
THE FLUID POWER SYSTEM INTELLIGENCE CENTRE

FPIC QUARTERLY

J F P S

Vol.12, No.4

2004.12



THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FPIC Quarterly Vol.12, No.4

目 次

巻頭言	金子喜久雄	1
日本機械学会関東支部・精密工学会共催 「山梨講演会」報告	大内英俊	5
第13回ロボットと人間のコミュニケーションに 関する国際会議(RO-MAN 2004)における フルードパワー応用技術の動向	則次俊郎	8
平成16年度フルードパワーシステム講演会報告 (液圧編)	伊藤和寿	10
平成16年度秋季フルードパワーシステム講演会報告 (空気圧)	川上幸男	12
平成16年秋季フルードパワーシステム講演会における 機能性流体技術研究動向	吉田和弘	16
The 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)における フルードパワー技術研究動向	吉田和弘	20
2004 IEEE International Conference on Control Applica- tion 2004 IEEE International Symposium on Intelligent Control 2004 IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design 報告	早川恭弘	24
日中フルードパワー学会 (JFPS・FTCI) 国際学術交流派遣記	田中 豊	26



巻頭言 拡大から調和への転換

情報センター運営委員 金子喜久雄

2004年、今年は実に災害の多い年でした。8月から幾つもの台風が本土に上陸して甚大な風水害をもたらし、一月前の新潟県中越地震は未だに余震の恐怖と土石流の危険などに晒されています。

地震発生のメカニズムはかなり明らかになってきているものの、いつ何処でどの程度の地震が起こるかについては未だ人智の及ばない所にあるようです。人類は有史以来数多くの科学技術を獲得して自らの生活を便利にそして豊に彩ってきましたが、これら自然の猛威の前には未だ為す術を知らない非力さを思い知らされた年でもありました。

近年異常気象が世界中で観測されています。今年の台風の多発やアメリカを襲ったハリケーンも異常気象なのでしょうか。気象庁によれば「異常気象」とは、「過去に経験した気候状態から大きく外れた気象を意味し、台風や低気圧に伴う大雨や強風などの数日程度の激しい現象から、干ばつや日照不足など数ヶ月程度の現象が含まれる。また、それぞれの地点で過去30年間に観測されなかったような値を観測した場合」とされており、気象庁が発表した2002年3月の世界の異常天候発生地域は、「アラスカから東シベリアの高温」、「日本から中国東部の高温」、「西シベリアの多雨」、「アルジェリアの高温」、「米国中西部からカナダ南部の低温」、「オーストラリア北部の小雨」など世界の10地域に及んでいます。

一方、気象に関する研究は気象衛星やスーパーコンピュータの発達により、地球規模で大気の動きや海流の変化、地球表面における熱収支などを計算して気象現象をよりの確に解析、予測することが可能になりました。その結果、自然災害をもたらす異常気象の多発は、エルニーニョ現象の出現などに代表される地球環境の様々な変化と密接に関係しているのではないかと見られています。そして地球の環境変化に影響を与えた最も大きな要因は、大気中の二酸化炭素などの温室効果ガスが増加したことによる地球温暖化であると考えられています。

太古の昔から地球は様々な環境変化に遭遇してきました。それらは、例えば火山の大噴火や隕石の衝突によって成層圏に舞い上がった塵が太陽光を遮って地球に低温化をもたらしたように、環境の変化それ自体が宇宙や地球の営みによるものでした。しかしながら、現在起こっている地球温暖化は自然現象としての環境変化ではなく、人類が自らの生活を便利にそして豊にするために良かれと思って開発した数々の科学技術によって人為的に排出された温室効果ガスによるものであることは、何とも皮肉な結果と言わねばなりません。

地球温暖化防止の取り組みとして、「京都議定書」は二酸化炭素の一定割合の排出削減を義務付け、各国に議定書の批准を求めています。二酸化炭素の排出削減は経済成長のマイナス要因になるとの思惑から、二酸化炭素の最大排出国である米国が議定書の枠組みから離脱することを表明するなど、温室効果ガスの排出削減は遅々として進んでいないのが現状です。更に世界人口の1/3強を占める中国、インドの経済発展は、今後当該国におけるエネルギー消費を飛躍的に増大させ、それに伴って排出される二酸化炭素の増加を考えると、最早温室効果ガスの排出削減は絶望的とも思われる状況に陥っています。

人類以外の生物は、それ自体が地球環境の一部として環境の自律的な調整機能によって生存が支配されてきましたが、人類はその生存を危うくする数々の地球環境の変化にも耐えうる技

術を身につけたため、人類だけがひたすらその数を増大させ、既に人類の活動は地球の自律的な調整能力の枠をはみ出した所まで拡大し、人類の活動そのものが地球環境に重大な影響を及ぼす事態となりました。

いかに人類が優れた技術を身につけたからと言っても、その水準はまだ自然の猛威の前にはいかんともしがたい脆弱なものに過ぎないことは明白です。人類は多少の気象変動には耐えられたとしても、異常気象のような大きく激しい変動には未だもって太刀打ちできないのです。このまま人類が地球環境の破壊を続ければ、そう遠くない未来において、人類の上に「天につばした報い」が降りかかることは必定です。このような危機的状況を招いたのも人類であるならば、図らずも地球の環境破壊を招いた人類の叡智を、今度はその解決に向けるのが人類の責任であり使命であると考えます。

「京都議定書」による二酸化炭素の排出削減は、地球環境修復への緊急の課題です。この課題に対して日本は大きな貢献をなし得る能力を備えています。それは日本が持っている数々の優れた省エネルギー技術です。これらの技術は、1970年代に世界を襲った石油危機の中で、一次エネルギーのほとんどを輸入原油に頼っていた日本が、その苦境をバネに生き残りをかけて開発した省エネ技術や、その後も国を挙げて弛み無く続けた省エネルギー化への努力の結晶です。

日本のエネルギー効率は世界一であり、2003年のデータでは主要先進国のエネルギー効率に対する日本のエネルギー効率は、ドイツの約1.4倍、フランスの約1.6倍、イギリスの約2倍、米国の約2.8倍、カナダの約3.9倍となっており、日本の省エネルギー技術の優秀さを物語っています。また、経済成長著しい中国のエネルギー効率は、日本の僅か1/10程度と言われており、この状況を鑑みれば、省エネルギー技術の活用によって経済発展を阻害することなく二酸化炭素の排出削減を達成することは極めて実現性の高い課題であると思われる。一例として、既に実用の域に達しているガソリンエンジンと電気モータによるハイブリッドカーは、同じ燃料で従来のガソリンエンジン車の2倍程度の距離を走行することが可能と言われており、自動車大国の米国において全ての車がハイブリッドカーに置換されたなら、米国の二酸化炭素排出量を劇的に削減することが可能になります。そして世界第二位の二酸化炭素排出国である中国においては、今後のモータリゼーションの進展に合わせてハイブリッドカーを積極的に導入すれば、自国の経済発展によって地球環境に排出される二酸化炭素の増加を軽減し、更には経済発展に伴うエネルギー不足を緩和して、石油市場の安定化や、海洋エネルギー資源の争奪戦による国際緊張の緩和にも大きく寄与するものと思われる。

二酸化炭素の排出削減が待たなしの状況にある中、省エネルギー技術が二酸化炭素の排出削減におけるキーテクノロジーであることは、日本の国際貢献の場を拡大するものとなるでしょう。更に、依然としてエネルギー資源の大半を海外に依存する日本としては、省エネルギー技術を国家の戦略技術として位置づけて、日本の政治的経済的立場の強化に資するべきものと考えます。

当面、二酸化炭素の排出削減策としては、引き続き石油などの化石燃料を主要なエネルギー源とすることを容認しつつ、エネルギー効率向上によって排出を削減するのが最も現実的な手段であると思われる。しかしながら、更に長期的な地球環境の改善・保護を考えた場合には、これだけでは全く不十分と言わざるをえません。なぜならば、石油などの化石燃料を主要なエネルギー源とする限り、対策の中に森林造成などの緑化策によって二酸化炭素の吸収手段を組み込んだとしても、現実に必要なエネルギー量を賄うためには植物の吸収量を超える二酸化炭素を排出し続けねばなりません。これでは温暖化傾向に少ばかりブレーキを掛ける程度の対処療法に過ぎないと思われるからです。

石油などの化石燃料は、数千万年から数億年の時間を掛けて植物が大気中の二酸化炭素を固

定し、地殻変動によってそれが地下に封印されたものであり、人類がその封印を解いて数十年から百年の単位でそれを消費すれば、いくら緑化に努めたとしても地球上の二酸化炭素固定能力を超えた二酸化炭素が環境に排出されることは明らかです。従って、地球環境を保全するための根本的な理念は、地球環境の自律的なバランスを越えた如何なる人為的な物質もエネルギーも加えてはならないということです。化石燃料の大量消費から脱却することが理念実現の最大の具体策になると思います。

地球環境のエネルギーバランスは、太陽から受けるエネルギーと地球が宇宙空間に放射するエネルギーの収支によって成り立っています。従って、地球環境を保全する究極のエネルギー利用法は、このエネルギー収支のサイクルに従った自然エネルギー、即ち太陽光、風力、水力、波力、潮汐力などの全面的な利用拡大にあると言えます。そして太古の太陽エネルギーの缶詰である化石燃料を使用する場合には、それが生成されたのと同じペースで消費することが肝要です。

また、原子力は地球環境のエネルギーバランス外のエネルギーであり、二酸化炭素を排出しないエネルギー源であったとしても、将来大量の原子力エネルギーが利用されるようになった場合には、その廃熱と未だに確実な処理方法が確立していない放射性廃棄物によって、地球環境が深刻なダメージを受ける恐れがあり、更には原子力システムそのものが、自己保身の前には公の正義すら犠牲にする可能性を秘めた極めて不完全な生き物に過ぎない人類が扱うにはあまりにも巨大で、一旦事故が起きた際にはその影響が計り知れぬ大きさを持っている点などにおいて地球環境にとって極めてリスクなエネルギー源と考えるべきです。

我が国政府は長年にわたり原子力の利用推進を強く提唱し、そのために莫大な国費を投入してきました。そして現在我が国発電量の31%強が原子力によって賄われているという現実を認めるとしても、将来の地球環境の保全という観点からは、国費投入の方向を自然エネルギーの利用拡大に方向転換すべき時期に至ったと言えるでしょう。また、資源エネルギー庁の広告には、「エネルギー自給率4%の我が国において、原子力を準国産エネルギーと位置づけることによって現状でもエネルギー自給率を20%程度とカウントすることが出来るので、引き続き原子力を推進してエネルギー自給率の向上を図る必要がある」との主旨と理解できる記載があります。果たして原子力は本当に準国産エネルギーと言えるのでしょうか。確かに、核燃料サイクルを確立すれば原子炉内で生成したプルトニウムは準国産エネルギーかもしれません。しかしその元になるウランは全て海外の資源に依存している以上、この記載には一寸首を傾げざるをえません。ウラン供給国が現在は政情の安定した国々であったとしても、石油と同様、国際情勢の変化や相手国の外交・貿易戦略によっては、極めて戦略的な物資に変わる可能性は否定できません。そのような不確実で取り扱いの難しい資源を国のエネルギー政策の根幹に据えるよりも、地球環境に優しく本当の純国産エネルギーと言える自然エネルギーの開発に、原子力に投入していた予算を振り向ければ、自然エネルギーの問題点とされるコストや供給の安定性、変換効率などの諸問題を解決して、地球環境の保全において大きな国際貢献になると共に、我が国の長期的なエネルギー安全保障体制が確立できるものと考えます。

