横田らは，電界共役流体 (ECF) を応用した DP-RE 形 ECF マイクロモータの高出力について実験的に検討している<sup>4)</sup>。ECF は，線状電極などで不均一な電界を印加すると活発な流動 (ECF ジェット) を生じる機能性流体である。本報では，ディスクプレート (DP) 形ロータに電極を配置した RE 形のマイクロモータにおいて，より不均一な電界で強い ECF ジェットが生じる知見に基づき図4のような三角形電極を提案し，特性実験によりその有効性を確認している。

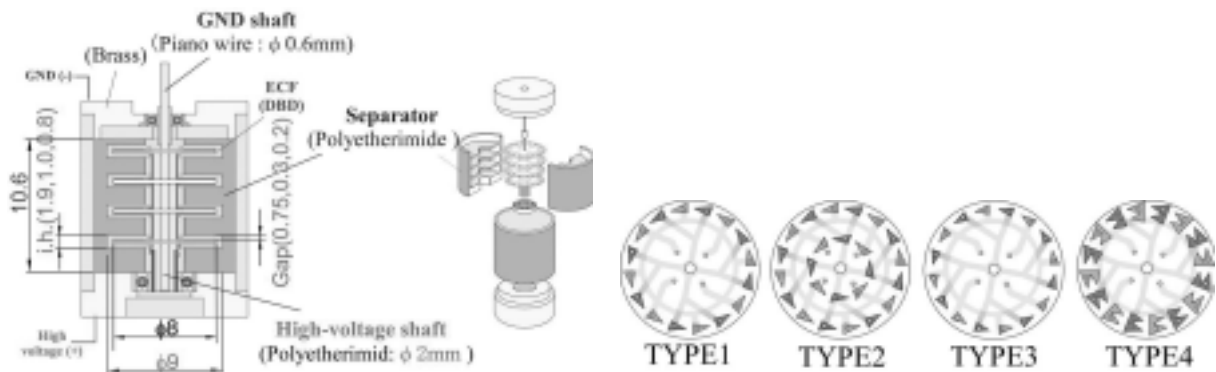


図4 三角形電極を用いた DP-RE 形 ECF マイクロモータ<sup>4)</sup>

徐らは，次世代ノート形 PC の CPU などの液冷システムのため，高出力極薄平面形 ECF ポンプの開発を行っている<sup>5)</sup>。本ポンプは，図5に示すように，電極基板による電界印加で生じた ECF ジェットにより吐出流量を得るものである。本報では，本ポンプの高出力化を図るため，図5に示すのこぎり状電極を提案，試作し，特性実験を行い，のこぎり - 弧状電極を等間隔に配置した電極構造により出力パワー密度が大幅に向上することを確認している。



図5 CPU 液冷システムのための極薄平面形 ECF ポンプ<sup>5)</sup>

吉田らは，薄膜金属ガラスを用いた集積形 ER マイクロアクチュエータの提案，試作を行っている<sup>6)</sup>。提案しているアクチュエータは，図6に示すように，残留応力がなく弾性域が広い

薄膜金属ガラスのダイヤフラム 3 個を ER バルブで内圧制御するもので、3 自由度を有する。大変位が得られるダイヤフラムの二重ドーム形状を有限要素法で求め、MEMS プロセスにより試作している（図 6 参照）。また ER バルブを試作し、その特性を実験的に明らかにしている。

