

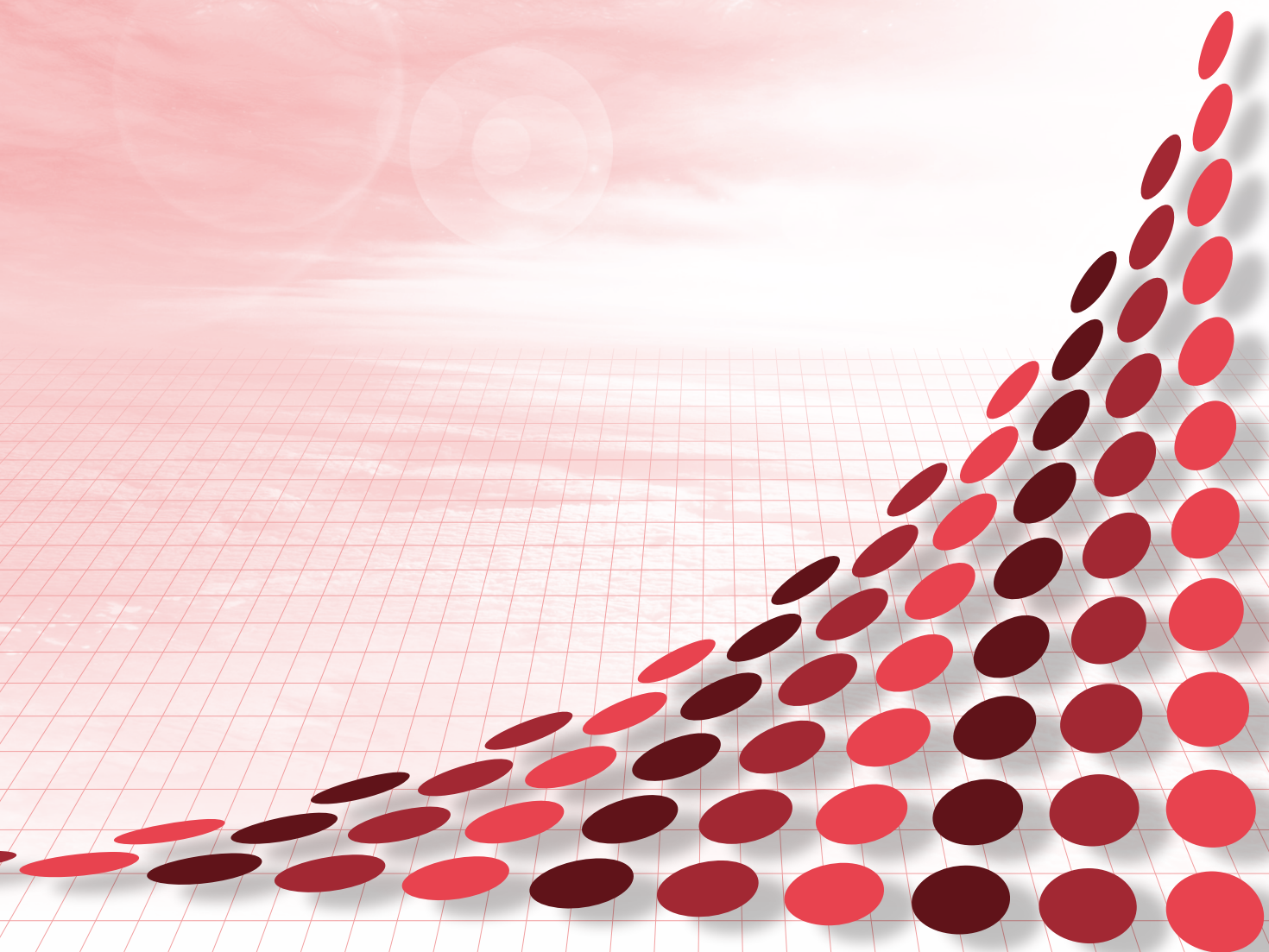
日本フルードパワーシステム学会誌

JOURNAL OF THE JAPAN
FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

フルードパワー システム

May.2019 Vol. **50** No. **3**

特集「大学における水圧研究」



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「大学における水圧研究」

【巻頭言】

「大学における水圧研究」発行にあたって	山田 宏尚	112
---------------------	-------	-----

【解説】

水圧技術の基礎研究に関する取り組み（トライボロジーとキャビテーションを礎として）	風間 俊治	113
水圧シリンダの特性	柳田 秀記	118
水圧用流量制御弁におけるキャビテーション現象	飯尾昭一郎	122
水圧用リリーフ弁・圧力制御弁・静圧軸受	鈴木 健児	125

【会議報告】

ICMT2018におけるフルードパワー技術研究	吉田 和弘	129
計測自動制御学会・流体計測制御シンポジウムにおける研究動向	川上 幸男	132

【トピックス】

学生さんへ、先輩が語る一油圧機械メーカーで働き始めてー	三枝 直人	135
Youは日本をどう思う？第9回：日本が大好きになった	侯 剛	138
ブラジル駐在員日記	長谷川秀人	140

【研究室紹介】

秋田県立大学 メカノシステム研究室	齋藤 直樹	142
-------------------	-------	-----

【企画行事】

平成30年度オースタムセミナー開催報告「知っておきたい空気圧システム設計技術の新常識」	藤田 壽憲	145
---	-------	-----

【会告】

日本フルードパワーシステム学会論文集 50巻（2019）1号 発行のお知らせ	117
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 2019年春季フルードパワーシステム講演会	131
2019年度春季フルードパワーシステム講演会 併設セミナー「ロボットに役立つフルードパワーの要素技術」	131
2019年春季フルードパワーシステム講演会 併設企画「製品・技術紹介セッション」	131
学会創立50周年特別会費（賛助金）の受付状況	149
共催・協賛行事のお知らせ	150
その他	147, 148, 151, 152

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 "Research on Aqua Drive System in University"

[Preface]

On the Special Issue "Research on Aqua Drive System in University"	Hironao YAMADA	112
--	----------------	-----

[Review]

Action on Basic Research of Water-Hydraulics (In Terms of Tribology and Cavitation)	Toshiharu KAZAMA	113
Characteristics of Water Hydraulic Cylinders	Hideki YANADA	118
Cavitation Phenomenon in a Flow Control Spool Valve for Water Hydraulic System	Shouichiro IIO	122
Water Hydraulic Relief Valve, Pressure Control Valve, Hydrostatic Bearing	Kenji SUZUKI	125

[Conference Report]

Researches of Fluid Power Technologies in ICMT2018	Kazuhiro YOSHIDA	129
A Research Trend of Fluid Power in FLUCOME-J of SICE	Yukio KAWAKAMI	132

[Topics]

Senior talks to students—Start Working at a Hydraulic Machine Maker—	Naoto SAEGUSA	135
What do you think of Japan? 9th : I love Japan	Gang HOU	138
Brazil Representative Diary	Hideto HASEGAWA	140

[Laboratory Tour]

Introduction of Mechano-system Laboratory in Akita Prefectural University	Naoki SAITO	142
---	-------------	-----

[JFPS Activities]

Report on the Autumn Seminar in 2018 "New Essential Technical Knowledge for Pneumatic System Design"	Toshinori FUJITA	145
--	------------------	-----

[JFPS News]

117, 131, 147, 148, 149, 150, 151, 152
--

特集「大学における水圧研究」発行にあたって

著者紹介



やま だ ひろ なお
山 田 宏 尚

岐阜大学工学部
〒501-1193 岐阜市柳戸1-1
E-mail: yamada@gifu-u.ac.jp

1991年名古屋大学大学院 博士課程修了, 名古屋大学工学部講師, 岐阜大学助教授を経て2007年より岐阜大学工学部 教授, 油圧制御, ロボット, 人間支援工学などの研究に従事, 日本フルードパワーシステム学会, 日本機械学会, 日本ロボット学会等の会員, 工学博士。

水道水や清水をシステムの作動流体として使用する水圧駆動技術（もしくはアクアドライブシステム(ADS)）は、液圧駆動装置が持つ優れた特性を備えつつ防水・防滴・防爆などの制約が少なく、高い清浄性や衛生安全を持つことから、医療・医薬品や半導体関連、食品加工、原子炉作業、介護機器などさまざまな分野での応用が期待されている。

これらの領域への適用を目指して、水圧駆動用の弁やアクチュエータに関する要素技術およびこれらを融合したシステムの制御技術に関する研究事例が報告されている^{1),2)}。また、(一社)日本フルードパワー工業会(JFPA)によりADS国際標準化推進事業のプロジェクトも進行しており、複数の大学の研究者が参画し標準化提案と基礎データの取得が進められている^{3),4)}。

本特集号では水圧研究に関して日夜研究に挑まれている大学の先生方に水圧駆動技術に関する最新の研究成果を紹介いただき、当該技術の今後の動向を模索することを目的とする。

はじめに、風間俊治氏（室蘭工業大学）には、「水圧技術の基礎研究に関する取り組み」として、水圧機器のトライボロジー、キャビテーションおよびシステム設計に関連した実験や解析の概要を紹介いただいた。

また、柳田秀記氏（豊橋技術科学大学）には、「水圧シリンダの特性」として、これまであまり研究されてこなかった水圧シリンダの摩擦特性（摩擦力和摺動速度の関係など）や低速性能（最低作動速度）について調べた結果について報告いただいた。

続いて、飯尾昭一郎氏（信州大学）には、「水圧用流量制御弁におけるキャビテーション現象」として、実機スプール弁の絞り部形状を模したモデルを対象として、キャビテーションの発生形態と振動騒音特性、圧力-流量特性との関係を評価した知見について解説いただいた。

また、鈴木健児氏（神奈川大学）には、「水圧用リリーフ弁・圧力制御弁・静圧軸受」として、水圧用の圧力制御弁の一種であるリリーフ弁および減圧弁について紹介いただいた。さらに、水圧用制御弁内のしゅう動部を支持するための静圧軸受について、すき間内の圧力分布の計算方法についても解説いただいた。

最後に、ご多忙にもかかわらず、本特集号の各記事を執筆いただきました方々に厚く御礼申し上げます。なお、本特集号は、編集委員会の塚越秀行委員長（東京工業大学）、山田真の介委員（TAIYO）らの協力支援に基づき企画されたものであることを付記します。

参考文献

- 1) 塚越秀行：平成29年度水圧分や研究活動の動向，フルードパワーシステム，Vol. 49，E1，p. E11-E13（2018）。
- 2) 特集「ADS-新水圧技術の今！」，フルードパワーシステム，Vol. 44，No. 4（2013）。
- 3) 鈴木健児：JFPS2017福岡における水圧分野の研究動向，フルードパワーシステム，Vol. 49，No. 3，p. 120-122（2018）。
- 4) 伊藤和寿：IFPEX2017における水圧分野の技術動向，フルードパワーシステム，Vol. 49，No. 1，p. 14-16（2018）。

（原稿受付：2019年3月29日）

解説

水圧技術の基礎研究に関する取り組み (トライボロジーとキャビテーションを礎として)

著者紹介

かざ ま とし はる
風 間 俊 治室蘭工業大学大学院
〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1
E-mail: kazama@mmm.muroran-it.ac.jp

1988年横浜国立大学大学院修了。2005年室蘭工業大学教授。現在に至る。フルードパワーを中心に、トライボロジー、キャビテーション、設計工学などの教育研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会、日本トライボロジー学会等の会員。博士（工学）。

1. はじめに

油圧および空気圧に加えて、水圧システム¹⁾が第3の流体動力伝達システムとして脚光を浴びている。高い環境調和性を生かしつつ、両者と並ぶ効率や使いやすさを目指すべく、各方面で活発な水圧研究が進められている²⁾。このようなすう勢の中、著者の取り組みはやや傍流になろうが、本稿では水圧に関する概観³⁾⁻⁵⁾や私見ならびに実験や解析の概要を紹介したい。なお、文中でしばしば、「水」、「油」の表現を総称的に用いているが、前者は水道水を、後者は一般油圧作動油を念頭に置いている。

2. トライボロジー

2.1 水圧機器のトライボロジー

油に比して水の粘度ならびに粘度-圧力係数は極めて小さい。数値を例示すれば、前者について油では30 mPa・s (VG32の約40℃) 程度に対して水では1 mPa・s (20℃) 程度、後者について油では20 GPa⁻¹程度に対して水では0.5 GPa⁻¹程度である。つまり、流体潤滑状態を生み出すくさび膜効果ならびに弾性流体潤滑状態を支配するピエゾ粘性効果は、油と水では、まさに雪と墨といえる。そこで、トライボロジーの視点では、摩擦界面の構造制御やしゅう動部の機構改良が要義となる。前者についてはセラミックスや樹脂などの非鉄金属系材料の使用あるいは表面テクスチャや水和反応などによる表面の改質が、後者については静圧軸受機構の採用⁶⁾⁻⁸⁾が有

力な手段となる。

しゅう動部に適用される材料（トライボマテリアル）は、金属系、ポリマー系、セラミックス系に大別できる。摩擦熱やしゅう動面温度は、基本的に接触面圧と滑り速度と摩擦係数の積に比例するので、一般に金属系であれば焼付きが、ポリマー系であれば溶融が、またセラミックス系であれば破壊じん性が、適用の限界のひとつを定めることになる。

油潤滑の鋼系部材の場合は、主に油に添加される極圧添加剤による固体表面への頑強な吸着膜の形成に基づき摩擦や摩耗を低減させることができる。しゅう動条件が比較的緩いところであれば、自己潤滑性を有するポリマー系が採用可能といえる。水潤滑のセラミックス系部材の場合は、水との化学反応を利用しうる。たとえば、酸化物系のアルミナ (Al₂O₃) では水酸化物の潤滑作用によって摩擦摩耗が低減される。また、非酸化物系の窒化けい素 (Si₃N₄) や炭化けい素 (SiC) では水とのトライボケミカル反応により、摩擦表面に流体潤滑効果が得られるような非常に平滑なSiO₂層を形成させることで、著しく低い摩擦係数を実現できる。

水や低粘度の流体を用いる場合、動圧効果の根幹となる粘性の不足を補うために、しゅう動表面にグルーブやディンプルなどのテクスチャを形成させる方法がある。近年のレーザ加工、エッチング、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術などの発展により、比較的容易に微細な加工が可能となった。微小凹面は液溜めの効果をあわせ持つことから、良好な混合潤滑状態の実現や焼付きの防止などが期待できる。ただし、キャビテーションの誘発や促進、表面亀裂や残留応力、濡れ性や反応性などの表面物性の変化などに留意すべきである。加えて、変動荷重や片当りなどによる衝撃的かつ局所的な接触が頻出し、高い密封機能を兼ね備えるべき液圧機器のしゅう動部への直接的な適用には、著者はいくばくかの懸念を持っている。

本格的な水のトライボロジー実験は手掛けていないが、油圧で培った理論モデルをベースに、水圧ピストンポンプ・モータのスリッパ⁹⁾や球継手¹⁰⁾など

を対象とした数値シミュレーションを行っている。その中のいくつかを手短に紹介する。

2.2 水圧ポンプ・モータ要素に対する理論解析

ピストンポンプ・モータは、エネルギー変換をつかさどる主要素であるピストンの断面が円となることから、とりわけシール性に優れる¹¹⁾。よって、他の形式のポンプ・モータに比べて水圧機器への適用の理にかなう。そこで、斜板式アキシャルピストンポンプ・モータを念頭に、ピストン端部に設けられるスリッパ (図1)⁹⁾を対象として3次元非定常数値解析 (図2)⁹⁾を行った。留意点は、油よりも粘度の低い水を使用することから、油圧の場合よりもさらに狭いすきまのもとでしゅう動運動を余儀なく