地球環境に対する最大の脅威は世界人口の増加です。西暦元年ごろ約3億人と推定されている世界の人口は、産業革命前が約6億人と推定され、産業革命以後は化石燃料の大量消費により人類に生活のゆとりと便利さ、快適さを与え、それに伴いその後の僅か300年間で世界の人口は産業革命前の10倍にも増加しました。国連の推計によれば、2001年の年央に世界の人口は6億1千万人となり、その後もアジア、アフリカの途上国を中心に増え続け、2050年には9億3千万人に達するものと見られております。このことにより、食糧の不足とエネルギーの大量消費という圧力が地球環境に重くのしかかってくることとなります。地球という限られたキャパシティの中で、果たしてこれらの圧力を吸収出来るのでしょうか。現在既にエ

エネルギーの大量消費に伴う地球温暖化の問題を抱え、食料においても途上国では慢性的な飢餓に悩まされていることを考えると、地球が平穩に養える人口の限界を既に超えていることは明らかです。今後更なる人口の増加は、食料、エネルギーの争奪戦による紛争の激化と、エネルギーの大量消費がもたらす地球温暖化の加速によって、地球環境、しいては人類に壊滅的なダメージをもたらす可能性が高いと考えられます。人口の抑制は地球環境保全にとって最も重要かつ緊急の問題ですが、生物にとって最も根源的な欲求である生殖の問題をコントロールするのは容易なことではありません。有効な手段はあるのでしょうか。中国の一人っ子政策は参考になるのでしょうか。人道的な観点からも、最も有効な手段と考えられているのは途上国における女性識字率の向上と言われています。もっと世界がこの重大性を認識して、国連機関は言うに及ばず、先進国も自国の安定に安住することなく途上国に対する教育支援などに力を尽くさねばなりません。

地球のキャパシティーにはっきりとした限界が見えた以上、拡大を善とする時代は完全に終焉を迎えました。これからは地球環境の絶妙のバランスと人類がいかに調和していくかが人類にとっての最大のテーマであると考えます。

最後に日本の人口問題に触れたいと思います。

江戸時代末期に約3千4百万人程度と推定されている日本の人口は、明治以降の近代化と共に増え続け、2006年には約1億2千8百万人でピークに達し、その後は長期減少過程に入って2050年には約1億60万人程度まで減少すると予測されています。今年も少子高齢化と年金問題を絡めて将来の人口減少が大きな社会問題になりました。ほとんどの論調は人口の減少が日本の将来に暗い影を落とすというものでした。果たしてその通りなのでしょうか。私は必ずしもそうだとは思いません。

大騒ぎになった年金問題は、先輩世代を後輩世代が支えるという現在の制度が、若年人口の減少によって破綻するという制度欠陥の問題であって、自らの老後は自らが備えるとの制度に改めれば問題は解決します。人口の減少は購買力の低下につながり、日本経済が失速するとの考えも常識的ではあってもそれが全てとは思えません。GDPを保ったまま人口が減少すれば一人当りの所得は増加する計算になります。日本には人口が減ってもGDPを維持できる技術があると思います。その一つはロボット技術です。地球のキャパシティーが人口の拡大を許容しなくなった以上、環境と調和しながら人口減によって実現される夢のある未来を創造しようではありませんか。少ない人口でも豊かな社会を実現している北欧の国々などが、これからの日本の良き手本になるものと思います。

参考文献

- 1 .2002年5月22日付けWeb現代 News Web Japan「異常気象はますます進む」取材・文：草薙厚子 取材：島田健弘
- 2 .(財)日本原子力文化振興財団：原子力図面集 2002 - 2003年版「主要国のGDP当たりのエネルギー供給量の推移」
- 3 .「日本の発電電力量に占める原子力発電の割合」：経済産業省調べ2002年度実績
- 4 .経済産業省資源エネルギー庁：2004年11月24日付け読売新聞「広告」
- 5 .資源エネルギー庁：パンフレット(考えよう、日本のエネルギー「世界の人口の推移と推計」)
- 6 .(財)日本原子力文化振興財団：原子力図面集 2003 - 2004年版「世界の人口予測」
- 7 .総務省統計局：平成14年7月 国勢調査トピックス

日本機械学会関東支部・精密工学会共催 「山梨講演会」報告

山梨大学 大内英俊

本講演会は10月23日(土)に山梨大学工学部で開催された。機械工学・精密工学の全分野が対象で、今回は6のオーガナイズドセッションと一般セッションとで148件の講演があり、学生を含めて221人が参加した。「流体パワーによる駆動と制御」のセッションでは、19件の研究発表があり、活発な質疑応答が行われ盛況であった。以下に講演内容を簡単に記す。なお、講演会終了後、本セッションの参加者による懇親会を行ったのだが、その冒頭、新潟中越地震のニュースが飛び込んできたことが忘れられない。

大内らは、ノズルフラップ弁において、流体力によってフラップ変位を拡大するとヒステリシスが增大することを指摘し、共振を利用したフラップ変位検出法を提案している。

大内らは、センサスイッチと二段階の制動による空気圧シリンダの位置決めにおいて、停止位置にもセンサスイッチを配置して繰り返しの位置決め精度を向上させている。

田中らは、気泡除去装置を組み込んだ油圧タンク系において、気泡の混入と除去に伴う油の温度変化の様子を、熱収支の数学モデルを導入して定性的に検討している。

高村らは、パワーアシスト椅子におけるアシスト効果の評価を、立ち座り時の力や関節角度など力学量から定量的に行うシステムを開発し、有効性を確認している。

大内らは、積層圧電素子とピストンによって流体を噴射する方式のポンプを提案し、ノズル径などの設計パラメータについて検討し、出力ヘッドと流量との関係を示している。

吉田らは、積層圧電素子を利用し、二つのチェック弁が一体化されたスプール弁を共振駆動し、それを応用したマイクロポンプを試作し、そのポンピング特性を検討している。

吉田らは、柔軟構造のERバルブを提案試作してその剛性と静特性について検討したうえで、フレキシブルERマイクロアクチュエータを提案し、柔軟性や動作性能を示している。

吉田らは、MR流体を弁体としたバルブおよび管路慣性を利用したポンプを、ベローズ形アクチュエータと組合わせたマイクロシステムを構築し、その特性を明らかにしている。

関らは、油圧回路と電気回路の相似性について考察し、スイッチング制御におけるマニフォールドの形状の重要性を指摘し、球形マニフォールドの概念を示している。

伊東らは、油圧スイッチング制御におけるHammerの概念について言及し、圧力変換の効率を評価し、変速機としての効率は広い変速比範囲で95.5%以上であると報告している。

宮本らは、建機用HSTにおいて、ワンボードマイクロコンピュータを用いたPI制御コントローラの適用を目指し制御器を構築し、HILS技術によってその有効性を確認している。

一柳らは、フィールドロボットMr. Armadilloの遠隔無線操縦システムの開発を行い、その車両概要およびシステム構成が紹介し、X軸移動制御の実験結果を報告している。

一柳らは、全地形突破性能を備えた小型の地雷探査・処理ロボットを開発し、段差突破機構の設計、インパルス銃による表土飛散と地雷無効化実験などを報告している。

鈴木らは、6自由度の平行リンクのエンドエフェクタが傾いた状態にあるとき、ほぼその場で一瞬のうち水平な姿勢にする制御方法と実験結果について報告している。

鈴木らは、剛性が十分でない基盤上にある位置決め制御系について検討し、シヨベルのヘッ

ドを駆動してシステムが持続振動を起こすことがあることを実験で確認している。

横田らは、ECF マイクロジャイロ実現の第一歩として ECF マイクロジャイロモータを試作し、モータ内部形状が回転特性に与える影響についての実験結果を報告している。

阿部らは、ECF ジェットにより発生する圧力を利用したチューブ形マイクロアクチュエータを実現し、それを利用したマイクロフィンガを試作した結果について報告している。

横田らは、CPUの液冷システム用に、ECFを利用した平面形ポンプの提案、試作を行い、実験によって得られたポンプの負荷特性をはじめとする基礎特性を報告している。

竹村らは、ECFを用いてシリコンチューブを収縮させるゴムチューブタイプのマイクロ人工筋を提案、開発し、ジェット発生圧力、駆動特性などの実測結果を報告している。

大内英俊 / 浅野広太郎 / 長田佐 Asano,K. | ノズルフラップ弁の流体力補償に関する研究 (圧電フラップのヒステリシス低減について) | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp227-228 | 2004 | Nozzle Flapper Valve ノズルフラップ弁 / PZT Actuator PZT アクチュエータ / Hysteresis ヒステリシス ||

大内英俊 / 鈴木泰輝 / 長田佐 Suzuki,Y. | センサスイッチによる空気圧シリンダの位置決め (停止位置の検出についての検討) | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp229-230 | 2004 | Pneumatic 空気圧 / Cylinder シリンダ / Positioning 位置決め / Sensor Switch センサスイッチ ||

田中豊 / 石田祐樹 / 鈴木隆司 Ishida,Y. | 気泡記法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) | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp231-232 | 2004 | Bubble eliminator 気泡除去装置 / Hydraulic system 油圧システム / Oil reservoir 油圧タンク / Vibration 振動 ||

高村友如 / 真田一志 Takamura,T. | パワーアシスト椅子におけるアシスト力の測定に関する研究 | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp233-234 | 2004 | Pneumatics 空気圧 / Power Assist パワーアシスト / Measurement 測定 / Chair 椅子 ||

大内英俊 / 保阪友宏 / 長田佐 / 和田迫鉄矢 Hosaka,T. | 圧電噴射ポンプに関する基礎的研究 第1報 噴射方式の提案 | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp235-236 | 2004 | PZT Actuator PZT アクチュエータ / Jet pump ジェットポンプ ||

吉田和弘 / 渡邊幸太郎 / 横田真一 Watanabe,K. | 共振駆動スプール弁を用いた圧電マイクロポンプ | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp237-238 | 2004 | Micropump マイクロポンプ / Micromachine マイクロマシン / Actuator アクチュエータ / Resonance drive 共振駆動 / Spool valve スプール弁 / Piezoelectric actuator 圧電アクチュエータ ||

吉田和弘 / 小木曾太郎 / 横田真一 Ogiso,T. | 均一系ER流体を用いたフレキシブルERマイクロアクチュエータの提案 | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp239-240 | 2004 | Actuator アクチュエータ / Flexible actuator フレキシブルアクチュエータ / Homogeneous ER Fluid 均一系ER流体 / Microvalve マイクロバルブ / Micromachine マイクロマシン ||

吉田和弘 / 鄭淵午 / 横田真一 Jung,Y. | MR流体を用いたマイクロ流体制御システム | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp241-242 | 2004 | Micromachine マイクロマシン / Actuator アクチュエータ / Microvalve マイクロバルブ / Micropump マイクロポンプ / MR (Magneto-Reological) Fluid MR(磁性)流体 ||

関純子 / 伊東孝彦 Seki,S. | 流体と電子伝送回路に於ける類似性 | 山梨講演会講演論文集 | no.040-4, pp243-244 | 2004 | Active circuit 能動回路 / Passive circuit 受動回路 / Lumped element 集中要素 / Distributed element 分布要素 ||

伊東孝彦 / 関純子 Itoh,T. | 油圧スイッチング制御の振動と損失の解析 | 山梨講演会講演論

文集 |no.040-4,pp245-246|2004| Oil hammer 油撃 / Fluid Switching Transmission 流体スイッチング制御 / FST 流体スイッチング制御 / Flywheel covered with Floating Shrouds 浮動シュラウドを備えたフライホイール ||

宮本祐介 / 真田一志 Miyamoto,Y. |HILSを活用したHSTのデジタル制御に関する研究|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp247-248|2004| Fluid Power System フルードパワーシステム / Digital Control デジタル制御 / Hydro-Static Transmission 制圧形流体伝動装置 / Hardware in the Loop Simulation hardware-in-the-loop-simulation ||

一柳健 / 山下俊公 / 寺門哲夫 Terakado,T. |アドバンスド車両の無線制御|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp249-250|2004| Remote-control 遠隔制御 / Wireless Lan 無線ラン / 4 wheel steering 四輪操舵 ||