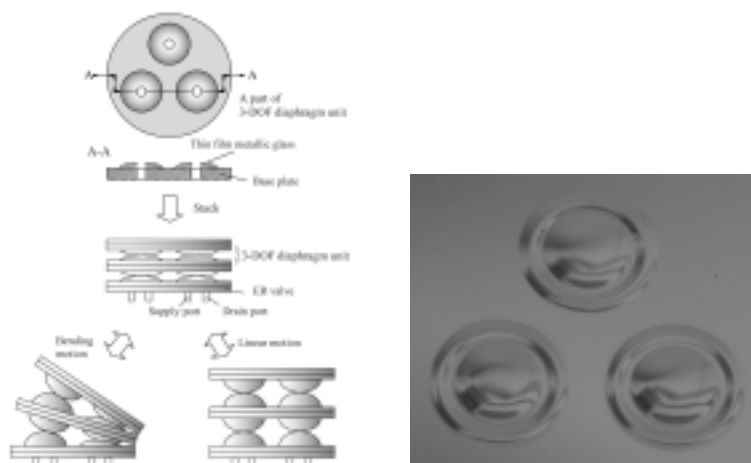


図 6 薄膜金属ガラスを用いた集積形 3 自由度 ER マイクロアクチュエータ<sup>6)</sup>

### 2.3 その他

門脇らは、マイクロリアクタや $\mu$ TAS に応用できる三方弁の開発を行っている<sup>7)</sup>。提案している三方弁は、図 7 に示すように、永久磁石製可動子を弁体としこれを電磁石で往復運動させ流路の開閉を行うもので、小形化に適した単純構造である。有限要素磁場解析に基づき設計した三方弁を試作し、その基本特性を実験的に確認するとともに、化学工学の合成において反応効率が高いとされている 2 液のスラグ流(交互流)が形成できることを実験的に確認している。

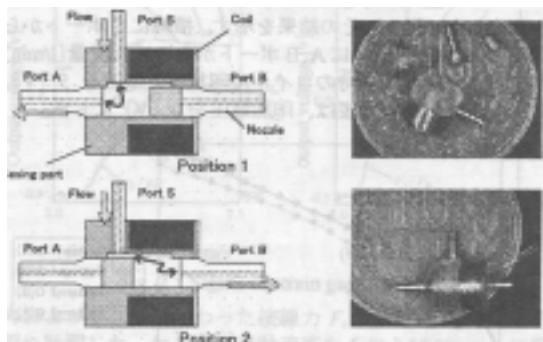


図 7 スラグ流を形成できるマイクロリアクタ用三方弁<sup>7)</sup>

### 3. おわりに

日本機械学会機素潤滑設計部門講演会は、毎年春に開催されている。2007 年は、2005 年に引き続き韓国機械学会の講演会と共同で、国際会議として 7 月に札幌において開催される予定である。フルードパワー技術に関する発表がますます増えることに期待している。

### 参考文献

- 1) 宇塚和夫, 榎本勇生, 鈴森康一: ニューレーションモータの開発(第 7 報 実用化モデルの設計と開発), 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 255-258, 2006
- 2) 岡本清秀, 鈴森康一, 神田岳文, 山田嘉昭: 3 室マイクロ空圧ワブルモータの開発, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 295-297, 2006
- 3) 宮川豊美, 戸谷公紀, 久保田裕二: 繊維強化ゴムを用いた湾曲型ゴムアクチュエータの基本動作, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 298-299, 2006
- 4) 横田眞一, 林 宏明, 竹村研治郎, 上月宏登, 枝村一弥: DP-RE ECF マイクロモータの高出力化, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 285-286, 2006
- 5) 徐 祐昔, 吉田和弘, 横田眞一, 枝村一弥: 高出力極薄平面形 ECF ポンプの開発および特性評価, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 291-294, 2006
- 6) 吉田和弘, 堀井宣孝, 秦 誠一, 横田眞一, 下河邊明: 薄膜金属ガラスを用いた集積形 ER マイクロアクチュエータ, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 287-290, 2006
- 7) 門脇信傑, 浅尾文善, 鈴森康一, 神田岳文: マイクロリアクタ用三方弁の開発とスラグ流の実施, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, pp. 261-262, 2006

## 第4回FPNI・PhDシンポジウム会議報告

法政大学・田中 豊

### 1. はじめに

2006年6月13日～16日まで、4th Fluid Power Net International 主催の第4回PhDシンポジウムが米国フロリダ州のサラソタで開催された。修士の学生とともにこのシンポジウムに参加する機会を得たので、米国の最新フルードパワー研究事情とともに、この会議の様子を報告する。このシンポジウムの大きな特徴は、世界各地で開かれる国際シンポジウムと異なり、世界中のフルードパワーに関連した研究を行う PhD の学生が、各自の成果を発表することである。研究上はもちろんのこと、若手のフルードパワー研究者のインキュベーターとして教育上、大きな効果を発揮している。

初日のオープニングは大学に程近いクラシック自動車博物館（写真1）を会場に、今回の会議の委員長である Purdue 大学の Monika Ivantysnova 教授の開会の挨拶と Backe 教授夫妻、Burrows 教授夫妻、Stechi 教授夫妻、Sccavarda 教授夫妻への花束の贈呈で始まった。会場の New College of Florida の学長・Dr. Gordon Michalson 氏の歓迎の挨拶に続き、最大のスポンサーである Sun Hydraulic 社の Bob Koski 氏の挨拶では、1990年の日本での第2回油空圧国際シンポジウムの際、油空圧教育の現状と問題点を講演した時にこの PhD シンポジウムの企画を思いついたとのことで、わが学会との繋がり浅かりしものがある。



