

日本フルードパワーシステム学会誌

JOURNAL OF THE JAPAN

FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

フルードパワー システム

May.2015 Vol.46 No.3

日本フルードパワーシステム学会論文集

TRANSACTIONS OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

特集「国際シンポジウム」

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワーシステム

目 次

特集「国際シンポジウム2014」

【巻頭言】

第9回日本フルードパワーシステム学会国際シンポジウム実施報告	香川 利春	111
--------------------------------	-------	-----

【解説】

第9回フルードパワー国際シンポジウムの全体概要	佐藤 恭一	112
第9回フルードパワー国際シンポジウムに観るフルードパワー研究動向	藤田 壽憲	115
特別招待講演の概要	佐藤 恭一	122
展示セッションの概要	川嶋 健嗣	125
最優秀論文賞および最優秀学生論文賞の贈賞	吉田 和弘	127
第9回フルードパワー国際シンポジウム参加記	只野耕太郎	130

【トピックス】

学会のフルードパワー研究者リストの活用	佐藤 恭一	132
米国駐在日記	澤西 利幸	135

【研究室紹介】

豊田工業高等専門学校 近藤研究室	倉田 祐貴	138
------------------	-------	-----

【会告】

共催・協賛行事のお知らせ	142
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催	
平成27年春季フルードパワーシステム講演会のお知らせ	144
研究委員会（委員公募）のお知らせ	144
防衛大学校 機械システム工学科 教官（助教）公募	145
その他	141, 146, 147, 148

■表紙デザイン：山本 博勝（株豊島）

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-22 機械振興会館別館102

TEL：03-3433-8441 FAX：03-3433-8442

E-Mail：info@jfps.jp

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue "International Symposium 2014"

[Preface]

JFPS International Symposium on Fluid Power and Looking around the World	Toshiharu KAGAWA	111
--	------------------	-----

[Review]

Overview of the 9th International Symposium on Fluid Power Matsue 2014	Yasukazu SATO	112
Research Trend of The 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, Matsue 2014	Toshinori FUJITA	115
Outline of Special Lectures	Yasukazu SATO	122
Exhibition in Matsue 2014	Kenji KAWASHIMA	125
On the JFPS Best Conference Paper Award and the JFPS Best Student Paper Award	Kazuhiro YOSHIDA	127
Report of the 9th International Symposium on Fluid Power	Kotaro TADANO	130

[Topics]

Taking Advantage of JFPS Fluid Power Researchers List	Yasukazu SATO	132
An expatriates diary	Toshiyuki SAWANISHI	135

[Laboratory Tour]

Kondo Laboratory in National Institute of Technology, Toyota College	Yuki KURATA	138
--	-------------	-----

[JFPS News]

141, 142, 144, 145, 146, 147, 148

巻頭言

第9回日本フルードパワーシステム
学会国際シンポジウム実施報告

著者紹介

か がわ とし はる
香 川 利 春東京工業大学
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259
E-mail: kagawa.t.aa@m.titech.ac.jp

1974年東京工業大学制御工学科卒業。精密工学研究所およびメカノマイクロ工学専攻教授として自動制御・流体計測制御・生体計測の研究に従事。また本学会会長、計測自動制御学会理事、(社)日本機械学会フェロー。

日本フルードパワーシステム学会国際シンポジウムは2014年10月28日から4日間、島根県立産業交流会館（くにびきメッセ）において開催された。3年ごとに行われる国際シンポジウムで、今回はEnergy Saving and LCS Design in Smart Fluid Power Systemの標語の下で行われ、総参加者218名（海外14カ国75名）で活発な討議が行われた。国際会議の詳細内容は別記の佐藤恭一実行委員会幹事の記述によるとして、ここでは世界各国フルードパワー関連国際会議の実施状況等との比較を行い、今後の日本フルードパワーシステム学会国際会議の参考としたい。

英国BATH大学主催のフルードパワーとモーションコントロールではヨーロッパのみならず世界のフルードパワー研究者が多く集まる。バロー教授、ケビン教授、現在のプランマー教授に引き継がれている。日本からヨーロッパの直行便が無い当時から行われていて、近年は米国ASMEと共催で行われる場合が多くなっている。日本のフルードパワーの研究者の多くが訪問研究員としてBATH大学に滞在している。ドイツアーヘンで行われるフルイドコロキウムも古い歴史を持っている。バケイ教授が機械工学研究所からの分割で開始されたIHP（油空圧研究所）を母体として、正教授は1名であるものの、20数名のミットアルバイター（博士候補で助手と学生の

間）が各テーマに取り組んでいる。現在のIFAS研究所の大きさとしては日本の研究室10個分で、20くらいのテーマを行っている。国際会議の一部ではドイツ語で行われるセッションもあり、少しローカルな感じもする。国際シンポジウムはドレスデンとの分担で最近は行われているようである。北ヨーロッパのスカンジナビアン国際会議がノルウェー、デンマーク、フィンランドの協力で開催されている。森林管理用の油圧システムなど地域の特徴が出ている。中国は全国規模のFluid Power Transmission and control Instituteの主催する国際シンポジウムと各大学が主催する国際シンポジウムに分かれる。本学会では中国のフルードパワー学会と若手研究者の相互派遣をここ数年実施しており、多くの技術者の交流が行われている。大学主催の国際シンポジウムでは北からハルビン工業大学、北京理工大学、北京航空航天大学、南京理工大学や浙江大学などのフルードパワーに関する国際シンポジウムが有名である。特に浙江大学のフルードパワー研究は元中国科学院の院長の呂教授が現在でも教授職を兼ね、また中央政界とのパイプを有するため、予算的メリットが際立っている。中国のフルードパワーシステムの研究者の多くは日本のSMC技術センターに関係しており、中国国内15か所のこの技術センターは、中国フルードパワーに多くの影響を与えている。

次回日本フルードパワーシステム学会主催国際シンポジウムは2017年に眞田教授を実行委員長に福岡市のアクロス福岡と福岡工業大学で開催予定である。国際シンポジウム開催を契機に世界のフルードパワーシステム研究者が交流を深め、更なる高効率で環境に優しい、いわゆるスマートフルードパワーシステムが開発される事を期待する。

(原稿受付：2015年4月15日)

解説

第9回フルードパワー国際シンポジウムの全体概要

著者紹介



さとう やすかず
佐藤 恭一

横浜国立大学大学院
〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5
E-mail : yasukazu@ynu.ac.jp

1994年横浜国立大学大学院博士課程修了。同年横浜国立大学講師。1998年同助教授。2012年同教授。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会、自動車技術会などの会員。博士(工学)。第9回JFPSフルードパワー国際シンポジウム実行委員会幹事。

1. はじめに

フルードパワー国際シンポジウムは、日本フルードパワーシステム学会が3年ごとに開催する国際会議であり、フルードパワーに関する最新研究成果の情報発信と、フルードパワー分野の研究者、技術者の国際交流の輪を広げるものである。これまでの第1回(1990)東京、第2回(1993)東京、第3回(1996)横浜、第4回(1999)東京、第5回(2002)奈良、第6回(2005)筑波、第7回(2008)富山、第8回(2011)沖縄の開催の歴史に続き、今回、第9回が2014年10月に島根県松江市で開催された。本報では、その開催概要を紹介する。

2. 国際シンポジウムの概要

2.1 参加登録状況

第9回フルードパワー国際シンポジウム, The



図1 第9回JFPSフルードパワー国際シンポジウム会場(島根県立産業交流会館くにびきメッセ)

9th JFPS International Symposium on Fluid Power 2014 Matsueは、2014年10月28日から10月31日に、島根県松江市の島根県立産業交流会館くにびきメッセ(図1)を会場として開催された。香川利春東京工業大学教授を委員長とする国際シンポジウム実行委員会がおおよそ3年の期間をかけて準備し、シンポジウムのメインテーマとして「Energy Saving and LCA Design in Smart Fluid Power System」を掲げた。これは、省エネルギーとLCA (Life Cycle Assessment) を志向した低環境負荷の循環型産業活動に寄与することが、これから未来に向けてのフルードパワー技術の重要な課題であるという観点によるものである。

表1に、国際シンポジウムのスケジュールを示す。講演発表や、その成果にもとづく表彰、ほか、特別招待講演など、各イベントの詳細については、当誌に同時に掲載される報告記事を参照いただきたい。

当国際シンポジウムの参加者数は218名であり、国内参加者143名、海外からの参加者は14ヶ国75

表1 第9回JFPSフルードパワー国際シンポジウムのスケジュール(会場:島根県立産業交流会館くにびきメッセ)

2014年 10月28日	• Pre-conference Technical Visit • Registration • Welcome Party
10月29日	• Opening Ceremony (開会式) • Special Lecture 1 (招待講演1) • Special Lecture 2 (招待講演2) • Technical Session* (講演発表) • Exhibition (ポスター・機器展示)
10月30日	• Special Lecture 3 (招待講演3) • Technical Session* (講演発表) • Exhibition (ポスター・機器展示) • Award Ceremony (授賞式) • Banquet
10月31日	• Technical Session* (講演発表) • Exhibition (ポスター・機器展示) • Closing Ceremony (閉会式)
11月1日	• Post-conference Technical Visit (オプション)

* キーノート講演は、一般講演発表セッションまたはオーガナイズドセッションの中の一講演として実施した。



図2 シンポジウム参加者集合写真

名であった（図2）。国別の参加者内訳を表2に示す。中国、韓国からの参加者が多いが、欧米各国からもフルードパワーのキーパーソンが参加された。

2.2 研究発表

講演発表は会期の3日間にわたり、4講演室にわかれて行われた。発表研究論文数は131件であり、内訳は一般講演発表122件、招待講演3件、キーノート講演6件である（図3）。参加登録者には、全講演発表の概要をまとめたプログラム兼アブストラクト集とProceedings（シンポジウム論文集）が配布された。アブストラクト集は、講演発表を聴講しながら見る事ができるよう、手元資料となる冊子体であり、Proceedingsは、参加者が持参されたノートパソコンで、適宜、PDF書式の論文全体を見ることができるよう、USBメモリに収録されている。特別招待講演の要旨は、一般講演発表に投稿された論文と同様の書式で、査読のプロセスを経ており、研究論文としてProceedingsに掲載されている。また、当国際シンポジウムで発表された論文のうち、優秀と認められる論文に対してはBest Conference Paper Awardが、学生発表者の優秀な論文とそのプレゼンテーションに対してはBest Student Paper Awardが贈賞された。さらに、これらの賞の選考とは別に、優秀と認められた論文は、日本フルードパ

表2 第9回JFPSフルードパワー国際シンポジウム参加者内訳

国名	人数	国名	人数
日本	143	台湾	3
中国	31	エジプト	3
韓国	12	フランス	1
ドイツ	6	フィンランド	1
米国	5	オーストリア	1
デンマーク	4	マレーシア	1
スウェーデン	3	インド	1
イタリア	3	合計	218



図3 講演発表の様子



図4 機器・ポスター展示の様子

ワーシシステム学会の英文論文誌JFPS International Journal of Fluid Power Systemの採録に推薦された。

2.3 機器・ポスター展示

会期中、講演発表と併行して、企業のポスター・機器展示も開催された。出展数は16社、24パネルであった。ポスター・機器展示会場は、昼食、コーヒブレイクの会場を兼ねて、参加者の多くが来場する場所であり、参加者と企業説明員との間で、活発な交流が行われた（図4）。

2.4 特別招待講演・キーノート講演

当シンポジウムでは、3件の特別招待講演が企画され、シンポジウム一日目に2件、二日目に1件の講演が実施された。講演者と講演題目を表3に示す。

キーノート講演（表4）は6件企画され、一般講

表3 特別招待講演. 講演者と講演題目

	講演者／講演題目
Special Lecture 1 (シンポジウム 1 日目, 午前)	Prof. Hubertus Murrenhoff (RWTH Aachen University, Germany)
	Displacement Units and Development Potential
Special Lecture 2 (シンポジウム 1 日目, 午後)	Prof. Ethirajan Rathakrishnan (Indian Institute of Technology Kanpur, India)
	Mixing Promoting Efficiency of Corrugated Limiting Arc-Tab
Special Lecture 3 (シンポジウム 2 日目, 午後)	Prof. Cai Maolin (Beihang University, China)
	Study on Compressed Air Engine

表4 キーノート講演. 講演者と講演題目

講演者／講演題目
Mr. Kenji Fujino (East Japan Railway Company) Study of the Energy Consumption of a Vacuum Toilet System for Train
Prof. Kazuhiro Yoshida (Tokyo Institute of Technology) Characteristics of Mems-based Divided Electrode Type Flexible Electro-rheological Valve
Prof. Masahiro Takaiwa (Okayama University) Breast Cancer Palpation Simulator using Pneumatic Actuator
Prof. Nobuyuki Fujisawa (Niigata University) Image Analysis of Unsteady Structure Of High-Speed Cavitating Jet
Mr. Masanori Takahashi (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.) Unsteady CFD Simulation of Pure-tone Noise Generated by a Hydraulic Relief Valve
Dr. Mitsuhiro Nakao (Kagoshima University) A Kalman Filter using the CIP Method to Estimate Small Amplitude Pressure Wave in Gas Pipeline

演発表セッションまたはオーガナイズドセッションに中で、通常の講演発表より講演時間を長くして実施された。

2.5 表彰および国際交流

シンポジウム 2 日目の夕方より、参加者全員がシンポジウム会場から同市内の日本庭園で有名な由志園にバスで移動し、Best Conference Paper Award と Best Student Paper Award の表彰式およびバンケットが開催された。表彰の詳細については、選考過程と受賞者の紹介が当誌に掲載されているので、ご参照いただきたい。

バンケットでは、立食形式の懐石料理を中心に日



図5 バンケットの様子

本食が振る舞われ、また、アトラクションとして松江に関わる伝統芸能が披露され、海外からの参加者にも好評であった(図5)。和やかに歓談が進み、国際交流の輪が広まる中、3年後の次回フルードパワー国際シンポジウムが案内され、盛況の中、散会となった。

2.6 付随行事

3日間の講演発表が行われる前日の10月28日は、午後からPre-conference Technical Visitとして、バス移動による出雲大社および出雲大社と松江市間の観光名所のツアーが行われ、国内外の参加者に好評であった。同日夕方より先行して参加登録が行われ、Technical Visitから戻られた参加者も合流し、引き続き、会場のくにびきメッセで開催されたWelcome Partyでは、フルードパワー分野の知己との再会を祝った。

シンポジウム終了翌日の11月1日は、オプションのツアーとして、Post-conference Technical Visitが実施された。行先は、参加者の選択により、世界遺産として有名な岩見银山と、日本有数の日本庭園と美術品で有名な足立美術館の2コースであった。

3. おわりに

第9回フルードパワー国際シンポジウムは、約220人の参加者、120余の論文発表により、最新のフルードパワー研究、技術が議論され、成功裏に終了した。あわせて、開催地の島根県、松江市、協賛いただいた企業、団体による多大な支援が成功の後押しとなったことを記し、シンポジウム開催への協力に謝意を示したい。

次回の第10回フルードパワー国際シンポジウムは、3年の間をあけて、2017年秋に福岡での開催を予定し、すでに実行委員会が準備を始動している。

(原稿受付：2015年3月31日)

解説

第9回フルードパワー国際シンポジウムに観る フルードパワー研究動向

著者紹介



ふじ た とし のり
藤 田 壽 憲

東京電機大学
〒120-8551 東京都足立区千住旭町5番
E-mail: tfujita@mail.dendai.ac.jp

1992年東京工業大学助手を経て、2002年東京電機大学助教授、2004年同大学教授、現在に至る。流体計測・制御、主として空気圧システムの解析、制御の教育・研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、計測自動制御学会などの会員、博士（工学）。

1. はじめに

国際シンポジウムの論文発表数は一般講演とオーガナイズドセッション（以下OS）を合わせて128件であった。前回の沖縄での国際シンポジウムより3割増えた。

著者は申込まれたプログラム委員を担当した。講演をすべて聞いた訳ではないが、この作業を通して感じた本国際シンポジウムにおけるフルードパワーの研究動向について述べる。

2. OSに観る動向

今回のシンポジウムのテーマが“Energy Saving and LCA Design in Smart Fluid Power System”であったことから、これまでのトピックスにEnergy Saving and LCA Designを加えたつぎのトピックスで論文募集を行った。

- Water hydraulics
- Functional Fluids
- Energy saving and LCA design
- Medical and welfare equipments
- Robotics and mechatronics
- Tribology, seals and contamination control
- Basic theory and technologies
- Components and systems
- Application of control theory
- Simulations and CAE
- Human-machine system

- Information technology and fluid power systems
- Micro/nano machines
- Noise and vibration
- Construction, mining, and agriculture
- Automobile
- Injection molding and manufacturing machine
- Aeronautics, space and marine

そしてアブストラクト締め切り後に、申込件数が多いトピックスをOSとした。表1にOSとオーガナイザー、および発表件数を示す。OSは複数のトピックスの中から参加者講演者自身が選択したことから、フルードパワーに関する研究で現在活発な分野と言える。

本シンポジウムのテーマであるOS1 “Energy Saving and LCA Design” には11件の論文が発表された。このうち9件は油圧であり、空気圧は2件のみであった。内容はすべて省エネルギーを取り上げたものでありLCAに関したものはなかった。アクチュエータの駆動におけるエネルギー消費が与える環境負荷のみならず、アクチュエータに使用する原材料から廃棄までの環境負荷を計算して、アクチュエータの環境に対する優劣を評価するLCAはフルードパワーにおいて未開拓であることが伺い知れた。また、かなり以前から油圧から電動への置き換えが進んでいたためか、件数は油圧のほうが圧倒的に多く、機器から駆動方法までの省エネルギー化の研究が発表されている。

これ以外のOSで最初に感じたことはOS2 “Robotics and mechatronics” の発表件数の多さである。これまでも油圧や空気圧などフルードパワーの特性を生かしたロボットが多く研究されてきたが、本シンポジウムでも新たなロボット用アクチュエータやマニピュレーターなどの発表があった。これからはメカトロニクスの特徴であるロボットは発展していく分野であり、本シンポジウムでも、この傾向は今後も続いていくことを予感させた。

つぎに目を引いたのがOS6 “Medical and welfare equipments” であり、そこで用いられている流体

はすべて空気圧であり、空気圧固有の特性である「柔らかさ」がもたらす「人間親和性」が所以であろう。OS2 “Robotics and mechatronics” でも福祉・介護機器を意図した研究もあり、これらが、もしOS6を選択したとすれば発表件数はさらに多くなったものと思われる。このOS分野も将来発展していくフルードパワーの研究分野と感じさせられた。

またフルードパワーにおいて比較的新しい分野であるOS5 “Functional Fluids” やOS7 “Water hydraulics” でも一定数の件数があった。OS5 “Functional Fluids” ではECF, MRなどの機能性流体を用いた機器の開発やシミュレーション、その設計製法や特性に関する研究が観られた。OS7 “Water hydraulics” では弁、モータやアクチュエータ、新たな水圧用人工筋の開発などの研究が観られた。

一方、基盤的な研究分野であるOS3 “Basic theory and technologies”, OS4 “Tribology, seals and contamination control”, OS8 “Simulations and CAE” でも、OSが構成できるほど件数が多く集まった。OS2 “Robotics and mechatronics” やOS6 “Medical and welfare equipments” では空気圧が非常に多かったのに比べ、これらのOSでは油圧の割合が全体の7割程度を占めた。OS3 “Basic theory and technologies” では機器特性の計測法をはじめ、フルードパワーのモデル化や解析方法まで幅広い分野の研究があった。OS4 “Tribology, seals and contamination control” ではポンプやシリンダの摺動面における損失や温度変化など基礎的な研究が中心であった。OS8 “Simulations and CAE” ではシミュレーション方法そのものの研究は少なく、シミュレーションを使った機器やシステム

挙動の予測および評価の研究が多かった。

3. 一般セッションに観る研究動向

OS以外のトピックスで申し込まれた論文は、一般セッションとして“Oil Hydraulics”と“Pneumatics”に分類してセッションを構成した。これら以外にセッションに分類すべき論文はなかった。論文数は“Oil Hydraulics”は37件、“Pneumatics”は15件であった。上述した基盤的な研究分野のOSと変わらず、論文数に占める油圧の割合は約7割であった。

また“Oil Hydraulics”の37件中26件は海外からの論文発表であり、すべてのOSでも日本からの論文発表のほうが多かったこと、“Pneumatics”でも15件中5件であったことと比べ対称的であった。日本では油圧の研究者がかなり減り、今回の国際シンポジウムでは論文発表が減った感があるが、海外では油圧が盛んな欧州のみならず、米国や中国、韓国など東アジアからの論文も多かった。油圧という研究をやりつくした感があると聞けるが、海外ではまだまだ研究が盛んなようである。

一般セッションでは件数が多かったことから、“Oil Hydraulics : Pump and Motor”のようにサブセッション名を付けた。“Oil Hydraulics”のサブセッション名を拾っていくと“Pump and Motor”, “Applications”, “Valve”, “Components and Systems”, “Valve and Components”, “General”, “Simulation and Control”となる。ポンプを始めとする機器の研究が目立つこと、機器単体から、システムの構築、シミュレーション、制御や油圧の応用まで幅広い研究が行われていることがわかる。

一方、“Pneumatics”のサブセッション名は、“Application of Control Theory”, “New Mechanism”, “Components and Systems”, “Compressor”となった。“Oil Hydraulics”と同様に幅広い研究が観られた。また海外からの論文5件のうち“Application of Control Theory”に関するものが4件であり、このセッションはすべて海外からの論文で構成されたことが特徴的であった。

4. おわりに

最後に“Proceedings of the 9th JFPS International Symposium on Fluid Power (2014)”に収録された論文リストを示す。番号はセッションでの講演論文数が明確となるように、OSごと、または一般セッション“Oil Hydraulics”, “Pneumatics”ごとに付した。また各論文にページ番号は付されているが、Proceedingsでは著者名での検索が便利ようになてきており、ページ番号では検索できないことから省

表1 OSの構成と発表数

OS番号 “セッション名” オーガナイザー	論文 件数
OS1 “Energy saving and LCA design” 田中 豊 (法政大) 藤田壽憲 (東京電機大)	11
OS2 “Robotics and mechatronics” 塚越秀行 (東京工大)	19
OS3 “Basic theory and technologies” 眞田一志 (横浜国大)	10
OS4 “Tribology, seals and contamination control” 風間俊治 (室蘭工大)	5
OS5 “Functional Fluids” 中野政身 (東北大)	9
OS6 “Medical and welfare equipments” 川嶋健嗣 (東京医科歯科大)	9
OS7 “Water hydraulics” 伊藤和寿 (芝浦工大)	6
OS8 “Simulations and CAE” 桜井康雄 (足利工大)	7

略した。

OSの構成や発表数などシンポジウムの全体から観た研究動向について紹介した。個々の研究の詳細については論文リストを頼りにプロシーディングスを参照して欲しい。

論文リスト

[OS1 : Energy Saving and LCA design]