一柳健 / 清水克彦 / 中里謙一 Nakazato,K. |地雷探査・処理ロボットの研究開発|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp251-252|2004| Mine Detecting 地雷探査 / Soil Dispersion 表土飛散 / Detecting & Demining Robot 地雷探査・処理ロボット ||

鈴木勝正 / 蔭山貴之 Kageyama,T. |油圧サーボシリンダを用いた6自由度パラレルリンク機構の制御に関する研究|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp253-254|2004| Electrohydraulic 電気油圧 / Parallel link パラレルリンク / End effector エンドエフェクタ ||

鈴木勝正 / 小林勇太郎 Kobayashi,Y. |油圧サーボシリンダを用いた6自由度パラレルリンク機構の制御に関する研究|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp255-256|2004| Hydraulic Actuator 油圧アクチュエータ / Construction Machinery 建設機械 / Servomechanism サーボ機構 / Positioning 位置決め / Laser Displacement Sensor レーザ変位計 ||

横田眞一 / 西澤竜太 / 竹村研治郎 / 枝村一弥 Nishizawa,R. |電解共役流体(ECF)を用いたマイクロジャイロの開発|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp257-258|2004| Micro Motor マイクロモータ / ECF 電解共役流体 / Dielectric Fluids 電気双極子流体 / Jet-flow ジェット流 / Functional Fluid 機能性流体 / Micro Gyroscope マイクロジャイロ ||

阿部竜太郎 / 横田眞一 / 竹村研治郎 / 枝村一弥 Abe,R. |ECFジェットによる発生圧力により駆動されるマイクロマニピュレータ|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp259-260|2004| Micro manipulator マイクロマニピュレータ / ECF 電解共役流体 / Dielectric fluid 電気双極子流体 / Jet Flow ジェット流 / Pressure 圧力 ||

横田眞一 / 徐佑昔 / 吉田和弘 / 枝村一弥 Seo,W. ||山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp261-262|2004| Electro-Conjugate Fluid (ECF) 電解共役流体 / ECF Pump ECF ポンプ / Planar Pump 平面形ポンプ / Liquid Cooling System 液冷システム / Electronic Chip Cooling 電子チップ冷却 ||

竹村研治郎 / 石川裕一 / 横田眞一 / 枝村一弥 Ishikawa,Y. |ECFを駆動源とするマイクロ人工筋の開発|山梨講演会講演論文集 |no.040-4,pp263-264|2004| Artificial muscle 人工筋肉 / Electro-Conjugate Fluid (ECF) 電解共役流体 / Functional Fluid 機能性流体 / Microactuator マイクロアクチュエータ ||

第13回ロボットと人間のコミュニケーションに関する国際会議 (RO-MAN 2004)におけるフルードパワー応用技術の動向

岡山大学 則次俊郎

1. はじめに

2004年9月20日～22日に岡山県の倉敷アイビースケアにおいて、13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2004)が開催された。本会議は日本で始められた人間とロボットのコミュニケーションに関する国際会議であり、フランス(2001)、ドイツ(2002)、アメリカ(2003)での開催を経て、2004年に日本で開催された。実行委員長は岡山県立大学の渡辺富夫教授が務め、筆者は副実行委員長を仰せつかった。会議は10のオーガナイズドセッションと12の一般セッションから構成され、15カ国から113件の論文が発表された。

筆者は、「ウェアラブルパワーアシストロボット」のセッションをオーガナイズした。本セッションにおいて、空気圧技術を応用したデバイスやロボットに関する研究成果が報告された。本稿では、それらの内容を簡単に紹介する。

2. ウェアラブルパワーアシストロボットへの応用

「ウェアラブルパワーアシストロボット」のセッションでは、文末に示す7件の論文が発表された。このうち、2)を除くすべての研究において空気圧が利用されている。

1)は、マッキベン型空気圧ゴム人工筋を装具に取り付けることにより肩部のパワーアシスト装置を開発している。小型制御弁なども同時に開発されており、「マッスルスーツ」として完成度の高い研究である。3)では空気圧シリンダを用いた膝部装着による歩行支援装置が開発されている。歩行動作と支援装置のタイミングを合わせるためサンダルにロードセルを取り付けたセンシングシステムが提案されている。4)では、著者らが開発したフレキシブル空気圧シリンダをウェアラブルパワーアシスト装置へ応用することを目的として、これを駆動するための小型制御弁が開発されている。複数のアクチュエータを一つの弁で制御できるマルチポートタイプの制御弁が提案されている。5)では、独自に開発した湾曲型空気圧ゴム人工筋を手袋に取り付けることにより、パワーアシストグローブが開発されている。日常生活における基本動作のすべてに対応できることを示すとともに、装着者の呼吸を利用した制御システムの有効性が示されている。6)では、空気圧アクチュエータを用いた全身型のパワーアシストスーツのセンシングと制御システムについての研究成果が報告されている。装着者とのコミュニケーションを図るための筋肉硬さセンサや空気圧ロータリアクチュエータの基本特性が調べられ、それらの有効性が示されている。7)では、独自に開発された空気圧アクチュエータの基本特性とそれらの肘部および膝部パワーアシスト装置への応用が提案されている。独創性の高い研究であり、小型・軽量のパワーアシスト装置が早期に実現できる可能性がある。

3. おわりに

空気圧アクチュエータの小型・軽量および柔軟な特性は、身体に装着して使用する装置や機器の駆動に適している。今後、人間とロボットのコミュニケーションシステムにおいて空気圧技術がその本領を発揮できるものと考えられる。

- 1) H. Kobayashi, Y. Ishida and H. Suzuki: Realization of All Motion for the Upper Limb by a Muscle Suite
- 2) T. Hayashi, T. Tanaka and Q. Feng: Smart Power Suit with Variable Stiffness Mechanism
- 3) M. Mineo, O. Oyama and T. Yoshimitsu: Development of Pneumatically Assist Walking System
- 4) T. Akagi and S. Dohta: Development of Small Sized Multi-port Pressure Control Valve for Wearable Actuator
- 5) D. Sasaki, T. Noritsugu, M. Takaiwa and H. Yamamoto: Wearable Power Assist Device for Hand Grasping Using Pneumatic Artificial Rubber Muscle
- 6) K. Yamamoto, M. Ishii, H. Noborisaka and K. Hyodo: Stand Alone Wearable Power Assisting Suit- Sensing and Control Systems
- 7) H. Tsukagoshi, K. Shirato, M. Ido and A. Kitagawa: Tail-arm: A wearable unit to stimulate exercise

平成 16 年度フルードパワーシステム講演会報告（液圧編）

上智大学 伊藤和寿

平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会（11 月 18-19 日；メモリアルプラザ高知商工会館）では、液圧に関する 18 件の講演が行われた。以下に学術講演の内容の概略を報告する。

住本らは、kidney system と呼ばれる、潤滑油および工場用水の汚れを浄化するシステムを開発し、これを油圧機器の作動油の清浄装置に応用した場合の実験結果の報告を行った。他の清浄装置との比較についても言及している。

越智らは、チャック軸の動作完了時のサージ圧力低減化、チャック圧力低下対策および時分割制御時の圧力供給停止時間の短縮が可能となる NC 旋盤用の油圧システムを開発し、実験によりその有効性を示した。

石田らは、作動油内の気泡除去装置の内部流れについて二相流解析を行った。流量が流れ場の挙動、気泡の流跡線に与える影響を検討することにより、流量が大きいほど気泡はより上流側かつ中心軸側に集められ、気泡除去率が向上することを明らかにした。

柳田らは、電荷注入式静電フィルタの原理を応用し、性能に及ぼす力学的因子の影響を解析した。流量が小さく流速が遅いところでは突起電極の突起先端に対抗する場所に盛り上がるように粒子が捕捉されているが、流量流速ともに大きくなるとアース電極面全体にわたって捕捉されることが示された。

原口らは、油圧サーボモータ系に対して状態フィードバックニューラルネット(NN)補償器を実装した複合制御系を構築し、これが状態フィードバック補償器単体よりも高い位置決め性を有し、かつ負荷トルクなどの外乱にもロバストであることを実験により検証した。

保坂らは、逆噴流を利用する方式により積層圧電アクチュエータにおいて、チェック弁を用いない簡略な構造を有するポンプの特性を支配するパラメータを検証した。

一柳らは、自励振動法を用いたパラメータ油圧システムのパラメータ推定に必要な振幅補正係数と周波数補正係数を、記述関数法を導入することで解析的に求めた。また実機においてもオンラインで動的パラメータを取得でき、実時間同定が可能であることを示した。

齋藤らは、油圧シヨベルなどで使用されているタンデム型斜板式ピストンポンプの実稼動時の構造振動を有限要素法により解析し、振動モードを明らかにした。同時に騒音の直接的な原因となる種々の影響も定量的に検討した。

田中らは、キャビテーションの抑制および静特性の向上を目的として、主弁およびパイロット弁を2段絞りとし、供給圧力を直接パイロット弁で検知する構造の水圧リリーフ弁を設計製作した。さらに静特性実験結果も示した。

上條らは、流量調節絞りの下流にキャビテーションの抑制を目的とした2段絞り型の圧力補償弁を配置した水圧用流量調節弁を設計製作した。製作された弁の静特性は、調整可能流量の下限が 3L/min、調整可能圧力の下限は 1.5MPa であることが示された。

本田らは、水道圧に用いられる低圧制御弁の特性について実験を行い、流量特性、微小開度での振動特性を明らかにした。その際に微小開度において持続振動が発生したのを解明するために定常特性を表すモデルを導出し、実験値と比較検討を行った。

落合らは、水圧ロジック弁の開閉特性を解析するために弁体内部の圧力挙動、弁体変位、切換時間および摩擦などを考慮して数学モデルを導き、実験結果と比較検討を行った。摩擦項

には静摩擦と動摩擦を考慮したモデルを導入し、その妥当性を議論した。

塚越らは、水道圧エネルギーを利用してステップ動作を実現するモータの駆動構造を提案した。同時に高速なステップ動作を実現するための簡単な構造を有するフルイディックチューブも提案し、実験を行った。

邵らは、油圧回路内の三次元流動と制御バルブの振動との非定常連成解析手法を開発し、これをチェック弁まわりの流れの解析に適用することで、バルブ振動と流れの脈動特性の解析を行った。

田中らは、油圧系の熱解析を行うためにボンドグラフによる熱発生・熱移動モデル、有限要素法による熱伝達解析プログラム、およびこれらを連成させて解析する手法も開発した。簡単な配管系に対して計算を行うことで、開発されたプログラムの有効性を示した。

富岡らは、A法を用いて非定常3次元電場解析プログラムを開発し、定常解析における磁束密度の結果と実験値を比較してコードの有効性を確認した。同時に非定常過程において可動導体板を強制振動させる場を解析し、これにどのような力が働くかを求めた。この結果より、電磁弁の解析を行う際には、弁体に発生する渦電流の影響を無視できないことが判明した。

眞田は、スティックスリップを考慮したバネマス系、電気油圧サーボ機構、管路系の三つに対して数値的な検討を行い、十分に小さな時間刻みで実時間シミュレーションが可能であることを示した。

遠藤らは、ポンプの吐出量の変動に起因して発生する任意の油圧配管内の脈動現象を、PCレベルで定量的に解析できる数値計算パッケージを開発した。回路網理論計算を従来のインピーダンス法からマトリックス法に変更し、圧力と流量脈動を同時に求められるようにするなど、汎用化のための改良が検討された。

以上

平成 16 年度 秋季フルードパワーシステム講演会報告（空気圧）

芝浦工業大学 川上 幸男

1. はじめに

平成 16 年 11 月 18 日～19 日，高知市の高知商工会館 メモリアルプラザにおいて平成 16 年度秋季フルードパワーシステム講演会が開催された．一般の講演数が 70 件とこれまでの最大数であり，非常に盛況であった．このうち空気関係の講演は 29 件であり，以下にその講演内容について概観する．