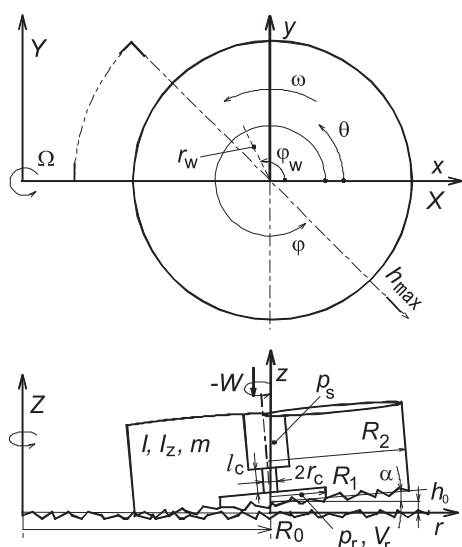


図1 水圧ピストンポンプ・モータのスリッパ・斜板の数値モデル

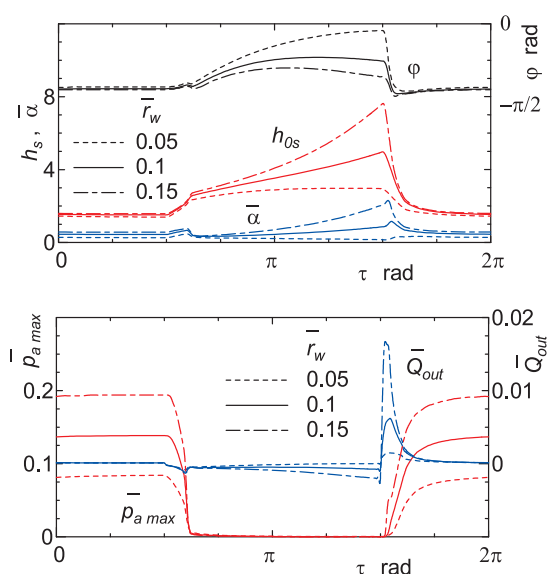


図2 スリッパの挙動の解析結果 (上: 中心すきま, パッド傾角, 最大傾斜方位角, 下: 最大接触圧力, 漏れ流量)

される点にある。そのため、樹脂を含む部材構成、吸込み・吐出し行程の圧力変動などを踏まえつつ、表面粗さ突起の干渉や接触までを考慮している (数値モデルや基礎方程式は略)。

また、スリッパとピストンの結合には、球継手が用いられている。これを、静圧効果も加味した球面軸受としてモデリングして (図3)¹⁰⁾、水の条件下にて数値解析した。結果の一例 (図4)¹⁰⁾を示す。

仮定や数値条件等についてはいまだ検討の余地が残るものの、混合潤滑域まで含めた数値モデルや挙動のシミュレーションなどの本成果が、水圧ポンプ・モータの開発に資することを期待する。

3. キャビテーション

3.1 水圧機器のキャビテーション壊食

液体中には溶解、混入あるいは浮遊するあまたの気泡が存在する。(見掛け上) 液相状態にある作動液は、減圧場にさらされるときに気泡が析出して気液混相となる。その多数の気泡は高圧場におかれると瞬時に崩壊する。そのときに衝撃波を生じ、近傍の固体壁面には局所的な高い応力が繰り返し作用することになる。これがキャビテーション壊食の基本的な発生過程¹²⁾である。壊食が生じる条件は、相応の気泡が存在すること、その気泡が崩壊条件に置か

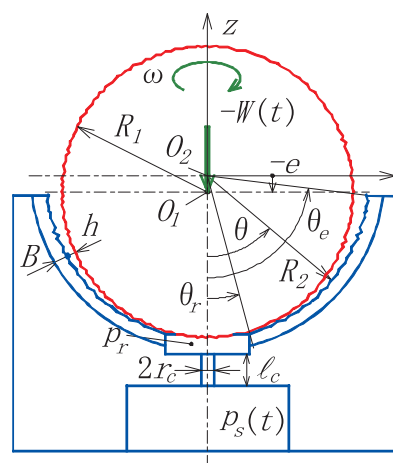


図3 水圧ピストンポンプ・モータの球継手部の数値モデル

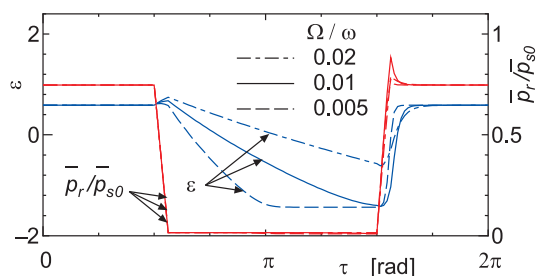


図4 静圧球継手の挙動の解析結果 (離心率, ポケット圧力)

れること、その位置が固体壁面に近いことが条件となる。

気泡は、蒸気性気泡と気体性気泡に大別される。油に比べて水の飽和蒸気圧は高く、気体の含有量は低い。したがって、水では前者、油では後者となる。言い換えれば、水の場合、相対的に大気圧に近い負圧において蒸気で満たされた気泡を生じやすく、その周囲は低い粘度かつ高い表面張力の液体で覆われることから、気泡崩壊時の衝撃波は強く、その減衰力は弱い。つまり、キャビテーション壊食は激しく、機器に対する影響は高まる。ゆえに、これを低減あるいは回避する方策を提案している¹³⁾⁻¹⁶⁾。長年にわたり継続している実験的研究の一端を以下に紹介する。

3.2 水圧機器に対する壊食実験

液圧機器では高压の液体が絞り状の流路部で噴流を形成し、その際にキャビテーション気泡を生じて、これが機器内壁に壊食を誘発させる。水圧機器内部の流れも、基本的には油圧のそれと類似する。よって、キャビテーションの発生や壊食に関する基礎的な検討を行う際、相互比較も考慮すれば、噴流衝突式の試験装置（図5）¹³⁾による液体物性を意識した並行実験（図6）¹³⁾が、機構の解明や課題の解決の

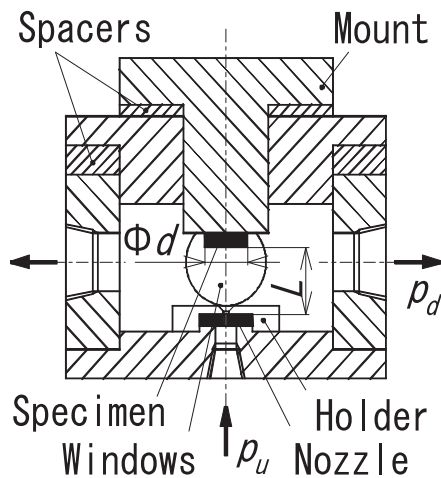


図5 噴流衝突式キャビテーション壊食の装置主要部

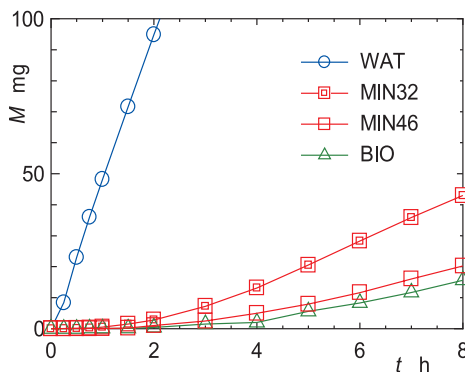


図6 キャビテーション壊食量の時間変化（水道水、石油系作動油、生分解性作動油）

より所となる。

実験結果の一部を概括する。絞りの出口形状を広げること（図7）¹⁴⁾、噴流の衝突面を窪ませること（図8）¹⁵⁾が、油のみならず、壊食量が数十倍も大きく生じる水に対しても、壊食の低減に寄与する。丹

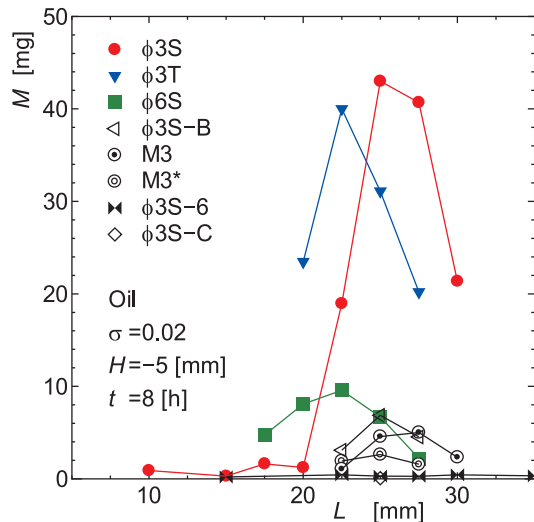
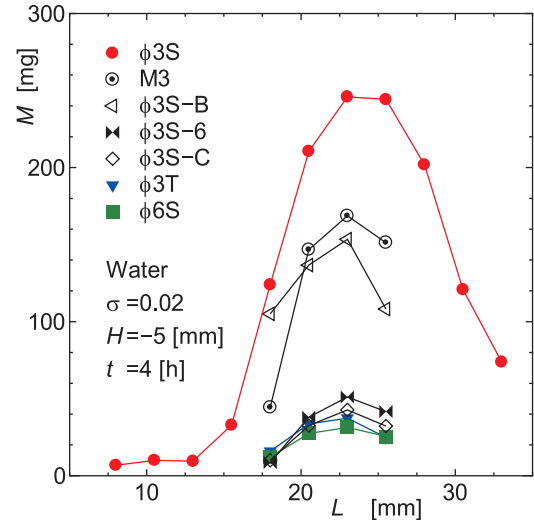


図7 絞り出口の形状の効果（上：水道水、下：作動油）

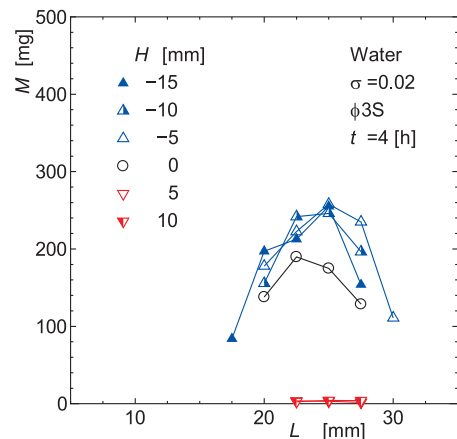


図8 噴流衝突面の形状の効果（ $H > 0$ ：凹状衝突面）

念な実験の積み重ね¹⁶⁾が功を奏すると考えている。

4. システム設計

水圧¹⁷⁾と油圧は似て非なるもの、といえよう。すきま流れから高速噴流¹⁸⁾の物理現象に軸足をおきつつ水と油の両にらみで取り組んでいる中で、配管系¹⁹⁾への興味も自然な流れであった。非常に単純なモデルとはなるが、管路流れの損失²⁰⁾について若干の比較を記しておく。

管摩擦損失は、定常、非圧縮性流体であれば、Darcy-Weisbach の式で求められる。水と油の動粘度をそれぞれ $1 \text{ mm}^2/\text{s}$, $30 \text{ mm}^2/\text{s}$ とおき、乱流域の管摩擦係数に対して Blasius の式を適用して圧力損失の比 $\Delta p_w / \Delta p_o$ を求めると図 9 となる (Reynolds 数 Re^* は水の動粘度を基準に採る)。Region 1, 2, 3 は、それぞれ、水も油も層流、水は乱流で油は層流、水も油も乱流となる条件に対応する。このモデルでは基本的に動粘度の比となるから、水圧配管の低損失は明らかである。用途に応じて配管寸法や運転条件は広範となるが、一般的な油圧システムを想定した同一作動条件を仮定すると、おおむね同図の Region 2 となる。水圧と油圧の固有の諸条件を見据えた検討に着手している。

5. む す び

やや年月をさかのぼりながら、共同研究者らと携わってきた水圧技術につながるテーマとささやかな試論を紹介した。研究の視座を述べるとすれば、水道水と作動油の両者を対象としていること、トライボロジーとキャビテーションを柱としていること、実機や応用を見据えつつ基礎的な主題に落とし込んでいることなどにまとめられる。

現代版あるいは次世代版の水圧システム²¹⁾は、技術革新と市場開拓の両輪で進めることになると思う。いずれの観点においても、既存の油圧、空気圧、電気駆動との競合を案ずることなく、win-win の融合あるいは新天地開拓の挑戦の機会ととらえたい。工

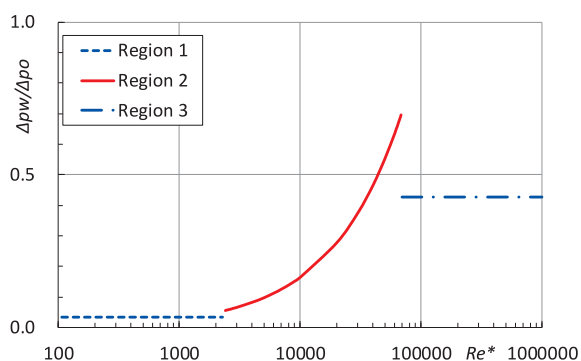


図9 油圧配管に対する水圧配管の圧力損失比

科系大学に身を置く立場としては、将来を担う人材の育成と技術革新に資する基礎研究に注力することになろう。

研究の狙い所は、液体の振る舞いの探究や在りさまの考究にあると考えている。ことさらにトライボロジーとキャビテーションを基調として、地道に粘り強く取り組んでいる次第である。

参考文献

- 1) 山口惇：水道水を作動流体とする可能性，油圧と空気圧，Vol. 9, No. 4, p. 205-210 (1978)
- 2) 眞田一志・風間俊治：オーガナイズセッションに見る研究動向 Water Hydraulics, フルードパワーシステム, Vol. 37, No. 1, p. 62-65 (2006)
- 3) 風間俊治：水のトライボロジー～水圧機器への適用を念頭に～，油空圧技術, Vol. 48, No. 6, p. 18-22 (2009)
- 4) 風間俊治：水圧の過去，現在，そして…，油空圧技術, Vol. 51, No. 12, p. 11-15 (2012)
- 5) 風間俊治：水とトライボロジー（治水から「知」水へ），油空圧技術, Vol. 52, No. 8, p. 11-15 (2013)
- 6) 風間俊治：静圧軸受の最適設計，フルードパワーシステム, Vol. 33, No. 4, p. 210-215 (2002)
- 7) 風間俊治：水圧ポンプ・モータのトライボロジーについて（軸受機構の視点から），平成15年度春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 41-43 (2003)
- 8) 風間俊治：すきま流れの理論と液圧機器のトライボロジー，フルードパワーシステム, Vol. 39, No. 2, p. 103-106 (2008)
- 9) Kazama, T. : Numerical Simulation of A Slipper Model for Water Hydraulic Pumps/Motors in Mixed Lubrication, Proceedings of the 6th JFPS International Symposium on Fluid Power, TSUKUBA 2005, CD-ROM, 2C4-5 (2005)
- 10) Kazama, T. : Mixed Lubrication of Spherical Bearings for Water-hydraulic Piston Pumps and Motors, Proc. ASIATRIB 2006 KANAZAWA, JAPAN, p. 189-190 (2006)
- 11) 風間俊治：円，Tea Time, フルードパワー, Vol. 28, No. 3, p. 61 (2014)
- 12) 風間俊治：フルードパワー機器におけるキャビテーション壊食：単一気泡の基礎解析と噴流衝突式の壊食実験を主として，日本フルードパワーシステム学会誌, Vol. 37, No. 6, p. 360-364 (2006)
- 13) Kazama, T. and Shimizu, K. : Erosion due to Impingement of Submerged Cavitating Jets in Tap Water, Biodegradable and Mineral Oils, Proc. SICFP'07, p. 91-105 (2007)
- 14) 風間俊治・三浦頼仁：噴流キャビテーション壊食の低減（絞り出口および噴流衝突面近傍形状による流れ場制御），日本フルードパワーシステム学会論文集, 38-6 (2007), 77/82.
- 15) Kazama, T., Kumagai, K., Miura, Y. and Narita, Y. : Reduction and Enlargement of Erosion by A Submerged Cavitating Jet with Geometric Control, Water Jetting Technology for LOHAS, Proc. 9th Pacific Rim International Conference on Water Jetting Technology (PRIC-WJT2009), p. 123-131 (2009)
- 16) Kazama, T. : Experimental Study of Jet-Cavitation Erosion Applicable to Oil and Water-Hydraulic

- Equipment, Materials Performance and Characterization, Vol. 7, Iss. 3, ASTM International, p. 355-373 (2018)
- 17) 日本フルードパワーシステム学会：水圧駆動テキストブック，日本フルードパワーシステム学会（2003）
- 18) 風間俊治：室蘭工業大学 機械航空創造系学科 機械システム設計学研究室（ $Re=1 \sim 100000$ の流れの討究と超克），油空圧技術，Vol. 56, No. 12, p. 44-47 (2017)
- 19) 風間俊治：油圧・空気圧・電気駆動システムにおける動力伝達要素のパワー密度に関する一考察，日本機械学会2016年度年次大会講演論文集，J1110102, DVD (2016)
- 20) 塚本庸平，風間俊治，成田幸仁，寺本孝司：油圧配管系に用いられる管継手の流動損失，日本機械学会第96期流体力学部門講演会講演論文集（2018年室蘭），GS5-2, USB (2018)
- 21) 山口惇：水圧システムの挑戦，フルードパワーシステム，Vol. 29, No. 7, p. 592-596 (1998)
- （原稿受付：2019年1月12日）