写真1 オープニングセレモニー会場

引き続いて行われた米国フルードパワー工業会（NFPA）の事務局長・Linda Western 女史の基調講演では、NFPA が 2004 年から 3 年計画で Engineering Research Center for Compact and Efficient Fluid Power（通称 ERC）という研究センターのプロジェクト構想が立ちあがり、工業会や政府（NSF 全米科学財団）からも支援を得て、総額 2 千万ドル（約 25 億円）の予算で、フルードパワーシステムの「高効率」、「小形化」、「騒音・コンタミ」の 3 本柱のテーマで公募研究を実施し、厳選された 7 つの大学（ミネソタ大学、イリノイ大学、ジョージア工科大学、パデュー大学、バンダーベルト大学、ミルウォーキー大学、ノースカロライナ州立大学）からの提案のテーマで研究と教育が進められているとのことであった。資金のうち 1 千 5 百万ドルは NSF（全米科学財団）、3 百万ドルは企業、3 百万ドルは核となる 7 つの大学からそれぞれ出資される。これにより、7 大学から年間 40 名のフルードパワー研究の卵の若手研究者が養成されているところである。詳しくは次の NFPA のホームページのレポートを参照いただきたい。

<http://www.nfpa.com/Education/PDF/ERC%20Special.pdf>

ついに米国もフルードパワー研究の衰退とその重要性に気がつき、本腰をいれてフルードパワー教育研究のてこ入れに力を入れ始めた。今後の日本のフルードパワー工業会やフルードパワーシステム学会の取り組みに期待したい。またこのときの縁で、ERC のディレクターでミネソタ大学・Kim A. Stelson 教授を 7 月中旬、東京にお招きし、「米国のフルードパワー教育・研究の現状と

ERC について」の特別セミナーを開催した。このセミナーの詳細については、ホームページ上に解説記事を掲載する予定である。

Linda 女史に続き、アーヘン工科大の Wolfgang Backe 教授の基調招待講演「On the History of Fluid Power」が行われ、フルードパワー技術に関する歴史的な発展の経緯が概観された。

オープニングセレモニーに引き続き、ウェルカムレセプションが同じクラシックカー博物館内で行われた。カーマニアにはたまらない、往年のアメ車が所狭しと並んだ会場で、ビールの小瓶を片手に、明日からの会議を控え、多くの参加者と交流した。



写真2 会場の正面玄関にて

## 2. 会議

会議は3日間にわたり、フロリダの日差しが降り注ぐ New College of Florida キャンパスの会議場（写真2）で行われた。表1に示す9テーマ毎に10のセッション（一部テーマが重複している）が設けられ、たいへん興味深い発表と内容の濃い質疑応答が繰り返された。特に質疑応答には多くの時間を割き、フルードパワーの名だたる教育研究者たちが、矢継ぎ早に鋭い質問を投げかけ、さながら博士論文の発表審査会の様相であった。写真3にセッションの様子を示す。発表論文は全部で14カ国から45件で、参加国別の内訳を表2に示す。以降ではセッションごとに全ての発表論文を紹介する。

表1 セッションタイトル

Session 1	Energy Efficient Hydraulic Systems
Session 2	Tribology and Fluids
Session 3	Design of Pumps and components
Session 4	Simulation and Control
Session 5	Condition Monitoring
Session 6	Fluid Power in Mobile Application
Session 7	Valves
Session 8	Systems and Control
Session 9	Pneumatics
Session 10	Design of Pumps and Components

### 2.1 油圧システムのエネルギー効率

このセッションでは、5件の発表があった。スウェーデンの Linköping 大学の Kim Heybroek<sup>1)</sup>は、ホイールローダーの油圧システムの省エネルギーについて、可変ポンプ・モータと4つのオンオフ切換弁を組み合わせたオープン回路を提案し、シミュレーションにより20~30%の省エネ効果が期待され、実験室レベルの模擬実験で切換のタイミングのスムーズさを確認した。

中国の Zhejiang 大学の Zhang Bin<sup>2)</sup>は、油圧エレベータの駆動に、原動機（電気モータ）の回転数制御と回生エネルギーをアキュムレータの蓄積して使用するアシスタント油圧源の併用により、試験機でエネルギー消費が70%に減少したことを確認している。