2. 要素・機器

大内ら 1) は圧電フラップを用いた制御弁に関してフラップ変位に伴う素子電極間のインピーダンス変化を利用する方法を提案した．上原ら 2) は空気圧アクチュエータ用小型比例制御弁の開発を目指して，小型化に向けた弁の構造を考案し，マクロモデルの試作および動作確認を行った．近藤ら 3) はダイヤフラムポンプの脈動特性に注目し，実験解析した結果について報告した．風間ら 4) は圧縮機のトライポロジーに関する技術動向や研究課題を概観し，将来展望を行った．

3. 福祉系

早川ら 5) は身体保護装具であるプロテクタへの適用を想定している空気圧駆動スポンジ・コア・ソフトラバチュエータの衝撃吸収性能について検討した．米田ら 6) は介助作業等に適用可能な操作性および汎用性に優れたマスタスレーブシステムを用いたハンドシステムの開発を行っており，システムの力覚呈示に空気圧とバルーンを用いた手法について検討した．小山ら 7) は歩行システムのために歩行状態における床反力や足関節角度を測定，膝関節モーメントを算出し，床反力をタイミング決定に利用する有用性，適正アシストタイミングについて歩行解析を行った．小山ら 8) は広く共用することができる歩行装具およびセンサシステムを備えた空気圧アシストレッグを製作し，システムのハード面での汎用化を検討した．高岩ら 9) は手首部のリハビリ動作に多自由度の動作が要求されることに着目し，この動作を支援することが可能な空気式パラレルマニピュレータを用いた手首部リハビリ支援装置の開発について検討した．

4. 応用

小山ら 10) は生物の移動メカニズムを利用し，小腸も視野に入れた腸内全域を自動往復走行可能な空気圧シリンダ駆動の消化管内走行ロボットの開発について検討した．加藤ら 11) は空気圧駆動式マトリクスベローズアクチュエータの特性解析を行い，コンプライアンス制御による位置・力制御を行い，マトリクスベローズアクチュエータの力覚呈示装置への応用の可能性を評価した．大野ら 12) はマトリクスベローズアクチュエータを管径の変化に対応できるロボットの操舵機構に応用し，T 字管の分岐点を希望する方向に操舵し，走行できることを実験的に示した．小山ら 13) は高齢者，障害者，または車椅子使用者の自立移乗を支援することを目的とし，空気圧シリンダ式腱駆動 2 リンクマニピュレータを用いた介護リフトの開発について検討した．小山ら 14) は光 - 流体変換により発生する圧力をパイロット圧

として用いる光入力によるアナログサーボ弁，空気圧ロータリアクチュエータ，機械的駆動部電気信号を用いないロータリーエンコーダにより構成されたロボットアームの制御に関して検討した結果について示した．

5．制御

川嶋ら 15)は空気圧シリンダを用いたマスタースレーブシステムにおいて，マニピュレータのダイナミクスに非線形な摩擦モデルを導入することで力センサを必要としない動的なバイラテラル制御系を構築し，腹腔鏡手術に向けたマスタースレーブシステムに適用した結果を示した．香川ら 16)はノズルフラップ型空気圧サーボ弁の圧力流量特性の計測に関して計測時間の短縮と省エネの要求に応えるため，二つの計測方法を提案した．大内ら 17)はセンサスイッチを利用した空気圧シリンダの位置決めにおいて，目標停止位置にもコイルを付加したセンサスイッチを配置して停止位置が目標範囲内に収まっているかを検出する方法を提案した．川上ら 18)は4本のブレーキ付空気圧シリンダで構成されたリフトテーブルの安定した水平駆動を実現することを目指し，その駆動方法について検討した結果について報告した．中田ら 19)は電気・空気圧複合システムに対して負荷質量の大きさが変動しても速度・位置制御特性に大きな変動が及ばない制御方法に関して検討した実験結果を示した．

6．流量特性・試験装置

張ら 20)はバージョンアップした機器選定プログラムの概要と主要仕様を紹介し，分岐合流回路およびマニホールド回路を計算するモデルとシミュレーション方法および実験検証の結果について述べた．飯村ら 21)は圧力測定孔の寸法と圧力振幅が測圧孔の周波数特性にどのような影響を与えるのか，検出孔が短い場合と長い場合のモデルにおける理論値と実験値を比較し，モデルの精度について検討した．妹尾ら 22)は空気圧用配管と流量特性について数値解析と試験結果との比較を行い，数値解析がほぼ正確に表現することを示した．黒下ら 23)は新たに放出法と充填法による空気圧機器のハイブリッド流量特性試験法を開発し，ISO6358の流量法に比べて試験設備が小型になり，実用的に有利な試験法であることを示した．香川ら 24)は圧力微分値を高分解能に測定できる圧力微分計とスプール型サーボ弁を用いた空気ばね式除振台の制御法を提案し，実験によりその有効性を評価した．吉満ら 25)は機械的可動部を持たないクビ振りノズルとしてフルイディスクのフィードバック発振を利用したスイングジェットデバイスを開発し，その特性に関して検討した結果について示した．香川ら 26)はNBR(ニトリルゴム)劣化試験のために，試験片を一定ひずみで引っ張り続けながら劣化過程における試験片の張力変化を簡単にモニタリングできる空気圧サーボ機構を提案し開発した．

7．乗り物

木村ら 27)はスライディングモード制御理論を鉄道車両のブレーキシリンダ圧力制御に適用するため制御実験を行い，スライディングモード制御と従来の制御を比較した結果，スライディングモード制御の制御精度が良好であることを示した．藤田ら 28)は鉄道車両におけるABS開発のための制御アルゴリズムやABS制御弁の様々な粘着状態に対する検証を可能とすることを目的としたシミュレータの構築に関して検討した結果を示した．小泉ら 29)は電子機器技術の格段の進歩を受けエネルギー源として鉄道車両に空気圧システムの採用が可能となったことから，鉄道車両に実用化されている空気圧アクティブコントローラシステムを紹介した．

8. おわりに

以上に空気圧関係の講演内容について概観した。基礎から応用分野まで盛りだくさんの内容の講演が行われ、改めて空気圧の裾野の広さを実感させられた。今後のさらなる展開を期待したい。

参考文献

- (1) 大内・浅野・長田, 圧電フラップを用いた制御弁に関する研究 (流体力補償とヒステリシス軽減), 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.95-97
- (2) 上原・平井, 空気圧アクチュエータ用小型比例制御弁の開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.98-100
- (3) 近藤・藤田・石井, ダイアフラムポンプの脈動特性について, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.101-103
- (4) 風間・藤原, 圧縮機のトライボロジーに関するレビュー, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.104-106
- (5) 櫛・早川・秦・廣田, スポンジ・コア・ソフトラバーアクチュエータの衝撃吸収性能, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.107-109
櫛 弘明, 早川恭弘, 秦 太一, 廣田彰吾 (奈良工業高等専門学校)
- (6) 米田・高橋・小山・川上・Mario, マスタスレーブハンド用簡易力覚呈示手法の開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.110-112
- (7) 有海・小山・吉満, 空気圧歩行支援システムのための歩行解析, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.113-115
- (8) 藤代・小山・吉満, 空気圧アシストレッグの開発 (システムの汎用化の研究), 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.116-118
- (9) 高岩・則次, 空気式パラレルマニピュレータを用いた手首部リハビリ支援装置の開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.194-196
- (10) 小山・石川・米田・堀川・塩田, 消化管内走行ロボットの開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.119-121
- (11) 加藤・大野・永井・川嶋・加藤, 空気圧駆動式マトリクスベローズアクチュエータの特性解析, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.122-124
- (12) 大野・加藤・川嶋・加藤, マトリクスベローズアクチュエータを応用した管内ロボット, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.125-127
- (13) 星埜・小山・吉満, 空気圧シリンダ式腱駆動 2 リンクマニピュレータの開発と制御, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.128-130
- (14) 中島・小山・山本・吉満, 光 - 流体変換器を用いた空気圧駆動ロボットアーム制御に関する研究, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.131-133
- (15) 只野・川嶋, 空気圧シリンダを用いたマスタスレーブシステムのバイラテラル制御, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.134-136
- (16) 王・蔡・松木・川嶋・香川, ノズルフラップ型空気圧サーボ弁の圧力流量特性の計測に関する研究, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.137-139
- (17) 鈴木・大内・長田, センサスイッチを利用した空気圧シリンダの位置決め制御 (停止位置の検出), 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.140-142
- (18) 伊藤・川上・金山・中野, 4 本のブレーキ付空気圧シリンダで構成された空気圧リフタの協調制御, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.143-145

- (19) 糸賀・中田・藤田・桜井, 電気・空気圧複合駆動システムの制御, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.146-149
- (20) 張・妹尾・小根山, 空気圧複雑回路を対象とする機器選定プログラムの開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.206-208
- (21) 及川・飯村・佐々木・加藤・下日向・満田, 圧力測定孔の周波数特性 (オリフィスモデルと管路モデル), 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.209-211
- (22) 妹尾・張・小根山, 空気圧用配管の流量特性(第 2 報), 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.212-214
- (23) 黒下・黒下, 放出法と充填法による空気圧機器のハイブリッド流量特性試験, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.215-217
- (24) 山崎・川嶋・香川・加藤, 圧力微分計を用いた空気ばね式除振台の制御, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.218-220
- (25) 吉満・山本, スイングジェットデバイスの開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.221-223
- (26) 香川・鎌田・蔡・川嶋・池田, 空気圧サーボ機構を用いたゴム劣化試験装置の開発, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.224-226
- (27) 山崎・木村, スライディングモード制御理論に基づく鉄道車両の空圧ブレーキの制御実験, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.80-82
- (28) 藤田・田島・田中・山崎, 鉄道車両における A B S 開発のためのシミュレータの構築, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.83-85
- (29) 小泉・根来・後藤・小坂, 鉄道車両の空気圧アクティブコントロールシステム, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会報告講演論文集, pp.92-94

平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会における 機能性流体技術研究動向

東京工業大学 吉田 和弘

1. はじめに

2004 年 11 月 18 日(木), 19 日(金)に, メモリアルプラザ高知商工会館(高知市本町 1-6-24)において, 平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会が開催された. 本講演会では, 本学会の研究委員会「機能性流体を用いたスマートフルードパワーシステムに関する研究委員会」によりオーガナイズドセッション「機能性流体」が企画され, 合計 13 件の発表があった. さらに, MRF (磁気粘性流体) の開発, 製造および販売を行っている米国 LORD 社の J. D. Carlson による基調講演も行われ, 本分野の活発さが示された. 本稿では, 各発表の概要を紹介する.

2. 機能性流体関連の発表内容

本講演会で発表された機能性流体関連の発表は, 磁界印加で見かけの粘度が増加したり吸引力が作用する MRF 関連 5 件 (基調講演 1 件を含む), 電界印加で見かけの粘度が増加する ERF (電気粘性流体) 関連 5 件, 不均一な電界印加でジェット (ECF ジェット) を生じる ECF (電界共役流体) 関連 4 件, 合計 14 件である. 以下では, 流体の種類ごとに紹介する.

(1) MRF 関連

MRF 関連の発表は, 総論 1 件, ブレーキ 1 件, ダンパ 1 件, およびシール 2 件である.

総論として, 米国 LORD 社の J. D. Carlson は, MRF およびその応用デバイスについて基調講演を行った¹⁾. MRF の基本特性を解説するとともに, 実用化レベルの自動車用アクティブサスペンション (図 1), 建物やつり橋 (図 2) の制振, および義足の制動のためのアクティブダンパ, 宇宙ロケットのアンテナ用ブレーキなど, 多彩な応用デバイスを紹介している.

MR ブレーキ関連で, 中野らは, コイル巻線の高応答な張力制御のため, MRF を含浸させたスポンジにワイヤを通し, ここに印加する磁界で制動力を制御する MR コンポジットブレーキ (図 3) を提案, 試作し, その特性を実験的に明らかにしている²⁾.