日本フルードパワーシステム学会論文集 50巻（2019）1号 発行のお知らせ （公開日：2019/5/10）

【研究論文】

- (1) 微粒子励振型流量制御弁におけるねじり振動を利用した駆動原理の有効性評価
廣岡 大祐，東 一毅，古城 直道，山口 智実
 - (2) 油圧機械式無段変速機的设计手法に関する研究（1-D・3-Dシミュレーションによる油圧騒音予測）
大内田 剛史，佐藤 恭一
 - (3) 電空ハイブリッド超精密鉛直位置決め装置のバランスシリンダ内圧のフィードフォワード制御
築山 義信，加藤 友規，中垣 瞬，徐 有衛
 - (4) 等温化放出法を用いた圧縮性流体用機器の流量特性試験法において大気圧の変化が及ぼす影響の考察
飯田 航平，小林 敏也，只野 耕太郎，蔡 茂林，藤田 壽憲，肖 鋒，香川 利春
- (URL) https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfps/50/1/_contents/-char/ja

解説

水圧シリンダの特性

著者紹介



やなだ ひで き
柳田 秀記

豊橋技術科学大学大学院
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
E-mail: yanada@me.tut.ac.jp

1982年豊橋技術科学大学大学院工学研究科修士課程修了。同年同大学教務職員、1992年同助教授、2012年同教授。現在に至る。電気流体力学現象、水圧シリンダ、油圧ポンプなどの研究に従事。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。工学博士。

1. はじめに

水道水などの清水を作動流体とする水圧シリンダは、そのクリーンさを生かしてプール可動床システム¹⁾や食品加工機器^{2),3)}などに用いられており、近年では水道水圧という超低压を利用した介護用機器⁴⁾や防水板起伏装置⁵⁾などに応用されている。水圧シリンダの従来の研究成果は、当学会発行の書籍⁶⁾や(一社)フルードパワー工業会殿が取り組まれたアクアドライブシステム(aqua drive system, ADS, 新・水圧駆動技術)に関する調査研究報告書^{7),8)}にまとめられている。

粘度が低く潤滑性の乏しい水を作動流体にするので、シール技術はきわめて重要となる。水圧シリンダ用シールとしては、油圧シリンダ用あるいは空気圧シリンダ用シールの流用をはじめとして、種々の材料、形状、構成が試みられた結果、材料としては自己潤滑性を有する樹脂が適していると報告されている^{6),9),10)}。

従来の文献では、水圧シリンダの耐久性や最低作動圧力について主に報告されているが、摩擦特性(摩擦力としゅう動速度の関係など)や低速性能(最低作動速度)については、ほとんど報告されていない。本稿では、水圧シリンダの耐久性、摩擦特性、低速性能について筆者らが調べた結果¹¹⁾⁻¹³⁾の概要を報告する。

2. 実験装置と実験方法

2.1 実験装置

図1に水圧シリンダの特性測定装置の概略図を示

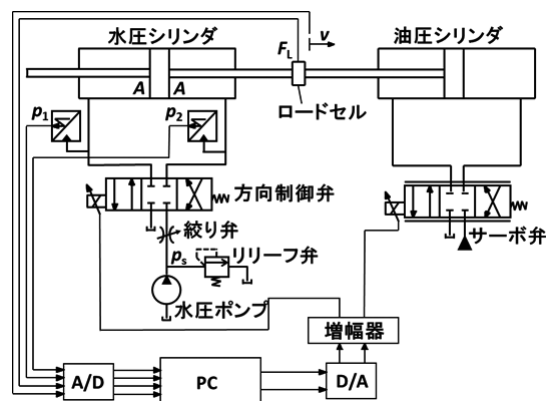


図1 水圧シリンダ試験装置概略

表1 試験水圧シリンダ諸元

シリンダ内径	50mm		
ピストンロッド径	28mm		
ピストンストローク	250mm		
定格圧力	14MPa		
金属材料	ステンレス		
シール材料	ポリエチレン樹脂		
しゅう動面の算術平均粗さ	0.1a	0.2a	0.6a

す。試験水圧シリンダには両ロッド型を用いた。水圧シリンダの速度制御や負荷印加のために油圧サーボシリンダを用い、両者を同一直線上に配置した。摩擦力測定のため、両シリンダ室の圧力を計測する圧力センサおよびシリンダ推力を計測するロードセルを取り付けてある。また、ピストン速度はピストンの直線運動を回転運動に変換してタコジェネレータにより計測した。なお、図1中には記していないが、レーザ変位計によりピストン変位を計測した。

水圧シリンダの仕様を表1に示す。シリンダ内面とピストンロッド表面の加工方法を変更することで、算術平均粗さの異なる試験シリンダを3本製作した。ピストンシール、ロッドシール、ダストシールは、ポリエチレン樹脂シールとOリングの組合せ構造である。軸受もポリエチレン樹脂製である。

2.2 実験方法

実験項目は、(1)耐久性試験、(2)摩擦特性測定、(3)低速性能測定の3項目であり、各測定項目について実験方法を以下に記す。なお、いずれの試験においても水温は28℃であり、項目(1)、(2)の測定時には、図1中の絞り弁開度は全開とし、絞り弁での圧力損失を極力小さくし、無視できる程度となるようにした。絞り弁は低速性能の測定の際のみ使用する。

2.2.1 耐久性試験

水圧回路の方向制御弁と油圧回路のサーボ弁を同期させて切り替えることにより、水圧ピストンを左右両方向にほぼ一定速度0.25m/sで駆動させた。しゅう動速度は、水圧ポンプの最大吐出流量27 l/minと水圧ピストンの受圧面積により決定される最大速度(約0.3m/s)を考慮して決定した。水圧ピストンの位置をレーザ変位計により計測し、ピストンストローク端の20mm手前で運動方向を切換えるようにした。

リリーフ弁により水圧ポンプ吐出圧力を水圧シリンダの定格圧力14MPaに設定したが、リリーフ弁の圧力オーバーライド特性と方向制御弁における圧力損失により、水圧シリンダ両室の圧力は約10.5MPaと約0.5MPaとなり、ピストンの運動方向の変化によりシリンダ室の圧力が交互に切り替わる。この理由により、定格圧力での耐久性試験は実施できていない。

耐久性試験中定期的に、下に記す式(1)により摩擦力を計測するとともに、ピストンロッドから漏れ出る水の量を計測した。後者については、ピストンが100 mしゅう動する間に漏れ出た水を紙ウエスに吸収させ、紙ウエスの重量変化から求めた。

2.2.2 摩擦特性測定

シリンダ室の一方の圧力を3.5, 7.0, 10.5MPaとし、他方を大気圧として摩擦力を種々のしゅう動速度で測定した。しゅう動速度は油圧サーボ弁の開度を変えることで調整した。摩擦力 F_r は理論シリンダ力(理論推力) $F_{th}=(p_1-p_2)A$ と有効シリンダ力 F_L (ロードセル荷重)の差として、式(1)から求めた。 p_1 , p_2 はシリンダ左右室の圧力、 A はピストンの受圧面積である。

$$F_r = (p_1 - p_2)A - F_L \quad (1)$$

2.2.3 低速性能測定

水圧シリンダがどれくらい低速度で安定動作するかをメータイン回路で計測した。この測定においては、図1の油圧サーボ弁の開度は全開とし、水圧シリンダの駆動側の室の圧力が3.5, 7.0, 10.5MPaとなるように油圧シリンダ供給圧力を調整した。絞り弁全閉状態から徐々に開度を増し、水圧ピストンが動き始めた後にゆっくりと絞り弁開度を減らし、計測できる最低速度により評価した。速度はレーザ変位計に

より計測したピストン位置の時間変化から算出した。

3. 結果と考察

3.1 耐久性

図2は、耐久性試験中において、ピストンが図1の右方向に動作するときの摩擦力の変化を示したものである。また、図3は、耐久性試験中の両ロッドから漏れ出る水の質量の変化を示している。図2より、しゅう動開始後、しゅう動距離の増加に伴って摩擦力が減少し、約100kmしゅう動以降は変化が緩やかになることがわかる。これは、シールが徐々に摩耗し、シール接触部の面圧が低下したことによると考えられる。このような傾向は表面粗さの違いによらず同様であるが、粗さ0.6aのシリンダでは、しゅう動距離166kmにおいて漏れ量が急激に大きくなったため試験を取り止めた。表面粗さと摩擦力には相関が認められ、粗さが大きくなるほど摩擦力が大きくなることがわかる。一方、漏れ量に関しては粗さとの明確な相関は認められないものの、粗さが最大の0.6aシリンダで漏れが急増したことから、しゅう動面の粗さを小さくすることが耐久性向上には重要であることを示している。

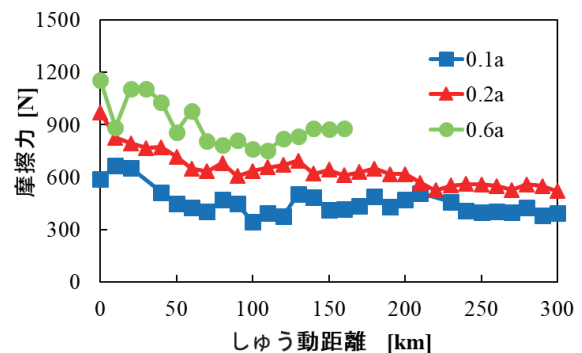


図2 摩擦力としゅう動距離の関係 (10.5MPa, 0.25m/s)

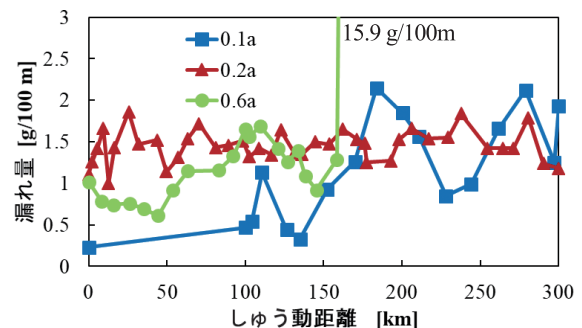


図3 漏れ量(両ロッドからの合計)としゅう動距離の関係 (10.5MPa, 0.25m/s)

なお、ロッド片側からの漏れがおおよそ1 g/100m程度では、ロッド表面が湿っているのが感じられる程度であったが、その値を超えて1.5g/100m程度

になると、図4に示すように、ロッド表面に小さな水滴となって現れ、ロッド引き込み時にそれらの水滴がかき集められて滴下することがあった。用途に依存するが、図4のような状況になれば、シールを交換する必要がある。粗さ0.1aのシリンダはしゅう動距離がおよそ160km以降で、0.2aのシリンダでは耐久性試験開始後比較的早い段階から図4のような状況が時折見られた。

耐久性試験後のシールを調査した結果、偏摩耗が生じており、試験シリンダのピストンとロッドの偏心や傾きがやや大きく、シールに偏荷重が作用したことが考えられる。また、同様なシール素材を用いた作動圧力14MPaでのシールの耐久性試験において、258～323kmの耐久性を有することが報告されている¹⁰⁾。このことから、図2, 3の結果はやや不本意であり、加工精度を高めて再度試験を行う必要がある。いずれにせよ、現状では油圧シリンダほどの耐久性は実現できていない。

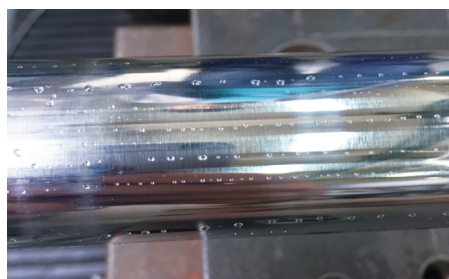


図4 ロッド表面に付着した水滴（ロッド片側からの漏れが1.5g/100m程度するとき）

3.2 摩擦特性

図5は、表面粗さ0.1aのシリンダの定常摩擦特性である。第1象限は、図1において水圧シリンダのピストンが右方向に動作するときの摩擦特性を示し、第3象限は左方向に動作するときの摩擦特性を示している。摩擦力は理論推力で無次元化しており、これから作動圧力10.5MPaでの推力効率（機械効率）は90%を超えていることがわかる。また、しゅう動距離が増すと推力効率が高くなる。

図5に示す摩擦特性は、油圧アクチュエータをはじめとする各種アクチュエータなどで観察される摩擦特性とは大きく異なる特性である。図6は、筆者らが過去に測定した油圧シリンダの摩擦特性である¹⁴⁾。寸法が同一で、シール材料が異なる3種類のシリンダで測定した結果である。低速域では速度の低下とともに摩擦力が増大する典型的な負性抵抗特性を示し、Type 1では高速域で速度に対して直線的に摩擦力が増加する流体摩擦の特性が現れている。図5に示すように、供試水圧シリンダでは、低速域、高速域いずれの摩擦特性も油圧シリンダの特性とは

異なり、速度0近傍の低速域では速度の低下に伴い摩擦力が減少し、0近傍を除く速度域では速度によらず摩擦力はほぼ一定値となっている。ただし、新品状態（しゅう動距離0km）では速度の大きい領域で摩擦力が速度の増加に伴い増加する傾向を示した。

速度の大きい領域で流体摩擦の特性を示さないことから、本実験条件の範囲内ではしゅう動面に水膜があまり形成されていないことを示していると考えられる。水潤滑下のPEEK樹脂は低速域で典型的な負性抵抗特性を示すことが報告されており¹⁵⁾、図5の速度0近傍の特性はポリエチレン樹脂の特性に起因するものと考えられる。しかし、その理由は現時点では不明である。

図7は、異なる圧力で摩擦特性を測定した結果である。圧力が低いと推力効率が低下するのは通常の特長であるが、3.5MPaでは速度0近傍以外でも速

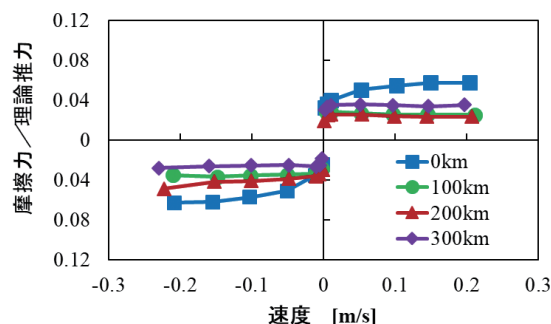


図5 定常摩擦特性 (0.1a, 10.5MPa)

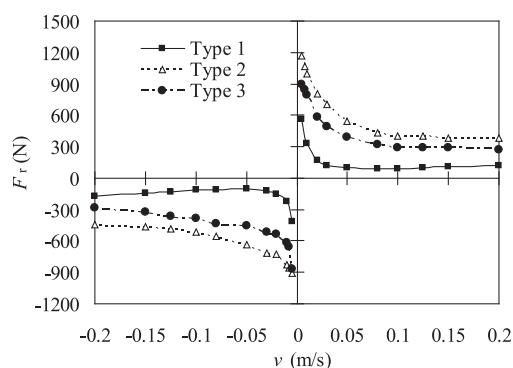


図6 油圧シリンダの定常摩擦特性の例¹⁴⁾ (シリンダ径32mm. シール材料が異なる3種類の油圧シリンダで測定. Type 2, 3は流体摩擦域に入っていない.)