- 1) Y. LIU (South China University of Technology, China), J. CAI et al. : A NEW VARIABLE FREQUENCY PUMP SYSTEM BASED ON ENERGY EFFICIENCY ADAPTIVE CONTROL
- 2) S. KASUYA (Tokyo City University, Japan), K. NONAKA et al. : ENERGY SAVING OF OIL HYDRAULIC PUMP UNIT DRIVEN BY GASOLINE ENGINE DUE TO INTERMITTENT OPERATION USING HYDRAULIC ASSIST
- 3) H. YUAN (Beihang University, China), M. VUKOVIC et al. : CHARACTERISTICS OF ENERGY EFFICIENT SWITCHED HYDRAULIC SYSTEMS
- 4) A. BONANNO (Institute for Agricultural and Earthmoving Machines, Italy), G. MASSAROTTI et al. : APPLICATION OF NANOSTRUCTURED LAYER TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY IN HYDRAULIC PISTON PUMP
- 5) K. KIM (Doosan Infracore, Korea), K. KIM et al. : DEVELOPMENT OF THE FLOW AREA OPTIMIZATION FOR A HYDRAULIC EXCAVATOR
- 6) Y. TSURUGA (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., Japan), K. ISHIKAWA et al. : DEVELOPMENT OF HYBRID HYDRAULIC EXCAVATOR
- 7) B. PHAN (University of Ulsan, Korea), T. DINH et al. : A STUDY ON MODELING AND EXPERIMENT OF WAVE ENERGY CONVERTERS WITH HYDRAULIC POWER TAKE-OFF
- 8) S. HYON (Ritsumeikan University, Japan), F. NODA et al. : HYDRAULIC HYBRID SERVO BOOSTER AND APPLICATION TO SERVO PRESS
- 9) K. FUJINO (EAST JAPAN RAILWAY COMPANY, Japan), H. YAMAMOTO et al. : STUDY OF THE ENERGY CONSUMPTION OF A VACUUM TOILET SYSTEM FOR TRAIN
- 10) P. PHAM (Shibaura Institute of Technology, Japan), K. ITO et al. : THE EFFECT OF RECOVERED ENERGY IN WATER HYDRAULIC FST SYSTEM
- 11) C. GRABE (RWTH Aachen University, Germany), H. MURRENHOFF : EFFICIENCY IMPROVEMENTS BY AIR RECUPERATION USING THE EXAMPLE OF A PICK-AND-PLACE-APPLICATION

[OS2 : Robotics and Mechatronics]

- 1) H. INOUE (Komatsu Ltd) : DEVELOPMENT OF HYBRID HYDRAULIC EXCAVATOR
- 2) C. LOH (Tokyo Institute of Technology, Japan), Y. NAGANO et al. : PNEUMATIC BIG-HAND GRIPPER WITH SLIP-IN AIR-BAG AND SHAPE ADAPTIVE FEATURE AIMING FOR HUMAN BODY GRIPPING
- 3) K. OOTSUBO (Gifu University, Japan), R. NAKAMURA et al. : PRESENTATION METHOD OF SOIL STRENGTH FOR A CONSTRUCTION ROBOT

- 4) H. HIGO (Kyushu Institute of Technology, Japan), K. TANAKA et al. : CONTROL OF ROBOT ARM USING ELECTRO-PNEUMATIC HYBRID ACTUATOR
- 5) A. DAMEITRY (Tokyo Institute of Technology, Japan), T. HAMADA et al. : AERIAL MANIPULATOR WITH DOOR OPENING FUNCTION
- 6) K. MIKAMI (Tokyo Institute of Technology, Japan), K. TADANO et al. : A LAPAROSCOPE CONTROL SYSTEM USING A PNEUMATIC ROBOT ARM
- 7) T. KANNO (Tokyo Medical and Dental University, Japan), D. HARAGUCHI et al. : FORCE PROJECTION TYPE BILATERAL CONTROL OF A PNEUMATIC SURGICAL ROBOT
- 8) N. SAITO (Akita Prefectural University, Japan), T. SATOH : FORCE AND POSITION CONTROL OF THE RUBBERLESS ARTIFICIAL MUSCLE ANTAGONISTIC DRIVE SYSTEM
- 9) K. INOUE (Ritsumeikan University, Japan), T. YONEDA et al. : JOINT TORQUE CONTROL BY PRESSURE FEEDBACK ON HYDRAULIC EXCAVATOR FOR ROBOTIC APPLICATION
- 10) S. KUMAKURA (Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan), I. MIZUUCHI : DEVELOPING A SUPER-SMALL HIGH-PRESSURE COMPRESSOR AND A REGENERATIVE AIR PRESSURE SYSTEM FOR HIGH EFFICIENCY OF SELF-CONTAINED PNEUMATIC ROBOTS
- 11) F. CHEN (Nanjing University of Science and Technology, China), X. LI et al. : PNEUMATIC DRIVING SOFT-BODIED ACTUATOR MIMICKING ESOPHAGEAL PERISTALSIS
- 12) H. DO (University of Ulsan, Korea), C. PHAN et al. : MULTI-ABSORBING WAVE ENERGY CONVERTER USING CYLINDERS AND PRESSURE COUPLING PRINCIPLE
- 13) D. NAM (University of Ulsan, Korea), K. AHN et al. : DEVELOPMENT OF A 7-DOF POWER ASSISTANT ROBOT
- 14) M. CHIANG (National Taiwan University, Taiwan), Y. CHEN et al. : ANALYSIS AND CONTROL OF A THREE-AXIAL PYRAMIDAL PNEUMATIC PARALLEL MANIPULATOR
- 15) S. YANG (University of Ulsan, Korea), Q. LE et al. : STUDY ON REMOTE CONTROL FOR FIELD ROBOT AND AUGMENTED REALITY VISION USING HEAD TRACKER SYSTEM
- 16) H. LIU (Zhejiang University, China), D. ZHANG et al. : DESIGN AND CONTROL OF AN UPPER-LIMB POWER-ASSIST EXOSKELETON DRIVEN BY PNEUMATIC MUSCLES
- 17) D. QIU (Shanghai Jiao Tong University, China), G. SHI et al. : RESEARCH ON THE CONTROL SYSTEM OF A MULTI-JOINT MANIPULATOR WITH HYBRID DRIVING
- 18) M. ALIFF (Okayama University of Science, Japan), S. DOHTA et al. : CONTROL OF FLEXIBLE PNEUMATIC ROBOT ARM USING MASTER DEVICE WITH PNEUMATIC BRAKE MECHANISM
- 19) Y. YOGOSAWA (Shibaura Institute of Technology, Japan), E. MURAYAMA et al. : STUDY ON CONTROL PERFORMANCE WITH CONSIDERATION OF THE ARTICULATED

MANIPULATORS WITH PNEUMATIC CYLINDERS-SIMPLE ADAPTIVE CONTROL SYSTEM AND ITS APPLICATION TO NONLINEAR FRICTIONS

[Basic Theory and Technologies]

- 1) E. URATA (Air and Water Society, Japan), C. YOUN et al. : APPROXIMATE EXPRESSIONS FOR CHARACTERISTICS OF GAS-FLOW THROUGH ORIFICES
- 2) N. TSUCHIYA (Gastar Co. Ltd., Japan), E. URATA et al. : A METHOD FOR ESTIMATE OF LEAK COEFFICIENTS
- 3) L. OO (Tokyo Institute of Technology, Japan), C. YOUN et al. : ESTIMATE OF CLOSED SPACES BY CHARGING OF COMPRESSED GAS
- 4) T. URAI (Bosch Rexroth Corporation, Japan), O. HOSHINO : COMPARING DRIVES WITH VARIABLE LOW SPEED AND HIGH TORQUE
- 5) Y. BAI (Taiyuan University of Technology, China), L. QUAN : MODELING OF HYDRAULIC VALVE-CONTROLLED CYLINDER POWER MECHANISM BASED ON FLOW APPROXIMATION
- 6) S. SAKAI (Shinshu University, Japan) : A NUMERICAL STUDY ON THE SIMPLEST HYDRAULIC CONTROL SYSTEM
- 7) K. SANADA (Yokohama National University, Japan) : ORDER REDUCTION OF OPTIMIZED FINITE ELEMENT MODEL OF PIPELINE DYNAMICS
- 8) M. NAKAO (Kagoshima University, Japan) : A KALMAN FILTER USING THE CIP METHOD TO ESTIMATE SMALL AMPLITUDE PRESSURE WAVE IN GAS PIPELINE
- 9) D. SAKAMOTO (Tokyo Institute of Technology, Japan), C. YOUN et al. : INFLUENCE OF COPPER WIRE QUANTITY IN AN ISOTHERMAL CHAMBER FOR A FINE PRESSURE WAVE GENERATOR
- 10) J. LI (Tokyo Institute of Technology, Japan), K. KAWASHIMA et al. : A METHOD TO REDUCE THE TEMPERATURE CHANGE OF PNEUMATIC ARTIFICIAL RUBBER MUSCLE

[OS4 : Tribology, Seals and Contamination Control]

- 1) N. VATHEUER (RWTH Aachen University, Germany), H. MURRENHOFF et al. : MECHANICAL LOSSES IN THE PISTON-BUSHING CONTACT OF AXIAL PISTON UNITS
- 2) Y. YIN (Tongji University, China), H. TANG et al. : INVESTIGATIONS ON THE THERMAL EFFECTS IN THE SLIPPER SWASH PLATE INTERFACE OF AXIAL PISTON MACHINES
- 3) T. KAZAMA (Muroran Institute of Technology, Japan), M. SUZUKI et al. : RELATION BETWEEN SLIDING-PART TEMPERATURE AND CLEARANCE SHAPE OF A SLIPPER IN SWASHPLATE AXIAL PISTON MOTORS
- 4) J. PER (Aalborg University, Denmark), R. DANIEL et al. : MODELLING OF SPATIAL CONFORMAL LUBRICATED JOINTS IN FLUID POWER MULTIBODY SYSTEMS
- 5) Y. WAKASAWA (Toyota National College of Technology, Japan), Y. ITO et al. : DYNAMIC BEHAVIORS OF PNEUMATIC CYLINDER

(FRICTION AND VIBRATION CHARACTERISTICS)

[OS5 : Functional Fluids]

- 1) K. YOSHIDA (Tokyo Institute of Technology, Japan), N. TSUKAMOTO et al. : CHARACTERISTICS OF MEMS-BASED DIVIDED ELECTRODE TYPE FLEXIBLE ELECTRO-RHEOLOGICAL VALVE
- 2) T. MIYOSHI (Tokyo Institute of Technology, Japan), K. YOSHIDA et al. : FABRICATION OF A MEMS-BASED ER MICROGRIPPER WITH ALTERNATING-PRESSURE SOURCE
- 3) T. OKUMAA (Fukuoka University, Japan), R. NAKANOB et al. : THERMAL RHEOLOGICAL FLUID WITH SIDE-CHAIN CRYSTALLINE BLOCK COPOLYMER
- 4) M. NARAKI (Keio University, Japan), K. TAKEMURA et al. : EFFECT OF ELECTRODE MATERIALS ON ELECTRO-CONJUGATE FLUID FLOW GENERATION
- 5) M. NAKANO (Tohoku University, Japan), A. TOTSUKA et al. : DAMPING PROPERTIES OF SEIMIC LINEAR MOTION DAMPER WITH MR FLUID COMPOSITE ROTARY BRAKE
- 6) J. NOMA (Kurimoto, LTD., Japan), Y. UESHIMA et al. : EVALUATION OF THE DISPERSION STABILITY AND REDISPERSIBILITY OF NANOPARTICLE MR FLUID AGAINST SEDIMENTATION USING X-RAY CT
- 7) A. TANIDA (Tohoku University, Japan), H. TAKANA : EFFICIENT UTILIZATION OF WIND ENRGY BY ELECTRO-MAGNETIC TORQUE CONTROL WITH POWER GENERATION
- 8) K. HAMADA (Sophia University, Japan), K. MIYAHARA et al. : STUDY ON A PUMP USING FUNCTIONAL FLUID FLOW
- 9) H. GU (Tokyo Institute of Technology, Japan), J. KIM et al. : 3-TRIANGULAR PRISM ELECTRODES DESIGN FOR ELECTRO-CONJUGATE FLUID MICROPUMP

[OS6 : Medical and Welfare Equipments]

- 1) M. TAKAIWA (Okayama University, Japan), T. MATSUNO et al. : BREAST CANCER PALPATION SIMULATOR USING PNEUMATIC ACTUATOR
- 2) K. KANEZAKI (Nara National College of Technology, Japan), Y. HAYAKAWA et al. : STUDY ON HIGH-PERFORMANCE SHOES FOR WALKING TRAINING
- 3) I. KIM (Tokyo Institute of Technology, Japan), T. KANNO et al. : SURGICAL ROBOT USING FORCE INPUT TYPE OPERATION INTERFACE
- 4) H. MURAMATSU (Numazu National College of Technology, Japan), S. YAMAMOTO et al. : PNEUMATIC DEVICE FOR POSTURAL BALANCE IN ELDERLY
- 5) K. TAKAHASHI (Sophia University, Japan), M. WATANABE et al. : A NUMERICAL STUDY OF THE AIR FLOW IN A BRANCHING PIPE MODELED ON BRONCHI
- 6) T. AKAGI (Okayama University of Science, Japan), S. DOHTA et al. : THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF WEARABLE CONTROL VALVE WITH SELF-HOLDING FUNCTION USING PERMANENT MAGNETS

- 7) A. ONO (Okayama University of Science, Japan), T. AKAGI et al. : IMPROVEMENT OF LOW-COST WEARABLE SERVO VALVE USING BUCKLED TUBE
- 8) I. KIM (Tokyo Institute of Technology, Japan), T. YAJIMA et al. : OPERATION OF SURGICAL ROBOT USING A HAPTIC MASTER DEVICE WITH AIR JETS
- 9) J. KITAI (Hiroshima City University, Japan), T. KOSAKI et al. : DEVELOPMENT OF AN EMG-BASED MOTION DETECTOR FOR A PNEUMATIC ARM ASSISTIVE DEVICE

[OS7 : Water Hydraulics]

- 1) N. FUJISAWA (Niigata University, Japan), T. KIKUCHI et al. : IMAGE ANALYSIS OF UNSTEADY STRUCTURE OF HIGH-SPEED CAVITATING JET
- 2) X. LIU (Beijing University of Technology, China), S. NIE et al. : OPTIMIZATION DESIGN AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE WATER HYDRAULIC PILOTED SOLENOID RELIEF VALVE
- 3) K. SUZUKI (Kanagawa University, Japan), R. TORII et al. : DEVELOPMENT OF VANE-TYPE WATER HYDRAULIC OSCILLATING MOTOR OF THREE-QUARTER TURN TYPE
- 4) F. YIN (Beijing University of Technology, China), S. NIE et al. : SIMULATION ON CAVITATION FLOW FOR A WATER HYDRAULIC AXIAL PISTON PUMP WITH INTERFACE GAPS
- 5) W. KOBAYASHI (Shibaura Institute of Technology, Japan), K. ITO et al. : DISPLACEMENT CONTROL OF WATER HYDRAULIC MCKIBBEN MUSCLE WITH LOAD COMPENSATION-APPLICATION OF MODEL PREDICTIVE CONTROL
- 6) K. ITO (Shinshu University, Japan), S. ITO et al. : CHARACTERISTIC OF PRESSURE CONVERTER BY ACTIVE CHARGE ACCUMULATOR FOR WATER HYDRAULIC SYSTEM

[OS8 : Simulations and CAE]

- 1) L. LUOSTARINEN (Lappeenranta University of Technology, Finland), R. ÅMAN et al. : VIRTUAL SIMULATOR TO TEST SUITABILITY OF INTEGRATED ELECTRO-HYDRAULIC ENERGY CONVERTER IN DIFFERENT TYPES OF WORKING MACHINES
- 2) C. WANG (Zhejiang University, China), C. JI et al. : CHARACTERISTICS OF THE MULTIPHASE FLOW IN A HYDROCYCLONE FOR FLUID POWER SYSTEMS
- 3) F. SHIMIZU (Kyushu Institute of Technology, Japan), K. TANAKA et al. : TEMPERATURE PREDICTION IN OIL-HYDRAULIC COMPONENTS AND CIRCUIT BY SYSTEM MODELING METHOD COUPLED WITH 3D-CFD SIMULATION
- 4) K. NAKANO (Tokyo Institute of Technology, Japan), E. MURAYAMA et al. : ON SIMPLIFICATIONS OF SIMULATION MODELS FOR PNEUMATIC TURBULENT FLOWS THROUGH TUBES
- 5) M. TAKAHASHI (Kawasaki Heavy Industries, LTD., Japan), R. NOMURA et al. : UNSTEADY CFD SIMULATION OF PURE-TONE NOISE GENERATED

BY A HYDRAULIC RELIEF VALVE

- 6) N. AUNG (Mandalay Technological University, Myanmar), Q. YANG et al. : REDUCTION OF UNDESIRE FLOW-INDUCED PHENOMENA IN A FLAPPER-NOZZLE PILOT VALVE BY USING DIFFERENT INNOVATIVE FLAPPER SHAPES : A CFD APPROACH
- 7) S. MASUDA (IHI, Corporation, Japan) : A STUDY OF THE FUEL-FLOW DRIFT WHEN CHANGING THE PUMP MODE ON A FUEL-METERING SYSTEM FOR A TURBO FAN ENGINE

[Oil Hydraulics : Pump and Motor]

- 1) W. ZHANG (Shanghai Jiao Tong University, China), X. WANG et al. : ANALYSIS ON TORQUE AND FLOW CHARACTERISTICS OF CAM-ROTOR VANE MOTOR
- 2) Q. HAN (University of Jinan, China), H. LI et al. : THE INFLUENCE OF OIL GROOVE STRUCTURE ON THE INTERNAL GEAR PUMP SHELL
- 3) M. ELGAMIL (Cairo University, Egypt), K. MOSTAFA et al. : POTENTIALS AND CHALLENGES OF A NEW VARIABLE GEOMETRIC POSITIVE DISPLACEMENT PUMP
- 4) R. PETROVIC (University Union Nikola Tesla of Belgrade, Serbia), N. TODIC et al. : THE RESULTS OF MEASUREMENTS, FFT ANALYSIS AND STATISTICAL PARAMETERS OF THE WORKING PROCESS OF AXIAL PISTON PUMPS WITH COMBINED-SHARING WORKING FLUID
- 5) Y. SAKURAI (Ashikaga Institute of Technology, Japan), Y. WATANABE et al. : PROPOSAL OF NEW ECF-PUMP WITHOUT BONDING AGENT

[Oil Hydraulics : Applications]

- 6) R. HUANG (Shanghai Jiao Tong University, China), G. SHI et al. : RESEARCH ON ELECTRO-HYDRAULIC LIFTING CONTROL SYSTEM WITH HEAVE COMPENSATION
- 7) F. WANG (University of Minnesota, USA), M. BISSEN et al. : MODELING AND DESIGN OF A HYBRID BICYCLE WITH HYDRAULIC TRANSMISSION
- 8) K. ISHIGURI (Railway Technical Research Institute, Japan), S. KAMOSHITA et al. : NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENT OF FAIL-SAFE ELECTRO HYDRAULIC ACTUATOR FOR STEERING SYSTEM OF ROLLING STOCK BOGIE
- 9) A. HANSEN (Aalborg University, Denmark), H. PEDERSEN et al. : VALIDATION OF SIMULATION MODEL FOR FULL SCALE WAVE SIMULATOR AND DISCRETE FLUID POWER PTO SYSTEM

[Oil Hydraulics : Valve]

- 10) M. RUGGERI (IMAMOTER-Institute for Agricultural and Earthmoving Machines, Italy), P. MARANI et al. : NEW ROTO-TRANSLATING VALVE FUNCTIONAL AND SAFETY FEATURE ANALYSIS
- 11) R. SCHEIDL (Johannes Kepler University Linz, Austria), C. GRADL et al. : THE CUSHIONING GROOVE FOR SOLENOID SWITCHING VALVES-CONCEPT AND THEORETICAL ANALYSIS

- 12) S. KIM (Doosan Infracore, Korea), Y. SEO et al. : OPTIMIZATION OF POPPET SHAPE TO MINIMIZE OVERRIDE ON DIRECT ACTING RELIEF VALVE
- 13) S. LI (Zhejiang University of Technology, China), J. RUAN et al. : THE EXPERIMENTAL RESEARCH FOR DYNAMIC RESPONSE OF 2D PROPORTIONAL DIRECTIONAL VALVE

[Oil Hydraulics : Components and Systems]

- 14) B. XU (Zhejiang University, China), L. SHA et al. : THE COORDINATE CONTROLLER OF THE TWO ELECTRO-HYDRAULIC PROPORTIONAL PUMPS CONTROLLED SYSTEM FOR A HEAVY LOAD AND LARGE INERTIA FIN STABILIZER
- 15) E. BUSQUETS (Purdue University, USA), M. IVANTYSNOVA : THE WORLD'S FIRST DISPLACEMENT-CONTROLLED EXCAVATOR PROTOTYPE WITH PUMP SWITCHING-A STUDY OF THE ARCHITECTURE AND CONTROL
- 16) A. AMICO (Linköping University, Sweden), P. KRUS : CLOSED-CENTRE HYDRAULIC POWER STEERING BY DIRECT PRESSURE CONTROL
- 17) K. SHINOHARA (Osaka University, Japan), T. KOIKE et al. : MINIATURE HYDRAULIC EXCAVATOR MODEL FOR TELEOPERABILITY EVALUATION TEST PLATFORM

[Oil Hydraulics : Valve and Components]

- 18) S. YUN (Korea Institute of Machinery & Materials, Korea), Y. HAM et al. : PERFORMANCE IMPROVEMENT OF A PROPORTIONAL CONTROL VALVE USING SHAPE STRATEGY OF CONTROL CONE AND SPOOL WITH A SLEEVE
- 19) H. KONDO (Toyota National College of Technology, Japan), Y. KURATA : A STUDY OF A MULTI-STEP POLE TYPE ELECTOR-MAGNETIC ACTUATOR FOR CONTROLLING PROPORTIONAL HYDRAULIC VALVE (MAGNETIC FLUX FLOW IN THE ACTUATOR)
- 20) M. ELGAMIL (Cairo University, Egypt), M. AMIN et al. : DEVELOPMENT OF A NEW HYDRAULIC SERVO-VALVE WITH TWO LAND SPOOL AND NEW PILOT STAGE
- 21) S. SAKAMA (Hosei University, Japan), Y. TANAKA et al. : HIGH EFFICIENCY BUBBLE ELIMINATOR FOR HYDRAULIC SYSTEMS

[Oil Hydraulics : General]