デンマークの Aalborg 大学の Hendrik C. Pedersen<sup>3)</sup>は、分散油圧アクチュエータシステムへのパワーの配給をマネジメントするため、

表2 参加国内訳

Poland	8
Finland	6
USA	5
Germany	5
Japan	5
Sweden	4
France	2
Austria	2
Italy	2
China	2
Czech Republic	1
Denmark	1
Canada	1
Iran	1
Total	45

消費燃料の最適化と最適効率での運転，エネルギーの最適配分を目的として，5つの制約式（速度，トルク，パワー，圧力，流量）の元で評価関数を最適にするアルゴリズムを制御系に導入することを提案し，シミュレーションでその効果を確認している。

スウェーデンの Linköping 大学の Bjorn Eriksson<sup>4)</sup>は，ホイールローダーの油圧システムの省エネルギーのため，2つのオンオフ切換弁独立に駆動し，エネルギーロスを低減する手法を提案し，実験装置で4つの動作モードに対して，25%～60%の省エネ効果が期待できることを確認している。



写真3 会議の様子（中央は司会のモニカ女史）

カナダの Saskatchewan 大学の Shu Wang<sup>5)</sup>は，油圧アクチュエータの制御に外乱のオブザーバとフィルタの代わりにスライディングモード制御器とフィルタを用いることを提案し，コントローラ設計の理論と簡単な実験装置により制御器の妥当性を検討している。

## 2.2 トライボロジーと作動油

このセッションでは5件の発表があった。ポーランドの Gdansk 工科大学の Pawel Sliwinski<sup>6)</sup>は，500cc/rev の遊星歯車型油圧モータの潤滑特性について，4種類の高含水作動油で試験を行い，摩擦特性を測定している。

オーストリアの Johannes Kepler 大学の Norbert Gstottenbauer<sup>7)</sup>は，新たに開発した電気粘性流体（MR 流体）ベアリングのスクイズモードの特性を実験的および理論的に検討している。またこのベアリングを圧延ラインへ応用することを検討している。

ドイツの Aachen 工科大の Oliver-Carlos Gohler<sup>8)</sup>は，新しく開発した生分解性作動油の低温における経年劣化特性を実験的に検討している。作動油の動作対象は工作機械とのことである。

ポーランドの Cracow 工科大の Mariusz Domagala<sup>9)</sup>は，油圧制御弁（剛体）の動きを運動方程式として組み込み，流れのシミュレーションと連成させることにより，弁の運動に従って流れが変化する様子を数値シミュレーション解析した。弁形状やバネ定数の最適化など設計に利用できる。

ドイツの Braunschweig 大学の Julia Lechnitz<sup>10)</sup>は，空気を含む油のフォーミングを試験する装置と試験方法に関する提案と検討結果を報告している。

## 2.3 ポンプと要素の設計

2つのセッションで合計8件の発表が行われた。米国の Purdue 大学の Changchun Huang<sup>11)</sup>は，次世代のピストンポンプにおける微小振動現象を明らかにするため，弾性変形を考慮したモデルを導入し，数値解析によりその妥当性を検討した。しかし，別途行った実験との比較は芳しいものではなかった。

ポーランドの Wroclaw 工科大学の Greczanik Tomasz<sup>12)</sup>は，油圧用内接歯車ポンプの設計パラメータについて検討している。また同じ大学の Piotr Antoniak<sup>13)</sup>は，Hydral の Gerotor Pump の特性と設計パラメータの詳細を，実験と解析により検討し，両者の結果が良く一致することを明ら

かにしている．またその結果を受け，シミュレーション解析で設計の最適化を行っている．

米国の Purdue 大学の Ganesh Seeniraj<sup>14)</sup>は，流量変動に起因する騒音と筐体の振動に起因する騒音の両者を抑え，吐出効率を最大にするアキシアルピストンポンプの最適設計について，シミュレーションソフトウェア CASPAR を用いて検討している．しかし要素の最適化だけでは流体騒音は低減できないことが指摘された．

フィンランドの Tampere 工科大学の Janne Uusi-Heikkilä<sup>15)</sup>は，1本のピストンからなる油圧用ラジアルポンプの脈動特性について検討している．

米国の South Florida 大学の Andy Borja<sup>16)</sup>は，複雑な流路形状を持つマニホールドの流量損失係数 K について検討し，ボールエンドドリルの加工が最も良いこと，流路の交差角度は 90 度より大きいほうが良いこと，90 度以下の場合には低い流量に限るべきであること，などの実用的な結果が指摘されている．