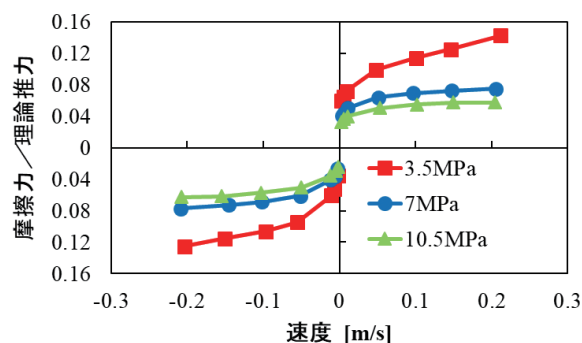


図7 定常摩擦特性に及ぼす作動圧力の影響 (0.1a, 0km)

度の増加とともに摩擦力が増加していることから、圧力が低いのでしゅう動面に水膜がある程度は形成されている可能性を示唆していると思われる。

図8は、摩擦特性に及ぼすしゅう動面の表面粗さの影響を示している。表面粗さが大きくなると摩擦力が大きくなるのは図3で示した傾向と同様であるが、摩擦力-速度曲線の形状は粗さによらず同様である。

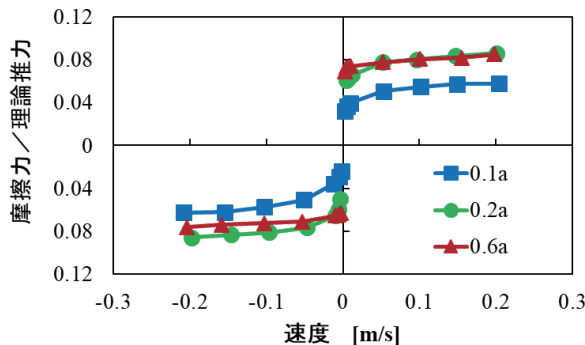


図8 定常摩擦特性に及ぼす表面粗さの影響 (10.5MPa, 0km)

3.3 低速性能

図9に最低作動速度の測定結果を示す。3回の測定の平均値と範囲を示している。速度制御用絞リ弁の開度がかなり小さいところで手動により開度調節を行ったため、最低作動速度の正確な計測は困難であった。ただし、しゅう動距離、作動圧力、しゅう動面粗さによらず水圧シリンダの低速性能はきわめて高く、常に0.1mm/s以下での安定作動が可能であった。これは、前節で示した定常摩擦特性から明らかのように、試験水圧シリンダは負性抵抗特性を示さず、速度0近傍では摩擦力-速度曲線は正の勾配を示す。このため、スティック・スリップが起こる原因がなく、低速で安定に動作できる。

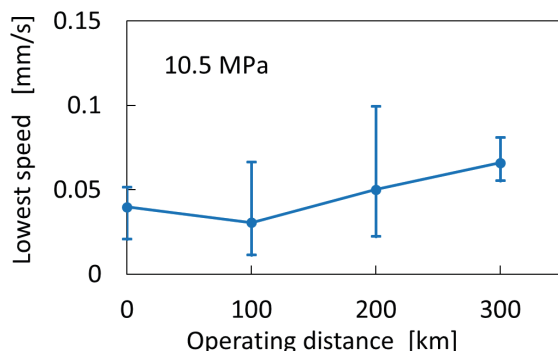


図9 水圧シリンダの最低作動速度

4. おわりに

筆者は、「謝辞」に記すADS国際標準化推進事業に参画する機会を得て、水圧の分野に関わるようになった。水圧研究歴はまだ4年である。水圧シリンダの摩擦特性は油圧アクチュエータなどの摩擦特性とは

大きく異なり、非常に興味深い。油圧シリンダに比べれば耐久性が劣っている印象を受けるが、シール設計の改良により向上できるものと期待している。

謝辞

本研究で用いた実験装置の製作および実験に多くの助力を得た伊藤雄飛君、小林和暉君、藤本裕敬君、品川裕次君、鈴木勇太君に厚く謝意を表する。

また、本研究は、経済産業省エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費を受けて、(一社)日本フルードパワー工業会ADS国際標準化推進事業の一環として実施したものであることを付記する。

参考文献

- 1) 土井裕, 阿部秀生: 水圧シリンダによるプール可動床システム, 油空圧技術, Vol. 38, No. 8, p. 35-37 (1999)
- 2) 宮川新平: ADSの技術開発と製品化への道, フルードパワーシステム, Vol. 44, No. 4, p. 205-208 (2013)
- 3) 吉田太志: 水圧電磁比例制御弁/水圧サーボ弁の開発とその応用, フルードパワーシステム, Vol. 44, No. 4, p. 218-222 (2013)
- 4) 村上康裕: 水圧シリンダとその応用—1, フルードパワーシステム, Vol. 44, No. 4, p. 212-214 (2013)
- 5) 宇根利典: 水圧シリンダとその応用—2, フルードパワーシステム, Vol. 44, No. 4, p. 215-217 (2013)
- 6) 池尾茂・他: 日本フルードパワーシステム学会創立40周年出版 アクアドライブ技術の進展, 日本フルードパワーシステム学会, p. 41-47 (2011)
- 7) 日本フルードパワー工業会: 平成17年度水道圧配管網圧力を利用した次世代型ユニバーサルアクアドライブシステム (UniADS) に関するフィージビリティスタディ報告書, p. 63-86 (2006)
- 8) 日本フルードパワー工業会: 平成18年度水道圧配管網圧力を利用した次世代型ユニバーサルアクアドライブシステム (UniADS) に関するフィージビリティスタディ報告書, p. 48-56 (2007)
- 9) 赤松俊介: 水圧駆動システム用のシリンダ, 油空圧技術, Vol. 39, No. 13, p. 12-15 (2000)
- 10) 村田秀紀: 水圧機器用シール, フルードパワーシステム, Vol. 44, No. 4, p. 227-230 (2013)
- 11) 伊藤雄飛, 藤本裕敬, 柳田秀記: 水圧シリンダの特性と耐久性に関する研究, 第15回「運動と振動の制御」シンポジウム (MoViC2017), 講演番号B01 (6頁) (2017)
- 12) Yanada, H., Ito, Y., Fujimoto, Y.: Characteristic of Water Hydraulic Cylinder, 10th JFPS International Symposium on Fluid Power, Fukuoka, Oct., 2017, Paper No. 2D53 (4頁) (2017)
- 13) 小林和暉, 鈴木勇太, 柳田秀記: 水圧シリンダの特性に関する研究, 日本設計工学会東海支部平成29年度研究発表講演会講演論文集, p. 34-35 (2018)
- 14) Tran, X., B., Nur Hafizah, Yanada, H.: Modeling of dynamic friction behaviors of hydraulic cylinders, Mechatronics, Vol. 22, No. 1, p. 65-75 (2012)
- 15) 山口健, 堀切川一男: RBセラミックス粒子を充填したPEEK樹脂の水潤滑下における摩擦・摩耗特性, トライボロジスト, Vol. 58, No. 7, p. 487-495 (2013)

(原稿受付: 2019年2月7日)

解説

水圧用流量制御弁におけるキャビテーション現象

著者紹介



いい お しょういちろう
飯 尾 昭一郎

信州大学工学部機械システム工学科
〒380-8553 長野市若里4-17-1
E-mail: shouio@shinshu-u.ac.jp

2004年宮崎大学大学院博士後期課程修了。同年信州大学工学部助手、2011年同大学准教授、現在に至る。小水力発電、水圧システムの研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、ターボ機械協会、日本機械学会などの会員。博士（工学）。

1. はじめに

作動流体に水道水を用いる水圧駆動システム（Aqua Drive System：ADS）が、食肉加工機械、半導体成形水圧プレス、介護用リフト、高潮対策ゲートなどで実用化されている。作動流体に水道水を利用する長所としては、入手が容易で漏れによる環境汚染がなく、クリーンな環境を構築しやすいことが挙げられる。一方で、作動油と比較して水は潤滑性に乏しく、また、キャビテーションの発生による振動騒音や壊食に留意する必要がある。

ADSでアクチュエータの力、速度、位置、方向を制御するために水圧制御弁¹⁾が用いられる。システム全体の性能や使い勝手はこの弁特性の影響を受けるため、その把握が重要となる。潤滑性の乏しさにとまなう問題を解決するため、静圧軸受による支持²⁾、静圧軸受とノズル・フラップ部を通過した水のスプール駆動背圧制御への利用³⁾、内部漏れ抑制と良好なノズル・フラップ特性を両立する絞りの採用³⁾などの工夫がなされ実用に供されてきた。その一方で、水圧用制御弁におけるキャビテーションに関しては、ポペット弁を対象とした検討⁴⁾がなされているが、スプール弁に関する知見は極めて少ない。キャビテーションによる振動騒音、圧力-流量特性などは作動流体の種類だけでなく弁の絞り部形状の影響も受ける。そこで筆者らは実機スプール弁の絞り部形状を模したモデルを対象として、キャビテーションの発生形態と振動騒音特性、圧力-流量特性

との関係性を評価してきた⁵⁾⁶⁾。ここでは、これまで得られた知見の概要を述べる。

2. 実験装置と実験方法

図1に試験回路を示す。水圧ポンプユニットから出た作動水はアキュムレータ、超音波流量計を経て評価対象であるスプールモデルに入り、その後、下流タンク、チラーの熱交換器を経てポンプユニットへ戻る。モデルの上流圧 P_1 と下流圧 P_2 はそれぞれ上流と下流のリリーフ弁で調節する。また、ポンプ吐出圧の脈動は流量計上流のアキュムレータで取り除いている。キャビテーション現象は、パルスレーザのシート光（発光時間 $\leq 10\text{ns}$ ）と高解像度CCDカメラにより取得した。

図2にスプールモデルの概略を示す。水はモデル下部から流入し、絞り部を通過して上部から流出する。絞り部形状は実機と同一であり、図のとおりノッチ状の開口部となっている。下流の弁形状はキャビテーション現象を容易に観察できるように実機よりも大きな直方体状とした。透明アクリルブロックに穴を設けてスリーブ状とし、スプールを模したSUS製の部品を軽圧入ではめ込んで開口部を構成した。制御オリフィスの開口部はスプール円周方向のノッチ幅2mmを固定し、スプール軸方向隙間 w をスプール部品のランド幅で設定した。最小開口幅が $w=0.06\text{mm}$ 、最大開口幅が $w=1.05\text{mm}$ である。

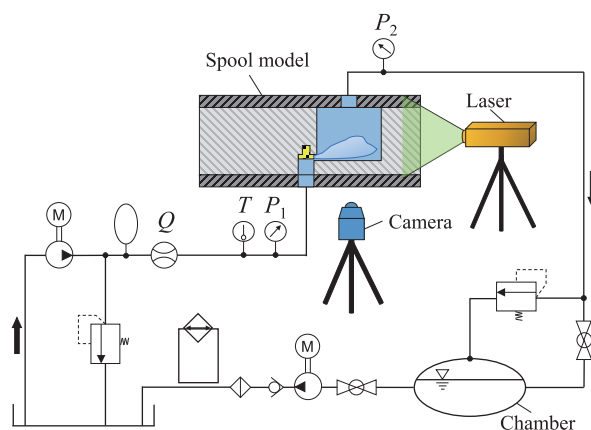


図1 試験回路

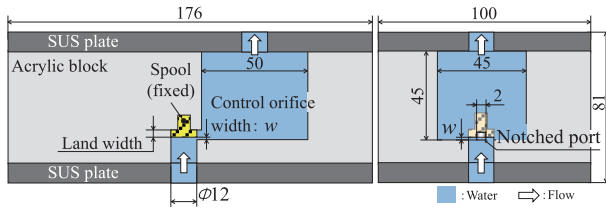


図2 スプールモデル

3. キャビテーションの可視化

3.1 開口幅とキャビテーションの弁室流入角

図3に開口幅 w と弁前後の差圧 ΔP を変化させたときのキャビテーションの可視化結果を示す。この試験では弁下流圧は大気圧一定であり、弁上流圧を変化させることで ΔP を変化させている。写真左下に開口部があり、そこから右上あるいは右方向に伸びる白い領域は、キャビテーションバブルによりレーザ光が散乱して明るく見えたものである。弁前後の差圧の影響に着目すると、同一の開口幅においてその差圧が大きくなるほどキャビテーションの領域が長く、広がっている様子がわかる。水圧サーボ弁の最大使用圧力は14MPaであり、キャビテーションが常に発生している状況下で使用されていると考えられる。

つぎに、開口幅の影響に注目すると、 $w=0.06\text{mm}$ 時ではキャビテーションの領域は画像の斜め右上に伸びているのに対して、 $w=0.24, 1.05\text{mm}$ の場合においては、弁室下面に沿うように伸びている。このことより開口幅によってキャビテーションジェットの噴出角度が変化していることがわかる。また、 $w=0.06\text{mm}$ 時では個々の気泡が判別できない雲状のキャビテーションのみが支配的であるのに対して、 $w=0.24, 1.05\text{mm}$ 時では $w=0.06\text{mm}$ 時よりも明らかに大きな直径の気泡が弁室内全体にわたり存在している様子がわかる。このように、キャビテーションの発生形態は弁前後の差圧と開口幅に強く依存し、弁室へのキャビテーション噴流の流入角度は開口幅の影響を受ける。弁室流入角度が開口幅に依存する結果は油圧の場合と同様である。

3.2 弁の下流圧とキャビテーションとの関係

キャビテーションの発生形態への圧力条件の影響について詳しく調べるために、弁前後の差圧を一定として、弁下流圧を変化させたときのキャビテーションの状況を観察した。図4は弁前後の差圧を $\Delta P=4.0 \times 10^6\text{Pa}$ に固定し、弁下流圧を $P_2=0.02 \times 10^6\text{Pa}$ から $P_2=0.60 \times 10^6\text{Pa}$ まで変化させたときの可視化画像を示す。図4(a)の開口幅が小さい場合には雲状のキャビテーション領域が右上方向に伸びて

いるが、この領域は弁下流圧が増加するとともに角度は変化せずに長さが開口部の方向に短くなってい

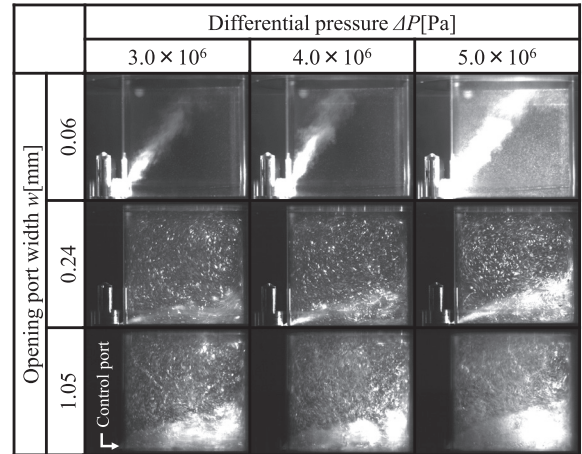
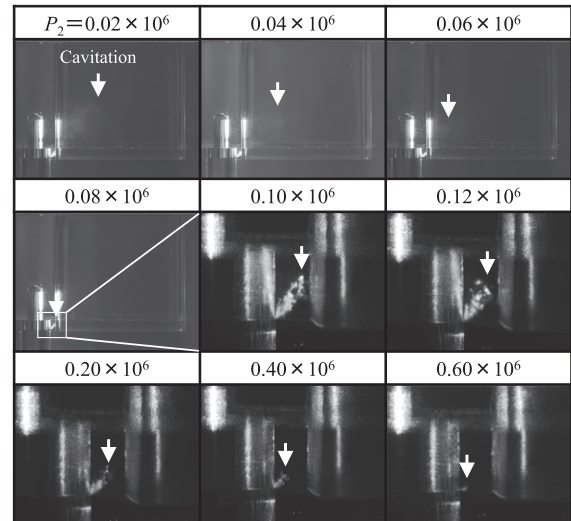
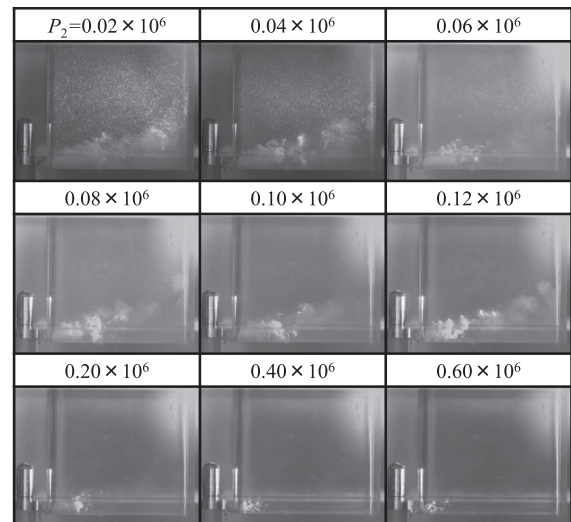


図3 制御オリフィスの開口幅と弁前後の差圧を変化させたときのキャビテーションの可視化結果（弁下流圧は大気圧固定）

(a) $w=0.06\text{mm}$ (b) $w=1.05\text{mm}$ 図4 弁前後の差圧 $\Delta P=4.0 \times 10^6\text{Pa}$ 一定条件下で弁下流圧を変化させたときのキャビテーションの可視化結果