- 22) M. AXIN (Linköping University, Sweden), B. ERIKSSON et al. : ENERGY EFFICIENT FLUID POWER SYSTEM FOR MOBILE MACHINES WITH OPEN-CENTRE CHARACTERISTICS
- 23) H. PEDERSEN (Aalborg University, Denmark), L. SCHMIDT et al. : INVESTIGATION OF NEW SERVO DRIVE CONCEPT UTILIZING TWO FIXED DISPLACEMENT UNITS
- 24) D. ROEMER (Aalborg University, Denmark), P. JOHANSEN et al. : SIMULATION AND EXPERIMENTAL TESTING OF ACTUATOR FOR A FAST SWITCHING ON-OFF VALVE SUITABLE TO EFFICIENT DIGITAL DISPLACEMENT MACHINES
- 25) K. MORI (Okayama University, Japan), T. MURAKAMI

et al. : DROPLETS GENERATION IN A FLOW FIELD BY USING A BOLT-CLAMPED LANGEVIN-TYPE TRANSDUCER

- 26) Y. SHIBATA (Kyushu Institute of Technology, Japan), K. TANAKA et al. : VORTEX FLOWS AND TURBULENCE MODELS OF OIL JET IMPINGING ON A WALL WITH HOLES

[Oil Hydraulics : Simulation and Control]

- 27) K. PETTERSSON (Volvo Construction Equipment, Eskilstuna, Sweden), K. LARSSON et al. : SIMULATION AIDED DESIGN AND TESTING OF HYDROMECHANICAL TRANSMISSIONS
- 28) Y. SHANG (Shanghai Jiao Tong University, China), D. YU et al. : MODELING, SIMULATION AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE TUBE HIGH-PRESSURE HYDROFORMING SYSTEM
- 29) S. NAHIAN (Ulsan University, Korea), D. TROUNG et al. : AN EXTENDED UNKNOWN INPUT OBSERVER BASED SENSOR FAULT DETECTION IN ELECTRO HYDRAULIC ACTUATOR
- 30) L. SCHMIDT (Aalborg University, Denmark), P. JOHANSEN et al. : A FREQUENCY RESPONSE APPROACH TO SLIDING CONTROL DESIGN FOR HYDRAULIC DRIVES
- 31) M. SHIH (National Cheng-Kung University, Taiwan), J. SHIE : OIL FILM THICKNESS CONTROL IMPROVEMENT OF A HYDROSTATIC ROTARY MACHINE

[Oil Hydraulics]

- 32) T. OPPERWALL (Purdue University, USA), A. VACCA : MODELING NOISE SOURCES AND PROPAGATION IN DISPLACEMENT MACHINES AND HYDRAULIC LINES
- 33) C. SCHLEIHS (RWTH Aachen University, Germany), H. MURRENHOFF : MODAL ANALYSIS SIMULATION AND VALIDATION OF A HYDRAULIC MOTOR
- 34) J. ZHU (Zhejiang University, China), F. YU et al. : EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ATTENUATORS IN HYDRAULIC CIRCUITS
- 35) F. SHIMIZU (Kyushu Institute of Technology, Japan), K. YAMAMOTO et al. : NUMERICAL ANALYSIS OF ACOUSTIC FIELD AROUND SOUND INSULATION COVER USING ACOUSTIC/STRUCTURE COUPLED TECHNIQUE
- 36) T. KURIBAYASHI (National Defense Academy, Japan), T. ICHIYANAGI et al. : ATTENUATION CHARACTERISTICS OF A HELMHOLTZ TYPE OF HYDRAULIC SILENCER WITH HEMISPHERICAL VESSEL SHAPE
- 37) A. HANSEN (Aalborg University, Denmark), H. PEDERSEN et al. : AVOIDANCE OF PRESSURE OSCILLATIONS IN DISCRETE FLUID POWER SYSTEMS WITH TRANSMISSION LINES-AN ANALYTICAL APPROACH

[Pneumatics : Application of Control Theory]

- 1) J. RENN (National Yunlin University of Science and Technology, Taiwan), C. CHENG et al. : NOVEL CONTINUOUS VARIABLE CURRENT CONTROL

FOR A FULL-DIGITAL PNEUMATIC CYLINDER POSITION CONTROL SYSTEM

- 2) P. QIAN (Zhejiang University, China), G. TAO et al. : PRESSURE OBSERVER BASED SERVO CONTROL OF AN ELECTRO-PNEUMATIC CLUTCH ACTUATOR
- 3) G. TAO (Zhejiang University, China), H. ZUO : CROSS-COUPLING ADAPTIVE ROBUST CONTROL STUDY OF SINGLE/MULTIPLE 3-DOF PNEUMATIC PARALLEL PLATFORMS
- 4) M. MUSTAFFA (Universiti Malaysia Perlis, Malaysia), H. OHUCHI : REPEATED POSITIONING OF A PNEUMATIC RODLESS CYLINDER AT ENDPOINTS VICINITY USING PROXIMITY SWITCHES

[Pneumatics : New Mechanism]

- 5) L. YUXUAN (Zhejiang University, China), L. XIN et al. : DEVELOPMENT OF A VARIABLE FLOW RESISTANCE BASED ON TEMPERATURE CHANGE
- 6) M. RIBUAN (Okayama University, Japan), K. SUZUMORI et al. : PNEUMATIC SOFT ROBOT BASE WITH OMNIDIRECTIONAL LOCOMOTION
- 7) K. MORI (Okayama University, Japan), S. WAKIMOTO et al. : DEVELOPMENT OF THIN MCKIBBEN ARTIFICIAL MUSCLE AND ITS APPLICATION TO BIOMIMETIC MECHANISMS
- 8) T. FERREIRA (Université de Lyon, France), S. SESMAT et al. : STUDY OF UNSTATIONARY PULSED AIR JETS FOR SORTING OPERATIONS

[Pneumatics : Components and Systems]

- 9) R. MORINAGA (Sophia University, Japan), T. TSUKIJI et al. : STUDY ON A NONCONTACT HOLDER USING AIR FLOW
- 10) N. SUZUMORI (Tokyo Institute of Technology), N. OSAKI et al. : ACOUSTIC COMMUNICATION IN AIR SUPPLY LINE REALIZING MULTIPLEX CONTROL OF ACTUATORS
- 11) F. OTAKA (Meiji University, Japan), O. OYAMA et al. : STUDIES OF ANALYSIS FOR DYNAMIC CHARACTERISTICS OF OPTO-FLUIDIC CONVERSION DEVICE
- 12) Y. SATO (Yokohama National University, Japan), J. MIYAZAWA et al. : PRESSURE RESISTANCE IMPROVEMENT OF METAL BELLOWS FOR PNEUMATIC ACTUATORS

[Pneumatics : Compressor]

- 13) D. HORIGUCHI (Meiji University, Japan), Y. TANI et al. : A STUDY AND DEVELOPMENT OF THE SMALL GAS PRESSURE SOURCE USING THE TRIPLE POINT OF THE DRY ICE
- 14) H. HASEGAWA (Meiji University, Japan), O. OYAMA et al. : DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ALTERNATE DIRECTION AIR COMPRESSOR
- 15) T. KATO (Fukuoka Institute of Technology, Japan), M. CHENG et al. : DEVELOPMENT OF A MINITURE RUBBER MUSCLE DRIVEN BY GAS-LIQUID PHASE CHANGE

(原稿受付：2015年4月10日)

解説

特別招待講演の概要

著者紹介



さとう やすかず
佐藤 恭一

横浜国立大学大学院
〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5
E-mail : yasukazu@ynu.ac.jp

1994年横浜国立大学大学院博士課程修了。同年横浜国立大学講師。1998年同助教授、2012年同教授。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会、自動車技術会などの会員、博士(工学)。第9回JFPSフルードパワー国際シンポジウム実行委員会幹事。

1. はじめに

第9回フルードパワー国際シンポジウムでは、フルードパワー分野の著名な研究者を招待する特別招待講演が実施された。特別招待講演の講師として招聘した研究者は、ドイツRWTH Aachen UniversityのMurrenhoff教授、インドIndian Institute of Technology KanpurのRathakrishnan教授、中国の北京航空航天大学の蔡茂林教授である(表1)。また、特別招待講演の要旨は、当シンポジウムの一般講演やオーガナイズドセッションで発表される論文と同書式で、査読プロセスを経ており、研究論文としてProceedingsに採録されている。本報では、各特別招待講演の講師と講演内容のアウトラインを紹介するので、さらに研究の詳細を知りたい場合は、あわせてProceedingsに採録されている論文を参照いただきたい。

2. 特別招待講演1 「DISPLACEMENT UNITS AND DEVELOPMENT POTENTIAL」 Prof. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen University

ドイツ、アーヘン工科大学のIFAS (Institute für Fluidtechnische Antriebe und Steuerungen: 流体駆動制御研究所) は、ドイツのみならず欧州でのフルードパワー研究の研究拠点であり、活発な研究活動を行っている。同研究所でフルードパワーに関する国際会議IFK (Internationale Fluidtechnische

表1 特別招待講演. 講演者と講演題目

講演者/講演題目	
Special Lecture 1 (シンポジウム1日目, 午前)	Prof. Hubertus Murrenhoff RWTH Aachen University, Germany 
	DISPLACEMENT UNITS AND DEVELOPMENT POTENTIAL
Special Lecture 2 (シンポジウム1日目, 午後)	Prof. Ethirajan Rathakrishnan Indian Institute of Technology Kanpur, India 
	MIXING PROMOTING EFFICIENCY OF CORRUGATED LIMITING ARC-TAB
Special Lecture 3 (シンポジウム2日目, 午後)	Prof. Cai Maolin Beihang University, China 
	STUDY ON COMPRESSED AIR ENGINE

Kolloquium) を主催していることは、ご存じの方も多いであろう。Murrenhoff教授は、1994年に同研究所の所長に就任し、フルードパワー研究の先導的立場で活躍されている。当学会のこれまでのフルードパワー国際シンポジウムにも参加されており、日本のフルードパワー関係者の多くが知る著名人である。

演題は「DISPLACEMENT UNITS AND DEVELOPMENT POTENTIAL」¹⁾である。当学会会長の築地徹浩上智大学教授の司会のもと、Murrenhoff教授より、容積機械への要求、最適化、新設計の三項目について、将来のフルードパワーの適用範囲の拡大に向けた展望が述べられた(図1)。講演の要旨を以下に紹介する。

フルードパワーシステムにおける油圧ポンプ・モータは、機械動力から流体動力へ、または流体動力から機械動力へ動力を変換するキーコンポーネントであり、システムの用途、ユーザーの要求、環境などに応じて多様な選択肢がある。たとえば、基本

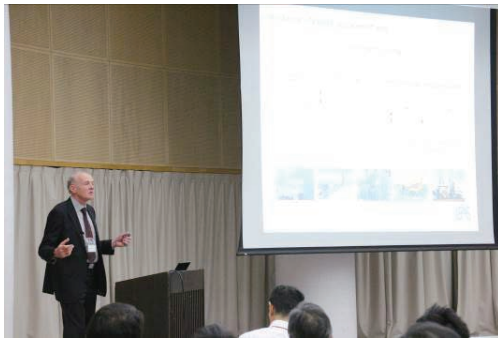


図1 特別招待講演の様子 (Prof. Murrenhoff)



図3 特別招待講演の様子 (Prof. Rathakrishnan)

	Swashi plate machine	Bent axis machine	Radial piston machine	Gear machine	Vane machine
Number of tribo contacts	☹	☹	☹	☹	☹
Number of parts	☹	☹	☹	☹	☹
Adjustability	☹	☹	☹	☹	☹
Scalability	☹	☹	☹	☹	☹
Motor operation	☹	☹	☹	☹	☹
Noise emission	☹	☹	☹	☹	☹

図2 各種容積機械の評価 文献1)より転載

的な油圧回路の可変流量源には、可変容量ポンプや、回転数制御ポンプの選択があるが、騒音、脈動、効率からの判断も重要である。

機構や作動原理別に整理すると、アキシャルピストン式、ラジアルピストン式、ギア式、ベーン式など、いくつかの形式があり、それぞれにその構造に依存した長所とともに、運転上の制限がある。これらのポンプ・モータの効率や、油圧システムへの適用性は、その作動原理に大いに依存する。なぜならば、エネルギー損失の種類と場所および運転範囲がその作動原理で決まるからである。

それらのコンポーネントの最適化において、主な固定容量や可変容量ポンプ・モータの作動原理と、設計上および運転上の相違を、さまざまな項目によって評価すると、すべての評価項目を満足する最適なポンプ・モータの形式がないことがわかる(図2)。そのため、いくつかの研究プロジェクトは、ある特定のポンプ・モータおよびその部品の最適化を目的としているという現状である。最適化の過程で、運転中に観測することができないポンプ・モータ内の物理現象を理解するには、一般的にシミュレーションツールが利用されるが、その方式や精度はシミュレーションツールにより多様である。

将来、フルードパワーの適用範囲を広げるためには、革新的な容積機械の作動原理を生み出す必要が

あり、いくつかの研究機関では、高効率なアキシャルピストン形式や、アキシャルピストン形式とラジアルピストン形式の利点を組み合わせるなど、斬新な設計の容積機械が開発されてきている。燃焼機関と油圧ポンプを組み合わせたフリーピストンエンジンも、基本的だが新しいアイデアである。これらは、コンポーネント単体だけではなく、システム全体の高効率化の解となる可能性がある。

3. 特別招待講演2 「MIXING PROMOTING EFFICIENCY OF CORRUGATED LIMITING ARC-TAB」 Prof. Ethirajan Rathakrishnan, Indian Institute of Technology Kanpur

The Indian Institute of Technology Kanpur (インド)のEthirajan Rathakrishnan教授は、航空宇宙工学の高速ジェットの研究で世界的に知られる研究者で、多くの関係学会のフェローであり、また、国際学術誌のEditor-In-Chiefを務められている。

演題は「MIXING PROMOTING EFFICIENCY OF CORRUGATED LIMITING ARC-TAB」²⁾である。シンポジウム実行委員長の香川利春東京工業大学教授の司会のもと、Rathakrishnan教授より、ジェット騒音の低減に有効なタブについて、実験的評価、形状の影響が示された(図3)。講演の要旨を以下に紹介する。

衝撃波を伴う超音速ジェット騒音の低減策の一つに、ジェット流と周囲の空気との混合を促進する方法がある。そのデバイスとして、ノズル出口に取り付け、ジェットの流れの中に突き出すタブ(小さな突起物)がある。

当講演では、ジェットの制御なしの場合とタブによって混合促進される場合、さらにそのタブ形状が円弧状の場合と円弧の弧部が波状になっている場合について、軸対称中細ノズルから噴出するマッハ数1.88のジェットの混合促進の観点から、混合効率の実験的評価および流れ方向の中心圧変化などの調

査が報告された。結果として、円弧状タブは、マッハ数1.88の自由噴流の適切な圧力勾配のもとでは、波円弧状タブよりも優れた混合促進を示すが、ノズル圧力比率4.5レベルの逆圧力勾配のあるところでは、波円弧状タブの方がよい混合促進を示すことが判明した。これらの混合状態は、shadowgraph法の画像によりわかりやすく説明された（図4）。

4. 特別招待講演3 「STUDY ON COMPRESSED AIR ENGINE」 Prof. Cai Maolin, Beihang University

蔡茂林教授は、2002年に東京工業大学で博士号を取得され、2006年まで同大精密工学研究所で空気圧分野の研究で活躍されていたので、ご存じの方も多であろう。2006年に中国の北京航空航天大学の教授に就任され、空気圧システムの省エネ化技術で顕著な業績を挙げられており、China Machinery Industrial Science and Technology Awardを受賞し、One Thousand Talent Scheme of China in 2013にも選ばれている。

演題は「STUDY ON COMPRESSED AIR ENGINE」³⁾であり、シンポジウム実行委員の藤田壽憲東京電機大学教授の司会のもと、蔡茂林教授より、無公害の動力伝達手段として、圧縮空気による自動車の駆動（Compressed Air Engine : CAE）が紹介された（図5）。講演の要旨を以下に示す。

内燃機関に代わって自動車に搭載されるCAEは、圧縮空気のエネルギーを機械的なエネルギーに変換することができる。当講演では、CAEの最適化に利用する数学モデルの導出、CAEのエネルギー変換効率や出力特性の算出方法が示された。エンジン作動中の氷結防止のため、臨界点付近での温度低下の解析と熱交換システムの設計も必要である。

エネルギー効率については、CAEの排気圧力、吸気および排気タイミングが大きく影響し、出力特性については、排気弁の大きさ、吸気タイミング、排気圧力および回転部の慣性モーメントが大きく影響する。数学モデルにもとづき性能を推定した一例では、最高出力約2 kW、変換効率50%であった。また、シミュレーションにより、熱交換システムによって空気温度を0℃以上に維持できることも示された。さらに、これらの数学モデルの妥当性を実機のベンチ試験により実証した（図6）。

参考文献

- 1) Hubertus Murrenhoff, Katharina Schrank, Dirk Schulze Schencking : DISPLACEMENT UNITS AND DEVELOPMENT POTENTIAL, Proceedings of the 9th International Symposium on Fluid Power Matsue 2014,

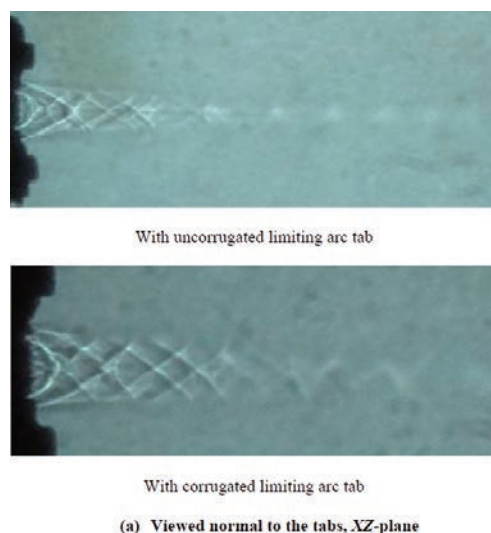
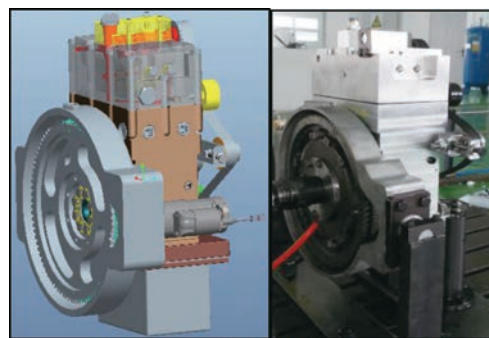


図4 ノズル圧力比4.5におけるShadowgraph図。文献2)より転載



図5 特別招待講演の様子（蔡茂林教授）



Physical model and photo of the CAE

図6 CAEのモデルとプロトタイプ。文献3)より転載

- p. 1-10 (2014)
- 2) Ethirajan Rathakrishnan : MIXING PROMOTING EFFICIENCY OF CORRUGATED LIMITING ARCTAB, Proceedings of the 9th International Symposium on Fluid Power Matsue 2014, p. 11-22 (2014)
- 3) Cai Maolin, Yu Qihui : STUDY ON COMPRESSED AIR ENGINE, Proceedings of the 9th International Symposium on Fluid Power Matsue 2014, p. 23-37 (2014)

（原稿受付：2015年3月31日）

解説

展示セッションの概要

著者紹介



かわしま けんじ
川嶋 健嗣

東京医科歯科大学
〒101-0062 千代田区神田駿河台2-3-10
E-mail: kkawa.bmc@tmd.ac.jp

1997年東京工業大学大学院理工学研究科博士
後期課程修了。同助教などを経て、2013年東
京医科歯科大学生体材料工学研究所教授。現在
に至る。流体計測制御、ロボット工学の研究に
従事。日本フルードパワーシステム学会、日本
機械学会などの会員。博士（工学）。

1. はじめに

第9回JFPS国際シンポジウムにおける展示セッションは「世界に向けて日本企業におけるフルードパワー技術や製品をPR場」と位置付け、技術者による製品紹介や製品の販売促進など目的を限定せず、出展者が参加しやすい形態を目指した。

首都圏から離れた地域での開催であることから、15社20区画を目標とした。目標出展数に達するか大変不安であったが、実行委員長の香川利春先生をはじめ関係各位のご尽力により、16社24区画のご参加をいただいた。展示セッションは島根県松江くにびきメッセ多目的ホールで実施され、コーヒープレイクやランチの会場も兼ねた円形会場の壁を使った展示であったことから大変盛況であった。

以下に展示セッションの概要を報告する。

2. 参加企業

参加いただいた企業名、分類と展示内容を表1に記す。油圧、空気圧、水圧ほかバランス良く展示されていることがわかる。

展示スペースは幅1.2m高さ2.1mの展示用ボード2枚の前に幅1.8m奥行きと高さが約0.7mの机を置いた形式を基本1区画とした。展示のコアタイムは発表2日目である10月30日の14時40分～15時20分であった。当日は、夕方から特別講演とバンケットが予定されていたこともあり、学会出席者が一番多い時間帯であった。過去の展示と比較して、大変多

表1 参加企業

会社名（英文）	分類	展示内容
SMC Corporation	Pneumatics	• New Products
KYB Corporation	Water Hydraulics Others	• Aqua Drive System • DLC Film • Low Noise Technology of Pressure Regulating Valve for High Compressed Gas
AIM TECH Co., Ltd.	Pneumatics	• Leak Tester
TOKYO METER CO., LTD	Pneumatics	• Air Power Meter • Hi Precision Pressure Regulator • Quick Flow Sensor
Yuken Kogyo Co., Ltd.	Hydraulics	• Linear servo valves • A3HG Series Variable
KOMATSU Ltd.	Hydraulics	• Hydraulic System "HST" & "CLSS" for Engine Forklift FH40/45/50-1
JTEKT CORPORATION	Hydraulics	• JTEKT hydraulic equipment
HITACHI Construction Machinery Co., Ltd.	Hydraulics	• Development of Hybrid Hydraulic Excavator
Gastar Co., Ltd	Others	• Solar-Heat Gas Water heater Systems. • Highly Efficient Latent Heat Recovery-Type
Kawasaki Heavy Industries, Ltd. Precision	Hydraulics	• Study on improvement of override characteristics of the relief valve.
TOKYO KEIKI INC.	Hydraulics	• Hydraulic Equipment and Compact Manifold Block
MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD	Others	• SEALS
Anest Iwata Corporation	Pneumatics	• Scroll fluid machine (Compressors, Vacuum pumps, and Expanders)
MAX CO., LTD	Pneumatics	• Pneumatics tools and Air compressor
Bosch Rexroth Corporation	Hydraulics	• Product catalogue
CKD CORPORATION	Pneumatics	• Pneumatic components

くの方にご参集いただいた。写真1に展示会場の様子を示す。この写真からも盛況な様子を感じられる。

また、上述したようにコーヒープレイクを兼ねていたことから、コアタイム以外にも休憩時間に多くの来場者があり活気にあふれていた。次回以降の展示セッションにおいてもとても参考にある展示方法であった。