ポーランドの Cracow 工科大の Piotr Kucybała<sup>17)</sup>は，ブラダ型とピストン型のアキュムレータのエネルギー効率について検討している．また同じく Wroclaw 工科大の Michal Banas<sup>18)</sup>は，ポンプと速度調整器とモータの機能を有する複合機能型 HST (MHM) について，その重要な構成要素である歯車機構と回転スプール機構の数学モデルが導出され，実験結果との比較を通じて，その妥当性が明らかにされている．

## 2.4 シミュレーションと制御

このセッションでは 4 件の発表が行われた．中国の Harbin 工科大の Jiang Dan<sup>19)</sup>は，キャピテーションと液柱分離のモデル化を行い，有限差分法を用いて管路系の圧力の過渡応答をシミュレーションし，実験との比較を通して，モデル化の妥当性を検証している．

横浜国大の Nozomi Toyoda<sup>20)</sup>は，カム無しでエンジン噴射弁を開閉する電気油圧アクチュエータの高速駆動に関する研究について述べている．3 方弁を用いて，複合パルス制御手法により，2100rpm のエンジンスピードに対し，弁開閉時間 19ms を実現した．

ポーランドの Cracow 工科大の Artur Gawlik<sup>21)</sup>は，LPG 自動車用の水圧システムのシミュレーション用数学モデルについて検討している．この自動車は，時速 11km で走行する試作車で，ロードテストを行っている．

フィンランドの Tampere 工科大の Arto Laamanen<sup>22)</sup>は，4 つのオンオフ弁で構成されたデジタル流量制御ユニットの圧力ピークのモデルシミュレーションとその対策について検討している．PCM 制御ではなく，黄金比を用いた駆動方法を検討した．

## 2.5 状態監視・測定

このセッションは 3 件の発表が行われた．スウェーデンの Linköping 工科大の Liselott Ericson<sup>23)</sup>は，2 つのマイクロフォンを用いた HST ポンプ用の新しい圧力脈動の測定方法を検討している．

フィンランドの Tampere 工科大の Tomi Krogerus<sup>24)</sup>は，油圧システムの稼働状況を遠隔地でモニタリングするシステムにおいて，ニューラルネットワークを用いて自己診断用マップを作成する手法を提案し，パイロット制御型比例スプール弁とシリンダからなる実験システムでその妥当性を検証している．また同じ大学の Lauri Siivonen<sup>25)</sup>は，フェールセーフ機構を持つ信頼性の高い

5つのオンオフデジタル制御弁を用いたPCM制御システムについて報告している。

## 2.6 移動体のフルードパワー応用

このセッションでは6件の発表が行われた。ドイツのBraunschweig工科大のAndreas Schuhmacher<sup>26)</sup>は、建設機械用HSTのシミュレーションを、機構解析ソフトADAMSと制御系ソフトMatlab/Simulinkを用いて行い、ステアリングをきった時の車体のピッチとヨー方向の角速度を、シミュレーションと実験で比較し、一致することを確認している。

フィンランドのTampere工科大のJarno Uusisalo<sup>27)</sup>は、建設機械のバケットを水平に保ち安定して制御するために、DSPを用いたPWM制御に不感帯を持つ比例制御とフィードフォワード制御を付加し、安定性の向上を図った結果が述べられた。また同じ大学のOtso Karhu<sup>28)</sup>は、インテリジェントな油圧ショベルをコンパクトに開発するため、PIC・MC56F83322とCAN Bus、PWM制御からなるシステムを開発した。

東京工科大のHamad Karki<sup>29)</sup>は、フィールド作業用走行ロボット「アルマジロ」の段差を乗り越えるための前リンクローラのチルト機構の開発結果について述べている。

スウェーデンのLinköping工科大のPar Degermann<sup>30)</sup>は、縦列駐車を全自動で行う油圧駆動パワーステアリングシステムの開発結果について述べている。

法政大学のToshifumi Kobayashi<sup>31)</sup>は、油中の気泡を効率よく除去する気泡除去装置の内部流れの数値シミュレーションと建設機械に搭載したフィールド試験の実験結果について述べられている。従来のモデルに比べ放気管路を追加したモデルによる解析結果から、最適形状パラメータが予測された。また気泡の除去が建設機械のタンク内油温の上昇を抑制することが確かめられた。