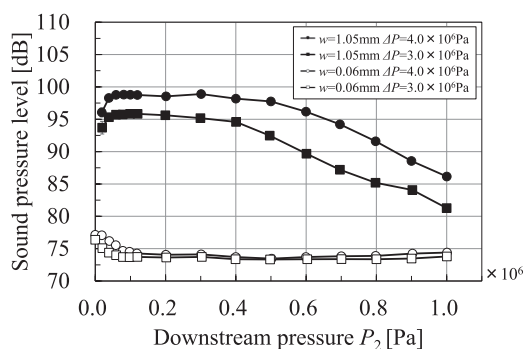


図5 弁下流圧を変化させたときの騒音測定結果

く様子が見てとれる。 $P_2 = 0.60 \times 10^6 \text{ Pa}$ 時にはその長さは1mm程度であった。

図4(b)に示す $w = 1.05 \text{ mm}$ の場合、弁下流圧がキャビテーション領域の長さや弁室流入角度へ与える影響については図4(a)の場合と定性的には変化していない。その一方で、 $w = 1.05 \text{ mm}$ 時にはキャビテーションをともしう噴流の上方に直径が大きな気泡が存在しており、 $w = 0.06 \text{ mm}$ 時とは明らかに様相が異なる。この大きな気泡は弁下流圧の増加にともなって減少しており、弁下流圧が $P_2 = 0.10 \times 10^6 \text{ Pa}$ あたりで観察されなくなる。そこからさらに弁下流圧を増加させると雲状のキャビテーション領域が減少する。

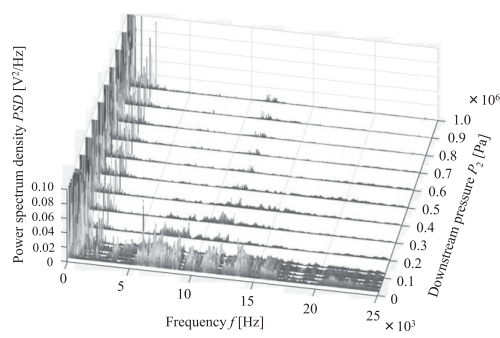
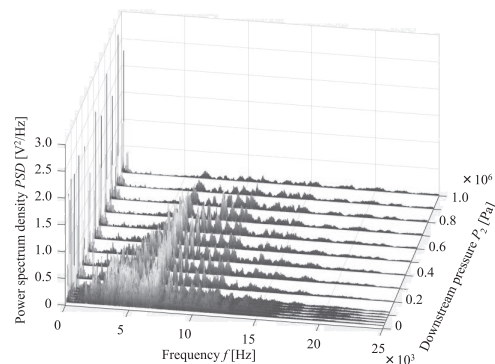
3.3 騒音とキャビテーション発生形態との関係

図5に弁下流圧を変化させたときの騒音測定結果を示す。騒音は開口幅が大きい場合のほうが顕著であり、最大で25dBの差が見られる。 $w = 0.06 \text{ mm}$ の場合、弁下流圧の増加により騒音は減少し、 $P_2 > 0.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ では弁下流圧によらずほぼ一定値となる。それに対して、 $w = 1.05 \text{ mm}$ の場合、騒音は弁下流圧の増加にともない一旦増加し、その後一定値を示したのちに徐々に減少する。このように同一の圧力条件でも開口幅により騒音特性が変化する。

図6に示す騒音の周波数解析結果を見ると、開口幅によらず $P_2 \leq 0.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ の範囲では広帯域の騒音の発生が認められ、弁下流圧の増加により低周波数成分が減少する様子がわかる。低周波数成分の減少は気泡径が大きなキャビテーションの減少に依存していると考えており、このキャビテーションの発生が顕著な $w = 1.05 \text{ mm}$ において低周波数成分の減少が顕著である。

4. おわりに

水圧用スプール弁でのキャビテーションの発生形態が、弁の開口幅と弁前後の差圧、弁下流圧に依存することを紹介した。また、その形態が騒音特性に影響することを示した。これらの因果関係は未解明な点が多く、現在、より単純化した装置による実験

(a) $w = 0.06 \text{ mm}$ (b) $w = 1.05 \text{ mm}$ 図6 $\Delta P = 4.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ 一定時の騒音のFFT解析結果

で解明を進めている。

なお、本研究は(公財)TAKEUCHI育英奨学会助成金、および経済産業省エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費を受けて(一社)日本フルードパワー工業会ADS国際標準化推進事業の一環として実施した。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Marr, I. M. : The Development of Hydraulic Systems to Operate with Raw Water, Proc. 39th National Conference on Fluid Power, p. 258-265 (1983)
- 2) 田中裕久, 石原智男: 直動形電気油圧制御弁に関する研究(第2報, サーボ弁), 日本機械学会論文集, Vol. 43, No. 375, p. 4195-4204 (1977)
- 3) 浦田暎三, 荏原総合研究所, 荏原製作所, 特許第3468471号 (2003)
- 4) 大島茂, Timo L., Matti, L., Kari, T. K., Matti V. : 水圧ポペット弁内のキャビテーションに関する実験的研究, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 33, No. 2, p. 29-35 (2002)
- 5) H. Okabe, Y. Tanaka, F. Yoshida, S. Iio : Cavitation phenomenon in a spool valve model for Aqua Drive System, Proc. The 10th JFPS International Symposium on Fluid Power, 2D51 (2017)
- 6) H. Okabe, Y. Tanaka, A. Watanabe, F. Yoshida, S. Iio, Y. Haneda: Cavitation in a Spool Valve for Water Hydraulics, Proc. 29th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 229 (2018)

(原稿受付: 2019年4月8日)

解説

水圧用リリーフ弁・圧力制御弁・静圧軸受

著者紹介



すずき けんじ
鈴木 健児

神奈川大学工学部
〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1
E-mail: suzuki@kanagawa-u.ac.jp

1995年神奈川大学大学院工学研究科博士前期課程修了。光洋精工株式会社、神奈川大学助手を経て、2013年同大学工学部助教、現在に至る。水圧駆動システム及びその構成要素の研究に従事。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

流体駆動用の制御弁を機能別に分類すると、圧力制御弁、流量制御弁および方向制御弁に大別される。水圧用の弁の基本構造は、ほとんどの場合油圧用の弁と同じである。それらは防錆のために油圧用の弁とは異なる材料を用い、水の乏しい潤滑特性に対応するため、耐摩耗性を向上させている。しかし、水の高い蒸気圧にともなうキャビテーションの発生および低粘性に起因する弁の振動に対しては、特別な配慮が必要となる。

本稿では、主に著者らが開発してきた水圧用の圧力制御弁の一種であるリリーフ弁¹⁾および減圧弁²⁾について紹介する。また、水圧用制御弁内のしゅう動部を支持するための静圧軸受について、すき間内の圧力分布の計算方法についても述べる。

2. 水圧リリーフ弁

リリーフ弁は、圧力制御弁として最も基本的なものである。リリーフ流量の多寡に関わらず、圧力を一定に保つ機能が要求される。リリーフ流量の増加にともなう圧力の上昇を圧力オーバーライドといい、この値が小さいほど静特性が良い。

リリーフ弁の構造上、直動型とバランスドピストン型に分類される。直動型は弁が流体から受ける力とばねによる力を平衡させるため、高压用のものは操作力が大きくなるが、応答性が良いという特長がある。バランスドピストン型は、小型のパイロット

弁で調整されたパイロット圧力によって、主弁の運動を制御する。操作力が小さく、圧力オーバーライド特性に優れるが、直動型よりも構造が複雑となる。

開発したバランスドピストン型リリーフ弁の断面図を、図1に示す。主弁の材料には、キャビテーション壊食耐性の高いアルミニウム青銅を使用した³⁾。構造上の主な特徴は、以下のとおりである。

- ・キャビテーションの防止のため、主弁に二段の直列絞りを採用した。
- ・弁の固着の防止のため、主弁しゅう動部を静圧軸受で支持した。
- ・圧力オーバーライドの低減のため、圧力直接検知式パイロット弁を採用した。
- ・減衰特性の改善のため、主弁に粘性ダンパを装着した。

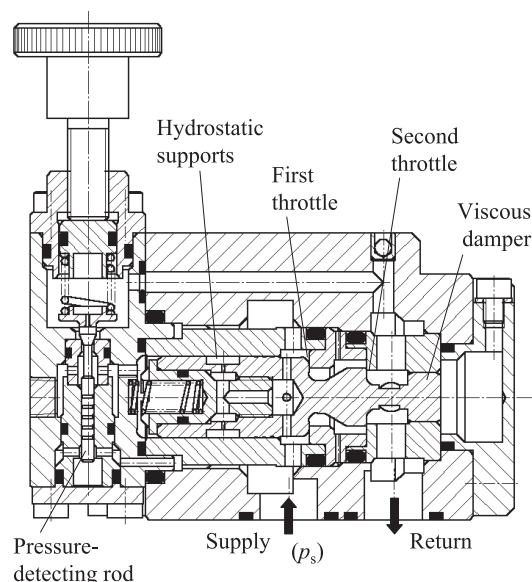


図1 開発した水圧リリーフ弁の断面図

- (1) 主弁の二段絞り：リリーフ弁の主弁絞りでは圧力差が大きく、キャビテーションが発生しやすい。その抑制のため、流路を複雑にして圧力を徐々に降下させることは効果的⁴⁾であるが、弁寸法が大きくなる。ほかの方法は、圧力を複数段階で降下させることである^{5,6)}。よく用いら

れている直列絞りは、二組の弁と弁座が円錐面上の円で線接触するというものである^{6,7)}。しかし、二つの弁の角部が同時に接触することはほとんど不可能であるため、開発した弁では両方の絞りを面接触とした。

- (2) 主弁の静圧支持機構：水の悪い潤滑特性による弁の固着を防ぐため、主弁のしゅう動部に静圧軸受を組み込んだ。また、静圧軸受を通過する流れをパイロット圧力室へと導き、その流れをパイロット流量として使用した。すなわち、主弁しゅう動部のすき間を絞りとして利用した。この構造は、水圧のサーボ弁⁸⁾や高速電磁弁⁹⁾のような、他の水圧用の弁でも採用されている。
- (3) 圧力直接検知式パイロット弁：パイロット弁では、円錐状のポペット弁先端を延長し、ポペット弁座直径とほぼ等しい直径の圧力検知ロッドを追加した。その先端に供給圧力を作用させることにより、パイロット弁は供給圧力を直接検知することができる。この方式は、いくつかの研究例がある^{10,11)}。
- (4) 主弁の粘性ダンパ：圧力直接検知式パイロット弁は、圧力脈動に対して激しく共振することが多いため、主弁に粘性ダンパを追加した。

図2は、設定圧力を1MPaごとに変えて14MPaまで測定した実験結果を示す。圧力オーバーライドは、設定圧力の約1%であり、良好な性能が得られた。また、ヒステリシスは設定圧力の約0.1%であった。これにより、静圧支持機構によって主弁が滑らかに運動していることがわかる。また、実験した範囲内では、キャビテーション騒音を発生しなかった。

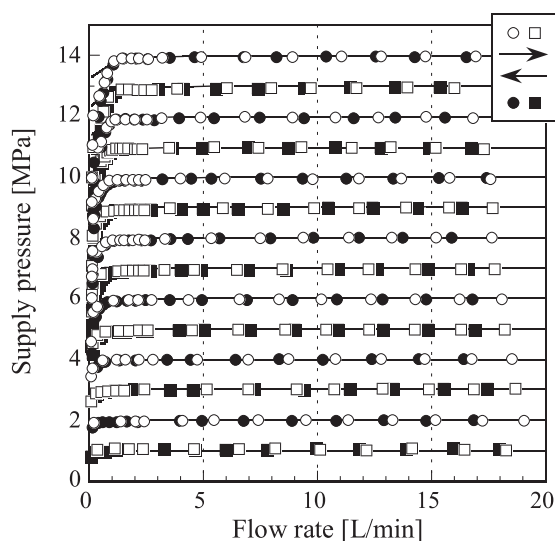


図2 水圧リリーフ弁の静特性実験結果

3. 水圧用減圧弁

減圧弁は、主回路圧力を、それよりも低圧な副回路系へ減圧する。弁を通過する負荷流量の変動だけでなく、弁の入口側圧力（一次圧力）の変動に対しても、弁の出口側圧力（二次圧力）を一定に保つ機能が求められる。

従来の減圧弁の代表的な構造を、図3に示す。(a)は直動型、(b)はパイロット型である。直動型は通常、低圧システム用で、構造が単純で応答も速いが、高圧用途には強力なばねが必要である。また、弁の振動抑制のためにはダンピング用絞りなどのパラメータを適切に設計する必要がある^{12,13)}。パイロット型では、ポペット形式のパイロット弁がパイロット圧力(p_p)を制御する。二次回路の流体が固定絞りを通ってパイロット圧力室に流れるため、パイロット圧力は二次圧力よりもやや低い。

水圧用減圧弁は、運転圧力水準が1MPa未満の水道水供給系の圧力制御用としてよく使用されている。しかしながら、高圧用途を目的とした減圧弁は市販されていない。ここでは、14MPaの圧力水準で運転できる水圧用パイロット型減圧弁の研究例を示す。

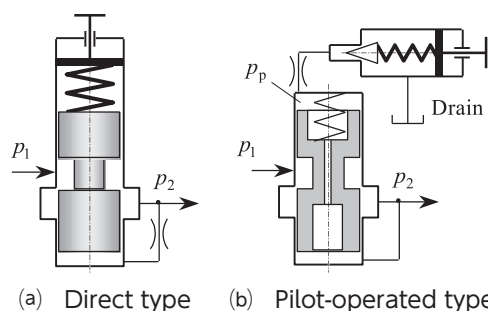


図3 代表的な減圧弁の構造

開発した弁の断面図を、図4に示す。水圧用リリーフ弁と同様に、主弁の材料は、キャビテーション壊食耐性の高いアルミニウム青銅とした。構造上の主な特徴は、以下のとおりである。

- (1) キャビテーションの防止のため、主弁に二段の直列絞りを採用した。
- (2) 静特性向上のため、パイロット弁が二次圧力を直接検知するようにした。
- (3) 弁の安定性を改善するため、主弁に粘性ダンパを装着した。
- (4) 一次圧力の変化がパイロット圧力室に伝わらないよう、主弁しゅう動部すき間に二次圧力を導いた。

(1)～(3)の特徴は、前節の水圧用リリーフ弁と同様である。ここでは、(4)について説明する。図3(b)に

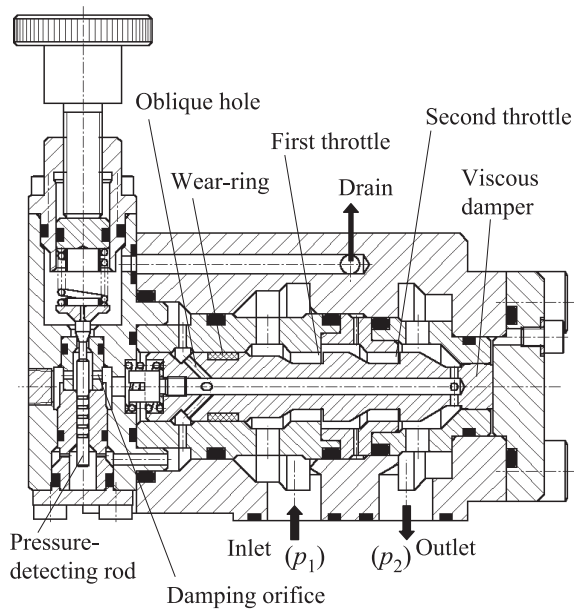
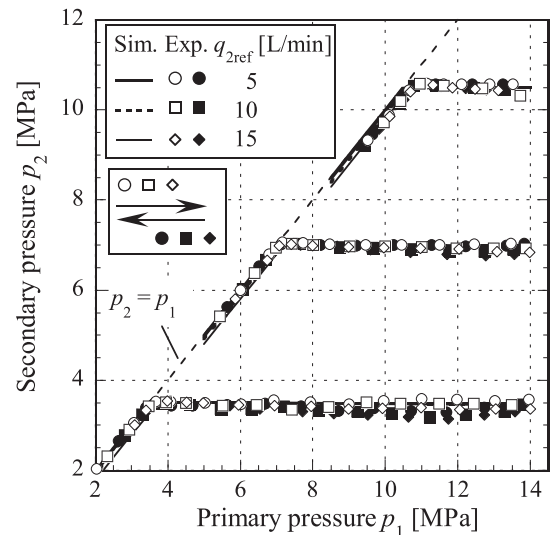
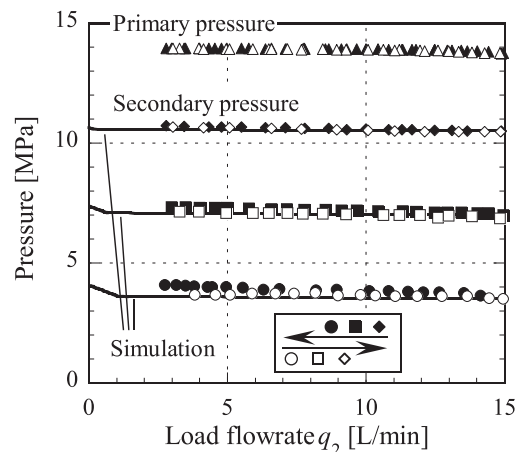