3. 展示内容

3区画の展示をいただいたSMC株式会社殿には、搬送装置のデモ機の動作展示ほかをいただいた。毎回とても見栄えのする展示であり、写真2に示すように多くの来場者が興味深く立ち寄って説明を聞いていた。同じく3区画の展示をいただいたKYB株式会社殿からは、水圧駆動システムのほか、高圧ガスの減圧において騒音を低減するスリット機構の展示やダンパ用のDCLフィルムの実物展示があった。

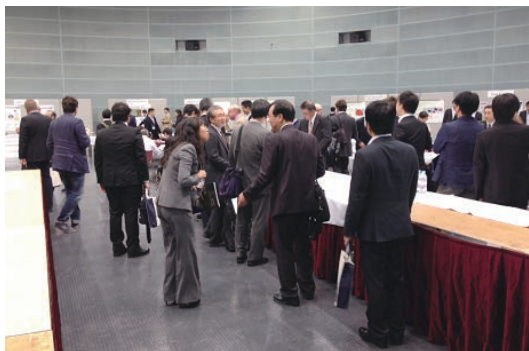


写真1 展示会場

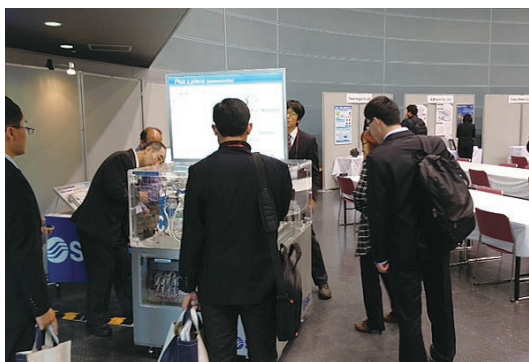


写真2 実機展示風景

続いて2区画の展示をいただいた企業の展示内容を順不同で紹介する。株式会社コマツ殿からは、フォークリフト用の油圧システムのポスタ展示があった。株式会社ジェイテクト殿からは、小型高効率のリニアソレノイドの展示があり、油圧制御のポート部に構成される絞り部を従来の1箇所から直列に2箇所にすることで、ストロークあたりのシール長さを2倍にする構造を考案したとの説明いただいた。株式会社ガスター殿は、太陽熱利用ガス給湯システムと潜熱回収型ガス給湯システムのポスタ展示をいただいた。川崎重工株式会社殿からは、ポンプでのキャビテーションの研究、リリーフ弁のオーライド特性の改善、および電気油圧ハイブリットシステムのポスタ展示をいただき、国際学会の展示にとっても相応しい内容であった。

1区画の展示をいただいた企業の展示内容を順不同で紹介する。株式会社エイムテック殿は都市ガス用の漏れ計測装置の展示をいただいた。東京メータ株式会社殿からは、東工大香川利春教授との共同研究成果である、空気の消費エネルギーが計測可能はエアパワーメータや気体用精密レギュレータのポスタ展示があった。油研工業株式会社殿には高圧ピストンポンプやリニアサーボ弁の実物展示をいただいた。日立建機株式会社殿には、油圧建機の展示をいただいた。東京計器株式会社殿からは、油圧バルブほかのポスタ展示をいただいた。三菱電線工業株式会社

殿からは、シールメーカとして耐熱フッ素ゴムをポスタ展示で紹介いただいた。アネスト岩田株式会社殿からは、スクロール型コンプレッサのポスタ展示があり、ノートパソコンを用いてスクロールでの圧縮の様子が良くわかる動画での説明をいただいた。マックス株式会社殿からはネイラーやコンプレッサのポスタ展示があった。ボッシュ・レックスロス株式会社からは、同社製品の紹介をいただいた。CKD株式会社からは、空気圧機器各種の実物展示をいただいた。

写真3は展示セッションの一コマである。国内外の参加者が、各企業の展示を熱心に見ている様子や説明員の方からの説明を聞いている様子がわかり、展示セッションの雰囲気を感じていただける一枚である。

4. おわりに

本報では、10月28日から31日まで島根県松江くにびきメッセ多目的ホールで開催された、第9回JFPS国際シンポジウムの展示セッションの概要を紹介した。展示セッションの必要性を疑問視する声があることは承知しているが、産学の連携なくしてフルードパワーシステムの発展はあり得ない。展示セッションは国内外の参加者の情報交換と出会いを提供する貴重な場である。また、日本の製品を海外に紹介できる絶好の機会である。

次回は福岡での開催を予定している。各企業におかれては積極的な参加をお願いするとともに、本セッションの益々の発展を祈念している。

謝 辞

本展示を開催するに当たり、実行委員長の香川利春先生他実行委員会の皆様、JFPS事務局、株式会社産業企画の皆様ほか、多くの方々のご尽力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

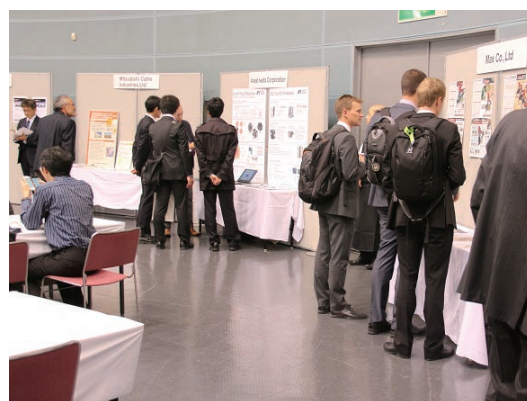


写真3 展示セッション風景

(原稿受付: 2015年2月3日)

解説

最優秀論文賞および最優秀学生論文賞の贈賞

著者紹介

よし だ かず ひろ
吉 田 和 弘東京工業大学精密工学研究所
〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259-R2-42
E-mail : yoshida@pi.titech.ac.jp

1989年東京工業大学大学院博士課程修了，同年同大学助手，1996年同大学助教授，2015年同大学教授，2008年10月～2009年3月米国UCSB客員研究員，流体マイクロマシン，機能性流体の研究に従事，JFPS，JSME，IEEEなどの会員，工学博士。

1. ま え が き

前回，2011年10月に沖縄で開催されたThe 8th JFPS International Symposium on Fluid Power, Okinawa 2011では，フルードパワー関連の学生をエンカレッジするため最優秀学生論文賞（JFPS Best Student Paper Award）が贈賞されている．今回のThe 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, Matsue 2014では，学生だけでなくフルードパワー技術者および研究者もエンカレッジするため，全論文から選ばれる最優秀論文賞（JFPS Best Conference Paper Award）と，学生が発表する論文の中から選ばれる最優秀学生論文賞（JFPS Best Student Paper Award）を贈賞することにした．贈賞者の選考に当たっては，講演論文の査読（評価）作業を担当していたために，論文分科会主査である著者と論文分科会幹事である竹村研治郎准教授（慶應義塾大学）が候補者案を作り，実行委員会に諮り決定した．以下では，その選考経過および表彰の状況について報告する．また，査読（評価）結果に基づき優秀な講演論文を本学会の英文誌JFPS International Journal of Fluid Power Systemの本シンポジウム特集号に推薦することも行ったので，これについても簡単に紹介する．

2. 各賞の選考過程

2.1 選考方法

本シンポジウムでは，講演論文の採否を決定するため，講演論文1編につき2名の査読委員を割り当

て，査読を行った．査読委員は，講演申込者を中心に，査読期間が夏季休暇期間にかかることを考慮して連絡のとりやすい日本人を中心に62名に依頼した．査読に当たっては，研究の重要性（Worthy of investigation），新規性（New results），結論の信頼性（Conclusions are supported by the data），表現の明快さ（Clarity of presentation），および採否のレベル（Reviewer's recommendation）の5項目についてそれぞれ5段階の評点をつけていただき，採否を決定した．その結果，基調講演6件を含む128件の講演論文が採択された¹⁾．

最優秀論文賞および最優秀学生論文賞は，それぞれ3件とすることにした．

最優秀論文賞は，2名の査読委員の評点を合計し，その上位3件を選考した．

最優秀学生論文賞は，まず，最優秀論文賞対象論文を除いた講演論文で，投稿時に最優秀学生論文賞の審査を申請した著者の中から，評点の上位6名をファイナリストとして選考し，各候補論文の著者に通知した．次に，6名のファイナリストは講演論文の内容としては同等の優れた内容を持っているとみなし，本シンポジウムにおける発表をそれぞれ3名の評価者に評価していただいた．その評価は，構成（Organization），内容（Content），発表の明快さ（Clarity of presentation），スライド資料（Visual aids），発表時間および質疑（Timing & Questions）の5項目についてそれぞれ5段階でしていただき，3名の評価者の評点の合計を求め，上位3名を選考することにした．表彰式を本シンポジウム2日目の夕方のバンケット直前に行うため，ファイナリストの講演は，2日目午前中までのセッションで行うようにプログラムを組み，2日目午後に行行委員会を開催し，贈賞者を決定した．

2.2 選考結果

2.1節で述べた選考方法に基づき選考された最優秀論文賞の受賞論文は，以下の3件である．ただし，この順番は筆頭著者のファミリーネームのアルファベット順である．

○著者：

Tomoya Miyoshi, Kazuhiro Yoshida, Joon-wan Kim, Sang In Eom and Shinichi Yokota

著者所属：

Tokyo Institute of Technology, Japan

論文題目：

Fabrication of a MEMS-based ER Microgripper with Alternating-pressure Source

掲載ページ：p. 438-441

○著者：

Henrik C. Pedersen^{*1}, Lasse Schmidt^{*1}, Torben O. Andersen^{*1} and Morten H. Brask^{*2}

著者所属：

* 1 : Aalborg University, Denmark

* 2 : Bosch-Rexroth A/S, Denmark

論文題目：

Investigation of New Servo Drive Concept Utilizing Two Fixed Displacement Units

掲載ページ：p. 460-467

○著者：

Nobuhiro Tsuchiya^{*1}, Eizo Urata^{*2}, Lai Lai Oo^{*3}, Chongho Youn^{*3} and Toshiharu Kagawa^{*3}

著者所属：

* 1 : Gastar Co. Ltd., Japan

* 2 : Air and Water Society, Japan

* 3 : Tokyo Institute of Technology, Japan

論文題目：

A Method for Estimate of Leak Coefficients,

掲載ページ：p. 397-404

最優秀学生論文賞は、2.1節で述べたように3名を選考する予定であったが、評点が同点であったため、以下の4名を選考した。ただし、この順番は筆頭著者のファミリーネームのアルファベット順である。

○著者：

Enrique Busquets and Monika Ivantysynova

著者所属：

Purdue University, USA

論文題目：

The World's First Displacement-Controlled Excavator Prototype with Pump Switching-A Study of the Architecture and Control

掲載ページ：p. 324-331

○著者：

Ashlih Dameitry, Takahiro Hamada, Ryuma Iizuka, Masahiro Watanabe and Hideyuki

Tsukagoshi

著者所属：

Tokyo Institute of Technology, Japan

論文題目：

Aerial Manipulator with Door Opening Function

掲載ページ：p. 195-200

○著者：

Nils Vatheuer^{*1}, Hubertus Murrenhoff^{*1}, Ulrich Bräckelmann^{*2} and David Breuer^{*2}

著者所属：

* 1 : RWTH Aachen University, Germany

* 2 : Bosch Rexroth AG, Germany

論文題目：

Mechanical Losses in the Piston-Bushing Contact of Axial Piston Units

掲載ページ：p. 368-375

○著者：

Hang Yuan^{*1,*2}, Milos Vukovic^{*2}, Yaoxing Shang^{*1}, Shuai Wu^{*1}, Hubertus Murrenhoff^{*2} and Zongxia Jiao^{*1}

著者所属：

* 1 : Beihang University, China

* 2 : RWTH Aachen University, Germany

論文題目：

Characteristics of Energy Efficient Switched Hydraulic Systems

掲載ページ：p. 51-58

3. 各賞の表彰

最優秀論文賞3件、最優秀学生論文賞4名について、本シンポジウム2日目の夕方に由志園で行われたバンケット会場でバンケットに先立ち表彰式を行った。表彰の様子を図1に、表彰状および賞品の楯の例を図2に示す。

4. 英文誌への優秀論文の推薦

講演論文の査読結果に基づき、優秀な論文を本学会の英文誌JFPS International Journal of Fluid Power Systemの本シンポジウム特集号に推薦した。投稿論文として十分な長さとなる6ページ以上で、かつ原則として投稿期限が守られた講演論文の中から、2名の査読委員の5項目の評点の合計が全講演論文の上位約20%に当たる講演論文を推薦することにした。選考された講演論文の著者にその旨を通知し、投稿を促した。本稿執筆時点で、投稿された論文の査読作業が進行中であり、充実した英文誌となるものと期待している。



図1 表彰の様子

5. あとがき

本稿では、The 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, Matsue 2014においてフルードパワー技術者、研究者および学生をエンカレッジするために贈賞した最優秀論文賞および最優秀学生論文賞の選考過程および表彰の状況について報告した。また、英文誌JFPS International Journal of Fluid Power



図2 表彰状および楯の例

Systemの本シンポジウム特集号への優秀論文の推薦について簡単に述べた。このような活動を契機として、フルードパワー技術分野の発展、本シンポジウムのさらなる活発化が進むことを期待している。

参考文献

- 1) Proc. of 9th JFPS Int. Symp. on Fluid Power, Matsue 2014 (USB) (2014)

(原稿受付：2015年2月10日)

解説

第9回フルードパワー国際シンポジウム参加記

著者紹介

ただのこうたろう
只野 耕太郎東京工業大学精密工学研究所
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259
E-mail: tadano@pi.titech.ac.jp2007年東京工業大学大学院総合理工学研究科
博士後期課程修了。同大学精密工学研究所研究
員、助教を経て、2013年同准教授、現在に至る。
手術支援ロボット、空気圧制御の研究に従事。
日本フルードパワーシステム学会、日本機械学
会などの会員、博士（工学）。

写真1 Robotics and mechatronicsセッションの様子

1. はじめに

2014年10月28日から31日にかけて、島根県松江市においてthe 9th International Symposium on Fluid Powerが開催された。筆者は本シンポジウム実行委員会にも参加させていただいたが、本稿では、一参加者としてシンポジウム全体を振り返り、その所感を報告する。

2. シンポジウム

本シンポジウムではEnergy Saving and LCA Design in Smart Fluid Power System をメインのテーマとして掲げており¹⁾、実行委員長の冒頭挨拶や基調講演においてもエネルギーに関する話題があった。また、Energy Saving and LCA Design としてOSも組みまれており11件の発表があった。筆者がJFPS国際シンポジウムに参加するのは、前々回の富山で開催された第7回からで今回で3度目となるが、2011年に沖縄で開催された前回のシンポジウムでは、その6ヶ月前に東日本大震災が発生した。その後、原子力発電所事故の問題からエネルギー事情を改めて考え直すことになり、今回のテーマはそういった中で自然の流れとも思える。最近、身近では話題にすることが徐々に少なくなっていると感じるが、復興や原発事故の問題はまだ道半ばであることを思い起こした。

今回のシンポジウムでは、4つのセッションが並行して進行したが、筆者は自分の専門分野に関連が

深いRobotics and mechatronics（写真1）およびMedical and Welfare Equipments のセッションを中心に各講演を聴講した。各講演内容の紹介については他に譲るが、全体からみてもこれらのセッションの講演数は多く、多岐に渡る研究が発表された。特にRobotics and mechatronicsは2番目に講演数が多い分野となっており、ロボティクスにおけるフルードパワーの応用が浸透してきているのだと改めて感じた。これらのセッションでは空気圧要素を用いた研究発表が多いが、本シンポジウムではRobotics and mechatronicsにおいて、3割程度が油圧技術に関する講演であった。これは前回シンポジウムと同様の割合ではあるが、今回ではその中の多くは電動と油圧のハイブリッドシステムとなっていることも印象に残った。

シンポジウム会場であるくにびきメッセは、松江駅から市内を横断する大橋川を挟んだすぐ向かい側に位置し、ホテルから会場までくにびき大橋を渡っての朝の徒歩移動は大変清々しかった。筆者はセッションの途中で別セッションの講演を聴くために会場間を移動することがあったが、セッション会場はすべて異なる階に位置していたため、会場間の移動がやや不便であった。一方で、企業の展示スペースにもなっていた昼食やコーヒープレイクの会場は、気軽に利用しやすく休憩時間の度に他大学の方々と交流することができた。



写真2 出雲大社本殿へ向かう参道

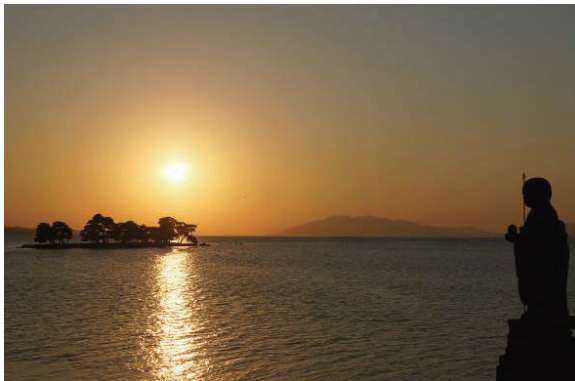


写真3 宍道湖の夕景

3. イベント

初日の28日には、出雲大社を見学するPre Conference Technical Visitに参加した。シンポジウム会場からバスで移動し、1時間程度で到着した。高円宮家の次女典子さまと出雲大社権宮司の千家国麿さんの結婚式が10月5日に行われた後ということもあって、町はお祝いムードとなっていた。出雲大社は日本有数の観光名所でもあり、ある程度の混雑を予想していたが、平日であったためか観光客で溢れているということはなく、至るところ落ち着いた雰囲気であった(写真2)。道中ではガイドの方が丁寧に説明してくださり、見聞を広めることができた。また、会場への帰路においては、宍道湖で途中停車し、有名な夕景(写真3)を見ることができた。その後、会場にてウェルカムパーティーが開催され初日は終了した。

30日には、牡丹の栽培で有名な由志園でバンケットが開かれた。由志園は松江市街地から東の大根島にある日本庭園で、シンポジウム会場からバスで移動した。到着時には陽が落ちて暗くなっていたことが若干残念であったが、会場建物内に入るまでに庭園内を一巡するように道順が設定され、短時間ながらも一通り見物することができた。会開始後には実



写真4 バンケットの様子



写真5 松江城天主から見た松江市内

行委員長，副実行委員長，松江市長らのご挨拶があり(写真4)，続いてBest Conference Paper AwardおよびBest Student Paper Awardの表彰式が行われた。その後、恒例の鏡開きが行われ、シンポジウムロゴの刻印が入った枡とともに樽酒が振る舞われた。また、島根県の民謡安来節とどじょうすくいが披露され、会場を沸かせた。

筆者は11月1日のPost Conference Technical Visitには都合上参加しなかったが、10月31日のシンポジウム閉会后、天候には恵まれずとも松江市内や松江城を散策し(写真5)帰路に着いた。

4. おわりに

JFPS国際シンポジウムは第5回以降日本国内の地方都市で開催され、学术交流だけでなく開催地域の振興や海外の方に(旅行経験の多くない私にとっても)わが国の地方の雰囲気を感じてもらいよい機会にもなっている。福岡で開催予定の次回シンポジウムも多くの方が参加され盛会となることを願っている。

参考文献

- 1) <http://www.jfps.jp/net/9thjfps/>

(原稿受付：2015年2月4日)

トピックス

学会のフルードパワー研究者リストの活用

著者紹介



さとう やすかず
佐藤 恭一

横浜国立大学大学院
〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5
E-mail : yasukazu@ynu.ac.jp

1994年横浜国立大学大学院博士課程修了。同年横浜国立大学講師。1998年同助教授。2012年同教授。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会、自動車技術会などの会員。博士(工学)。日本フルードパワーシステム学会基盤強化委員会副委員長

1. はじめに

当学会誌「フルードパワーシステム」第46巻(2015年発行)では、当号を含めて1年間にわたり「学会と産業界との連携に向けて」と題したトピックス記事を連載しており、フルードパワーに関わる研究開発成果を社会に広めてゆく、また、経済活動に直接結びつけていく活動のひとつである産学連携を取り上げている。これまでに、学会の産業界との連携を志向した取り組みである講座、研修会などの意義と実際の様子を紹介してきた。本報では、すこし視点を変え、大学などのアカデミックな活動と民間企業の商業活動を結び付けるいわゆる共同研究と、学会の産学連携との関連を紹介したい。なお、一般的に産学の共同研究といえば、大学等と企業間で所定の契約を交わし、共通の課題に対して対等の立場で研究を進めることを示すが、ここでは大学などの研究者と企業の技術者との交流も共同研究に進展することがあるので、広義での産学連携として扱うこととする。

2. 産学交流

まず、企業における研究開発活動の中で、何らかの研究課題や問題点が生じ、大学等研究者とその課題について議論したい、共同で研究を進め課題解決したいといった事例を想定する。その時、企業の技術者は、どのような形でパートナーとなる大学等研究者を探し、共同研究に繋げるであろうか。これま

でも活発に産学交流を進めている企業であれば、それほど困ることなくパートナーとなる大学等研究者を見つけ、共同研究を実施しているようである。一方で、これまで大学等研究者との交流もなく、研究課題に対する議論や相談をするあてもよくわからないという企業もあることも事実である。筆者も、「大学に技術的な相談したいが、会社としては初めてのことで、誰と、どのような手順で進めたらよいのかということから相談したい」という、技術的議論の前の入口段階の相談を受けたことがある。

各大学、研究機関で状況は異なると思うが、筆者の研究室で企業の技術者と議論することになった、共同研究することになったというきっかけを表1に示す。なお、これは筆者の研究室に偏った内容で、他の大学等研究者ではこれと異なる産学連携のきっかけがあるかもしれないが、一例の紹介ということで、ご容赦いただきたい。

表1 大学研究室と企業との産学連携のきっかけの一例

1. 大学の産学連携部署からの紹介
2. 同大学内や他大学の研究者からの紹介
3. 学会の研究委員会など、委員会活動を通じて
4. 大学ホームページや研究室ホームページを見て
5. 講演会やセミナーでの講演を聴講して
6. 論文の著者連絡先を見て
7. 研究室卒業生、同窓生の紹介
8. その他

「1. 大学の産学連携部署からの紹介」は、大学には産学連携を扱う部署が設置されており、共同研究受入等の窓口となっている。企業からの、このような研究テーマを相談できる研究者がいないだろうか、という問い合わせに対して、対応できる学内の研究者を探す仕組みがある。

「2. 同大学内や他大学の研究者からの紹介」は、産学連携部署とは別のルートで、企業から研究テーマの相談を受け、そのテーマにより近い研究を進めている研究者を紹介したり、そのテーマに対応でき

そんな他分野の研究者を紹介したりする例である。これは、研究者間のネットワークによるものである。

「3. 学会の研究委員会など、委員会活動を通じて」は、学会の委員会などで企業の委員と一緒に活動する中で、企業の委員に大学等研究者の研究内容を知ってもらい、その委員のついで、委員が所属する企業から研究テーマの相談がある場合である。委員会の場で会った際に、ちょっとした雑談から、具体的な産学連携の相談に発展することもあり、また、委員会後の懇談会で話が進展することもある。