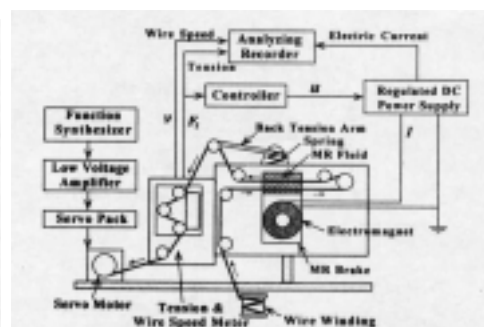
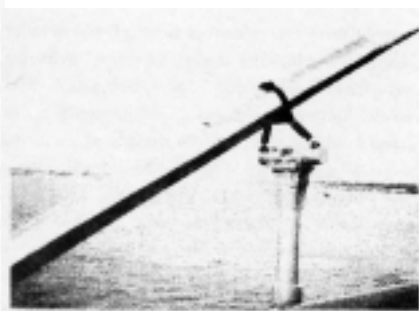
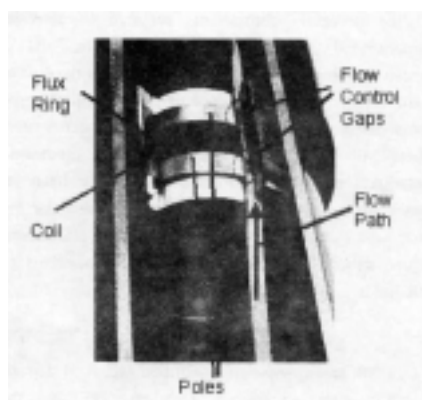


図 1 自動車用 MR ダンパ¹⁾ 図 2 つり橋制振用 MR ダンパ¹⁾ 図 3 MR コンポジットブレーキを用いた張力制御システム²⁾

MR ダンパ関連で, 中野らは, 二つのペローズを対向して配置し, その間に MR バルブを接続して制動力を与える拮抗形ペローズダンパ (図 4) に対し, 減衰特性を表わすばね, 質量, ダンパからなる数学モデルを構築し, その妥当性を実験的に明らかにしている³⁾.

MR シール関連で, 齋藤らは, 圧力逃し弁の弁座面の高圧用シールとして MRF シールを取り

上げ、直径 1-2 μm の鉄微粒子と直径 10nm の酸化物フェライト微粒子を分散させた MRF を用いた耐圧特性を図 5 の装置により実験的に明らかにしている⁴⁾。また、鄭らは、永久磁石で保持し、電磁石で変形させる MRF の弁体を用いたマイクロバルブ(図 6)、管路慣性を応用した高出力圧電マイクロポンプ、およびペローズを組み合わせた位置制御マイクロシステムを構築し、その特性を実験的に明らかにしている⁵⁾。

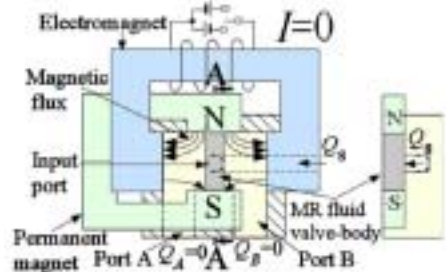
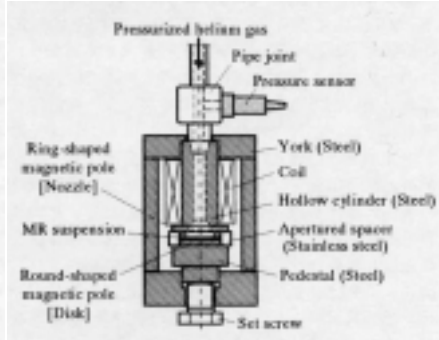
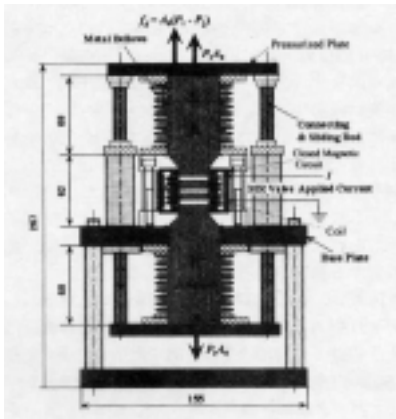


図 5 MR シール耐圧実験装置⁴⁾ 図 6 MRF 弁体マイクロバルブ⁵⁾

図 4 拮抗形ペローズダンパ³⁾

(2) ERF 関連

ERF 関連の発表は、基礎から応用まで多岐にわたっている。

基礎的な研究として、柿沼らは、粒子分散系 ERF をゲル化した ER ゲルを開発し、そのせん断応力特性を実験的に解明するとともに分散粒子の挙動の観察を行い、その ER 効果の発生メカニズム(図 7)を明らかにしている⁶⁾。また、築地らは、均一系 ERF である混合液晶の円管電極(図 8)内の挙動について、軸方向の流動特性の理論解析を行い実験結果との比較によりその妥当性を確認するとともに、三相交流電圧を印加したとき軸周りの回転流動が生じることを実験的に見出している⁷⁾。

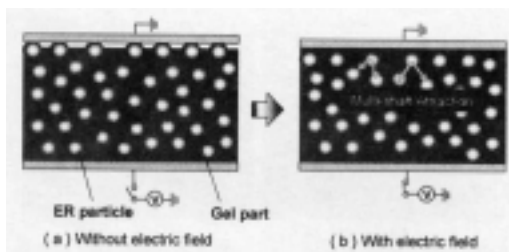


図 7 ER ゲルの ER 効果⁶⁾

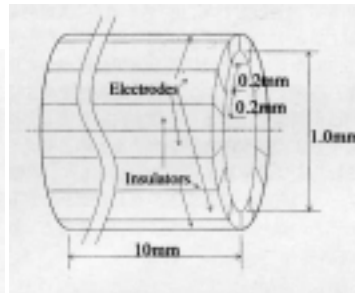


図 8 円管電極⁷⁾

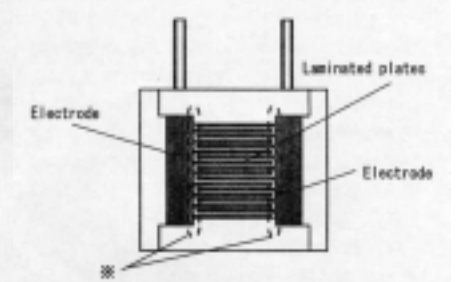


図 9 多層平板形 ER バルブ⁸⁾

応用的研究として、亀田らは、多層平板形電極により印加電圧の低減を図った ER バルブ(図 9)を用いた液圧シリンダの位置制御システムを構築し、分散媒が異なる粒子分散系 ERF に対し特性実験を行い、短時間の負パルス印加する修正 PWM 制御法の有効性を示している⁸⁾。また、古荘らは、DC モータと ER クラッチを組み合わせた ER アクチュエータを用い、暴走時の危険性を著しく低減した 3 次元上肢リハビリ訓練システム(図 10)および訓練ソフトウェアを開発し、臨床試験によりその有効性を確認している⁹⁾。また、吉田らは、均一系 ERF を応用したマイクロシステムの流体パワー源として、共振駆動により大振幅で振動するスプール弁を用いた共振駆動チェック弁を提案、試作し、試作ポンプラージモデル(図 11)の特性実験によりその有効性の一部を明らかにしている¹⁰⁾。

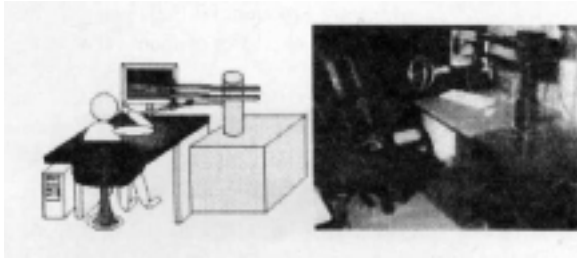


図 10 ER アクチュエータを用いた
上肢リハビリ訓練システム⁹⁾

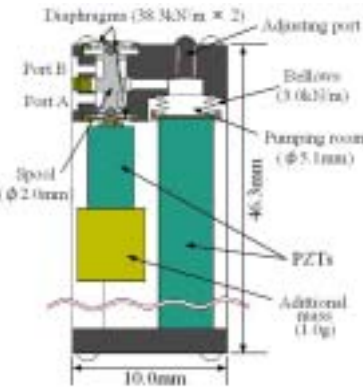


図 11 共振駆動チェック弁を
用いたマイクロポンプ¹⁰⁾

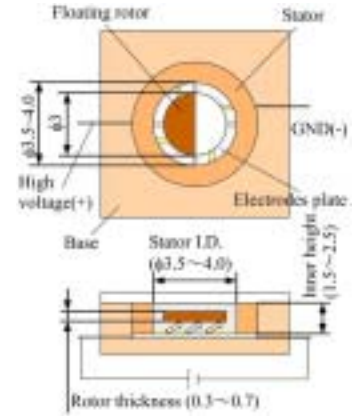


図 12 ECF マイクロ
ジャイロモータ¹¹⁾

(3) ECF 関連

ECF はアクチュエータへの応用が試みられている。

横田らは、底面に線状電極を有し ECF が満たされたステータ内で軸を持たない円板形ロータを ECF ジェットにより浮上、回転させる ECF マイクロジャイロモータ (図 12) および ECF マイクロジャイロを提案、試作し、その特性を実験的に明らかにしている¹¹⁾。竹村らは、軸方向に繊維強化された柔軟なチューブに、針状電極からリング状電極に向かって生じる ECF ジェットを導入し、収縮変位を取り出すマイクロ人口筋 (図 13) を提案、試作し、その特性を実験的に明らかにしている¹²⁾。賀集らは、二重コイル形電極 (図 14) により ECF に軸方向の流れを発生させる ECF ポンプを駆動源とするリニアアクチュエータを実現するため、ECF ポンプを試作し、その特性を実験的に明らかにしている¹³⁾。また寺阪らは、ロータ上の平板電極から円筒形ステータ内面に貼られた電極に向けて生じる ECF ジェットにより回転運動を行う EHD モータ (図 15) を試作し、その出力特性を実験的に明らかにしている¹⁴⁾。

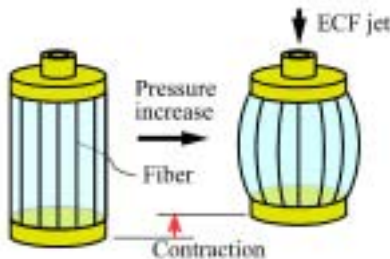


図 13 ECF マイクロ人工筋¹²⁾

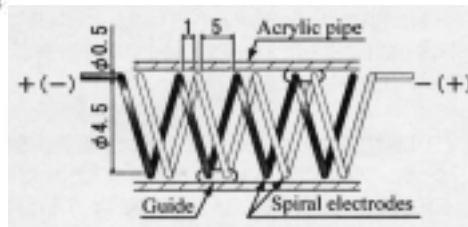


図 14 二重コイル形電極¹³⁾

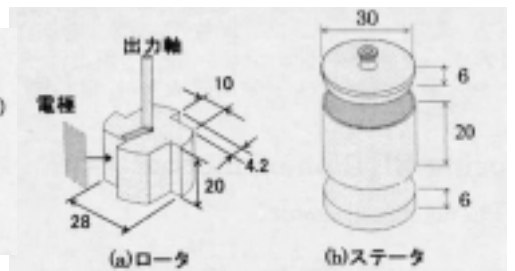


図 15 EHD モータ¹⁴⁾

3. おわりに

平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会における機能性流体関連の発表内容を紹介した。本講演会における機能性流体関連の発表件数は全体の 20% である。今後、本分野がますます発展することに期待している。