図4 開発した水圧用減圧弁の断面図

示した従来形の減圧弁の構造では、主弁周りの円環状すき間が、一次圧力ポートからパイロット圧力室への漏れ流路となる。水の低粘度による漏れ流れは、一次圧力 p_1 の変動をパイロット圧力 p_p に伝え、結果として二次圧力 p_2 に影響を及ぼす。この影響を排除するため、開発した弁では、主弁内部および斜めに開けられた圧力案内孔を通じて、円環状すき間の途中に二次圧力 p_2 を導いている。この構造により、パイロット流量は p_p と p_2 の圧力差のみに依存し、 p_1 の影響をなくすることができる。パイロット圧力室と、斜めの穴が開けられている溝部分との間の円環状すき間は、 p_p と p_2 の圧力差を生じさせるために必要な流体絞りとして利用した。

図5は、一次圧力と二次圧力の静特性実験結果を示す。負荷流量は5, 10, 15 L/minとしている。二次圧力の変化量に対し、一次圧力の影響は小さい。これは、一次圧力の変化がパイロット圧力室に伝わらない構造の有効性を示している。

図6は、負荷流量と二次圧力の関係を示す。図中には、同時に測定した一次圧力もプロットしてある。一次圧力と二次圧力の差圧が小さいとき、二次圧力はほぼ一定値を保つ。差圧が大きくなると、負荷流量の変化に伴う二次圧力の変化が増加する。これは、主弁を閉じようとする流体力が増加することによる。ヒステリシスの大きさは二次圧力の設定値に対して2~3%であった。多くの実用例において、この水準のヒステリシスは許容範囲内であろう。

図5 水圧用減圧弁の静特性実験結果
(一次圧力に対する二次圧力)図6 水圧用減圧弁の静特性実験結果
(負荷流量に対する二次圧力)

4. 静圧軸受

水は潤滑性に乏しいため、水圧用機器のしゅう動部では、摩擦および摩耗の問題が大きくなる。これに対して、以下の対策が考えられる。

- (1) しゅう動する部品の材料や表面処理を工夫し、部品の接触面における摩擦および摩耗を小さくすること。
- (2) 機構を工夫し、部品どうしが接触しないようにすること。

(1)に関して、ステンレス鋼とPEEKなどの高分子材料の組み合わせや、表面へのDLCやセラミックスなどのコーティングにより、優れたしゅう動特性となることが報告されている。

(2)に関して、代表的な機構が静圧軸受である。水圧用の機器では、アキシャルピストンポンプ・モータの斜板上をしゅう動するシューへの適用が代表的

である。その他、水圧用サーボ弁⁸⁾のスプールしゅう動部への適用例がある。これらの弁では、静圧軸受を部品の支持に使用するだけでなく、軸受しゅう動部のすき間を絞りとして利用している。

静圧軸受を適切に設計すれば、負荷荷重を支持しつつ、良好なしゅう動特性が得られる。しかし、所望の支持特性を得るために決定すべき寸法は数多いため、設計手順を簡単に示すことは困難である。詳細については書籍¹⁴⁾や文献^{15, 16)}を参照願いたい。ここでは、スプールのような円形部品を支持するジャーナル静圧軸受について、すき間内の圧力分布の計算手順について述べる。

すき間両端の圧力が既知の場合、二次元レイノルズ方程式の数値解に重ね合わせの原理を導入することで圧力分布を計算し、支持力を求めることができる¹⁷⁾。この方法では、一つのリセス圧力を1、他のリセス圧力を0として得られる圧力分布の線形結合によってリセス間の流体抵抗を求める。リセス間の流体抵抗と軸受絞りの式を連立させて解くことによって、各リセスの圧力を求めることができ、同時に圧力分布および漏れ流量も計算できる。

図7に示す水圧用サーボ弁の静圧軸受は、スプールしゅう動部を支持するだけでなく、供給圧力からノズル背圧に減圧するための絞りとしても使用されている。この場合、静圧軸受すき間の片側の圧力は既知でなく、その下流にノズル絞りの条件式が与えられている。この場合のすき間内圧力分布の計算にも、重ね合わせの原理が適用できる。すなわち、すき間両端の圧力も未知数として扱い、片側のすき間端圧力を1、反対側すき間端およびリセス圧力を0として圧力分布を計算する。リセス間およびすき間両端との流体抵抗、軸受絞りの式、すき間下流の絞りの式を連立させて解くことによって、各リセスの圧力およびすき間両端の圧力を求めることができる。

5. おわりに

本稿では、開発を行ってきた水圧用圧力制御弁の例として、水圧リリーフ弁及び水圧用減圧弁について紹介した。また、スプール弁のようなしゅう動部を支持する静圧軸受について、すき間内の圧力分布

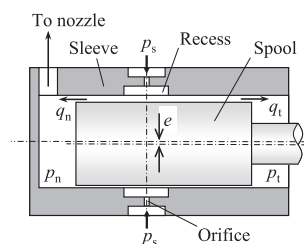


図7 水圧サーボ弁のスプールを支持する静圧軸受

の計算方法についても紹介した。

参考文献

- 1) K. Suzuki, E. Urata : Development of a direct pressure-sensing water hydraulic relief valve, Intl. J. of Fluid Power, 9-2, 5/13 (2008)
- 2) K. Suzuki, E. Urata : Development of a direct pressure-sensing pressure-reducing valve for water hydraulics, Proc. Instn Mech Engrs, Part I: J. Systems and Control Engineering, 222-18, 787/797 (2008)
- 3) K. Suzuki, E. Urata : Cavitation erosion of materials for water hydraulics, Proc. Bath workshop on Power Transmission and Motion Control, Bath, UK, 127/139 (2002)
- 4) P. L. Skousen : Valve handbook, McGraw-Hill (1997).
- 5) J. Berger : Kavitationserosion und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung in Hydraulikanlagen für HFA-Flüssigkeiten, Dissertation, RWTH Aachen (1983)
- 6) Y. S. Liu, Y. Huang, Z. Y. Li : Experimental investigation of flow and cavitation characteristics of a two-step throttle in water hydraulic valves, Proc. Instn. Mech. Engrs, Part A: J. Power and Energy, 216, 105/111 (2002)
- 7) S. Nie, G. Huang, Y. Li, Y. Yang, Y. Zhu : Research on low cavitation in water hydraulic two-stage throttle poppet valve, Proc. Instn. Mech. Engrs, Part E: J. Process Mechanical Engineering, 220, 167/179 (2006)
- 8) E. Urata, S. Miyakawa, C. Yamashina, Y. Nakao, Y. Usami, M. Shinoda : Development of a water hydraulic servovalve, Jpn. Soc. Mech. Engrs, Intl. J., Ser. B, 41-2, 286/294 (1998)
- 9) S.-H. Park, A. Kitagawa, M. Kawashima : Water hydraulic high-speed solenoid valve, Part 1 : development and static behaviour, Proc. Instn. Mech. Engrs, Part I : J. Systems and Control Engineering, 218, 399/409 (2004)
- 10) B. R. Andersson : On the Valvistor, a proportional controlled seat valve, Dissertation, Linköping University, (1984)
- 11) D. Yao, R. Burton, P. Nikiforuk, P. Ukrainetz, Q. Zhou : Research and development of a direct pressure sensing relief valve, Proc. Fourth Intl. Conf. on Fluid Power Transmission and Control, Hangzhou, China, 150/155 (1997)
- 12) C. Y. Ma : The analysis and design of hydraulic pressure-reducing valves, Trans. ASME, J. Eng. Ind., 89-2, Paper No. 66-WA/MD-4, 301/308 (1967)
- 13) N. D. Manring, R. E. Johnson : Optimal orifice geometry for a hydraulic pressure-reducing valve, Trans. ASME, J. Dyn. Syst. Meas. Control, 119-3, 467/473 (1997)
- 14) 青山藤詞郎 : 静圧軸受—設計と応用—, 工業調査会 (1990)
- 15) 風間俊治 : 静圧軸受の最適設計, フルードパワーシステム, 33巻4号, 210/215 (2002)
- 16) 風間俊治 : 静圧軸受の仕組みとその解析方法, 油空圧技術, 46巻6号, 22/27 (2007)
- 17) J. P. O'Donoghue, C. J. Hooke, W. B. Rowe : A solution using the superposition technique for externally pressurized multi-recess journal bearings including hydrodynamic effects, Proc. Instn. Mech. Engrs, 185- 5 /71, 57/61 (1970)

(原稿受付：2019年4月9日)

会議報告

ICMT2018におけるフルードパワー技術研究

著者紹介



よし だ かず ひろ
吉田 和 弘

東京工業大学科学技術創成研究院未来産業技術研究所
〒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，同大学助手，助教授（准教授）を経て2015年4月教授。2008年10月～2009年3月米国UCSB客員研究員，2015年7月～9月米国MIT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

ICMT (International Conference on Mechatronics Technology) は，アジアを中心に毎年秋に開催されているメカトロニクスに関する国際会議である。第22回となる2018年は10月26～29日に，韓国の済州島南部のSeogwipo KAL Hotelにおいて開催された。今回は，韓国のUniversity of Ulsan (UOU) 主催，Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM) 共催で，国際運営委員会が組織され，韓国，日本，中国，台湾，ベトナム，およびイタリアからの78件の発表が登録された。基調講演4件，チュートリアル1件，招待講演を含む一般セッションとして，先進メカトロニクス1～7，スマートアクチュエータ1～2，サステナブル自動車1～2，建設機械1～2，再生可能エネルギー1～2，精密計測1～2，MEMS/NEMS，生産システム，複合高分子材料というプログラムであった。フルードパワー技術関連の研究発表は，液圧関連12件，気体圧関連2件，機能性流体関連3件，合計17件であった。以下では，各発表の概要を紹介する。

2. 研究発表の概要

2.1 液圧関連の研究発表

油圧および水圧関連の研究発表では，油圧制御弁3件，油圧アクチュエータ2件，油圧システムおよび応用6件，水圧ポンプ1件，合計12件の発表があった。

Yinらは，電気油圧逆転弁のマルチフィジックス数学モデルを構築し，異なる温度における動特性をシミュレーション解析により求め，スプールの動作が粘性摩擦の影響を大きく受け，高温で応答性が向上することなどを示している¹⁾。

Khanらは，機械式フィードバック機能を有する3段式駆動機構を用いた比例流量制御弁のため，流体力学解析に基づく数学モデルを構築し，応答性に関するシミュレーションを行い，試作機との比較によりその妥当性を検証している²⁾。

Yinらは，デフレクタ噴流サーボ弁の効率および負荷容量を改善するため，じょうご形溝を有するデフレクタを提案，初段の圧力および流量特性の有限要素法解析を行い，溝の角度が大きく影響することなどを示し，構造最適化を行っている³⁾。

Doらは，電気油圧ロータリアクチュエータの位置制御のため，PID制御器のゲインを線形パラメータ変動法に基づきオンラインで調節する手法を提案し，AMESimとMatlabを組み合わせたシミュレーションによりその妥当性を確認している⁴⁾。

Yinらは，応力集中が生じる穴部を有する新しい油圧アクチュエータのため，有限要素法を用い静圧に対する強度から周期的衝撃荷重に対する疲労寿命を求めるとともに，それを大きく改善する穴部の最適構造を求めている⁵⁾。

Liらは，民間航空機の油圧システムとその制御システムのため，必要条件解析，機能解析，モデル構築，検証からなるモデル規範システム工学 (MBSE) に基づくライフサイクル全体のモデル化を行い，シミュレーションにより妥当性を検証している⁶⁾。

Leらは，地震などの災害現場でより複雑な作業を行うダブルアーム形ショベルのため，アームの油圧回路を提案してそのバルブシステムの仕様を示し，多くのアクチュエータを制御する最適なバルブを選択するためのシミュレーションを行っている⁷⁾。

Choiらは，船舶の狭い機関室で小形装置の移動などを行う小形油圧クレーンのため，油圧回路と油圧クレーンのシミュレーションモデルを構築し，小形クレーンのテレスコープ形油圧シリンダの動作特

性をシミュレーションにより明らかにしている⁸⁾。

Jeongらは、移動式クレーンの省エネルギー化のため、荷物を降ろすときの位置エネルギーをアキュムレータに蓄積し、アクチュエータの駆動に直接用いる油圧システムのテストベンチを設計、試作し、その有効性を実験的に明らかにしている⁹⁾。

Yunらは、油圧ショベルのエネルギー損失を低減するため、流入と流出を独立に制御する絞弁システムのための電気油圧減圧弁を提案し、概念設計を行い、試作したソレノイドアクチュエータの特性を実験的に明らかにしている¹⁰⁾。

Seoらは、大災害に対応するレスキューロボットのため、油圧ロードセンシングシステムにより負荷によらず直進性を有する4クローラ駆動システムを提案し、各構成要素のモデルを用いたシミュレーションによりその特性を明らかにしている¹¹⁾。

Liuらは、水圧用アキシアルピストンポンプにおいて作動流体として水と鉱油を用いたときの特性を異なる負荷圧力条件下で実験的に検討し、流量はほとんど変わらないが、圧力脈動、効率、騒音・振動の点で大きく異なることを明らかにしている¹²⁾。

2.2 気体圧関連の研究発表

気体圧関連では、水素用安全弁1件、空気圧アクチュエータ1件の2件の発表があった。

Leeらは、非常に高い圧力の自動車用水素ステーションにおける安全弁の設計のため、ポペットの位置に対する流量特性、流体力などを有限要素法解析により求め、弁開度の増加により流体力が増し、流量は一定値に収束することなどを示している¹³⁾。

Batsurenらは、長さ方向に平行に3個の空気圧室を持つ可動範囲が大きい指を3本搭載したソフトロボットグリッパおよび信頼性の高い制御手法を提案し、有限要素法解析および試作機による実験を行い、その特性を明らかにしている¹⁴⁾。

2.3 機能性流体関連の研究発表

機能性流体関連では、ERF関連1件、ECF関連2件、合計3件の発表があった。

Sudhawiyangkulらは、UV硬化性の導電性高分子PEDOT:PSSとSU-8を電極と構造材に用い、電圧によりERF（電気粘性流体）の粘度を変えその流れを制御するフレキシブルERマイクロバルブを提案し、高い柔軟性、静特性などを示している¹⁵⁾。

Nakamuraらは、針ーリング形電極対に電圧を加えたとき生じるECF（電界共役流体）の流れにより吸盤内のゴム膜を移動させ負圧を発生させる、タコの吸盤のようなマイクロ吸着アクチュエータを提案、試作し、その特性を実験的に明らかにしている¹⁶⁾。

Maoらは、バイオ分野などで液滴操作を行うマイ

クロ流体デバイスのため、不均一電界印加により流れが発生するECFを用いたマイクロポンプを搭載し、カンチレバー形チェック弁を操作する液滴操作デバイスを提案、試作している¹⁷⁾。

3. あとがき

本稿では、韓国で開催されたメカトロニクス技術に関する国際会議ICMT2018におけるフルードパワー技術関連の研究発表について概観した。ICMT2019は2019年10月にイタリアで開催される予定である。多くのフルードパワー技術関連の研究発表があることを期待している。