「4. 大学ホームページや研究室ホームページを見て」は、社名は聞いたことがある企業だが、まったく面識がないといったところから、突然、ホームページを見て相談したいという連絡が入る例である。企業側も、研究テーマの相談のあてがない場合は、インターネットの検索エンジンを活用しているということであろうか。

「5. 講演会やセミナーでの講演を聴講して」は、講演会での研究発表や、セミナーの講師を終えた後、企業の参加者から、こういうことで困っているのだから相談できないかという話を持ち掛けられることがある。研究発表やセミナーの内容で、相談内容に関連した内容に触れた場合など、その直後の休憩時間で話があたり、数日後に、メールや電話で連絡が入ることがある。

「6. 論文の著者連絡先を見て」は、企業で、研究テーマの課題を検討するにあたり、関係論文を調査し、その著者に相談してみようということ連絡が入る場合である。何年も前に発表した論文をもとに連絡が入る場合もあり、実はその研究自体はとうに完了していて、実験装置も残っていないということがある。

「7. 研究室卒業生、同窓生の紹介」は、研究室の卒業生は、学生当時所属していた研究室の研究内容をよく知っているの、企業と大学との仲介役として活躍してくれる例である。

3. 産学交流と学会とのかかわり

大学研究室と企業との産学連携のきっかけは、多様なルートがあることを示したが、これらの中で、「学会の研究委員会など、委員会活動を通じて」、「講演会やセミナーでの講演を聴講して」、「論文の著者連絡先を見て」は、学会がその産学連携のプラットフォームとなっている。すなわち、大学等研究者も、企業の方も、学会の委員会活動や講演会などに頻繁に参加していただければ、産学間の交流の機会は増えると考えられる。

ここで、今一度、企業の技術者は、どのような形

で産学連携の相手となる大学等研究者を探し、共同研究に繋げるかに話を戻すと、有力な方法の一つが、データベースの活用である。前述のとおり、各大学等研究機関では、研究者総覧といった検索可能な研究者のデータベースを用意しているところが多く、また、産学連携部署が窓口となって、共同研究の受け入れを行っている。このデータベースは、理系、文系を合わせた大学全体の研究者のデータであるが、他の大学でも同様の全学研究者データがあるわけである。これらのデータを活用して、たとえば、フルードパワー分野のあるテーマを得意とする研究者を探そうとした場合、大学ごとの縦割りのデータベースをそれぞれ調べることになる。研究者を探す対象を、フルードパワー分野に絞った場合、大学ごとの縦割りでなく、フルードパワー分野の横のつながりでまとめた研究者データベースがあると、便利ではないだろうか。

それが、「フルードパワー研究者リスト」である。

4. フルードパワー研究者リスト

日本フルードパワーシステム学会が開設したフルードパワー研究者リストを紹介する。学会のホームページ（図1）にアクセスすると、トップページに「産学連携フルードパワー研究者リスト」がある。そのリンク先には、図2に示すリストがあり、登録されている研究者が、油圧、空気圧、水圧、機能性流体、その他の分野別と、名前の五十音順で掲載されている。その掲載内容は、図2に示すように、研



図1 学会ホームページ上のフルードパワー研究者リスト



図2 産学連携 フルードパワー研究者リスト

究者ごとに、氏名、主な研究テーマ（3～5件）、相談に応じられる分野、所属の大学、学部、学科などの情報と、研究者の所属先のホームページへのリンク、および後述する自己紹介のPDFファイルへのリンクである。

図2は、リストの体裁を紹介する目的の図であるため、各研究者の記載事項は省略してあるが、2015年5月時点での実際のリストに掲載されている研究者は、油圧分野16名、空気圧分野20名、水圧分野5名、機能性流体分野9名、その他の分野4名の合計で49名である。ただし、油圧と空気圧など複数分野の研究を行っている研究者は、それぞれの分野に重複して掲載されているので、延べ数とお考えいただきたい。

たとえば、ある研究者は、相談に応じられる分野として、(1)管路内の流動解析と圧力損失、(2)油圧空気圧機器内の流れ解析と特性評価、(3)流体力学一般、(4)機能性流体の流動特性と応用機器、(5)数値流体力学と流れの実験解析、など5件ほどの分野を挙げられているので、1研究者あたりの相談に応じられる分野を平均5件とすれば、延べ数約50名の研究者リストとしては、250件程度の相談に応じられる分野が掲載されていることになる。

フルードパワーという限られた領域の中で、これだけの相談に応じられる分野が公開されていれば、企業で抱える研究開発上の課題と合致する、もしくは極めて近い分野があるのではないだろうか。また、合致する分野がなかったとしても、各研究者とその研究室学生を含むスタッフは、企業が求める研究課題に対応できるポテンシャルがある。企業の技術者の方々は、フルードパワーに関する研究開発上の課題を抱えられている場合は、ぜひ、学会のフルードパワー研究者リストにアクセスいただき、産学連携のパートナーを検討していただきたい。

最後に、各研究者のリストに掲載されている「ホームページ」と「自己紹介」のPDFファイルについて紹介する。

「ホームページ」は、学会のサイトから離れ、各研究者の所属する大学や独自の研究室のホームページにつながる。研究者の経歴、より詳しい研究内容、公表論文などの情報のほか、研究室の様子をうかがい知ることができる。ちなみに、筆者もフルードパワー研究者リストに登録しているが、筆者の場合は、「ホームページ」は所属先の大学で公開している研究者総覧（研究者のデータベース）にリンクしてあ

り、筆者の研究教育活動に関わる一連の公開情報や、共同研究が可能なテーマ、相談に応じられる分野などが紹介されている。さらに、ここから研究室のホームページにつながるようになっている。

「自己紹介」のPDFファイルは、フルードパワー研究者リストの掲載情報のダイジェストである。一例を図3に示す。ここでは、各研究者共通の書式で、「研究分野のキーワード」、「研究概要」、「アドバンテージ」（研究で得意とすること）、（産学連携等の）「事例紹介」が図表、写真とともに紹介されており、さらに、相談に応じられるテーマ、主な所属学会、論文、特許、著書などが紹介されている。

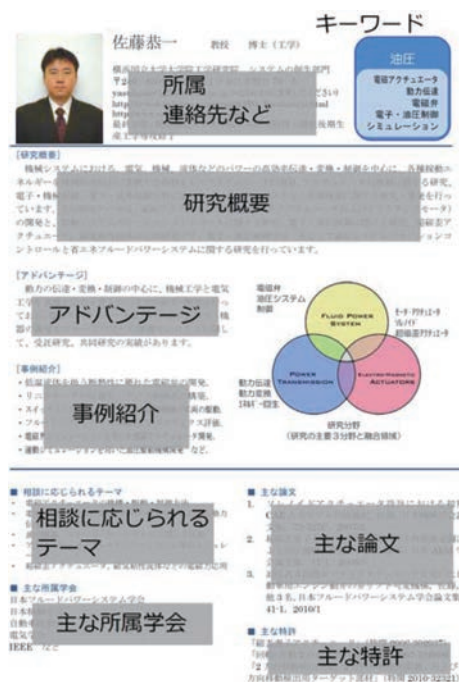


図3 フルードパワー研究者リスト「自己紹介」の一例

5. おわりに

産学連携、産学交流の一助として、学会の産学連携フルードパワー研究者リストを紹介した。百聞は一見に如かず、である。これまで研究者リストをご存じなかった方は、ぜひ一度、研究者リストをご覧ください。研究者リストは、学会の基盤強化委員会が中心となってまとめている。企業、大学等のさまざまな立場での視点でご意見をフィードバックしていただければ、より有用な研究者リストに発展することが期待できる。

（原稿受付：2015年4月10日）

トピックス

米国駐在日記

著者紹介



さわにしとしゆき
澤西利幸

KYB株式会社
〒509-0298 岐阜県可児市土田2548
E-mail: sawanishi-tos@kyb.co.jp

1998年名古屋工業大学機械工学科卒。同年カヤバ工業株式会社入社。2009年KYB America LLCへ赴任。2011年KYB Americas Corporationへ転任。2014年KYB株式会社サスペンション技術部へ帰任。現在に至る。

1. はじめに

近頃では海外赴任というと余り行きたがらない人が多い。若いころから海外に憧れが強かった私は、そんな風潮が今でも信じられない。見たこともない景色やさまざまな文化に触れることは私にとってこの上ない喜びである。機会があれば海外で生活してみたいと考えていた私に海外赴任の話は渡りに舟であり、希望者が少ないことが奏功して絶好の機会を掴むことができた。生活も仕事も遊びも思いっきり楽しんだ、あっという間の5年間の一部始終を紹介させていただく。

2. 業 務

2009年4月に米国はイリノイ州シカゴ郊外にある販社に赴任し、技術駐在員として2年半を過ごした。その後インディアナ州インディアナポリス近郊にある工場へと転任し、設計者として2年半を過ごした。2つの拠点を経験することができたのは幸運だった。

最初に赴任したKYB America LLCはアフターマーケット向けショックアブソーバの販売会社である。日本ではアフターマーケット向けショックアブソーバの市場はチューニングパーツとしてのニッチな市場がメインであるが、米国においてショックアブソーバはタイヤ、ブレーキパッドと並び補修部品として広く一般に認知されており市場規模も日本と比べて格段に大きい。KYBは米国のアフターマーケット向けショックアブソーバにおいてMONROEにつき2番目のシェアを持つ。

米国での私の業務は主に市場調査、サンプル調達、開発管理、実車テスト、カタログ作成、ワランティ

低減活動などが挙げられる。新車情報や登録台数情報からつぎに設定する機種を選定し、製品開発に携わりながら最終的に製品カタログへと落とし込むというのが大まかな流れである。同時に駐在員の業務を現地従業員に移管するための教育や環境づくりを進めてきた。

2011年10月に北米の会社が統合され、KYB Americas Corporationへと名前を変えた。それに伴いインディアナ州フランクリンの工場へと異動となり、アフターマーケット向けショックアブソーバ(図1)の現地開発を推進することとなった。主として日本からの生産移管、技術者の教育、開発体制の整備などを進めてきた。



図1 アフターマーケット向けショックアブソーバ

3. 生活準備

米国に赴任して最初に向かうのはソーシャルセキュリティオフィスである。ここでソーシャル・セキュリティ・ナンバー(SSN)を申請する。これは年金番号のようなものであるが、これが無いと銀行口座も作れなければ、アパートも借りられない。最近では1週間程度で届くようだが、私の時には2カ月を要した。SSNが届いたら銀行、住居、電気、ガス、水道、ゴミ回収、CATV、家具などなど、契約しなくてはならないことが目白押しである。当然すべて英語なので、初めて海外生活をする人間にはなかなかハードルが高い。

住居はアパートであれば契約が比較的容易で済む。しかし折角の米国生活、広い庭付きの一軒家を希望する家族も多い。ただ借家は数も少なく、家賃や立地、間取りなど、条件に合う物件はなかなか見つからない。インターネットで探しながら候補を絞り、不動産業者と連絡をとって下見を行う。契約段階に入っても、SSNもなくクレジットカードヒストリー

もない人間はまったく信用されない。ただ大変だった分、希望の家が契約できた時の喜びはひとしおである。

生活準備の仕上げは運転免許の取得である（図2）。日本で取った国際免許の有効期限は入国して3カ月だが、3カ月など直ぐに過ぎてしまう。赴任直後のモチベーションが高い時期に勉強しておかないと後が辛い。州によっては日本語で筆記試験を受けられるが、イリノイ州では英語のみであった。歴代駐在員は一発合格だったというプレッシャーもあり、かなり緊張したことを覚えている。運転免許を取得したら晴れて一人前の駐在員。これでやっとパスポートを持ち歩く生活から解放されるのである。



図2 ドライバースライセンス

4. 生活

“殺伐としている”というのが米国の第一印象だった。何から何まで大きくて大雑把、道は広いが路面は荒れていて、路肩にはタイヤの破片、道には人が歩いていない。私が赴任したのがリーマンショックも冷めやらぬ2009年春だったので特にそう感じたのかもしれない。

米国での生活は距離感や時間の感覚が日本とは微妙に異なる。隣町まで2時間の運転が何でもなくなったり、日本では30分で済むスーパーでの買い物1時間以上掛かったりする。店が遠かったり、駐車場が広かったり、建物が大きかったりと少しずつ時間がかかる。米国で大きな車や大きな冷蔵庫が必要となるのはこれが理由だ。時間がかかる買い物なるべく一回で済ませたいのである。おのずと売っている物も買い置きサイズとなる。

米国はカード社会である。コンビニでコーラ一本を買う時でも普通にカードを使う。逆に現金は余り信用されていない。大きなお札を出すと必ずチェックされるし、実際に偽札を掴まされたこともある。現金が信用されている日本は平和なのだ。

私が赴任した中西部はとても保守的な土地である。映画やテレビで見る米国はカリフォルニアのファッショナブルで開放的な感じや、ニューヨークのスタイリッシュで前衛的な感じであるのに対し、シカゴは地味で保守的である。街を歩く人の服装はジーンズにノースフェイスが定番だ。自分の懂れていたアメリカはいったいどこにあるのだろうと思ったものである。

そんなシカゴに対してインディアナポリスはさら

に保守的な街である。シカゴにはヒスパニック、韓国人、ギリシャ人、ポーランド人と移民が多かったのに対し、インディアナポリスには少ない。ファーストフードの店員はメキシコ人と相場が決まっていたシカゴに対し、インディアナではマクドナルドの店員に白人がいることに衝撃を覚えた。都会には移民が多く下手な英語でもある程度許容してくれるが、田舎に行くにつれ英語が喋れないことを容赦してくれない。また人々はのんびりとしており、人も仕事もゆっくりと動く。これは米国に限ったことではないだろうが、顕著に感じた。

シカゴもインディアナポリスも雪国である。シカゴはおおよそ北緯42度で函館近辺、インディアナポリスはおおよそ北緯40度で盛岡近辺の緯度となる。それなのにスタッドレスタイヤは余り普及していない。雪が降ると融雪剤を撒く車両がわんさと現われ走り回るので軽度の雪なら問題なく生活できる。ただ融雪剤が追いつかないような大雪となると、たちまち街も道路もストップする。転がったり落ちたりして動けなくなった車両を何台も目撃することになる。

長くて寒くて暗い冬とは対照的に、夏は爽やかで快適だ。デイトライトセービング（夏時間）とも相まって日がとても長い。定時で退社すればゴルフが1ラウンドまわれ、その後のビールは格別である。

5. 食事

米国といえばハンバーガー、ステーキ、ピザ、ドーナッツ、まったく想像通りだったが、そんな中でも美味しいものは沢山ある。バーで食べるハンバーガーは絶品、また分厚くて柔らかい赤身のステーキの味は忘れられない。日本では馴染みのないバッファローウイングという酸っぱ辛いフライドチキンには病み付きになった。

米国では珍しい御当地料理である南部のケイジャン料理にははまってしまった（図3）。もともとは貧しいフランス系移民の料理で、ガンボ、ジャンバラヤ、クロウフィッシュ（ザリガニ）、アリゲーターなどバラエティに富んだメニューとスパイシーな味付けがたまらない。特にガンボはレシピを調べて自分たちでつくるようになったほどである。



図3 ケイジャン料理

そのほか、メキシコ、インド、タイ、ベトナム、韓国、トルコなどなど、さまざまな国の料理が食べられるのも魅力である。ただアメリカナイズされて

しまった料理は味が単調で甘くなってしまう傾向がある。米国に行く前、中華料理は世界中何処で食べても間違いのない味だと思っていたのだが、美味しい店は少なかった。

日本食はとてもヘルシーで人気がある。スーパーでもSUSHIが普通に並んでいるし、日本食レストランも数多く存在する。ただ日本人が実際に働いているレストランは一握りで、レベルの差は激しい。新しい店に挑戦する際は決まってカツ丼を注文し、その店のレベルを量っていた。

6. ロードトリップ

ロードトリップは米国での醍醐味のひとつである(図4, 5)。米国はとにかく広く、ニューヨークーロサンゼルス間は時差が3時間、飛行機でも8時間かかる。そんな米国の広さを肌で感じるのに車での旅はベストな方法である。私も米国全土を走りまわった。旅行での総走行距離は5年間でおよそ2万kmとなる。



図4 愛車の2002 FORD FOCUS

車で走るとわかるが、米国のほとんどは田舎だ。牧草地、山岳地、荒野が延々と続き、田舎町がポツン、ポツンと点在し、突如として大きな都市が現われる。

都市から都市までの距離は車で2～3時間程。米国の西から東までを車で移動しようとする、頑張って3泊4日というところである。

どんな田舎町にもホテルやモーテルがいくつかあり、予約なしでも宿泊に困ることはほとんどない。また日本と違って一部屋幾らなので、家族連れにも嬉しい。



図5 ロードトリップ

駐在期間は長いように思えるが、長期旅行をするチャンスは夏休みと冬休みの年2回とすると、5年だと最大で10回である。行きたいところが多い場

合は計画的に回る必要がある。なんせ米国は広いので、すべては周り尽くせない。私もナパバレーでのワイナリー巡りや、本場メイン州でのロブスターなど、結局行けなかったところは多い。

7. エンターテインメント

そのほかの楽しみ方としてはスポーツ観戦、音楽鑑賞、美術館・博物館巡りなどなど、色々挙げられる。コンサートなどは日本だとドームツアーしかないような有名アーティストが割と小さなライブハウスで観られたりするから面白い。BEYONCE, UTADA, U2, NORAH JONES, BLUNO MARS, SARAH BRIGHTMANなどなど、さまざまなアーティストのライブに行くことができた。

米国の博物館はお勧めである。人類の至宝ともいふべき展示物が圧倒的なスケールで惜しげもなく収められている。米国の豊かさ、国力を感じられる(図6)。



図6 スペースシャトル (KENNEDY SPACE CENTERにて)

また各地で開催されるさまざまなカーショウやエアショウなども魅力的である。夏になるとさまざまなイベントが各地で開催される(図7)。



図7 戦中の弊社製品に遭遇 (OSH KOSH AIR SHOWにて)

8. 最後 に

海外駐在の経験がある方は共感していただけと思うが、駐在期間中の時間の流れは本当に速い。米国での5年間はあっという間だった。このような貴重な経験をさせていただけたことに、とても感謝している。機会があればぜひまた海外に飛び出していきたい。また若い人にはぜひ海外へ飛び出して、さまざまな経験をして貰いたい。

(原稿受付：2014年12月5日)

研究室紹介

豊田工業高等専門学校 近藤研究室

著者紹介



くら た ゆう き
倉田 祐 貴

豊田工業高等専門学校専攻科
電子機械工学専攻1年
〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1
E-mail: kurata.y68@gmail.com

2014年、豊田工業高等専門学校機械工学科を卒業し、同校専攻科に入学。近藤研究室では、多数の磁極を有する電磁比例バルブアクチュエータの推力特性解析と設計に従事。日本機械学会の会員（学生員）。

1. はじめに

豊田工業高等専門学校（以下、豊田高専）は、昭和38年4月に中部経済圏において自動車産業を中心に飛躍的に発展を続ける愛知県豊田市に創立されました。さらに、法律改正により2年制の専攻科を設置できることとなったため、平成6年4月には専攻科が設置されました。本校は、本科5年制と専攻科2年制からなり、本科は5学科（機械工学科、電気電子システム工学科、情報工学科、環境都市工学科、建築学科）、専攻科は3専攻（電子機械工学専攻、情報科学専攻、建設工学専攻）からなっています。

豊田高専の正門から伸びる400mの直線道路沿いには、学校設立当時に植えられた桜の苗木が今では立派に育ち、4月初めには満開を迎え、新入生や多くの市民もここを訪れます。

豊田高専のある豊田市は、愛知県のほぼ中央に位置し、40万人以上の人口を持つ中核都市です。1951～1958年の間は、挙母市（ころもし）でしたが、1959年1月1日に豊田市と改名しました。市名の「豊田（とよた）」は、市内に本社を置くトヨタ自動車と、同社の創業者一族の姓「豊田（とよだ）」に由来します。豊田市は2005年4月に周辺6町村の編入によって、豊田市の市域はより広大なものとなり、岐阜県や長野県に接しています。この平成の大合併により人口は36万人から42万人に増加し、県下第2位の人口となりました。また面積も290.12km²から918.47km²に一気に拡大し、県内第1

位の面積を持ち、愛知県全体の20%を占めるようになりました。私が生まれ育った旧藤岡町は豊田市の一部になりましたが、多くの自然に恵まれ、リスやタヌキ、猪などの多くの野生動物にも遭遇することがあります。豊田市は立派な工業都市でありながら、森林はおよそ70%、農地はおよそ8%を占めており、工業や産業が環境との共存の可能性を持った都市だと思います。

2. 研究室の紹介

私が所属している近藤研究室は機械工学科にある研究室の1つです。機械工学科棟3階に研究室は位置しており、本校の中庭やグラウンドを見晴らすことができます。近藤研究室では、油圧制御についての研究を行っており、主に油圧制御弁駆動用電磁比例アクチュエータの試作・評価および推力や放熱特性などの解析を行っております。

平成26年度の近藤研究室のメンバーは、図1に示しますように専攻科生2名、本科5年生3名の合計5名の学生が所属しています。機械工学科棟は改修されたばかりで、1人につき、パソコンと机が1台ずつ与えられ、窮屈な思いもせず快適な環境で研究を行うことができます。

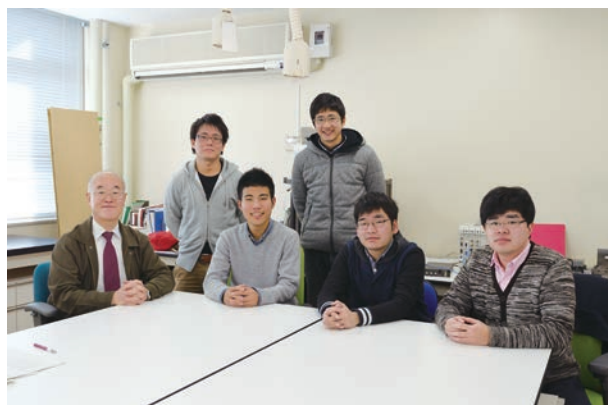


図1 研究室メンバー

3. 研究内容

3.1 高推力な電磁比例バルブアクチュエータに関する研究

本研究では、アーマチャとステータに対向する、軸方向に多数の突歯をもつアクチュエータを考案しました。図2に示しますように、アクチュエータは主要部品として大まかには固定子であるステータと可動子であるアーマチャ、磁界を作るコイルの3つで構成されています。このアクチュエータのコイルに電流を流すと各突歯が磁極になり、対向する突歯どうしが同時に吸引し大きな推力を発生します。