## 2.7 制御弁

このセッションでは5件の発表が行われた。オーストリアのJohannes Kepler大学のBernhard Steiner<sup>32)</sup>は、油圧制御弁の概念設計を支援するCADシステムの考え方と、そのシステムの開発結果及び制御弁への適用結果について述べている。

ドイツのAachen工科大のKristof Schlemmer<sup>33)</sup>は、比例スプール弁のスプールスリーブ間の隙間流れについて、二次元レイノルズ方程式を用いてモデル化し、有限差分法により解析を行った。スプール弁形状の歪みや溝形状、溝の数などが漏れ流量や横方向荷重に与える影響について検討している。

米国のGeorgia工科大のAmir Shenouda<sup>34)</sup>は、4つの制御弁を、いわゆるメーターイン・メーターアウトで独立に制御し、1つの油圧シリンダをキャビテーションが起きないように駆動するシステムを従来のスプール比例制御弁方式と比較し、その性能をシミュレーションにより評価している。

イタリアのBari工科大のBruno Simone<sup>35)</sup>は、透明なスプールバルブモデルを用いて、レーザー流速計(LDV)や粒子画像流速計(PIV)により、バルブ内の流れの様子を測定している。

イランのTabriz大学のS. Mahdi Hashemi<sup>36)</sup>は、電気油圧比例制御弁のオリフィス流れを粘性乱流モデルでCFD解析し、速度場や圧力分布、流量特性などを明らかにしている。またシステムモデルを同定するために自動後退外因性モデル(auto-regressive exogenous model)を導入し、数値解析結果と同定したモデルの結果とを比較している。

## 2.8 システムと制御

制御に関するセッションの発表は4件と比較的少なかった。防衛大学の Hiroshi Katoh<sup>37)</sup>は、ディザ信号を用いてモデルを同定するニューラルネットワーク制御器により、回転型電気油圧サーボ系の位置決め制御の性能向上を図った結果について報告されている。

米国の Georgia 工科大の Matt Kontz<sup>38)</sup>は、建設機械のリフトとバックホーの操作に、感覚提示インタフェース・PHANTOM を用い、対象物との接触感覚を感じながら遠隔操作することで作業効率が上がることを示している。

チェコの Ostrava 工科大の Petr Konarik<sup>39)</sup>は、2つの3方弁を用いて従来のアンダーラップ型サーボ弁を実現することを提案し、実験とコントローラ設計を行い、単動シリンダと複動シリンダに適用して、その特性を検討している。またポーランドの Wroclaw 工科大の Krzysztof Kedzia<sup>40)</sup>は、HST のモデル化とシミュレーションを行っている。

## 2.9 空気圧

空気圧に関するセッションも日本の会議に比べ少なく、5件のみであったが、空気圧の医療分野への応用として興味ある発表が見られた。

ドイツの Dresden 工科大の Maik Fiedler<sup>41)</sup>は、空気圧制御弁の設計とシミュレーション用モデル化にあたり、弁内の流れには CFD 解析を、ソレノイドの設計には FEM 解析を適用し、静的なモデル解析を行っている。

フランスの Laboratoire d'Automatique Industrielle の Osama Olaby<sup>42)</sup>は、2つの空気圧比例制御弁とシリンダから構成された助産婦のトレーニング用出産シミュレータについて報告している。シリンダストロークの変位センサと空気圧力センサを用いて、力追従制御と速度追従制御を行っている。

イタリアの Bari 工科大の Giuseppe Del Vescovo<sup>43)</sup>は、空気圧方向制御弁のメタルオリフィス部の圧縮流れの数値シミュレーションを k - モデルを用いて行い、流量特性を理論値と比較している。

フランスの Laboratoire d'Automatique Industrielle の Rosario de Giorgi<sup>44)</sup>は、空気圧容器からの空気の放出過程に熱伝達モデルを導入して解析している。

東京工業大学の Zhen Xiu<sup>45)</sup>は、一人の医師と複数の患者のインターネットリハビリテーション遠隔医療の可能性を探るため、インターネットの情報伝送プロトコルである TCP とローカルネットワーク用プロトコルの UDP を併用し、さらに伝達関数逆モデルを挿入した時間遅れの補償法を提案し、実験でその妥当性を確認している。

## 3. 会議中のイベント

3日間の会議中には様々なイベントが企画された。第1日目の夕方からは会場から程近い場所にある Sun Hydraulics 社の工場見学と同社主催のディナーが行われた。Sun Hydraulic 社は、この会議の最大のスポンサーでもあり、社長の Bob Koski 氏はアドバイザー組織委員会のメンバーでもある。制御弁やマニホールドを中心に大部分が軍事用と思われる油圧要素を多数製造しており、非常に活気のある油圧工場であった。