参考文献

- 1) Yaobao Yin, Chengpeng He, Shuaihu Xie, and Jiayang Yuan : Influence of Temperature on Dynamic Performance of Electro-Hydraulic Reversing Valve, Proc. of ICMT2018 (USB), ID20, (2018)
- 2) Haroon Ahmad Khan and So-Nam Yun : Modeling and Simulation of a 3-Stage Proportional Flow Control Valve, ibid, ID08, (2018)
- 3) Yaobao Yin, Shuanglu Li, and Yu Wang : Structure Optimization of First Stage in a Deflector Jet Servo Valve, ibid, ID17, (2018)
- 4) Tri Cuong Do, Duc Thien Tran, and Kyoung Kwan Ahn : A Gain Scheduling PID Controller for an Electrohydraulic Rotary Actuator, ibid, ID53, (2018)
- 5) Yaobao Yin, Zhiheng Zhang, and Jiayang Yuan : Fatigue Prediction and Structure Optimization of the Hydraulic Actuator, ibid, ID16, 82018)
- 6) Jing Li, Donghua Xin, and Shuangwei Wu : Modeling and Simulation of Civil Aircraft Hydraulic System and Its Control Logic Based on MBSE, ibid, ID10, (2018)
- 7) Quang Hoan Le, Sung Woong Choi, Young Jae Kim, Sung Won Choi, Dakarimov Sayat, and Soon Yong Yang : Design and Simulation of Hydraulic System for Dual Arm Excavator in Disaster Environment, ibid, ID52, (2018)
- 8) Seong Woong Choi, Dong Wook Joo, Chan Se Jeong, Sang Hoon Lee, and Soon Yong Yang : A Study on Hydraulic System Simulation of Small Hydraulic Crane for Marine Engine Room, ibid, ID39, (2018)
- 9) Hwang Hun Jeong, Jong Il Young, Ji Hwan Lee, and Dong Jin Seo : A Design of Potential Energy Saving System with Accumulator on Mobile Crane, ibid, ID80, (2018)
- 10) So-Nam Yun, Young-Bog Ham, Jung-Ho Park, and Yoshito Tanaka : Response Characteristics of Proportional Valve for Pressure Reducing Control, ibid, ID24, (2018)
- 11) Bomoon Seo, Yanghun Im, Eunjin Jeong, and Kyoung Kwan Ahn : Analysis of 4WD Crawler System Using Hydraulic Load Sensing System, ibid, ID74, (2018)
- 12) Yinshui Liu, Hao Pang, Yipan Deng, and Defa Wu : Experimental Study on the Influence of Working Media on the Performance of Axis Piston Pump, ibid, ID87, (2018)
- 13) Kyongjun Lee and Sang-Won Ji : Flow Characteristics

of Safety Valve According to Opening Displacement of Valve, ibid, ID81, (2018)

- 14) Khulan Batsuren and Dongwon Yun : Soft Robotic Gripper with Triple Chambers, ibid, ID70, (2018)
- 15) Thapanun Sudhawiyangkul, Kazuhiro Yoshida, Sang In Eom, and Joon-wan Kim : Development of a UV-curable PEDOT : PSS Based Flexible Electro-Rheological Microvalve (FERV), ibid, ID07, (2018)
- 16) Eishun Nakamura, Yutaka Tanaka, Taku Kinjo,

Kazuya Edamura, and Shinichi Yokota : Bionic Microsuction Cup Actuator Using Functional Fluid Power, ibid, ID11, (2018)

- 17) Zebing Mao, Kazuhiro Yoshida, and Joon-wan Kim : Proposal on Manipulating Droplets by a Cantilever Check Valve Operated by an ECF Micropump, ibid, ID58, (2018)

(原稿受付：2019年2月28日)

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 2019年春季フルードパワーシステム講演会 開催日：2019年5月30日(木)・31日(金)

2019年春季フルードパワーシステム講演会は2019年5月30日(木)・31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、特別講演やオーガナイズドセッション、製品・技術紹介セッション、技術懇談会などを企画しております。詳細は学会ホームページに随時掲載いたしますので、ご確認くださいませようをお願いいたします。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

ン、技術懇談会などを企画しております。詳細は学会ホームページに随時掲載いたしますので、ご確認くださいませようをお願いいたします。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

2019年春季フルードパワーシステム講演会 併設セミナー 「ロボットに役立つフルードパワーの要素技術」 開催日：2019年5月30日(木)

2019年春季フルードパワーシステム講演会併設セミナーを、2019年5月30日(木)に機械振興会館(東京都港区)で開催いたします。

医療・介護など身近な生活環境や、保守点検・災害現場など過酷な動作環境で人間の代わりに作業を行うロボットのニーズが高まりつつあります。本併設セミナーでは、それらのロボットに有効な、あるいはこれから役に立つと期待されるフルードパワーの各要素技術に対して、新しいアイデアで挑まれている研究者に、そのユニークな解決方法をご紹介いただき、フルードパワーの新たな可能性を模索する機会を設けます。

詳細は学会ホームページに随時掲載いたします。

なお、日本フルードパワーシステム学会誌50巻2号(2019年3月号)が当日の講演資料となりますので、各自ご持参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。

2019年春季フルードパワーシステム講演会 併設企画 「製品・技術紹介セッション」 開催日：2019年5月31日(金)

春季フルードパワーシステム講演会の中で、企業関係の方々に製品・技術の紹介をしていただくオーガナイズドセッション「製品・技術紹介セッション」を企画しました。本企画は、製品にかかわる技術や検討課題などを学会主要行事の1つである講演会で発表していただき、会員間で問題意識を共有し、会員相互の研究・技術の促進を図ろうとするものです。また、本セッションの講演は「最優秀講演賞」社会人部門の審査対象となります。企業関係の会員皆様の積極的なご参加を心よりお待ちしております。

意識を共有し、会員相互の研究・技術の促進を図ろうとするものです。また、本セッションの講演は「最優秀講演賞」社会人部門の審査対象となります。企業関係の会員皆様の積極的なご参加を心よりお待ちしております。

会議報告

計測自動制御学会・流体計測制御
シンポジウムにおける研究動向

著者紹介



かわ かみ ゆき お
川 上 幸 男

芝浦工業大学システム理工学部
〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307
E-mail: kawakami@shibaura-it.ac.jp

1991年早稲田大学大学院工学研究科博士課程単位取得満期退学。1992年芝浦工業大学助手、講師、助教授を経て、2004年同大学システム工学部教授、現在に至る。空気圧システム制御の研究に従事。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）。

1. はじめに

計測自動制御学会産業応用部門主催2018年度産業応用部門大会が2018年11月22日（木）に産業技術総合研究所臨海副都心センター別館にて開催された。今回の産業応用部門大会は流体計測制御シンポジウム、計測・制御ネットワークシンポジウムに加え、制御部門合同企画OSにより構成された。この中で、流体計測制御シンポジウムは産業応用部門流体計測制御部会により企画され、フルードパワーに関連する分野の研究を扱った講演が行われた。

実際には今回8件の発表があり、活発な討論が行われた。分野としては、油圧振動試験機の波形制御に関する講演：2件、医療・福祉機器への応用に関する講演：3件、空気圧シリンダの制御に関する講演：2件、流量計測・推定に関する講演：1件であった。以下にこれらの研究内容について抄録する。

2. 「流体計測制御シンポジウム」における研究内容の紹介

参考文献1)の研究では、図1に示すようなショックアブソーバ評価油圧試験機において、定められた試験波形を再現するため動作を複数回繰り返し、偏差を試行ごとに減らしていく繰り返し制御において、油圧・空気圧系で顕著となる遅れを考慮するために、無駄時間系の仮定の下に相関計算によってプラントの無駄時間を推定し、その推定した無駄時間を用い、繰り返し制御の性能向上を図る方法お

よび試験対象や環境によって動特性が変わるプラントに対する自動化の検討を行った結果について報告した。

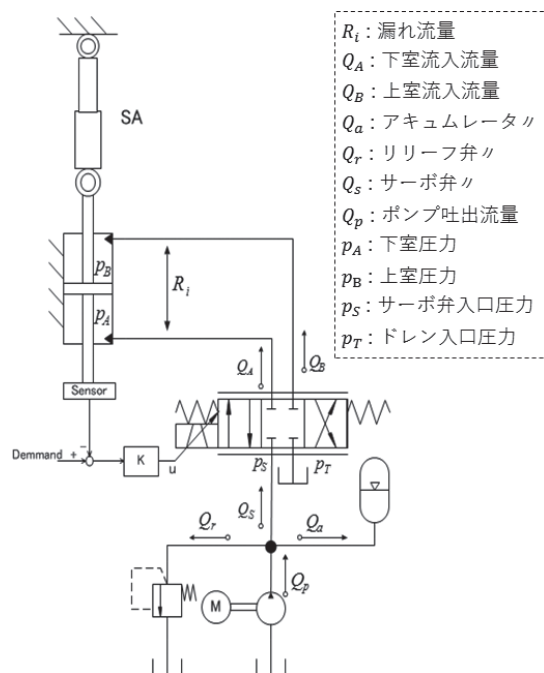


図1 ショックアブソーバ評価油圧試験機¹⁾

参考文献2)の研究では、ショックアブソーバの速度-反力特性に現れるヒステリシス特性（図2）をニューラルネットワークによって高精度に学習し、学習したヒステリシス特性を用いたショックアブソーバ振動試験機の波形制御に関して検討した結果

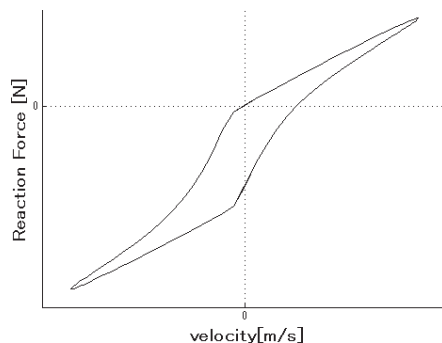


図2 ショックアブソーバの速度反力間の非線形特性²⁾

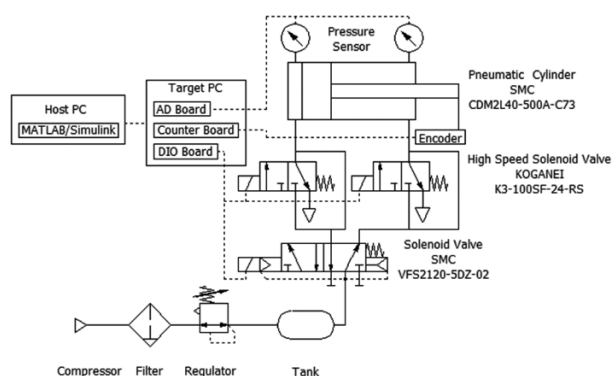


図6 PWM駆動を用いた高速電磁弁によるメータアウト回路⁷⁾

特性が線形であり、PWM駆動を用いた空気圧シリンダの速度制御が可能となる。メータアウト回路はシリンダ駆動時に飛び出しが発生するが、これをソフトウェア的に改善した結果についても示した。

参考文献8)の研究では、空気圧管路内の定常流れについてはヤコビアン⁸⁾の計算が不要な Unscented カルマンフィルタ (UKF) を適用し、数値実験により推定精度の向上を確認した。さらに、実験による検討を行い、実際の空気流れに含まれるノイズに対して有効性を示すために、UKFを用いた状態推定について、実験値との比較検討した結果について報告した。

3. おわりに

8件の講演ともそれぞれ充実した内容であり、今後の研究展開が期待される。産業応用部門大会・流体計測制御シンポジウムでは、フルードパワー関連する分野の研究を広く扱っており、毎年秋に開催し

ている。2019年については10月31日に東京工業大学大岡山キャンパスにて開催予定である。

参考文献

- 1) 増田恵太, 眞田一志, 中村悠太, 無駄時間補正を加えた試験波形の繰り返し制御, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 24-25 (2018)
- 2) 増田恵太, 眞田一志, 中村悠太, ヒステリシス特性のAdamアルゴリズムによる学習, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 26-28 (2018)
- 3) 三ヶ田拓人, 梶創輝, 岩井拓也, 菅野貴皓, 川瀬利弘, 宮崎哲郎, 川嶋健嗣, 内視鏡画像を用いたCNNによるロボット鉗子の姿勢推定, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 29-31 (2018)
- 4) 横田航也, 藤田壽憲, 宮崎良兼, 菅野貴皓, 川嶋健嗣, 非接触回転伝達機構による着脱が可能な鉗子マニピュレータの制御性, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 32-34 (2018)
- 5) 宮崎哲郎, 森崎大介, 田上俊宏, 菅野貴皓, 川瀬利弘, 川嶋健嗣, 空気圧駆動歩行アシストスーツの圧力軌道ベース制御, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 35-38 (2018)
- 6) 横山雄大, 村山栄治, 川上幸男, 空気圧ロッドレスシリンダ位置決め制御におけるE-FRITによるPIDゲイン調整法—ディザ併用による弛緩振動の抑制—, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 39-42 (2018)
- 7) 河野大, 村山栄治, 川上幸男, 堀川昭芳, 塩田浩司, PWM駆動を用いた高速電磁弁によるシリンダ速度制御回路の新提案—バイパス型メータアウト回路の検討—, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 43-46 (2018)
- 8) 川田龍, 中尾光博, Unscentedカルマンフィルタによる気体管路内流の定常流量の推定, 2018年度SICE産業応用部門大会講演論文集, p. 47-49 (2018)

(原稿受付: 2019年2月25日)

トピックス

学生さんへ、先輩が語る —油圧機械メーカーで働き始めて—

著者紹介



さえ ぐさ なお と
三 枝 直 人

油研工業

〒252-1113 神奈川県綾瀬市上土棚中4-4-34

E-mail: na.saegusa@yuku.co.jp

2014年東京都市大学工学部機械工科学士課程修了。同年油研工業入社。現在に至る。主にバルブ製品の研究開発に従事。

1. はじめに

1.1 自己紹介

私は東京の緑豊かな多摩地域で生まれ育ち、大学卒業まで同じ土地で過ごした。子供の頃の夢は発明家になることで、漠然としていたが、機械やものづくりに対して興味があった。高校時代の恩師に薦められたこともあり、大学では機械工学を学ぶと決めた。大学時代には学業の他にも写真部に所属し、学外での撮影会や展示会などの活動に熱中した。卒業後は油圧機械メーカーである油研工業に入社し、現在は主にバルブ製品の研究開発に従事している。

1.2 企業紹介

私が勤務する企業は、油圧機器専門の総合メーカーで、提供する油圧機器は、幅広い産業の発展を支えている。油圧機器は直接目に触れる機会が少ないが、航空機、大型タンカー、遊戯用機械、製鉄設備、工作機械、プレス機械など多くの産業分野で活躍している。また、油圧機器だけでなく、長年培ってきた油圧のノウハウを活かし、機械加工時に生じる切屑を自動的に圧縮し固形化する自動切屑圧縮機や、ペットボトルを圧縮・減容・結束する自動ペットボトル減容機などの環境関連機器も社会に提供している。

現在は、特にグローバル化に注力しており、中国・アジア市場を中心に海外事業を展開している。油圧先進国であるヨーロッパやアメリカ市場にも進出しており、製品群のグローバル化に合わせて海外事業を拡大している。

2. 学生時代を振り返って

2.1 学生時代の研究内容

学生時代は、金属、セラミックス、複合材料、表面改質材料などの機械材料の特性評価および解明を行う研究室に所属し、そこでは球状黒鉛鑄鉄の疲労強度特性に関する研究を行った。

球状黒鉛鑄鉄は、鋼に匹敵する強じんさや鑄鉄特有の鑄造性、切削性などの優れた特徴を有し、鋼の代替材として機械構造部品に使用されている。しかし、このような機械構造部品は繰返し荷重を受けるため、設計を行う際には、疲労破壊に十分配慮する必要がある。このような背景がある中、私はオーステンパ球状黒鉛鑄鉄の疲労強度特性に関する研究を行った。オーステンパ球状黒鉛鑄鉄は、球状黒鉛鑄鉄にオーステンパ処理という熱処理を施すことで、強度、じん性をさらに向上させた鑄鉄材の一種である。

研究内容に少し詳しく触れると、疲労強度特性の評価方法はさまざまあるが、その中でも疲労き裂進展試験により、球状黒鉛鑄鉄の疲労き裂進展特性に着目した研究を行った。球状黒鉛鑄鉄の組織内には、その名の通り球状の形をした黒鉛が無数に分布している。母材である金属組織に対して、黒鉛が存在する箇所は非常に強度が低くなるため、組織内に生じたき裂は黒鉛を連結させるように進展していく。この時、黒鉛分布の状態により疲労き裂進展特性に差異が生じるのだが、その相関性について解明を行った。