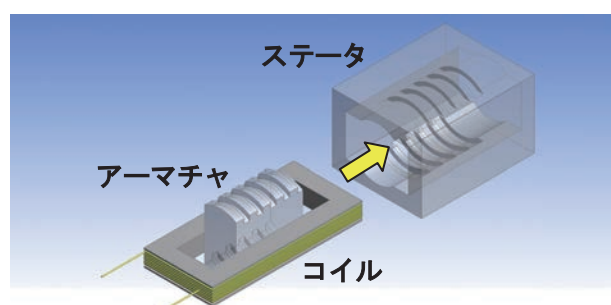


図2 アクチュエータの構造¹⁾

実験では見る事ができない磁束流れの様子を、有限要素法解析ソフトを用いて解析し、比較検討によって最も推力特性の良好な突歯形状を検討しています。本研究ではこのアクチュエータの性能の向上と設計のための基礎検討を行っています。具体的には、突歯ピッチを変えた場合に、突歯の重なり量によらずアクチュエータが発生する推力が一定になる動作ストローク範囲と推力の大きさがどのように変化するか検討しました。その結果、アクチュエータは外形寸法を市販のものと同一に保ったまま、推力

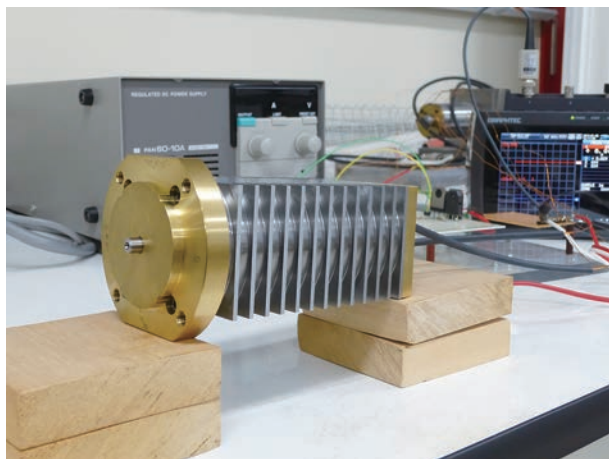


図3 アクチュエータの放熱実験

と動作ストロークを変える設計が可能であることがわかりました。また有限要素法解析と図3に示します試作品による放熱特性の実験も行っています。

平成26年10月末に、本研究内容の発表を国際シンポジウムにて発表する機会をいただきました¹⁾。図4に発表の様子を示します。私の専門的な知識の向上や研究内容の吟味以外にも、外国語で議論することにより、実用的な力をつけることができると思い発表を決めました。語学力など心配な面もあり緊張しましたが、専門用語の勉強や発表時の注意など事前の確認を行い、無事発表を行うことができました。この発表を通して得られたアドバイスを基にこれからの研究の方向性を考え、考案した突歯形状を持つ電磁比例アクチュエータについて、さらに研究を進めていく予定です。

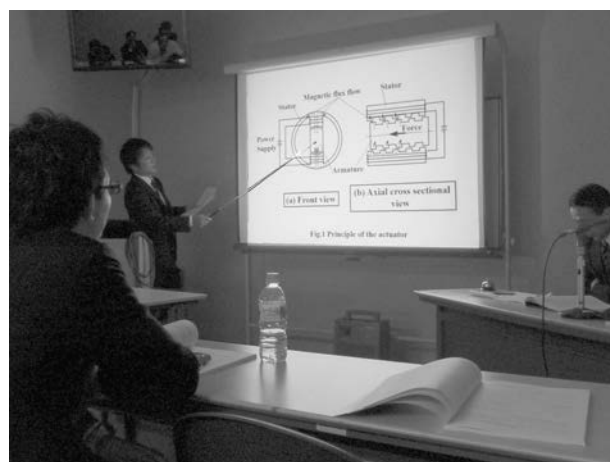


図4 国際シンポジウムでの発表

3.2 直動形比例弁を用いた油圧シリンダ速度・力制御に関する研究

図5に示します実験装置でトルクモータを使った直動形の比例弁を、油圧装置に組み付け、1個のバルブにより流量および圧力を制御することができないかということを試みました²⁾。これはトルクモータ直動形比例弁を高速でオン・オフさせることで圧力制御できるのではとの考えのもと、例えば成形機などにおいて、型を閉めるまでの間、高速でシリンダをストロークさせるところを流量制御し、型締めが始まった後はオン・オフで圧力制御することができないかという、研究を行いました。

この研究では比例弁前後の圧力をセンサで検出し、負荷が変化しても一定流量となるように比例弁の開度を演算制御しています。また、油圧シリンダを型締めなどに使うために力制御する場合、油圧シリンダにはごく少量の作動油の出入りしかありません。このため比較的高速に作動するトルクモータ直動形

比例弁をオン・オフ制御して、油圧シリンダに少量の圧油の出し入れを行うことにより、ほぼ一定の力制御が可能となりました。このことより1個の比例弁で油圧シリンダの速度・力制御を達成しています。この研究を機会にバルブ制御の重要性も分かり、今の私のバルブアクチュエータの研究につながっていると聞いています。

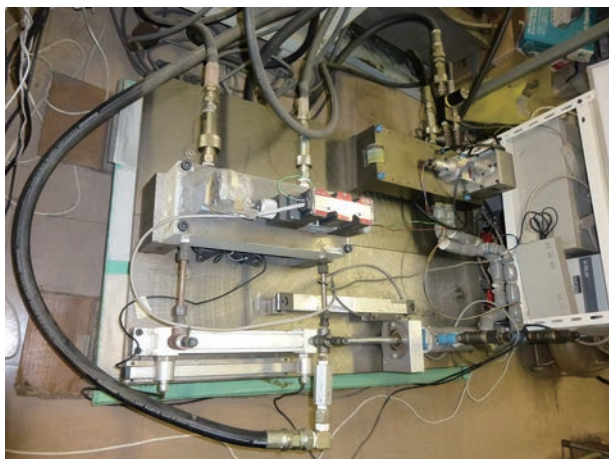


図5 油圧シリンダ速度・力制御実験装置

3.3 空気圧制御機械教材の製作

圧縮空気や高圧流体で動作する機械やロボットが多くの製造工場や建設現場で使用されており、油空圧技術は必要不可欠の技術になっています。そこで、小中学生に油空圧機械への興味を持ってもらうための教材として、市販のキットを使って空気圧制御機械モデルを製作しました。また、小中学生に油空圧技術および機械制御プログラムについて理解し、興味を持ってもらおうと、公開講座や出前授業を行っています。

教材に選定したのは、空気圧を利用して動く機械のモデルとして、ショベルカーとカードディーラーを製作しました。それぞれの教材には空気圧シリンダとバルブ、コンプレッサが搭載されており、モータの力を利用してコンプレッサで圧縮空気を作り、バルブの開閉により空気圧シリンダを動作させるという簡単なものになっています。ショベルカーは手動バルブを用い、カードディーラーは電磁バルブをプログラムで制御し空気圧シリンダを動かします。

これら2つの教材を、豊田高専で小中学生向けの公開講座、中学生向けのオープンキャンパスおよび市内の中学校への出前授業に使いました。その結果、

参加者には大変興味を持ってもらえ好評でした。今後、さらに小中学生に油空圧技術に関心を持ってもらえるように、手動バルブで動作するショベルカーの教材を、リモコンを使ってマイコン制御できるように改造中です。図6は手動バルブを電磁バルブに変更し、PICマイコンを搭載したリモコンとコントローラ回路を製作して実装したショベルカー教材です。

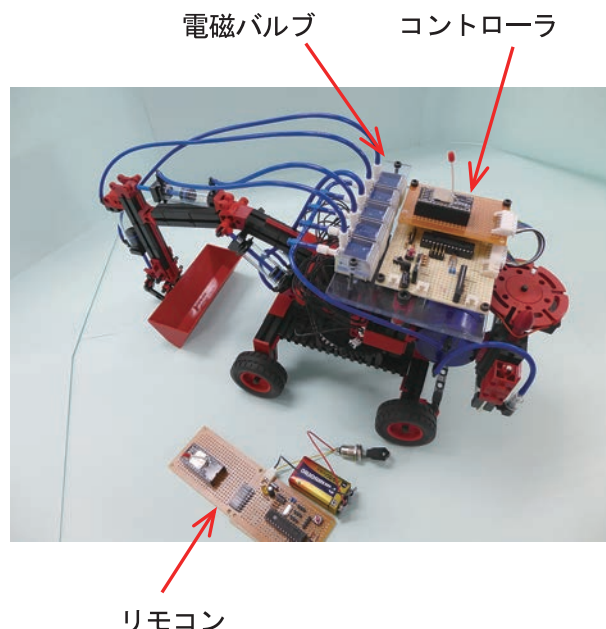


図6 空気圧制御機械教材

4. おわりに

今回は豊田高専やその立地などの概要や近藤研究室の研究内容などを紹介しました。読者の方に、興味を持っていただければ幸いです。私は今後も今の研究を推し進めていきたいと思っています。

参考文献

- 1) KONDO, H. and KURATA, Y. : A STUDY OF A MULTI-STEP POLE TYPE ELECTRO-MAGNETIC ACTUATOR FOR CONTROLLING PROPORTIONAL HYDRAULIC VALVE (MAGNETIC FLUX IN THE ACTUATOR), Proceedings of the 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, Matsue, p. 415-422 (2014)
- 2) 近藤尚生, 范益群, 山口健二 : 比例弁による油圧シリンダ速度・力制御に関する研究, 油圧と空気圧, Vol. 22, No. 4, p. 439-446 (1991)

(原稿受付 : 2015年2月5日)

会 告

〈理事会・委員会日程〉

4月21日	基盤強化委員会
5月21日	編集委員会
5月29日	理事会
7月2日	企画委員会

〈第6回理事会〉

3月24日 14:00～16:00 機械振興会館
地下3階B3-2号室（出席者17名）

- 1) 平成27年度予算（案）について
- 2) 国際シンポジウム福岡の準備進捗報告
- 3) 平成26年度学会賞候補者選考について
- 4) 研究委員会新規設置について
- 5) 韓国油空圧建設機械学会学術会議について
- 6) 投稿論文の誤りに関して
- 7) 評議員会について
- 8) 学会財務基盤の強化の進捗状況
- 9) 会員の推移と入退会者について
- 10) 各委員会からの報告
- 11) 新職員採用について
- 12) その他

〈委員会報告〉

第5回委員長会議開催要領

3月4日 10:00～12:00 機械振興会館
地下3階B3-8号室（出席者10名）

- 1) 学会賞受賞候補者について
- 2) 研究委員会新規設置申請について
- 3) 国際シンポジウム福岡2017について
- 4) 評議員会開催について
- 5) 韓国油空圧建設機械学会学術会議について
- 6) 学会の財務基盤の強化の進捗状況について
- 7) 各委員会からの報告
- 8) その他

第4回企画委員会

1月30日 15:00～17:00 機械振興会館
地下3階B3-3号室（出席者15名）

- 1) 平成26年度実施の事業に関する報告・審議事項
 - ・ウインターセミナー実施報告
 - ・その他
- 2) 平成27年度実施の事業に関する報告・審議事項
 - ・平成27年春季講演会及び併設セミナーについて
 - ・平成27年秋季講演会について
 - ・オータムセミナーについて
 - ・ウインターセミナーについて
 - ・研究委員会の新規設置・継続について
 - ・その他
- 3) その他審議・確認事項
 - ・平成27年春季講演会・併設セミナー会告及び当日の準備状況について
 - ・平成27年度秋季講演会の予告会告について
 - ・平成27年度オータムセミナーの予告会告について
 - ・その他

第6回編集委員会

3月30日 14:00～17:00 東京工業大学田町CIC
5階リエゾンコーナー 501（出席者20名）

- 1) 学会誌発行報告
- 2) 学会誌特集号の現状と企画について
 - ・Vol.46 No.3「国際シンポジウム21014」
 - ・Vol.46 No.4「食品の加工に活用されるフルードパワー技術」
 - ・Vol.46 No.E1（電子出版号）小特集「日本フルードパワーシステム学会賞受賞者及び研究委員会の紹介」
 - ・Vol.46 No.5「フルードパワー歴史探訪～温故知新～」
- 3) その他
 - ・今後の特集について（農業機械、アジアにおけるフルードパワー、次世代自動車等のテーマ抽出）
 - ・会議報告
 - ・トピックスについて

共催・協賛行事のお知らせ

協賛行事

ロボテックス・メカトロニクス講演会2015

ROBOMECH2015 in Kyoto 未来と出会うロボディクス・メカトロニクス

主 催：一般社団法人 日本機械学会 ロボディクス・メカトロニクス部門
 会 期：2015年5月17日(日)～19日(火) 17日(日)：ワークショップ、チュートリアル、産学連携企画部門登録者総会、ウェルカムレセプション
 18日(月)：ポスター講演、企業展示、懇親会
 19日(火)：ポスター講演、企業展示
 会 場：京都市勧業館「みやこめっせ」 大会Webページ：<http://robomech.org/2015/>

TECHNO-FRONTIER 2015

主 催：一般社団法人 日本能率協会
 会 期：2015年5月20日(水)～22日(金)
 会 場：幕張メッセ（国際展示場） 展示ホール4：技術シンポジウム 展示ホール5-8：展示会
 問合せ先：TECHNO-FRONTIER事務局 産業振興センター内 〒105-8552 東京都港区芝公園3-1-22
 TEL：03-3434-0587（直通） FAX：03-3434-8076
 Email：tf@convention.jma.or.jp URL：<http://www.jma.jp/tf>

日本機械学会関西支部第337回講習会「構造・強度設計における数値シミュレーションの基礎と応用」

日 時：2015年5月26日(火)10:00～16:30、27日(水)9:30～16:30
 会 場：大阪科学技術センター8 階中ホール
 〔大阪市西区靱本1-8-4／06-6443-5324(代)／地下鉄四つ橋線「本町」駅下車、28号出口北へ400m〕

トライボロジー会議2015春 姫路

主 催：一般社団法人 日本トライボロジー学会
 開 催 日：2015年5月27日(水)～30日(土)
 会 場：姫路商工会議所 〒670-8505 兵庫県姫路市下寺町43
 申込み・問合せ：一般社団法人日本トライボロジー学会事務局
 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館 407-2号室
 TEL：03-343-1926 FAX：03-3434-3556 E-mail：jast@tribology.jp
 URL：<http://www.tribology.jp>

No.15-205 2015年情報精密機器のメカトロニクスに関する日本・米国機械学会合同会議

2015 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Precision Equipment (MIPE2015)

主 催：日本機械学会情報・知能・精密機器部門（幹事団体）
 米国機械学会情報ストレージ・処理システム部門
 開 催 日：2015年6月14日(日)～17日(水)（受付登録6月14日(日)夕方より予定）
 会 場：神戸国際会議場（神戸市）
 問合せ先：Conference chair 多川則男／関西大学／E-mail:tagawa@kansai-u.ac.jp
 Conference secretary 谷 弘詞／関西大学／E-mail:hrstani@kansai-u.ac.jp
 小金沢新治／関西大学／E-mail:skoga@kansai-u.ac.jp
 URL：<http://www.jsme.or.jp/conference/mipe15/>

No.15-11 第14回「運動と振動の制御」シンポジウム (MoViC2015)

主 催：一般的社団法人日本機械学会（機械力学・計測自制御部門 企画）
 開 催 日：2015年6月22日(月)～24日(水)
 会 場：栃木県総合文化センター（宇都宮市本町1-8）
 講演会ホームページ：<http://www.jsme.or.jp/conference/movic2015/>

第46回トライボロジー入門講座

主 催：一般社団法人日本トライボロジー学会
 開 催 日：2015年7月2日(木)～3日(金)
 会 場：機械振興会館B3階研修室2 (〒105-0011東京都港区芝公園3-5-8)
 申込み・問合せ：一般社団法人日本トライボロジー学会事務局
 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館407-2号室
 TEL：03-343-1926 FAX：03-3434-3556 E-mail：jast@tribology.jp
 URL：http://www.tribology.jp

第43回可視化情報シンポジウム

開 催 日：平成27年7月21日(火)～22日(水)
 開催場所：工学院大学新宿キャンパス 東京都新宿区西新宿1-24-2
 ホームページ：http://www.visualization.jp/event/detail/symp2015.html

一般社団法人日本機械学会関西支部第338回講習会 実務のための振動基礎と制振・制御技術

開 催 日：2015年7月28日(火) 9:10～16:40
 29日(水) 9:10～16:40
 会 場：大阪科学技術センター8階 中ホール
 大阪市西区靱本町1-8-4 / 電話 (06) 6444-5324 / 地下鉄四つ橋線「本町」駅下車 北へ400m

日本混相流学会混相流シンポジウム2015

主 催：日本混相流学会
 開 催 日：2015年8月4日(火), 5日(水), 6日(木)
 会 場：高知工科大学 (高知県香美市土佐山田町)
 URL：http://www.jsmf.gr.jp/mfsymp2015/

No.15-7 Dynamics and Design Conference 2015 総合テーマ：「結束を新たに、未来を拓く」

主 催：一般社団法人機械学会 機械力学・計測制御部門
 開 催 日：2015年8月25日(火)～28日(金)
 会 場：弘前大学 (青森県弘前市文京町1番地)
 URL：http://www.jsme.or.jp/conference/dmccconf15/

第33回日本ロボット学会学術講演会開催案内

主 催：一般社団法人日本ロボット学会
 会 期：2015年9月3日(木), 4日(金), 5日(土)
 場 所：東京電機大学 東京千住キャンパス (〒120-8551 東京都足立区千住旭町5番)
 URL：http://rsj2015.rsj-web.org/

産業応用部門2015年度大会

主催・企画：計測自動制御学会 産業応用部門
 共 催：(一社)日本フルードパワーシステム学会 計測自動制御学会制御部門
 期 日：2015年10月27日(火)
 会 場：東京工業大学 (東京都目黒区大岡山2-12-1)

EcoDesign 2015 第9回環境調和型設計とインバースマニュファクチャリングに関する国際シンポジウム

主 催：エコデザイン学会連合, 産業技術総合研究所
 会 期：2015年12月2日～12月4日
 開催場所：東京国際フォーラム (東京都千代田区丸の内3丁目5-1)
 事 務 局：東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻梅田研究室EcoDesign2015事務局

会 告

詳細は学会ホームページ (<http://www.jfps.jp/>) をご覧ください

日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 平成27年春季フルードパワーシステム講演会のお知らせ 開催日：平成27年5月28日（木）・29日（金）

開催趣旨：

平成27年春季フルードパワーシステム講演会は平成27年5月28日（木）・29日（金）に機械振興会館（東京都港区）で開催されます。本講演会では、一般講演に加えて、特別講演「自律型電動マルチロータヘリ・ミニサーベイヤーの現状と展望」・オーガナイズドセッション「機能性流体テクノロジー

の新展開」, 「フルードパワーで支える医療、福祉の発展」・製品技術紹介セッションや技術懇談会などを企画する予定です。詳細は学会ホームページに随時掲載いたしますので、ご確認いただきますようお願いいたします。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

研究委員会（委員公募）のお知らせ

研究委員会：機能性流体テクノロジーの次世代FPSへの展開

委員長：中野政身（東北大学流体科学研究所）

研究期間：平成27年4月～平成29年3月

ER流体、液晶、EHD・ECF、MR流体、磁性流体及び機能性ソフトマテリアルなどは、電場や磁場などの外場に反応して流体の物理化学的性質が変化する機能性流体です。これまで、これらの機能性流体を活用した様々な特徴的なテクノロジー（機能性流体テクノロジー）が提案・実証あるいは確立されてきます。一方、次世代フルードパワーシステム（FPS）には、高性能化、小型化、高機能化、省エネルギー、クリーン化（対環境性）、低振動・騒音化、高い信頼性や安全性の確保などが益々要求され、そのブレークスルーを牽引する一つの技術として、機能性流体テクノロジーが挙げられます。本研究委員会では、車両、生産・加工、福祉・医療、土木・建築、航空宇宙などの種々の分野において、機能性流体テクノロジーの次世代フルードパワーシステムへの展開を図ることを目的に、下記の研究テーマの設定と実施、及び研究成果発表などを行い、研究活動を展開していきます。奮ってご参加くださるようお願い致します。

(1)新規機能性流体の創製・評価と高機能化、(2)機能性流体を活用したバルブ、クラッチ、ブレーキ、ダンパ、アクチュエータ、ポンプ、センサなどの機能性流体要素テクノロジーの研究開発と実用化、(3)機能性流体テクノロジーを活用した次世代FPSの提案と構築。

申し込み・問い合わせ：学会事務局 info@jfps.jp

会 告

詳細は学会ホームページ (<http://www.jfps.jp/>) をご覧ください

学会行事のお知らせ 防衛大学校 機械システム工学科 教官（助教）公募

1. 募集人員

助教1名（身分は特別職国家公務員，常勤）

2. 所 属

防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科

* 防衛大学校では，大学設置基準および大学院設置基準に準拠した教育を行っています。

3. 専門分野

機械システム運動学・機械力学を基盤とする分野（新たな機能を有する機構などのシステム設計と開発・研究に関する分野も含む）

4. 担当科目

本科（学部相当）：機械システム工学実験などの補助

理工学研究科：機械工学実験補助

5. 応募資格

博士の学位または外国のPh.D.を有し（着任までの取得見込みを含む），研究上の業績を有する者

6. 着任時期

2015年10月1日

7. 提出書類

- ①履歴書（写真貼付，ワープロ可，所属学会名およびE-mailアドレスを記入）
- ②研究業績リスト（学術論文，国際会議発表論文，著書，総説，特許，社会（学会）活動歴，その他特記事項）
- ③主要論文別刷（5編以内，複写可）
- ④競争的研究資金，外部研究資金の獲得実績があれば記載（代表者と分担者の区別を明記）
- ⑤これまでの研究の概要（1000字程度）
- ⑥防衛大学校における研究・教育に関する抱負とビジョン（1000字程度）
- ⑦応募票（書式を本校ホームページ<http://www.mod.go.jp/nda/>の「採用」からダウンロードしてください）
- ⑧所見を伺える方2名の氏名と連絡先

8. 応募締切2015年6月10日（水）必着

9. 書類提出先および問い合わせ先

〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20

防衛大学校システム工学群機械システム工学科学科長 西海孝夫

*簡易書留で封筒に「教官応募書類在中」と朱書きのこと

*提出書類は原則として返却致しません。

電話：046-841-3810（内線3748）E-mail：nishiumi@nda.ac.jp

10. 選考方法

書類選考の上，候補者に対して面接を行います。選考および面接の結果については，直接本人に通知します。

会 告

会 員 移 動

会員の種類	正 会 員	海 外 会 員	学 生 会 員	賛 助 会 員
会 員 数 (4月10日現在)	929	15	124	133
差 引 増 減	-15	0	0	-3