第2日目の夕刻には、サラソタ市内のレストラン・Michael's on East でガラ・ディナーパーティーが開催された。写真4はそのときの全員の集合写真である。

第3日目の午後は、若手 FPIN 会議（参加者はすべて今回の PhD 発表者）なども行われ、最後に閉会式がとりおこなわれた。閉会式では、FPNI の審査委員によりベストプレゼンテーション賞に相当する Backe Award がサスカチュワン大学の Shu Wang 氏（写真5）に授与された。また会場の玄関ホールには「感謝」の意を示す言葉が参加各国のお国言葉で表示されるなど、若手研究者を中心に、交流を深めた。

閉会式後は、参加者全員が3台のバスに乗ってフロリダビーチに繰り出し、参加者全員で米国式バーベキューパーティーが行われた。ちょうど夕日の時間とも重なり、メキシコ湾に沈む太陽を眺めながら（写真6）、夜遅くまで語り合った。

#### 4. おわりに

到着に際して嵐（今シーズンのハリケーン1号）に見舞われ、飛行機がキャンセルされ到着が大幅に遅れるなどのトラブルがあったが、会議はこうしたトラブルを忘れさせてくれる非常に行き届いたものであった。また発表する PhD 取得候補者（一部はすでに取得済み）は、レベルの差はあったものの、皆、自分のフルードパワー研究を、自信を持って語り、またその発表にベテランのフルードパワー研究者・技術者が鋭い質問やときには厳しい討論を繰り広げるなど、非常に印象の深い会議であった。

なお次回、第5回の FPNI - PhD シンポジウムは、今回発表者が最も多かったポーランドで開催される予定だとの事である。日本のフルードパワーの若手研究者や修士・博士課程の学生諸君は、ぜひ参加してほしい。

#### 参考文献

- 1) Kim Heybroek, Open-Circuit Solution for Displacement Controlled Cylinder Loads, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.27-40,2006



写真4 全員の集合写真



写真5 バッケ賞の受賞者・Shu Wang 氏



写真6 メキシコ湾の夕日

- 2) Zhang Bin, Energy Consumption Analysis of an Innovation VVVF Controlled Hydraulic Elevator, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.41-52, 2006
- 3) Hendrik C. Pedersen, Power Management in Open Circuit Hydraulic Systems, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.65-76, 2006
- 4) Bjorn Eriksson, Practical Implications in Pressure Decoupling in Separate Metering Applications, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.77-100, 2006
- 5) Shu Wang, A Combined Sliding Mode Controller and Filter, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.101-116, 2006
- 6) Pawel Sliwinski, Lubricant Property and Rolling Contact Fatigue Test of Water-In-Oil Emulsion Type FA-E and Oil Total Azolla 46 as Working Liquids in Hydraulic Systems, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.117-128, 2006
- 7) Norbert Gstottenbauer, Test Rig for an Adaptive Magneto-Rheological Fluid Bearing in Squeeze Mode Behaviour and Numerical Studies of the Load Carrying Capacity, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.129-142, 2006
- 8) Oliver-Carlos Gohler, Investigation of Low Temperature Behavior of Environmentally Compatible Hydraulic Fluids due to Ageing, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.143-150, 2006
- 9) Mariusz Domagala, Optimization of Hydraulic Components using Fluid-Solid Interaction Simulation, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.151-160, 2006
- 10) Julia Lechnitz, A New Method for Testing the Foaming Reaction of Lubricants and Hydraulic Oils, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.161-170, 2006
- 11) Changchun Huang, An Advanced Gap Flow Model Considering Piston Micro Motion and Elasto-hydrodynamic Effects, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.181-196, 2006
- 12) Greczanik Tomasz, Basics of Designing the Involute Internal Gears Applied to the Fluid Power Pump, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.205-218, 2006
- 13) Piotr Antoniak, Designing the Channels and the Inner Clearances in Gerotor Pumps, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.219-234, 2006
- 14) Ganesh Seeniraj, Noise Reduction in Axial Piston Machines based on Multi-parameter optimization, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.235-246, 2006
- 15) Janne Uusi-Heikkila, The Characteristics of the One-Piston Radial Pump with Flow Compensation Piston Mechanics, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.595-608, 2006
- 16) Andy Borja, Determination of K Coefficients for Irregular Conduit Geometries in Hydraulic Manifolds, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.609-622, 2006
- 17) Piotr Kucybala, Comparison of Piston and Bladder Hydro-pneumatic Accumulators Properties, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.623-630, 2006
- 18) Michal Banas, Theoretical and Experimental Analysis of the Multifunction Hydrostatic Machine, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.631-640, 2006
- 19) Jiang Dan, Modeling of Hydraulic Pipeline Pressure Transients with Cavitation and Gas Bubbles, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.247-254, 2006