参考文献

- 1) J. D. Carlson|Smart Magnetorheological Fluids and Devices|平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp3-7|2004|
- 2) 中野政身 / 金丸哲也 / 熊坂利治 / 工藤亮介|MR コンポジットブレーキを用いたコイル巻線用テンション制御装置|平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp41-43|2004|
- 3) 中野政身 / 日野哲人 / 大橋栄市|MR 流体を用いた拮抗型ベローズダンパの減衰力特性の

モデル解析|MR コンポジットブレーキを用いたコイル巻線用テンション制御装置|平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp44-46|2004|

- 4) 齋藤 剛 / 池田博康|MR 流体の高圧用シールへの適用 - 圧力逃し弁の弁座面シールを対象とした耐圧特性について - |平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp47-49|2004|
- 5) 鄭 淵午 / 吉田和弘 / 横田真一|MRF 弁体バルブを用いたマイクロ流体制御システム|平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp50-52|2004|
- 6) 柿沼康弘 / 青山藤詞郎 / 安齋秀伸 / 櫻井宏治 / 磯部和之 / 田中克敏|ER ゲルにおける ER 効果発生メカニズムの解析|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp20-22|2004|
- 7) 築地徹浩 / 伊藤 淳 / 小藪栄太郎|円管電極内の混合液晶の流動に関する研究|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp38-40|2004|
- 8) 亀田幸則 / 中田 毅 / 藤田壽憲|ER 流体駆動システムの制御に関する研究|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp17-19|2004|
- 9) 古荘純次 / 小柳健一 / 藤井雄輝 / 中西和彦 / 笠 潮 / 竹中重和 / 井上昭夫 / 道免和久 / 宮越浩一|ER アクチュエータを用いた 3 次元上肢リハビリ訓練システムの研究開発(NEDO プロジェクト「身体リハビリ支援システム」における開発)|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp26-28|2004|
- 10) 吉田和弘 / 渡邊幸太郎 / 横田真一|共振駆動チェック弁を用いた ER 流体ポンピング用圧電マイクロポンプ|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp23-25|2004|
- 11) 横田真一 / 西澤竜太 / 竹村研治郎 / 枝村一弥|電界共役流体(ECF)を応用したマイクロジャイロ|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp29-31|2004|
- 12) 竹村研次郎 / 横田真一 / 枝村一弥|電界共役流体(ECF)を用いたマイクロ人工筋|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp32-34|2004|
- 13) 賀集顕太郎 / 中田 毅 / 藤田壽憲|ECF ポンプの開発とそのアクチュエータへの応用|平成 16 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集|pp35-37|2004|
- 14) 寺阪澄孝 / 三井和幸 / 黒田真一 / 安部 洋 / 新妻淳子 / 池田博康 / 齋藤 剛|EHD 現象を応用したアクチュエータの開発|平成 16 年秋季フルードパワー講演会講演論文集|pp53-55|2004|

The 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 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11月8日(月)~12日(金)に、ベトナムのハノイにおいて、The 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)が開催された。本講演会は、毎年アジアで開催されているメカトロニクスに関する国際会議の8回目にあたる。今回は、14ヶ国からの約250名の著者による、特別講演1件、基調講演6件、および招待講演8件を含む合計98件があった。先端メカトロニクス要素/ロボット、メカトロニクス計測・制御、MEMS & NEMS、生産システム、バイオエンジニア、メカトロニクス人材開発・教育、人間親和メカトロニクスの7のセッションから成り、フルードパワー技術に直接関連する発表は6件であった。本稿では、フルードパワー技術に関連する各発表の概要を紹介する。

2. フルードパワー技術関連の発表内容

Yokota は、ECF を応用したマイクロアクチュエータに関する基調講演をおこなった¹⁾。ECF (電界共役流体)とは、不均一な電界を印加すると噴流 (ECF ジェット) が生じる機能性流体である。まず、アクチュエータ分野の動向として、本研究もその一課題である2004年7月に採択された文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」を紹介している。次に、ECFの基本特性について説明し、図1のような構造、原理を有する図2に示す試作C (Cylinder: 円筒) 形 ECF マイクロモータおよび図3に示す試作DP (Disc Plate: 円板) 形 ECF マイクロモータを中心に研究事例を紹介している。

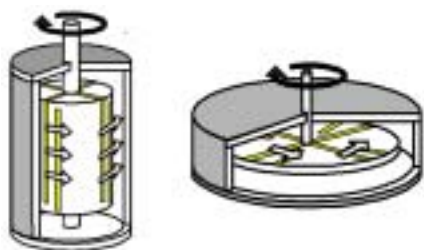


図1 ECF マイクロモータ
の構造¹⁾



図2 試作C形 ECF
マイクロモータ¹⁾

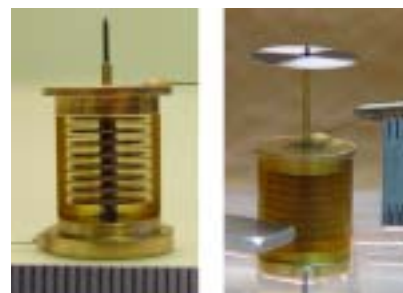


図3 試作DP形 ECF
マイクロモータ¹⁾

Takemura らは、針状電極からリング状電極に向かう ECF ジェットを軸方向に繊維強化したシリコンチューブに導入し、ECF ジェットによる圧力で収縮する図4に示すマイクロ人工筋を提案、試作し、その特性を実験的に検討している²⁾。まず繊維強化シリコンチューブの膜厚および繊維本数の最適値を実験的に明らかにしている (図5参照)。次に ECF ジェット発生部およびマイクロ人工筋を試作し、その収縮変位および発生力を実験的に明らかにしている。

Yokota らは、次世代ノート形 PC の CPU の強制液冷のため、ECF ジェットによりポンピングを行う、液晶パネルの背面に配置できる極薄平面形 ECF ポンプを提案、試作し、その特性を実

験的に検討している³⁾。まず，図 6 のように線状電極対の ECF ジェットによりポンピングを行う動作原理を示している。次に，図 7 のポンプを電極等の寸法を変え試作してその出力特性を測定し，最適寸法を明らかにするとともに，本ポンプの有効性を確認している。

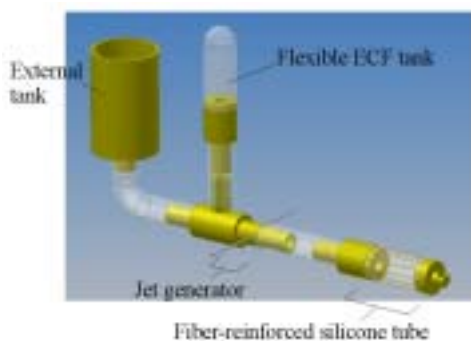


図 4 ECF を応用したマイクロ人工筋²⁾

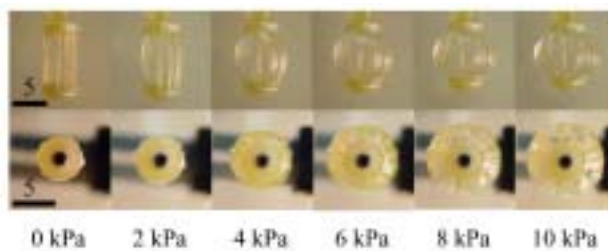


図 5 繊維強化チューブの収縮²⁾

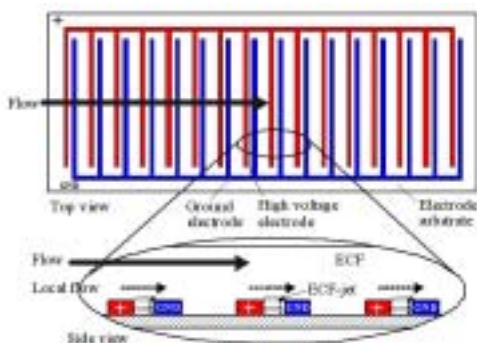


図 6 極薄平面形 ECF ポンプの動作原理³⁾

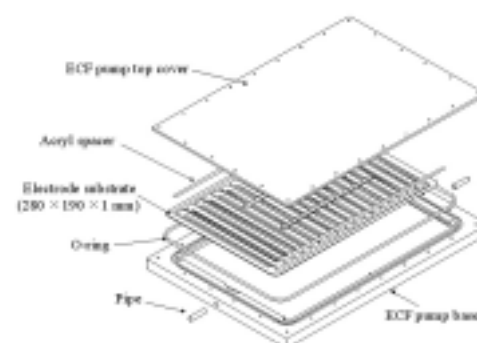


図 7 試作極薄平面形 ECF ポンプ³⁾

Yoshida らは，電磁石を搭載したピストンを有し，磁界で粘度制御できる MRF (磁気粘性流体) を作動流体とし，印加電流によりピストン差圧および伸長力を生じる MR シリンダを提案，試作し，液圧マニピュレータに応用している⁴⁾。まず，図 8 に示す MR シリンダを提案している。次に，MR シリンダを試作し特性実験を行っている。最後に，改良を加えた MR シリンダを用いた図 9 に示す 2 軸マニピュレータを試作し，その特性を実験的に明らかにしている。

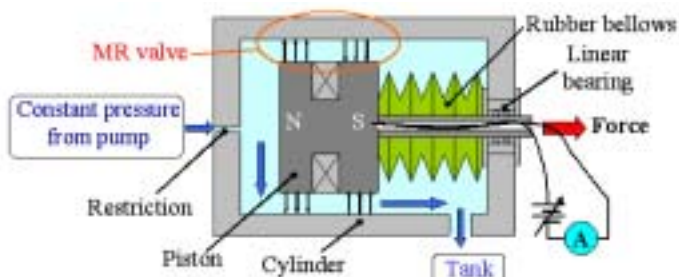


図 8 MR シリンダ⁴⁾



図 9 試作した MR シリンダ駆動マニピュレータ⁴⁾

Tanaka らは，操作性を向上するため，没入形人工環境を用いた遠隔操作油圧ショベルを提案，試作し，その有効性を実験的に検討している⁵⁾。提案するシステムは図 10 に示す構成で，人工環境の 3D-CG を用いたビジョンドームおよび操作力の反射を用いている。図 11 の油圧ショベルモデルを用いた遠隔操作実験の結果，従来の CCD カメラを用いた実画像の時間遅れおよび平面形ディスプレイによる不十分な臨場感が改善され，操作性が向上することを確認している。

Ahn らは、空気圧人工筋アクチュエータ (PAM) を用いたマニピュレータのため、ニューラルネットワークを用いた非線形 PID 制御を提案し、その有効性を実験的に検討している⁶⁾。PAM は、高パワー/重量比、低コスト、コンパクト、安全性などの点で優れているが、非線形特性が問題である。そこで提案する非線形 PID 制御を用いて図 12 のマニピュレータの制御実験を行い、図 13 のように従来の PID 制御と比べ制御性能が著しく改善することを確認している。

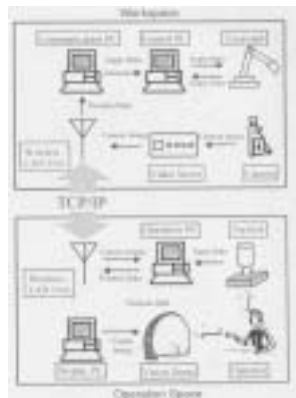


図 10 没入形人工環境を用いた遠隔操作油圧ショベル⁵⁾

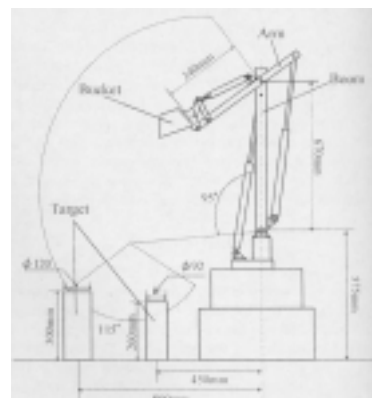


図 11 油圧ショベル実験装置⁵⁾



図 12 空気圧人工筋マニピュレータ実験装置⁶⁾

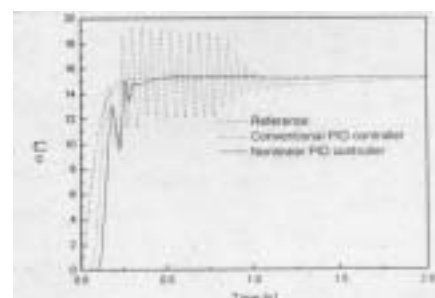


図 13 ステップ応答実験結果⁶⁾

3. おわりに

ICMT 2004 におけるフルードパワー技術関連の発表内容を紹介した。ICMT 2005 はマレーシアのクアラルンプールで開催予定である。フルードパワー技術関連の発表の増加に期待したい。