(注1) 正会員の内訳 名誉員12名・シニア員37名・ジュニア員133名

賛助会員

(株)クレアクト・インターナショナル

正会員

中川 政輝 (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社)	波多野 徹 (沖電気工業(株))
阪口 拓也 (株)MORESCO	栗林 直樹 (川崎重工業(株))
瓶子 司 (KYB(株))	小林 将之 (KYB(株))
北原 悟 (株)コガネイ	阿部 賢一 (油研工業(株))
正村 彰規 (CKD(株))	岸 亮 (CKD(株))
村上 和広 (CKD(株))	上野 朝嗣 (CKD(株))
松本 成隆 (CKD(株))	川本 哲也 (CKD(株))
星野 啓也 (CKD(株))	赤木 朋宏 (三菱重工業(株))
小俣 透 (東京工業大学)	坂間 清子 (法政大学)
杉本潤一郎 (KYB(株))	高山 俊男 (東京工業大学)
本木 正美 (油研工業(株))	大泉 弘幸 (山形大学)
金 永 煥 (韓吉Hightechpia)	

学生会員

森本 貴文 (岡山理科大)	下岡 綜 (岡山理科大)
齊藤 新二 (明治大)	岩本 雄貴 (明治大)
安盛圭一郎 (芝浦工業大学)	柴田 大作 (奈良工業高等専門学校)
末松 潤一 (上智大学)	橋本和加子 (慶應義塾大学)
中村 知行 (東京工業大学)	

会 告

(一社)日本フルードパワーシステム学会 賛助会員一覧表

アイシン・エイ・ダブリュ(株)
 (株)明石合銅
 (株)曙ブレーキ中央技術研究所
 アズビル(株)湘南工場
 アズビルTACO(株)
 (株)アドヴィックス
 アネスト岩田株式会社
 イートン(株)
 (株)IHI
 出光興産(株)
 イナバゴム(株)
 イハラサイエンス(株)
 (株)インターナショナル・
 サーボ・データ
 (株)打江精機
 SMC(株)
 SMC(株)中国
 (株)荏原製作所
 (株)大阪ジャッキ製作所
 大瀧ジャッキ(株)
 (株)オプトン
 鹿島通商(株)
 KYB(株)
 KYBエンジニアリング・
 アンド・サービス(株)
 KYB-YS(株)
 (株)桂精機製作所
 神威産業(株)
 川崎重工業(株)
 川重商事(株)
 (株)神崎高級工機製作所
 キャタピラー・ジャパン(株)
 旭東ダイカスト(株)
 協和シール工業(株)
 極東開発工業(株)
 (株)クボタ
 (株)クレアクト・インターナショナル
 クロダニューマティクス(株)
 (株)ケンチク舎
 (株)古河製作所
 (株)工苑
 甲南電機(株)
 (株)コガネイ
 コスモ石油ルブリカンツ(株)
 (株)小松製作所
 (株)小松製作所試験センタ

(株)小松製作所研究本部
 (株)小松製作所油機開発センタ
 (株)阪上製作所
 (株)鷺宮製作所
 佐藤金属株式会社
 三和テック(株)
 三輪精機(株)
 CKD(株)
 (株)島津製作所
 (株)ジェイテクト
 勝美印刷(株)
 JX日鉱日石エネルギー(株)
 ジヤトコ(株)
 新日鐵住金(株)交通産機品カンパニー
 住友建機(株)
 住友重機械工業(株)
 住友精密工業株式会社
 制御機材株式会社
 千住金属工業(株)
 第一電気(株)
 (株)TAIYO
 タイヨーインターナショナル(株)
 (株)タカコ
 (株)タダノ
 ダイキン・ザウアーダンフォース(株)
 ダイキン工業(株)
 ダイワ(株)
 大生工業(株)
 調和工業(株)
 (株)都筑製作所
 TMCシステム(株)
 (株)TNK
 テラル(株)
 天竜丸澤(株)
 トーヨーエテック(株)
 東京メータ(株)
 TOHTO(株)
 東北特殊鋼(株)
 東明工業(株)
 DOOSAN CORPORATION
 同和発條(株)
 東京計器(株)
 東京計器パワーシステム(株)
 特許機器(株)
 特許庁
 豊興工業(株)

(株)豊田自動織機
 中西商事(株)
 中村工機(株)
 長津工業(株)
 長野計器(株)
 ナブテスコ(株)
 ニッタ(株)
 日新戸器工業(株)
 日本アキュムレータ(株)
 (株)日本アレフ
 日本機材(株)
 日本クエーカー・ケミカル(株)
 日本工業出版(株)
 日本精器(株)
 日本電産トーソク(株)
 (一社)日本フルードパワー工業会
 日本ムーク(株)
 (株)野村商店
 (株)ハイダック
 日立建機(株)
 (株)日立建機ティエラ
 (株)日立建機カミーノ
 (株)日立製作所
 日立住友重機械建機クレーン(株)
 広瀬バルブ工業(株)
 ピー・エス・シー(株)
 フジサンケイビジネスアイ
 フェスト(株)
 (株)フクダ
 (株)不二越
 二見屋工業(株)
 ボッシュ・レックスロス(株)
 昌富工業(株)
 マサモト(株)
 (株)増田製作所
 マックス(株)
 三菱電線工業(株)
 ヤマシンプイルタ(株)
 ヤマハモーターハイドロリック
 システム(株)
 油研工業(株)
 理研精機(株)
 ワールドインシュアランス
 ブローカーズ(株)

編集室

次号予告

—特集「食品の加工と生産に活用されるフルードパワーの技術」—

〔巻頭言〕「食品の加工と生産に活用されるフルードパワーの技術」発行にあたって	村松 久巳
〔総論〕食品加工の特徴と食品工学	安達 修二
〔解説〕高圧技術を用いた食品加工	山本 和貴
緑茶の亜臨界水抽出による苦渋味改善製品の開発	衛藤 英男
食品用超高压処理装置	山内 孝紀
植物工場に活用されるフルードパワー	谷尾 和彦
ADSを搭載した食肉加工機	佐藤 郁也
〔トピックス〕	
特許文献を調べる・特許情報プラットフォーム…特許電子図書館のサービス終了	木原 和幸
出前講義	香川 利春
〔随想〕我がさまよえる油圧人生	一柳 健
〔研究室紹介〕大阪大学吉灘研究室	篠原 啓
〔企画行事〕	
平成26年度ウインターセミナー開催報告「大型機械・大型施設で活躍するフルードパワー」	名倉 忍

平成26年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長 吉田和弘（東京工業大学）	委員 中野政身（東北大学）
副委員長 塚越秀行（東京工業大学）	成田 晋（KYB株）
委員 伊藤雅則（東京海洋大学）	藤田 壽憲（東京電機大学）
内堀 晃彦（宇部工業高等専門学校）	丸田 和弘（株コマツ）
小倉 弘（日立建機株）	村松 久巳（沼津工業高等専門学校）
加藤 猛美（株コガネイ）	柳田 秀記（豊橋技術科学大学）
加藤 友規（福岡工業大学）	山田 真の介（株TAIYO）
北村 剛（油研工業株）	吉満 俊拓（神奈川工科大学）
木原 和幸（財工業所有権協力センター）	担当理事 伊藤 和巳（KYB株）
栗林 直樹（川崎重工業）	山田 宏尚（岐阜大学）
五嶋 裕之（機械振興協会）	編集事務局 藤谷 秀次（学会事務局）
佐藤 恭一（横浜国立大学）	竹内 留美（勝美印刷株）
妹尾 満（SMC株）	
多田 昌弘（CKD株）	

(あいうえお 順)

会 告

複写される方へ

本会は下記協会に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写してください。ただし（公社）日本複写権センター（同協会より権利を再委託）と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。したがって、社外頒布用の複写は許諾が必要です。

権利委託先：（一社）学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

TEL：03-3475-5618 FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

なお、著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、学術著作権協会では扱っていませんので、直接本会へご連絡ください。

日本フルードパワーシステム学会論文集

第46巻, 第3号 (2015)

平成27年5月

目次

研究論文

1. ラバーレス人工筋拮抗駆動システムの動作特性と位置制御
齋藤直樹, 佐藤俊之 15

TRANSACTIONS OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

Vol.46, No.3

May 2015

Contents

Paper

1. Operational characteristic and position control of rubberless artificial muscle antagonistic drive system

Naoki SAITO, Toshiyuki SATOH 15

Published by
The Japan Fluid Power System Society
c/o Kikaishinko Building
3-5-22 Shiba-koen, Minato-ku, Tokyo, 105-0011, Japan

掲載論文の修正について

論文集第45巻、第6号で掲載された論文「水道水圧駆動マッキベン型人工筋の変位制御」の筆者より、本論文の記載内容に関して修正の申し出がありました。論文集委員会で精査したところ、申し出があった修正箇所については論文の主旨、結論に影響を与えるものでないことが確認できました。ただし、研究者倫理的観点から正誤表を掲載して会員に周知した方が良いという結論に達しましたので、本号に掲載いたします。

会長 築地徹浩
論文集委員長 川上幸男

投稿論文（水道水圧駆動マッキベン型人工筋の変位制御、第45巻、第6号）に関しまして、正誤表を以下に記します。

ページ	誤	正
p. 4 左欄の 式(5)	$\dot{y} = Ax - \beta \dot{x} y ^{n-1} - \gamma y ^n$	$\dot{y} = A\dot{x} - \beta \dot{x} y ^{n-1} - \gamma \dot{x} y ^n$
p. 4 右欄の 式(8)	$\frac{y(k+1) - y(k)}{h} = Ax(k) - \beta \left \frac{x(k+1) - x(k)}{h} \right y(k) ^{n-1}$ $- \gamma y(k) ^n$ $y(k+1) = Ahx(k) - \beta x(k+1) - x(k) y(k) ^{n-1}$ $- \gamma h y(k) ^n + y(k)$	$\frac{y(k+1) - y(k)}{h} = A \left\{ \frac{x(k+1) - x(k)}{h} \right\} - \beta \left \frac{x(k+1) - x(k)}{h} \right y(k) ^{n-1}$ $- \frac{\gamma \{x(k+1) - x(k)\}}{h} y(k) ^n$ $y(k+1) = A \{x(k+1) - x(k)\} - \beta x(k+1) - x(k) y(k) ^{n-1}$ $- \gamma \{x(k+1) - x(k)\} y(k) ^n + y(k)$
p. 4 右欄の 式(10)	$\begin{cases} l(k) = \Phi(k-1) + 67.22u(k-1) \\ \Phi(k-1) = 0.9356\alpha l(k-1) + 0.9356(1-\alpha)y(k-1) \\ y(k-1) = Ahl(k-2) - \beta l(k-1) - l(k-2) \\ \quad \cdot y(k-2) ^{n-1} - \gamma h y(k-2) ^n + y(k-2) \end{cases}$	$\begin{cases} l(k) = \Phi(k-1) + 67.22u(k-1) \\ \Phi(k-1) = 0.9356\alpha l(k-1) + 0.9356(1-\alpha)y(k-1) \\ y(k-1) = A \{l(k-1) - l(k-2)\} - \beta l(k-1) - l(k-2) y(k-2) ^{n-1} \\ \quad - \gamma \{l(k-1) - l(k-2)\} y(k-2) ^n + y(k-2) \end{cases}$
p. 6 左欄の 式(12)	$\begin{cases} l(k) = \Phi(k-1) + 11.56u(k-1) \\ \Phi(k-1) = 0.9837\alpha l(k-1) + 0.9837(1-\alpha)y(k-1) \\ y(k-1) = Ahl(k-2) - \beta l(k-1) - l(k-2) \\ \quad \cdot y(k-2) ^{n-1} - \gamma h y(k-2) ^n + y(k-2) \end{cases}$	$\begin{cases} l(k) = \Phi(k-1) + 11.56u(k-1) \\ \Phi(k-1) = 0.9837\alpha l(k-1) + 0.9837(1-\alpha)y(k-1) \\ y(k-1) = A \{l(k-1) - l(k-2)\} - \beta l(k-1) - l(k-2) y(k-2) ^{n-1} \\ \quad - \gamma \{l(k-1) - l(k-2)\} y(k-2) ^n + y(k-2) \end{cases}$

研究論文

ラバーレス人工筋拮抗駆動システムの動作特性と位置制御*

齋藤 直樹**, 佐藤 俊之**

Operational characteristic and position control of rubberless artificial muscle antagonistic drive system

Naoki SAITO, Toshiyuki SATOH

This paper describes an operational characteristic and position control of an antagonistic drive system using the rubberless artificial muscle. We have proposed a mechanical equilibrium model which expresses the relation of contraction force, contraction displacement, and inner pressure. Position control in consideration of antagonistic force can be achieved to apply this mechanical equilibrium model to the antagonistic drive system. However, the rubberless artificial muscle has hysteresis characteristic.

Therefore, we examined an operational characteristic of the antagonistic drive system which the mechanical equilibrium model is applied. In the result, it was confirmed that an output displacement becomes small, and the hysteresis characteristic remains. Because of including some modeling error, we added a feedback controller. As a result, we confirmed that an antagonistic position control in consideration of antagonistic force could be achieved experimentally although hysteresis characteristic does not express using a hysteresis model.

Key words : Pneumatics, Artificial muscle, Antagonistic system, Position control

1. 緒 言

空気圧人工筋は、軽量で出力重量比が高く、構成素材が柔軟性を持つため柔らかいという特徴を持ち、ウェアラブル機器への応用やロボット用アクチュエータとしての利用が試みられている^{1)~3)}。本研究では従来のゴム人工筋で特性の劣化や質量増加の原因となっているゴムを使用しない、ラバーレス人工筋⁴⁾を開発し制御系への応用を試みている。

これまでの研究では、空気圧人工筋を人間の筋肉のように関節まわりに拮抗配置にし、関節角度と外力に対するコンプライアンス制御が実現できることが示されている⁵⁾。これを発展させ、筋肉を拮抗配置にすることで関節剛性や力を変えながら位置制御できる可能性があるということも報告されている⁶⁾。実際、人間の筋拮抗構造は双線形モデルとして表され、筋力は関節動作だけでなく、筋力の拮抗により内部パラメータである関節剛性や動作の安定性を調節することも可能であるといわれている^{7), 8)}が、これまでの報告では拮抗力の調整の可能性を考慮した位置制御の検討はあまり行われてこなかった。そこで本研究では、内部パラメータとしての拮抗力を考慮した位置制御の実現につ

いて検討する。

こうした位置制御の実現においては、人工筋の発揮する収縮力とその時の位置制御性能が重要となり、収縮力と収縮変位を表現できるモデルがあることが望ましい。しかし、一般的に空気圧人工筋は内圧と収縮変位の間にヒステリシスを有することがわかっており⁹⁾、Preisachモデル¹⁰⁾による収縮変位の表現および制御系への適用が行われている。Schreiberら¹¹⁾は逆Preisachモデルにより人工筋駆動システムの線形化を行っている。小崎ら¹²⁾は同定したPreisachモデルが収縮力によって変化することを考慮し、ニューラルネットワークを併用してモデルパラメータの変化に対応している。このように、位置制御性能の向上の一方で、収縮力を考慮するとソフトコンピューティング等を併用する必要がある、収縮変位のみを考慮したヒステリシス特性のモデル化は検討の余地があると考えられる。

そこで本研究では、ラバーレス人工筋による拮抗駆動システムの内部パラメータである拮抗力を考慮した位置制御の実現を目指して、はじめに拮抗駆動システムの動作特性を確認する。ここでは、人工筋単体が持つヒステリシス特性が拮抗位置と拮抗力に及ぼす影響について考察する。そのうえで、ヒステリシス特性を含まない力学平衡モデル¹³⁾を用いた位置制御システムにより、拮抗力を考慮した拮抗位置制御を行う。以上のことから、ラバーレス人工筋の拮抗駆動システムへの適用の可能性、および拮抗力の調節による関節スティフネスを考慮した位置制御の実現の可能性

*平成25年9月6日 原稿受付

**秋田県立大学システム科学技術学部

(所在地：秋田県由利本荘市土谷海老の口84-4)

(E-mail: naoki_saito@akita-pu.ac.jp)

を示唆する。

2. 主な記号

- f : ラバーレス人工筋の収縮力
 x : ラバーレス人工筋の収縮変位
 L : ラバーレス人工筋の自然長
 l : スリーブの素線長
 D : ラバーレス人工筋の直径
 P : ラバーレス人工筋の内圧
 θ : スリーブの網目角度
 θ_0 : 自然長時のスリーブの網目角度
 μ : スリーブとエアバッグ間の摩擦係数
 X_S : 拮抗駆動システムの拮抗位置
 X_C : 拮抗駆動システムの中立位置
 X_a : 拮抗駆動システムの実際の拮抗位置
 F_S : 拮抗駆動システムの拮抗力
 F_a : 拮抗駆動システムの実際の拮抗力

3. ラバーレス人工筋とモデル

3.1 ラバーレス人工筋

本研究では、従来のMcKibben型ゴム人工筋においてゴムチューブの代わりに非伸縮素材で構成されたエアバッグを用いたラバーレス人工筋を用いる。使用するラバーレス人工筋をFig. 1に示す。外側のポリエステル製スリーブを直径方向に広げると、パンタグラフ機構によって軸方向に収縮する。スリーブの内側には、アルミ蒸着ポリエステル製のエアバッグが内挿してあり、スリーブとエアバッグの両端をホースバンドで固定している。内挿しているエアバッグに圧縮空気を送り込み、外側のスリーブを押し広げて収縮動作を行うものである。

このラバーレス人工筋の圧力、収縮変位、収縮力の関係をFig. 2に示す。ラバーレス人工筋に20N、50N、80Nの負荷をかけた状態で0MPaから0.2MPaまで圧力を増加させたのち、0MPaまで減少させた挙動を示している。この結果から、ラバーレス人工筋は負荷が増加するにつれて収縮変位は減少し、圧力と収縮変位の間にヒステリシス特性を含む非線形な関係があるといえる。ヒステリシスの軌跡はFig. 2中に示すように反時計回りで、増圧時は収縮変位が小さく、減圧時は収縮変位が変化しにくい。負荷が小さいときは、しばらく減圧するまで収縮変位は変化せず、急激に伸びる特性があり、負荷が増加することで、減圧時の伸展も比較的早く始まり、内圧に応じた伸展が可能になる。このように、ヒステリシスループの形も負荷によって変化する。Fig. 3は、ラバーレス人工筋のヒステリシス特性を表す実験結果である。人工筋の片側に50Nのおもりを吊るして負荷を一定にした状態で、圧力を0.2MPaまで増加した後、0MPaまで減少させ、その後0.16MPaまで増加、0MPaに減少と、圧力の増減を繰り返した結果である。この実験

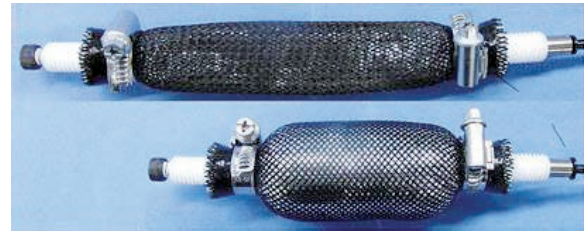


Fig. 1 Rubberless artificial muscle

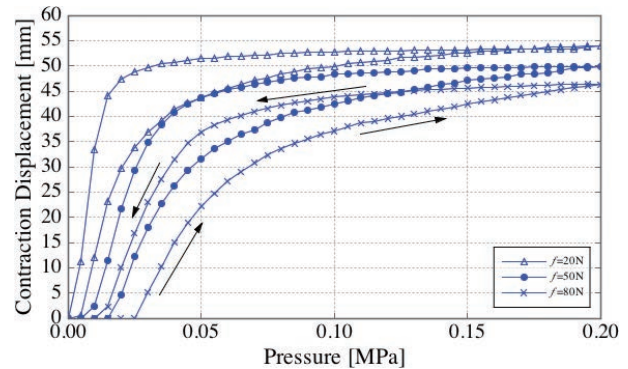


Fig. 2 Relationship between pressure and contraction displacement

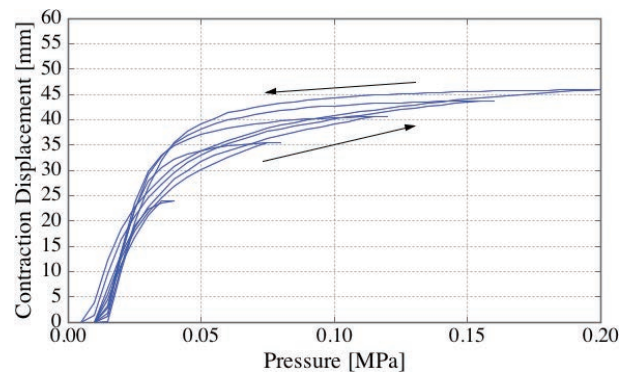


Fig. 3 Hysteresis characteristic of the rubberless artificial muscle

では0.2MPa、0.16MPa、0.12MPa、0.08MPa、0.04MPaとそれぞれの圧力まで増加させた後に減圧したが、いずれの条件から減圧しても、圧力が0.05MPa付近から急激に下降している曲線はほぼ同じ軌跡をたどっており、その曲線と同じ条件に到達するまで、収縮変位を保持し続けることがわかる。

3.2 力学平衡モデル

ラバーレス人工筋のように外側を覆うスリーブのパンタグラフ機構を利用して伸縮変形をさせているMcKibben型人工筋の場合、Shulte¹⁴⁾が提案したモデルで圧力と収縮変位と収縮力の関係を表すことができる。このモデルは、Fig. 4のように展開されるスリーブの直径と長さの幾何学関係と、人工筋内部の圧縮ガスによる膨張における仕事速度と、アクチュエータが外部になす仕事速度の関係から導出され、以下となる。

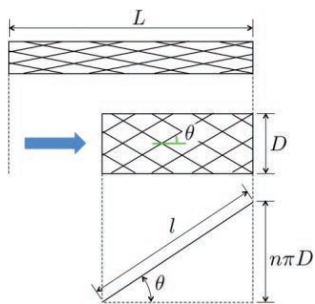


Fig. 4 Geometry and dimension of the sleeve

$$f = \frac{l^2}{4\pi n^2} (3\cos^2\theta - 1) P \quad (1)$$

$$l = \frac{L}{\cos\theta_0} \quad (2)$$

$$n = \frac{l\cos\theta}{\pi D} \quad (3)$$

このモデルを改良し、さらなる高精度を目指した研究も行われている¹⁵⁾。これらはいずれもゴム人工筋を想定しているが、本研究で取り扱うラバーレス人工筋は、実際の収縮挙動をみると、エアバッグとスリーブの間の摩擦の影響が大きいと考えられるため、摩擦による伸縮を妨げる力を f_F とし、以下として取り扱う。

$$f_F = \mu SP \quad (4)$$

ここで S はスリーブとエアバッグの接触している面積であり、以下で求められる。

$$S = \frac{l^2}{n} \sin\theta \cos\theta \quad (5)$$

以上より、ラバーレス人工筋の内圧と外力と収縮量の関係は、式(6)と式(7)のようになる。

$$f = \frac{l^2}{n} \left\{ \frac{1}{4\pi n} (3\cos^2\theta - 1) - (\mu \sin\theta \cos\theta) \right\} P \quad (6)$$

$$x = L - l\cos\theta \quad (7)$$

本研究で用いるラバーレス人工筋のパラメータをTable 1に、モデル計算結果の一例として負荷が50Nのときの圧力と収縮変位の関係をFig. 5に示す。Fig. 5には先にFig. 3で示した実験結果も合わせて示す。摩擦係数は実験結果より試行錯誤的に決定した。この結果から、提案した力学平衡モデルはヒステリシスループのほぼ中央を通り、ヒステリシス特性を除く非線形特性をよく表現できているといえる。この結果は負荷が20Nや80Nの場合でも同様であった。本