- 20) Nozomi Toyoda, Speed-up Challenge of Electro-Hydraulic Valve Actuator for Cam-less Engine, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.255-264, 2006
- 21) Artur Gawlik, Identification of Mathematical Model of the Vehicle Water Hydraulic Drive System, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.275-284, 2006
- 22) Arto Laamanen, The Effect of Coding Method on Pressure Peaks in Digital Hydraulic System, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.285-296, 2006
- 23) Liselott Ericson, The Source Admittance Method: A New Measurement Method for Hydrostatic Pump Flow Pulsations, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.297-310, 2006
- 24) Tomi Krogerus, Applying Self-Organizing Maps to Condition Monitoring of Fluid Power Systems, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.1, pp.311-324, 2006
- 25) Lauri Siivonen, Fault Tolerance of Digital Hydraulic Valve System with Separately Controlled Flow Paths, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.331-344, 2006
- 26) Andreas Schuhmacher, A Driving Dynamics Model for Off-road Vehicles with Hydrostatic Drivetrain, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.345-356, 2006
- 27) Jarno Uusisalo, Electronically Controlled Hydraulic Bucket Stabilizer for Mobile Machine, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.357-368, 2006
- 28) Otso Karhu, Developing Intelligent Hydraulic Excavator, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.369-378, 2006
- 29) Hamad Karki, Development of Field Robot Vehicle, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.379 - 386, 2006
- 30) Par Degermann, A Full Four-Quadrant Hydraulic Steering Actuator Applied to a Fully Automatic Passenger Vehicle Parking System, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.387-396, 2006
- 31) Toshifumi Kobayashi, Experimental and Numerical Investigation for Downsizing of Oil Reservoir by Bubble Eliminator, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.397-408, 2006
- 32) Bernhard Steiner, Computer Aided Conceptual Design, a Concept Study of Fast Hydraulic 2/2-Way Seat Valves, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.409-420, 2006
- 33) Kristof Schlemmer, Effects of Geometric Imperfections and Peripheral Grooving on Gap Flow in Proportional Spool Valves, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.421-432, 2006
- 34) Amir Shenouda, Anti-Cavitation Analysis in a Four-Valve Independent Metering Configuration Controlling a Hydraulic Cylinder, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.433-444, 2006
- 35) Bruno Simone, An Experimental Investigation of the Flow Inside a Hydraulic Valve by Means of Laser Measurement Technologies, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.445-454, 2006
- 36) S. Mahdi Hashemi, A Hydraulic Proportional Valve Identification Using Computational Fluid Dynamics and ARX Model, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.455-464, 2006
- 37) Hiroshi Katoh, Improvement of Position Control Performance for a Hydraulic Rotary

- Actuator System using State Feedback Neural Network Controller with Dither Signals, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.475-484, 2006
- 38) Matt Kontz, Haptic Enhancement of Hydraulic Equipment, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.497-506, 2006
  - 39) Petr Konarik, Hydraulic Drive Control Concepts with two 3/3-Way Valves in Contrast to Classical 4/3 Valve Realization, Algorithms Synthesis and their Implementation, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.507-522, 2006
  - 40) Krzysztof Kedzia, Electrohydraulic Controller as a Hydrotronic Element of Driving System, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.523-532, 2006
  - 41) Maik Fiedler, Virtual Design of High Dynamic Pneumatic Valves, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.533-542, 2006
  - 42) Osama Olaby, Automation of a Mechanical Childbirth Simulator Using Electropneumatic Components, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.543-556, 2006
  - 43) Giuseppe Del Vescovo, CFD Analysis of a Pneumatic Valve Metering Section, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.557-570, 2006
  - 44) Rosario de Giorgi, Dynamic Thermal Model of a Discharging Process of a Pneumatic Chamber, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.571-584, 2006
  - 45) Zhen Xiu, A Study on Tele-rehabilitation Sharing System for Wrist Based on Internet, Proc. 4th FPNI-PhD Symposium, Vol.2, pp.585-594, 2006