参考文献

- 1) S. Yokota|Micro Actuators Using Electro-Conjugate Fluids (ECF)|Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp19-21|2004|
- 2) K. Takemura / S. Yokota / K. Edamura|Development of a Micro Artificial Muscle Actuator Using Electro-Conjugate Fluid (ECF) |Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp221-226|2004|
- 3) S. Yokota / W.-S. Seo / K. Yoshida / K. Edamura|A Planar Pump Using Electro-Conjugate Fluid (ECF) for Liquid Cooling of Electronic Chips|Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp127-131|2004|
- 4) K Yoshida / T. Soga / S. Yokota / M. Kawachi / K. Edamura|An MR Cylinder-Driven Manipulator Using Magneto-Rheological Fluid|Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp189-194|2004|
- 5) Y. Tanaka / H. Hagiwara / H. Beppu / T. Mizuno|Tele-Operated Hydraulic Excavator with

Immersive Virtual Environment|Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp233-237|2004|

- 6) K-K. Ahn / T. D. C. Thanh|Nonlinear PID Control to Improve the Control Performance of the Pneumatic Artificial Muscle Manipulator Using Neural Network|Proc. the 8th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT 2004)|pp255-260|2004|

2004 IEEE International Conference on Control Application

2004 IEEE International Symposium on Intelligent Control

2004 IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design

合同シンポジウム報告

奈良工業高等専門学校 早川恭弘

2004 CCA,ISIC,CACSD の合同シンポジウムが 2004 年 9 月 2 日～4 日台湾台北市グランドホテル（写真 1）で開催された。本会議は、IEEE CSS,EUCA,SICE がスポンサーとなっており、合計 685 件（内訳：CCA(436),ISIC(159),CACSD(90)）の講演が行われた。また、一般講演以外に、Plenary Speech 及び Keynote Speech が開催され、講師は、大阪大学池田教授、ワシントン大学 Ghosh 教授、Kowalewski 教授、ハネウエル社 Havlena 博士、ニューキャッスル大学 Goodwin 教授らであった。講演内容は、制御理論、ネットワークモデルなど制御全般に関するものである。さらに、4 件のチュートリアルが開催された。すなわち、（1）コンピュータ援用設計解析、2）非線形システムの制御、3）インターネットを利用したモデル化とシミュレーション、4）学習制御と設計が開催され、多数の聴講者が集まっていた。講演以外では、写真 2 に示すような故宮博物館などへのツアーも企画されており、オプションツアーへの参加者も多かった。



写真 1 シンポジウム会場



写真 2 故宮博物館

テクニカルプログラムでは、全体で 81 セッションが開催され、分野も、航空関係、ファジー制御、ニューロ制御、学習制御、スライディングモード制御、最適制御、非線形制御、ロボット制御関係、バイオシステム、ハイブリッドシステム、フィルタリング、センシング、自動化技術などフルードパワー以外の講演が殆どであった。しかし、フルードパワーに適した制御を構築するためには、これらの知識は必要不可欠であり、非常に参考になる講演が多かった。

テクニカルプログラムの中で流体関係のセッションは、横浜国立大学の眞田先生がオーガナイザーを務められた“Control of Fluid Power System”があり、6 件の

講演があった。ここで、講演の内訳は、空気圧系 4 件、油圧系 2 件となっている。

具体的に、空気圧系としては、(1) シリコンゴムを用いた身体保護装具¹⁾ (スポンジを内蔵した要素の衝撃吸収性能を明らかにし、身体を保護する装具への応用を示している。)、(2) 高精度位置決め用サーボ弁の開発³⁾ (空気圧ベアリングを弁のスライド部に使用することにより摩擦の影響を軽減し、スプール変位を位置制御するための高分解能センサを内蔵したサーボ弁の特性を明らかにしている。)(3) 高速応答層流センサー(QFS)を用いたサーボ弁の流量制御⁴⁾ (QFS を用いることにより出力流量比をフィードバックし、20Hz までの高速な流量制御ループを実現している。そして、省エネ効果を示している。)(4) ゴム人工筋を用いた建設用機械の制御⁵⁾ (災害救助時の 2 次災害を防ぐために、ゴム人工筋により遠隔操縦される自立型建設機械の制御システムを開発している。そして、直接機械を操縦する場合と比較することにより、提案する制御システムの有効性を明らかにしている。)であり、油圧系では、(1) 建設用機械のための HST(Hydro Static Transmission)の制御²⁾ (HST システムのシミュレーションモデルを油圧要素を考慮して構築し、過渡応答を実験により検証している。そして、2 自由度制御系をモータ速度制御に適用し、制御性能が微妙な条件下で改善されることを示している。)(2) DiThCo シリンダを用いたコンプライアンス制御⁶⁾ (ステッピングモータ、スプール型制御弁、油圧シリンダ及び機械的なフィードバック機構を有する小型油圧シリンダシステムを提案し、基礎特性を理論的に検討している。)などの興味深い講演が行われた。

参考文献

- 1) Yasuhiro Hayakawa, Kensuke Morishita, Taichi Hata and Shogo Hirota, "Development of a Body Protection Orthosis by using Silicon Outer Fence Mold Actuator"
- 2) Kazushi Sanada, "A Study on Full-Electric Control System of Hydro Static Transmission for Construction Machines"
- 3) Takashi Miyajima, Kazutoshi Sakaki, Takashi Shibukawa, Toshinori Fujita, Kenji Kawashima and Toshiharu Kagawa, "Development of Pneumatic High Precise Position Controllable Servo Valve"
- 4) Tomonori Kato, Toshiharu Kagawa, Kenji Kawashima, Tatsuya Funaki and Michio Yanagisawa, "Application of Minor Feedback of Flow Rate to Pressure Spring System"
- 5) Kenji Kawashima, Takahiro Sasaki, Toshiyuki Miyata, Takayuki Nagai, Kazuhiro Chayama, Toshio Mori and Akira Fujioka"
- 6) ChunNan Wu and Ato Kitagawa, "Development of a New Hydraulic Cylinder with Built-In Compound Control Function of Displacement and Thrust"

日中フルードパワー学会 (JFPS・FTCI) 国際学術交流派遣記

法政大学 田中 豊

1. はじめに

2004年11月24日から12月1日まで、日本フルードパワーシステム学会・国際交流部門の若手研究者交流の一環で、学会の命により中国油空圧学会の招きで、中華人民共和国の第3回全国流体伝動と制御学会会議 (3rd National Fluid Power Transmission and Control Conference) に参加するため、広東省の広州にある華南理工大学を訪問し基調講演を行った。また前回の交流で日本側が招聘した王慶豊教授からの返礼として、浙江大学の流体伝動と制御研究所の招きで特別講演を行うため杭州を訪問した。

広州は最近、日本の経済新聞でも取り上げられない日が無いほど、自動車をはじめ日本の各種企業が進出して現地生産を行っている中国南部最大の都市である。香港にも程近い広州は、実は昔から中国の対外貿易の中心で、多くの見本市や交易会議が開かれるなど中国人をはじめ日本人の知名度は極めて高い。道は中国の他の都市 (北京など) に比べると狭く、高層ビルが立ち並び、どこか東京都心を思わせる。広州一 (中国一?) 高いビルは地上80階、380mとのことで、東京タワーよりも高いビル群と10月に開港した巨大な広州白雲国際空港 (写真1) が広州の新しいシンボルである。大陸の南に位置しているため、街路樹などは南方の植物が多く、11月でも赤いきれいな花を一杯に咲かせていた。

会場の華南理工大学は、中国・南方地域では最大の工科系大学で、孫文 (中山老師) が設立に深く関わっているとのことで、大学の正面には巨大な孫文の銅像 (写真2) がある。広州市街地の5%ほどを占める巨大なキャンパスは、それ自体が大学街を形成しており多くの人々がこの地域で働いている。



写真1 広州国際空港



写真2 華南理工大学正門の孫文の銅像

2. 全国流体伝動と制御学会会議 (中国油空圧学会全国大会)

中国の油空圧学会は、中国機械学会 (Chinese Mechanical Engineering Society: CMES) の中の流体伝動と制御分科会 (Fluid Power Transmission and Control Institution: FTCI) として位置付けられており、学会会長に相当する理事長は、燕山大学前学長の王益群教授、副会長に相当する副理事



写真3 開会式

長が沙宝森教授である。

今回の 3rd National Fluid Power Transmission and Control は华南理工大学のサイエンスホール(写真4)において、中国油空圧学会会長の王益群理事長の壇上からの開会宣言で始まった(写真3)。この学会は、2年に一度、中国全土の大学の持ち回りで全国大会を開催しており、今回は広州の华南理工大学での開催となったため、华南理工大学の李元元学長がウェルカムメッセージを行った。この学長は48歳という若さにもかかわらず堂々とした風貌で、中国の若い活力に最初から圧倒された。最近の中国の大学学



写真4 大会会場

長・副学長や学院長(日本の学部長に相当する)、研究所長は、このところかなりの若返りを図っているようで、李学長をはじめ、油空圧関係でも、王祖温学長(大連海洋大学)、孔祥東副学長(燕山大学)、浙江大学流体研究所所長の王慶豊教授など、学会の理事に相当する教授は大半が40代後半から50代前半の脂の乗り切った研究者が、大学行政の面でも活躍しているのが印象的であった。

学会の1日目は、午前はじめの開会の辞とウェルカムメッセージに続き、5名の研究者による基調講演があった。すべての講演が中国語のため、プログラムとあわせても一部不明な点もあるが、そのタイトルの日本語訳(中国語と講演内容より類推)を簡単に列記する。

まず会長の燕山大学・王益群教授による「自動化技術におけるフィールドバス技術の動向」、ハルビン工業大学の出身で上智大学で学位を取り、現在、大連海洋大学の学長を務める王祖温教授による「計算機による空気圧回路設計の現状と将来」、北京華徳液圧工業集団有限責任会社の杜旭東先生の「中国の液圧企業は如何に将来に向かって進んでいくか?」、ハルビン工業大学の李洪人教授による「流体制御の試験模擬装置への応用」が報告された。

学会の理事を囲んだ私の歓迎昼食会（写真5）に引き続き午後の部は、浙江大学の王慶豊教授による「浙江大学・流体制御研究所の研究動向」、中国・博世力士東(レックスロス)有限公司の Mr. Bracht による「流体伝動と制御技術の発展と今後の展開」、中国船舶重工工業集団の黄人豪教授による「液圧制御機器のシール技術の趨勢」の基調講演があった。その後、著者の特別講演「Advanced Mechatronics and System Design based on Fluid Power Technology」を英語で行った。プログラムの紹介欄に「日本青年学者」と記してあったの