Table. 1 Parameters of the rubberless artificial muscle

Natural length : L	175mm
Mesh angle of the sleeve (Nat. length) : θ_0	22deg
Diameter (Nat. length) : D	21mm
Friction coefficient : μ	0.034

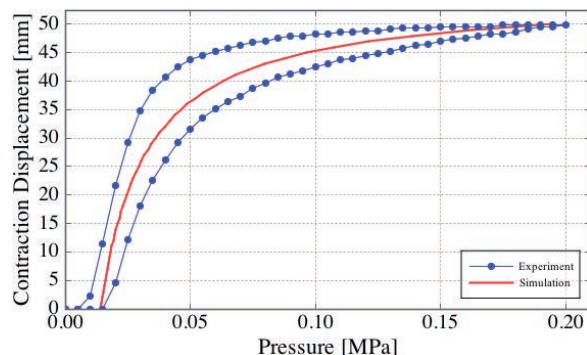


Fig. 5 Calculation result of mechanical equilibrium model of the rubberless artificial muscle

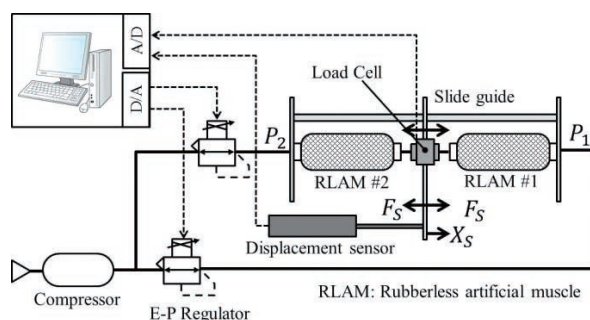


Fig. 6 Rubberless artificial muscle antagonistic drive system

研究では、このモデルを用いてラバーレス人工筋拮抗駆動システムの実験特性調査および制御を行う。

4. 拮抗駆動システム

4.1 システム概要

本システムでは、ラバーレス人工筋を拮抗するように配置し、お互いが引っ張りあいながら拮抗位置を制御する。これにより、単に位置制御を行うだけでなく、拮抗力を変えることで外力によるパッシブな柔らかさを調節できるといえる。Fig. 6は本実験で用いたラバーレス人工筋拮抗駆動システムの概略図である。2つのラバーレス人工筋は、左右に自由に移動可能なスライドガイドに取り付けたロードセル (LUR-A-200NSA1 : KYOWA) とつながっている。またこのスライドガイドには変位センサ (DLT-100AS : KYOWA) が取り付けられている。これらにより、拮抗力と拮抗位置を計測する。それぞれのラバーレス人工筋には、電圧レギュレータ (IVT2031 : SMC) を介して圧力が入力

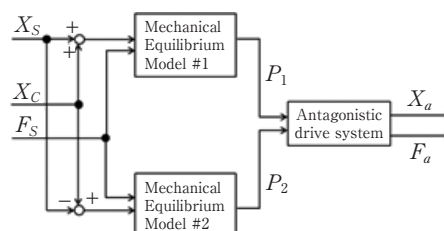


Fig. 7 Block diagram of the antagonistic drive system

される。PCにはMatlab/Simulink®が実装されており、サンプリングタイム0.1sで計測および制御を行った。

4.2 基礎特性

拮抗駆動システムでは、拮抗位置と拮抗力を考慮するため、それぞれのラバーレス人工筋に印加する圧力は、拮抗位置から求められる収縮変位量と拮抗力を基に、力学平衡モデルを用いて算出する。ここでははじめに、拮抗駆動システムの基礎特性として、Fig. 7に示すように、各人工筋の圧力を力学平衡モデルで算出した場合の拮抗位置と拮抗力の開ループ特性を計測した。

Fig. 7で、 X_c は拮抗駆動システムの中立位置に到達するための各人工筋の収縮量であり、 X_s と F_s はそれぞれ拮抗駆動システムからの実際の出力変位および力である。ここでは基礎特性として、拮抗力 F_s を50N、目標変位 X_c を台形関数状に ± 10 mmで与えた。得られた結果をFig. 8に示す。この結果より、拮抗力はおおよそ目標値付近に到達しているが、変位については目標値よりも小さな値にとどまっていることがわかる。この原因について考察する。

はじめに、各人工筋の変位を求めるために、人工筋の片側を固定し、もう一端に50Nの負荷をかけた状態で、力学平衡モデルを用いて目標変位を台形状に与え、圧力と収縮変位量の関係を取得した。この結果をFig. 8に重ねてプロットする。この結果から、各人工筋の挙動は収縮時に比較的大きな変位を発生させるが、伸展時の変位が小さくなっていることがわかる。また、拮抗システムの変位はそれぞれの人工筋の伸長時に発生する小さな変位量とほぼ同じという結果になった。

次に、拮抗駆動システムの動作における、各ラバーレス人工筋に与えている圧力と各人工筋の収縮変位量とをFig. 9に示す。この図には人工筋の片側に負荷として40N～50Nをかけた時の圧力と収縮変位量とを関係を表す曲線も示してある。図の中心付近から左右方向に伸びているのが各人工筋の収縮変位である。Fig. 8に示した拮抗駆動システムの挙動に合わせて矢印の方向に軌跡を描いており、最初の中立位置から X_s が+10mm、-10mmを経て再び中立位置まで戻る間の1サイクル分のデータを表示している。0.03MPa付近にある丸印は最初の中立位置である。

各人工筋の挙動をみると、はじめは、各人工筋とも内圧を変化させていくが、収縮変位はしばらく変化しない。これは、Fig. 5に示した圧力と収縮変位量との関係より、ラバーレス人工筋は減圧による伸長変位が生じにくいことに起因しているといえる。Fig. 9に示した圧力と収縮変位の曲線と合わせてみると、圧力が増加している人工筋では挙動が右方向にほぼ水平に動いている。このことから変位は変化せず、力が増加していることになる。一方、圧力が減少している人工筋では左方向に水平に動いているので、変位が変化せず、力が減少している。こうして左右の人工筋の力が釣り合ってはじめて拮抗駆動システムの変位が発生するも

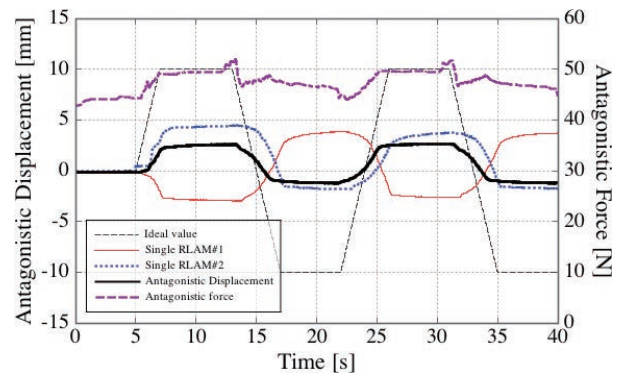


Fig. 8 Comparison result of working result of antagonistic drive system and isotonic contraction movement of each artificial muscle

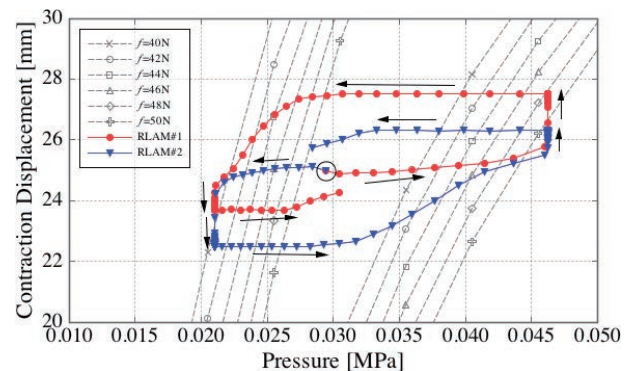


Fig. 9 Relationship between inner pressure and contraction displacement of each rubberless artificial muscle of the antagonistic drive system

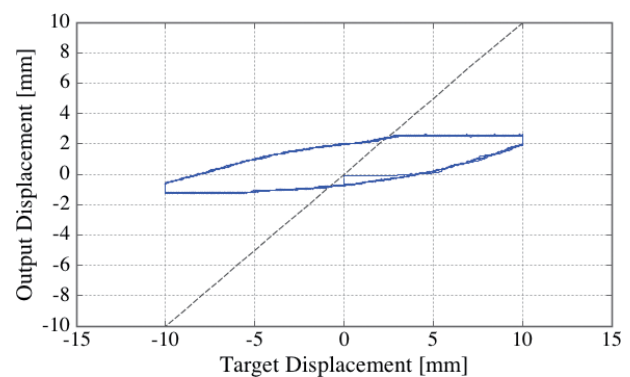


Fig. 10 Relationship between target displacement and output displacement of the antagonistic drive system

のと考えられる。このことから、人工筋を拮抗させても、変位が発生しにくい伸展側の挙動に合わせて変位が発生するものと考えられる。

次に、入力変位 X_s と出力変位 X_o の関係として考察する。Fig. 10は入力を変位 X_s とした結果である。この結果から、変位の入出力関係においても出力変位が小さくなることと、ヒステリシス特性があることがわかる。これは、Fig. 9の変位と圧力との関係で示した通り、圧力の増減方向が変わることと力の釣り合いが得られるまで変位が発生しないことと、

応答変位の方向が反転してもしばらくはその位置にとどまり、その後急激に変位が発生することから、Fig. 10のようなヒステリシスループが発生するものと考えられる。

以上のことから、ラバーレス人工筋の拮抗駆動システムはヒステリシス特性があり、ラバーレス人工筋の持つヒステリシス特性がその原因となっていることがわかった。なお、Fig. 2に示したように、圧力と収縮変位量の関係において外力 f を増加させることでヒステリシスループが小さくなることが期待される。このことから、拮抗駆動システムにおいても拮抗力を大きく設定すれば、ヒステリシスの影響は小さくなることが予想される。しかしながら、本質的には拮抗駆動システムのヒステリシス特性をなくすことはできないことがわかった。

5. 拮抗力を考慮した位置制御

5.1 力学平衡モデルを用いた位置制御システム

ここでは、拮抗力を考慮した拮抗駆動システムの拮抗位置制御を行う。力学平衡モデルは、収縮力を考慮した収縮変位に対応する圧力を決定することが可能である。このことから本研究では、力学平衡モデルを用いて拮抗力 F_s を考慮した、拮抗位置 X_s の制御について検討する。

Fig. 11に、本実験で用いるラバーレス人工筋拮抗駆動システムの拮抗位置制御におけるブロック線図を示す。人工筋1と人工筋2それぞれに適用する制御系を破線で囲んである。Model #1およびModel #2はそれぞれの人工筋の力学平衡モデルであり、PID #1とPID #2がそれぞれ人工筋の位置フィードバック制御項に相当するPIDコントローラである。

フィードフォワード項の力学平衡モデルのみを適用して得られる特性は、Fig. 10で示した拮抗駆動システムのオープンループ特性そのものである。出力変位が小さくなる傾向とヒステリシス特性を、フィードバック制御により補うことになる。

このシステムでは実際のスライドガイドの位置 X_a を、システム中立位置までの各人工筋収縮変位量である X_c を用いて人工筋収縮変位量に変換し、変位フィードバック信号として用いた。この制御系の有用性について、実験的に考察を行う。

5.2 位置制御実験

この実験でははじめに、拮抗力 F_s を20N、50N、80Nでそれぞれ一定とし、拮抗位置を変化させた。目標位置を台形関数状に $\pm 15\text{mm}$ 、最大速度 3mm/s として与えた場合の結果をFig. 12に示す。

この結果から、拮抗位置 X_a の制御については、応答の遅れによる偏差が見られるが、定常偏差もほぼ見られず、良好な結果が得られているといえる。また、この傾向は目標拮抗力 F_s の大きさにあまり影響を受けないこともわかった。

実際の拮抗力 F_a は目標値 F_s と一致しないものの、大きさを変えることは可能であるといえる。しかしながら、拮抗

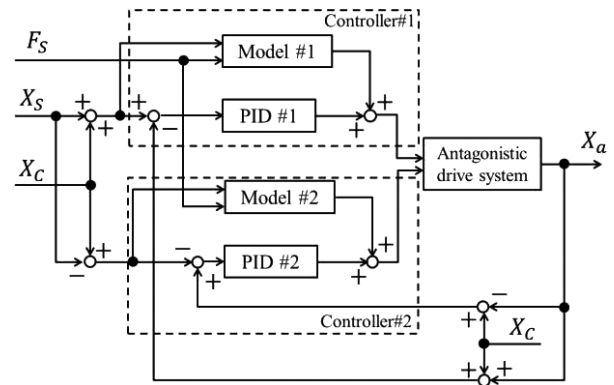


Fig. 11 Block diagram of position control of the RLAM antagonistic drive system

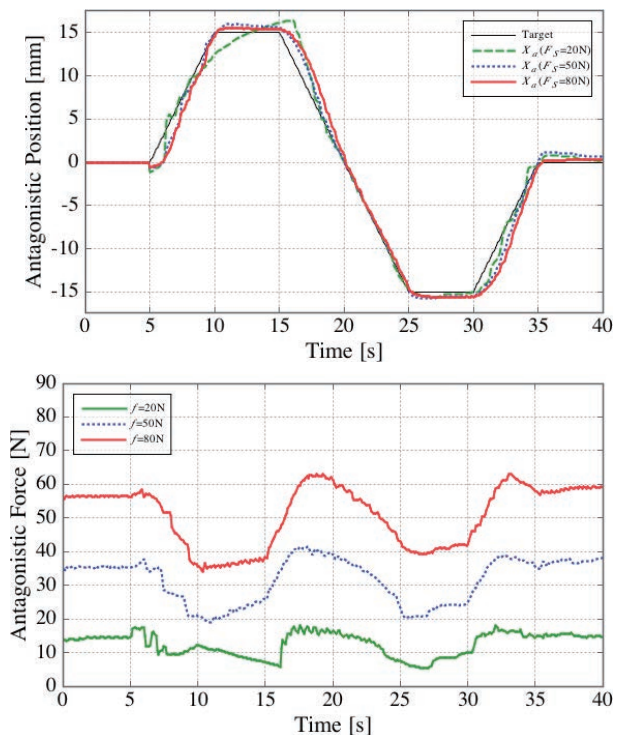


Fig. 12 Experimental result of position control with antagonistic force adjustment (position is changed along with a trapezoidal function)

力は位置の変化とともに変化する傾向がみられた。この挙動について考察する。拮抗位置を変化させるために、伸展側の減圧と収縮側の増圧が行われる。ここで、目標とする収縮量を実現するために、増圧側ではFig. 2で示した圧力と収縮量の関係において、ヒステリシスカーブの増圧側の軌跡に沿って動き、伸展側はヒステリシスカーブの減圧側の軌跡に沿って動く。ヒステリシスカーブをみると、人工筋は収縮量が大きくなるにつれて伸展しにくく、伸展量が大きくなり、自然長に近づくにつれて収縮時の増圧側の軌跡に移行しやすくなる傾向がある。

この傾向より、いずれかの人工筋が大きく収縮した状態から伸展に移行するような状態では、しばらく減圧しないと伸展動作が生じにくく、収縮力を下げてもこの傾向は変

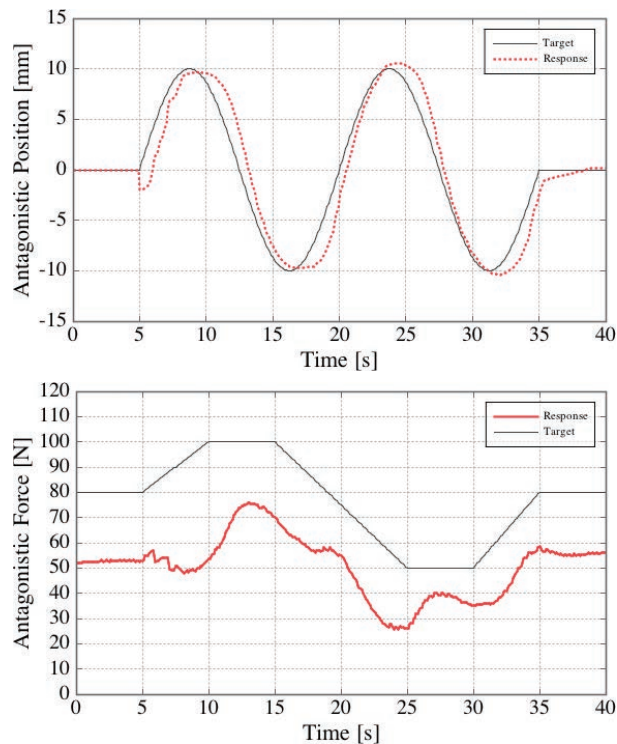


Fig. 13 Experimental result of position control with antagonistic force adjustment

わらないため、拮抗力が増加している。

また、いずれの人工筋も収縮量が約半分程度の中立位置付近にある場合は、そのままの収縮力では、圧力を増加させても収縮しにくい状態にあり、その一方で伸展側はほぼ同じ圧力で伸びることから、伸展動作の方が生じやすくなり、拮抗力が下がりつつ、拮抗位置が移動するような挙動が見られたものと考えられる。つまり、拮抗力の変動はヒステリシス特性の結果から生じており、拮抗位置によって増減の傾向が変わるものと考えられる。

次に、拮抗力の変化と拮抗位置制御の相互的な影響を確かめるため、目標位置を正弦波状に与え、目標拮抗力を台形関数状に60Nから100Nの間で変化させた場合の結果をFig. 13に示す。この結果から、拮抗位置は目標拮抗力の変化に依存せずに目標値に追従している。

一方、拮抗力はこれまでの考察と同様に、拮抗位置の変化に応じて変動しているところがみられる。しかし、およそ目標拮抗力と同様の変化を示していることから、拮抗力の変化を考慮した拮抗位置制御の実現の可能性があるということがわかった。

以上のことから、力学平衡モデルを用いた位置制御系を各人工筋に適用する手法は、ヒステリシスを有する人工筋拮抗駆動システムにおいて、内部パラメータである駆動部の拮抗力を考慮した拮抗位置制御に有用であることがわかった。

6. 結 言

本研究では、ヒステリシスを有するラバーレス人工筋の拮抗駆動システムの動作特性を明らかにし、拮抗力を考慮した拮抗位置の制御を行った。得られた結果を以下にまとめる。

1. ラバーレス人工筋による拮抗駆動システムの動作特性を確認した。拮抗位置に関してはヒステリシスが残り、出力が小さくなる傾向がある。また、ラバーレス人工筋の内圧と収縮変位に関するヒステリシスと非線形特性の影響を受けて、拮抗位置の動作に連動して拮抗力も変化することが分かった。
2. 力学平衡モデルを用いた拮抗位置制御系を各ラバーレス人工筋に適用することで、拮抗駆動システムの内部パラメータである拮抗力を変化させながら拮抗位置を制御することが可能である。

以上の結果より、ラバーレス人工筋は拮抗駆動システムのアクチュエータとして適用が可能であり、拮抗駆動システムは、内部パラメータである駆動部のステイフネスや安定性の調節を考慮した、より高度な位置制御の実現の可能性を有していることがわかった。

参 考 文 献

- 1) Noritsugu, T. et al.: Wearable power assist device for standing up motion using pneumatic rubber artificial muscles, *Journal of Robotics and mechatronics*, Vol. 19, No. 6, p. 619-628 (2007)
- 2) Tondou, B. et al.: A Seven-degrees-of-freedom Robot-arm Driven by Pneumatic Artificial Muscles for Humanoid Robots, *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 24, No. 4, p. 257-274 (2005)
- 3) Kobayashi, H. et al.: Realization of All 7 Motions for the Upper Limb by a Muscle Suit, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 16, No. 5, p. 504-512 (2004)
- 4) 齋藤直樹, 佐藤隆智, 小笠原隆倫, 佐藤俊之: 空気圧ラバーレス人工筋の開発, *日本フルードパワーシステム学会論文集*, Vol. 43, No. 4, p. 102-108 (2012)
- 5) 陳相浩, 渡辺圭吾: PIDおよびファジィ制御器によるゴム人工筋ロボットマニピュレータの位置と力のハイブリッド制御実験, *日本機械学会論文集C編*, Vol. 62, No. 599, p. 2706-2713, (1996)
- 6) Nakamura, T. et al.: Joint stiffness and position control of an artificial muscle manipulator for instantaneous loads using a mechanical equilibrium model, *Advanced Robotics*, Vol. 25, p. 387-406 (2011)
- 7) Hogan, N.: Adaptive Control of Mechanical Impedance by Coactivation of Antagonist Muscles. *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. 29, No. 8, p. 681-690, (1984)

- 8) 伊藤宏司, 辻敏夫: 筋骨格の双線形特性と義肢制御への応用, 電気学会論文誌, Vol. 105-C, No. 10, p. 201-208, (1985)
- 9) Saito N. et al.: Mechanical equilibrium model of rubberless artificial muscle and application to position control of antagonistic drive system, Industrial Robot : An International journal, Vol. 40, No. 4, p. 347-354, (2013)
- 10) Mayergoyz, I.D., : Mathematical Models of Hysteresis and Their Applications, Elsevier, (2003)
- 11) Kosaki, T., Sano, M. : Control of a Parallel Manipulator Driven by Pneumatic Muscle Actuators Based on a Hysteresis Model, Journal of Environment and Engineering, Vol. 6, No. 2, p. 316-327 (2011)
- 12) Schreiber, F., Sklyarenko, Y. : Tracking control with hysteresis compensation for manipulator segments driven by pneumatic artificial muscles, Proc. 2011 IEEE Int. Conf. Robotics and Biomimetics, p. 2750-2755 (2011)
- 13) Sato, T. et al. : Joint Angle Control of a Manipulator Driven by Rubberless Artificial Muscle Using a Static Mechanical Equilibrium Model, Procedia Engineering, Vol. 41, p. 671-677 (2012)
- 14) Shulte, H.F. Jr. : The characteristics of the McKibben artificial muscle, The application of External Power in Prosthetics and Orthotics, Washington, DC : Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council (1961)
- 15) Chou, C., Hannaford, B. : Measurement and modeling of McKibben pneumatic artificial muscles, IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol. 12, No. 1, p. 90-102 (1996)

〒105
|
0011 東京都港区芝公園三丁目五―三二 電話(〇三)三四三三―八四四一 FAX(〇三)三四三三―八四四二
編集兼発行人 一般社団法人日本フルードパワーシステム学会 振替口座 東京〇〇―一〇―三一―三三六九〇

東京都文京区小石川一―三―七
印刷所 勝美印刷株式会社