写真5 歓迎昼食会

が日本人的には少々はずかしい思いであったが、著者が進める研究室の5つのトピックス(Motion Control of Animatronic System, Bubble Elimination in Hydraulic Fluids, Wearable Haptic Display, Desktop Type of Force Display, Tele-operation for Hydraulic Excavator)について講演した。その後、華南理工大学の黎启柏教授による「3自由度のモーションベース制御技術」、燕山大学の孔祥東教授による「多機能非対称シリンダの実験的研究と研究室紹介」、浙江大学の楊華勇教授による「トンネル掘削機械の電気油圧制御」、上海交通大学の刘成良教授による「上海交通大学機械電気制御研究所の現状と今後」が行われた。どの講演も中国語であり、図以外は残念ながらほとんどわからなかったが、中国のフルードパワーは産業界や現場のニーズに的確に答えた形で大学研究者がリードしているとの感を強くした。内容も中国の現状を反映して、建設土木工事関連の油圧を用いた重作業機械、飛行シミュレータ、人工衛星試験装置、空気圧の生産設備応用など、非常に内容が濃いとの印象を受ける基調講演であった。これまで国際会議などで接する中国研究者の報告は、多少時代が古く、内容的にも観るべきものが少ない講演が多いとの印象をもっていたが、国内大会になると研究者の顔つきや説明の熱の入れようは驚くべきものがあり、中国の底力を目の当たりにした。

1日目の夜は広州市内を流れる大河・珠江の遊覧船上での夕食会が学会主催で設定された。2時間ほどかけてゆっくりと遊覧船の晚餐を楽しんだ。ちょうど東京・お台場付近のベイエリアから隅田川沿いの屋形船遊覧のような雰囲気であった。広州人にもベイエリアは人気があるらしく、河を望む岸辺にライトアップされた高級高層マンションとホテルが立ち並んでいた。(写真6)

第2日目の午前中は3室に別れて主に修士・博士の学生による発表が行われた。この午前中は、学会および華南理工大学の格別の計らいで、私と女性3名(孔教授の奥様および博士課程の学生と中国・油圧と空気圧の編集長)は、華南理工大学・自動車工学部・副主任の杜群貴



写真6 遊覧船船上にて・著者

教授(日本の長岡に2年間留学経験があり日本語に堪能)の案内により、午前中、広州市の東北にある「白雲山」への車での登頂をアレンジしてもらった。この山は標高382mの広州市内からほど近いところに位置する山で、土地の人々からは、この山に登ると健康に良いとのことで絶大の人気を得ている観光地とのことであった。そのため、平日にもかかわらず多くの広州市民が山頂目指して登っていた。山頂からはうっすらと雲に霞む広州市街が一望でき、格別であった。広州一高い建物はこの山とほぼ同じ高さにあるようで、遠くにそのビルを望むこともできた(写真7)。



写真7 白雲山より広州市街を望む

午後は再び基調講演が行われた。まず、広東工業大学の吳百海教授による「深海鉱物探査用作業機械の概要とそのモデル試験」という講演があった。沖縄沖でのガス田開発に関する話題の多い時期での微妙なタイトルであったが、特に日本への攻撃も無く、講演は淡々と進められた。ただし内容は「黒色金豆」と呼ばれる海洋鉱物資源の重要性を協調しており、この分野の国策的な取り組みを垣間見た。この先生はロシア留学の経験があり、ロシア語に堪能であった。次に李慶教授の「機械回路シミュレーションソフトウェア AMESim の特長」と題して AMESim という機械回路のシミュレーションソフトウェア AMESim の優れた点が述べられた。このソフトウェアは IMAGINE 社による機械系全般の要素を持つシミュレーションウェアである。どこまで中国でポピュラーなのかは不明である。次にハルビン工業大学の姜継海教授による「Secondary Hydraulic Power Source」と浙江大学の傅新教授による「微少流体制御システムの研究成果」についての報告があった。どちらも日本と同じような内容を、独自の視点からまとめており、たいへんに興味深かった。午後の最初のセッション最後では、岐阜大学の武藤・山田研究室との共同研究として、吉林大学の趙丁逸教授による「遠隔操作技術の人工現実感への応用」と題して行われた。著者らの研究とも関係しており、岐阜大学の建設機械の遠隔操作実験やモーションベースを利用した体感システムなど、著者らの研究室と同様な取り組みをしており興味深かった。ただし中国の場合は、話によると、軍事技術への応用を念頭においているようで、国(軍)から1年間で780万元の補助金が支給されているそうである。

休憩をはさんで、ハルビン工業大学の包鋼教授による「空気圧接触感覚提示装置の研究動向と噴流モデルの検討」と題して、著者らの研究も含めて、これまでの空気圧を利用した触覚提示装置のサーベイと、空気圧噴流を用いた場合の噴流圧力分布などを解析的に明らかにしていた。著者らの論文の図やデータなども登場し、興味深かった。次に丁問司教授の「高速列車の流体力学と制御技術」と題して、中国高速鉄道の課題と油空圧の取り組むべき課題などが示された。その後、北京理工大学の范佛教授による「空気圧人工筋の研究」、太原理工大学の権被教授の「射出成形機の応用と制御技術」の講演が行われた。なお基調講演は、中国語の大会報告(講演論文集)としてまとめられ、参加者全員に配られていた。参加登録者は手元の参加者名簿によると全部で160名(内学生



写真 8 講演会参加者全員による記念写真

が 50 名)とのことで、今年度の秋季フルードパワーシステム講演会とほぼ同じ程度の規模である。(写真 8)

午後のセッション終了後ただちに、燕山大学の副学長・孔教授の司会により、再び中国・油空圧学会理事長の燕山大学前学長の王益群教授から閉会が宣言され、2 日間の幕を閉じた。

会議の終了後、宿泊先ホテルの食堂で会議打ち上げのバンケットが開催された。バンケットは、会場となった華南理工大学の学長・李元元教授の挨拶で始まり、あとはテーブル毎に中国酒での中国式「乾杯！乾杯！」の大合唱となった。ご存知のように中国式乾杯は、小さなグラスで白酒（40 度ぐらい）を飲み干すもので、飲む人がどんなことで誰と乾杯するか決めて、指名制で行うものである。これまでの経験では、このやり方は中国の南方の人たち（北に比べ平均的に背の低い人達で酒に強い）が好んで行うようである。酒が一様人並みに嗜める著者には問題ないが、お酒の弱い人は気をつけないとたいへんな目に会いそうなので、楽しいひと時であった。

翌日は学会主催のテクニカルツアーで、陳家書院、観音堂、広州大学城、広州陸軍軍官学校跡を訪れた。陳家書院は「陳」氏姓の人が師弟教育のために清の時代に建てた学校で伝統的な中国南方様式の建物である。内部は広州民間工芸館として使用され、みごとな刺繍や象牙彫り、玉器などが陳列されていた。観音堂は新しい観光名所のように大きな蓮の上の観音様が見事であった。中国人で真の仏教の辛抱者は少ないようで、お賽銭を上げて手を合わせて拜む人は少なくとも学会関係者では日本人の私だけであった。それともこの習慣は日本だけのものであろうか？ 広州大学城は広州市街から直線距離で南に 10km ほどの四方を川に囲まれた 17km² の広大な面積の島に、広州にある 10 の大学とその関連機関が移転するというビッグプロジェクトである。写真 9 のようにマスタープランに基づいて 1 期工事が完成し 2 期工事に入っていた(写真 10)。キャンパスはどれも米国風の広々とした配置であり、予定では 2005 年にすべての施設が完成する予定で、広州にある大学の

6割以上の機能が移転するとのことである。次の杭州でも経験したことだが、中国の都心部にある大学施設は中国的には手狭なのだそうで、郊外に巨大キャンパスを新たに作り移転する計画が各地で進んでいるようである。またこれは新しいキャンパスを宣伝して、優秀な学生を各地から集めるための施策でもあるらしい。もしかしたら近い将来には、優秀な日本人留学生がこのキャンパスを歩く姿を夢見たひと時でもあった。しかしまた、日本人の私には、筑波学園都市や一時期の大学郊外移転ブームや箱もの行政によるバブル期の日本の姿を再び見るようで複雑な気分でもあった。最後の陸軍学校跡地は、1900年代中国でもいちばん有名な軍の学校があったところで、日本に留学した孫文（中山老師）が設立した由緒ある場所である。この学校からは、中国の共産党や台湾共産党、抗日運動の英雄が数多く卒業しており、ここの卒業生は皆、中華人民共和国と中華民国独立の大きな担い手となった。丘の上には日本から贈られた孫文の像が据えられ、広州における日中友好の大きなモニュメントとの印象であった。

3. 浙江大学・流体伝動と制御研究所訪問

広州の学会参加後、浙江大学の傅新教授とともに広州から杭州へ移動し、浙江大学・流体伝動と制御研究室（写真11）を訪問した。研究室といっても、教授15名、助教授7名、ポスドク20名の研究スタッフを擁し、40名以上の博士課程学生が在籍する、学部か研究所と呼ぶに相応しい大きな規模の研究室である。「国家重点実験室」といううたい文句が物語るように、国からの補助金も多く、文字通り中国のフルードパワー教育研究の拠点である。10年ほど前、国際会議で訪れたことがあったが、その時に比べ大変設備も充実し、みごとに日本のフルードパワー関連の研究室を追い越した。

さらに新しい建物を建設中で、建屋はすでに完成し一部の実験設備も古い建物から移動済みであった。新しい建物には小さいながらクリーンルームも備えられており、今後、マイクロ流体マシンやMEMS関連の研究を精力的に進めるらしい。

杭州滞在1日目は、午前中、研究所で主に修士・博士課程の学生30名ほどが参加する特別講演



写真9 広州大学都市のマスタープラン



写真10 工事中の華南理工大學校舎



写真11 浙江大学流体伝動と制御研究所

をおこなった。内容的には広州の会義と同じであったが、1 時間半と時間的余裕があったので少し内容を詳しく解説することができた。講演後、数名の学生からの鋭い質問もあり、和やかな雰囲気の中で特別講演は終了した。

午後は、郊外（市内中心から西に 10km ほど）に建設中の新しい大学キャンパスを見学した。こちらも広州と同じように、市内にある 4 つの大学が数年後にすべて移転してくるそうで、すでに浙江大学の学部 1、2 年生が新しい校舎で教養課程の授業を行っているとのことである。キャンパスの中央には 30 階建ての



写真 12 浙江大学の新キャンパスにて

アドミニストレーション（写真 12）がそびえ、となりには電子閲覧設備を備えた図書館と西湖を模した池、会議場などが配置されていた。外周には学生が住む宿舎も配置され、基本的に全学生がこの宿舎で生活するとのことである。実習工場には 40 台ほどの CNC マシンが整然と並んでおり、学生の工作実習教育用のみに使用するとのことである。その他、バイクの分解組立実習や旋盤やヤスリがけの加工工作実習の設備など、実習作業には申し分ない設備と数がそろっていた。

杭州滞在 2 日目は、午前中、浙江大学・流体伝動と制御研究所・副所長の李教授の案内で、大学最初の国家重点研究所である Advanced Manufacturing Laboratory と 2 番目の重点研究所である New Clean Energy Laboratory を見学した。MEMS やバイオマス、燃料電池、CG、CAD など最新技術に中国独自の視点で取り組んでいるのが印象的であった。午後は研究所の特別の計らいで、李教授の学生の案内で、杭州でもっとも有名な西湖周辺を散策した。

中国最後の夜は、別の要件で浙江大学・流体伝動と制御研究所を訪れた学会会長の王益群教授と再会し、研究所長の王慶豊教授、傅新教授とともに晚餐を楽しみ（写真 13）、日本と中国の学会の国際交流の継続を約束すると共に、来年の 4 月に開かれる浙江大学主催の国際会議で再び会うことも約束した。また来年 11 月、日本・つくばで開催される国際シンポジウムへの参加協力の呼びかけも行い、燕山大学や浙江大学からも数件の投稿を行う予定であることが述べられた。

4. おわりに

中国国内の学会に参加した唯一の日本人（外国人）であり、中国語ができないこともあって戸惑うことも数々あったが、多くの中国の方々の温かいサポートのおかげで、中国・広州での学会基調講演も、浙江大学・流体伝動と制御研究室の特別講演もこうして無事終了した。訪問中お世話になった華南理工大学の方々、浙江大学・流体伝動と制御研究室の方々をはじめ多くの学会・大学関係者にこの場を借りて御礼申し上げます。謝謝！



写真 13 中国での最後の晚餐
（左から王慶豊教授、著者、王益群教授、傅新教授）