在学中の研究成果としては、オーステンパ球状黒鉛鑄鉄は炭素添加量の増加に伴い、組織内に存在する黒鉛の粒数が増加し、疲労き裂進展特性は低下する傾向があることがわかった。卒業の際には、本研究内容を論文にまとめて発表を行った。

2.2 研究活動を通して学んだこと

実際の研究活動については、一度の評価試験が一週間以上の期間に及ぶこともあり、評価試験中は研究室に常駐して測定し続ける必要があったため、自宅に帰らずに研究室で寝泊まりすることが多かった。大変な思いをして評価試験を終えても、想定してい

た結果が得られずに苦慮することもあったが、教授や先輩学生の方々に助力をしていただき、何とか研究成果をあげることができた。この時培った、何事にも根気強く取り組む姿勢については、現在の業務や日常生活の中で活かされていると思う。

また、材料評価をする上では硬さ試験機や電子顕微鏡などの測定機器に触れることが多かったため、自然に機器の使い方や測定原理を学ぶことができた。現在の業務でも材料評価する機会があるため、評価方法の選定や測定結果の考察をする時に大いに役立っている。

2.3 学生時代の経験

大学では機械工学を学び、より一層機械やものづくりに対して関心を深めることができたのは当然であるが、その他にもさまざまな経験をすることができた。

大学入学当初、学業に専念したいという気持ちから部活動やサークル活動にあまり興味がなかったが、たまたま勧誘された写真部に入ることになった。初めは先輩学生とのつながりを持つことで講義の情報が得られる、就職活動する時の自己PRに使えるかもしれないなどといった打算的な考えで活動に参加していたが、結果としては今まで触りもしなかったカメラや写真に熱中することになり、今では立派な趣味の一つになっている。

研究室での話に戻すと、研究活動以外にも研究室単位で旅行に出かけたり、学内行事に参加したりと活動的な研究室であったため、非常に充実した時間を過ごすことができた。特に印象に残っている思い出は、教授や研究室の仲間と一緒にフルマラソン大会に参加したことだ（写真1）。普段運動をあまりしないので乗り気ではなかったが、無事に完走した時の達成感は今までに味わったことのないものだった。

学生時代の自由な時間は長いようで短く、非常に貴重なものだ。社会に出て働き始めると、どうしても学生の時ほど自由な時間が取れなくなってしまう。学業に励むことはもちろん大切であるが、学生時代に自分のやりたいことを見つけ、それに打ち込むことも同様に大切なことだと私は思う。学生の皆さんには人生に一度しかない、貴重な学生時代の時間を悔いのないように過ごしてほしい。

3. 社会人の仕事紹介

3.1 会社での仕事紹介

私は入社時から研究開発部に所属しており、主にバルブ製品の設計開発業務を行っている。研究開発部の仕事は新製品の開発のほかにも、特定ユーザー向けの製品開発なども行っている。



写真1 フルマラソン大会での様子

バルブ製品の種類はさまざまあるが、その中でも私は積層弁の設計開発業務を現在行っている。積層弁は、多種類の製品を複数積み重ねることで油圧回路を容易に構成でき、取付スペースの縮小に適したバルブだ。設計コンセプトは市場のグローバル化に合わせた既存製品の高性能化・高機能化である。

積層弁に限っても、圧力制御弁、流量調整弁などさまざまな機能を持ったものがある。入社年数が浅かった当初はその種類の多さに戸惑い、わからないことも多く大変だったが、日々業務をこなしていく中で幅広くバルブの知識を身につけることができた。

設計開発業務で一番苦勞することは、製品を評価する際にあがる設計的問題の解決だ。製品設計時にはいくつかの設計手法にのっとり、各特性の設計計算やソフトウェアを用いた解析を入念に行うが、それでも洗い出せていない問題が評価試験時に起きることがある。このような問題が起きた場合、評価試験で得られたデータや設計図面を見直して原因究明にあたるのだが、この工程には非常に労力がかかる。複数の要因が合わさり主要因の発見が遅れる場合や、原因判明後に対策部品を再製作する場合があるため、開発スケジュールとの兼ね合いに悩まされる。

しかし、このような苦勞を乗り越えて製品を完成させた時には、大いに達成感を味わうことができ、仕事のやりがいにもつながっている。

まだまだ技術者として未熟な部分もあり、自分の力だけでは問題を解決することが難しい時もあるが、これからさらに努力して一人でも十分にこなせるよ



写真2 評価試験中の様子

うになりたい。

3.2 業務遂行で大切にしていること

どのような業務においても、納期や開発スケジュールなどといった時間的制約があるため、スピード感を持って仕事することを心がけている。単に速く仕事をこなすだけでなく、計画性を持って効率的に仕事を進めていくことが肝心であると思う。

たとえば、製品の評価試験を終えたのち、必要な試験データが不足していることに気付いた場合には、再度試験の準備からやり直さなければならない。こういった無駄な後戻り工数を極力なくすため、試験を始める前には製品を評価する上でポイントとなる箇所を確認し、評価項目の整理を入念に行っている。

3.3 職場でのコミュニケーション

入社前、研究開発職というひとりで黙々と作業しているイメージが強かった。しかし、実際に働き始めてからは周囲の人とのコミュニケーションの大切さを痛感し、その認識を改めることになった。

まず、設計開発業務は複数人で構成されるグループで対応しており、同じ仕事を分担、連携して行う場合があるため、そのような時はグループ内での意思疎通が必要不可欠となる。基本的な話になってしまいが、上長への報告・連絡・相談も大切であり、意識付けて行っている。

ほかにも、業務を進めていく中で他部署や他社の方と電話やメールで連絡する場面が意外と多く、入社当初は戸惑うことがあったが、しだいに慣れていくことができたと思う。

勤務年数を重ね、後輩社員が増えていく中で、これからはさらに周りに目を配る必要が出てくると思うので、しっかりとコミュニケーションを取って円滑に業務を進めていきたい。

3.4 リフレッシュの仕方

現在所属している研究開発部には、同年代の社員が多く在籍しており、週末の仕事終わりには飲み会が行われることがあるので、よく参加している。業務の話をして情報共有をできることや、業務上関わりがあまりない方とも親密に話せるので、貴重な場であり、良い気分転換の場にもなっている。

私は昔からインドア派で、特に予定がなければ休日は自宅で過ごすことが多いのだが、入社してから



写真3 社員仲間で楽しんだ氷上釣りの様子

は社員仲間で釣りやバーベキューなどをするために遠方に出かける機会が増えた（写真3）。人生で初めての体験をすることや、非日常的な環境で過ごすことで、とても新鮮な気分を味わうことができている。これからも、このような社員同士のつながりを大切にしていきたいと思う。

4. ま と め

4.1 今後の抱負

入社してから数年がたち、職場環境や業務をこなすことにも大分慣れ始めた。しかしながら、油圧技術に対しては知識不足や経験不足な部分があるため、より一層勉強に励み、業務に臨みたいと思う。今すぐには難しいと思うが、スキルアップを段々と重ねていくことで一人前の技術者となり、社会で役に立つ製品を自分の手で生み出していきたい。

4.2 学生へのメッセージ

大学で学んだ知識や研究内容が直接業務に活かされる機会はあまり多くない。私は入社するまで油圧技術というものをまったく知らなかったため、勉強することが多くとても苦労した。そういった時は大学時代の経験を思い返すことで何とか乗り切ることができた。

学術以外にも、今までに自分が経験してきたことが、物事に対する考え方や取り組む姿勢に活かされることがある。学生の間にはできる範囲でいろいろなことに挑戦し、新たな発見や経験をして将来に役立ててほしい。

（原稿受付：2019年2月5日）

What do you think of Japan? (Youは日本をどう思う?)

第9回 日本が大好きになった



著者紹介

こう くん 侯 剛 (Gang Hou)

横浜ゴム(株) MB材料技術部
〒254-8601 神奈川県平塚市追分2-1
E-mail: gang.hou@yokohama.com

1997年に中国北京の大学卒業 2006年日本の大学院工学研究科修士課程修了。同年横浜ゴム(株)に入社、現在に至る。ゴム製品の開発に従事。

1. はじめに

自己紹介：

私は1997年に中国北京の大学を卒業し、2年間中国の国営企業で勤めてから、日本に留学にきた。

両親の仕事関係で私は中国の内モンゴルで生まれ北京で育った。趣味はスケートと水泳である。

来日の理由：

私は日本に留学する前に従兄弟が静岡で留学していたため、正月に家族全員が集まる時従兄弟から日本のお土産話をたくさん聞いたので、日本の最先端技術と日本的文化に惹かれた。24年間親元から離れたことがない自分がとにかく日本へ行って、違う世界を体験してみたい気持ちで日本にきた。当時ほぼ家族全員に日本への留学を反対されていたが、唯一母親は自分の人生だから自分で決めなさいと寛大な言葉をかけてくれたと同時にたくさんの支援を得た。

現在の所属機関とその研究/仕事内容：

現在、横浜ゴム(株)のMB材料技術部で工業用ゴム製品の開発に従事している。また、今年度社外での共同研究の一環で環境省プロジェクトに参加できた。再生エネルギーは温室効果ガスを排出しない継続可能なエネルギー源として期待が高く、海洋エネルギー発電(波力、潮流)開発が今回環境省プロジェクトのテーマであり、共同研究メンバーには政府機関・大学機関・企業計12社が参加される一大プロジェクトである。私の仕事は波力発電装置に取

り付けるゴム製ラダーの設計・開発がメインの業務となっている。

2. 日本の印象

2.1 来日直後の第一印象

来日直後の日本の第一印象は？：

日本の清潔さがとても驚いた。道路は水で洗い流したかのように清潔で、道路で走っている車は新車のように輝いている。最も驚いたのはトイレの綺麗さである。高速道路のサービスエリアであれ、観光名所であれ、街中の公衆トイレはどこも星付きホテルのトイレと同じように清潔だ。

2.2 職場に関して

日本人の考え方や働き方で驚いたこと：

中国の会社で2年間を務めていたため、日本企業に入ってから、最も驚いたのは転職する人が少ないことである。中国の民営企業では長くても5年を務めたら必ずといえるほど転職する。ほとんどの人は自分のスキル・能力をアップするため転職する。企業の採用にも転職された企業の数やどれだけ大手企業で務めたことなどを判断基準として賃金・待遇が変わってくる。個人的な見解だが、日本の企業では職人育成方式、海外では成果育成方式である。たとえば、日本のすし職人では飯炊き三年握り八年と言われる約10年修業してからやっと一人前のすし職人になれるように、日本の企業は長い時間をかけて人を育てている。長い目で見ると優秀な人材を揃え、組織も安定し、長期的な戦略に優れる。一方、海外の企業のように能力主義・成果主義はジョイント・ベンチャーなどの短期的プロジェクトのような場面ではおおいに活用されやすい。うまくバランスをとることがこれから日本企業の課題だと考える。

日本に滞在中に自分が最も変わった点は？：

自分がもっとも変わった点は思いやりの心を持つことであった。中国に居るとき学校の先生から親に感謝し、親を思いやる心は広く他人を思いやる心の

基となると教えてもらったが、当時あまり理解できなかった。親元から離れ、寂しくてたまらない孤独感に襲われたときに、たくさんの友たちに助けられた。日本人の親切さと優しさによって自分も思いやりの心をより強く持ち始めた。

2.3 生活に関して

日本の生活で困ったことは？：

生活で困ったことがほとんどないが、唯一悩まされているのは重度の花粉症である。私は15年前に病院の先生から重度の花粉症と診断された時から毎年の春に花粉症に悩まれ、今でも鮮明に覚えている。彼女と付き合ってから間もなくの時、久しぶりのデートをしている最中、あまりにもくしゃみが止まらずにデートを中断して帰宅してしまった苦い経験があった。今でも妻に頭が上らない。

日本の生活でよかったことは？：

日本に来て大自然と触れ合う機会が増えてきた。その中、特に山登りにはまってしまい、週末に時間があったら、妻と一緒に金曜日の夜に出発して、車内で1泊してから、早朝から登山する。このような生活を続けると、不思議に仕事・家庭のストレスが解消でき、頭もすっきりしてきて心もゆとりができた。家庭内にも笑顔が増えてきた。そして、諦めた妊活も自然に妊娠し、念願の赤ちゃんも2年前に生まれた。赤ちゃんが生まれても自然との触れ合いを中断せず、昨年に1歳の娘を連れ長野県白馬の八方池に行ってきた。娘も山が大好きみたい。山に入るとずっと笑ってくれたし、覚えている単語でずっと話をかけてくれた。大自然が私達の人生を変えたと言っても過言ではない、自然と触れ合い、自然の恵みに感謝して生きよう。



写真1 長野県白馬山の八方池を娘（当時1歳）と登山

最も興味ある日本の文化：

私は特に日本の風土について興味があった。日本の自然が日本人の生活、考え方にどんな影響を及ぼしているのかを自分なりに分析した。風土の第一

前提は住んでいる人間である。景観十年、風景百年、風土千年というおもしろい言葉がある。歴史の積み重ねと生活に根ざしたものとして風土というのがあり、自然と切り離せないということなのだ。自然に生活をぴったり合わせるとするのは、日本文化のすばらしい特徴で、今でもその伝統は生きている。代表的に京都らしい和の町並みやレトロ建築、お寺や川などとそこに住んでいる人がうまく成り立っている。また、白川郷の持つ豊かな自然環境や歴史風土に育まれた美しい風景とそこに住んでいる村人が愛着と誇りを持つ郷土である。日本で長く住めば住むほど日本の自然・人・歴史の魅力に陶醉してしまい、日本が大好きになった。



写真2 高野山お寺のお庭

3. 抱負と日本の方々へのメッセージ

今後はどんな予定？：

現在取り込んでいる仕事がとても面白く、私達のプロジェクトでは海の波といった自然エネルギーを電気エネルギーに変換するシステムを開発している。美しい日本の自然を守るためにも、今のプロジェクトを成功させる必要があるため、今までの経験を活かし、開発業務に邁進していきたい。

日本人へのメッセージ：

日本では、美しい自然、豊かな風土、伝統的な文化がたくさんあるので、ぜひたくさん体験したうえで、誇りをもって多くの外国人に紹介できるように期待している。

また、仕事の息抜きと健康維持には山登り・自然との触れ合いがお勧めだ。自然の力は私たちの想像より遥かに大きいことが身をもって体験してきた。そして、山では素敵な出会いが待っているかもしれない。

(原稿受付：2019年2月5日)

トピックス

ブラジル駐在員日記

著者紹介



は せ が わ ひ で と
長谷川 秀 人

CKD株式会社営業本部海外営業統括部
〒480-0102 愛知県小牧市応時二丁目250番地
E-mail: hideto-hasegawa@ckd.co.jp

CKD株式会社営業本部海外営業統括部。1982年愛知大学法経学部経営学科修了。同年CKD(株)入社。2018年9月までブラジルに駐在。帰任し現在に至る。

1. はじめに

ブラジルと聞いて思い浮かぶものは、カーニバルとサッカー程度が一般的であるが、昨年日本人の移民開始から110周年を迎え約190万人と言われる日系人（すでに5, 6世の時代に突入している）が住んでおり、現地においては日本人を道が歩いていても珍しくもなく、普通に現地語で話しかけられる意味身近な国である（図1）。



図1 サンパウロの東洋人街リベルダーヂにてのサンバパレード風景

2. ブラジルについて

ブラジルは東京から約18,560km離れており、時差は12時間、南半球のため季節は真逆、直行便は

なく往復の移動だけで3日間を要する海外駐在地の中で最も遠い国の一つである。今回ブラジルを紹介するにあたり、読者の皆さんにはブラジルを正しく理解するきっかけになれば幸いであるとの思いのもと、執筆するものである。

ブラジルの正式名称はブラジル連邦共和国、人口は約2億人で、面積は約850万平方キロメートル（日本の23倍、南米大陸の半分を占めている）、南北間の距離はおおよそ4,300km、エクアドル、チリ以外の10か国と国境を接しており、南米大陸において人口、国土、経済力はNo.1の国、また2016年に開催されたリオオリンピックは、だれもの記憶に残っているだろう。

3. ブラジル・ポルトガル語について

使用言語はブラジル・ポルトガル語、略称でブラポル語と言われている。ポルトガル語はポルトガルで使われているイベリアポルトガル語、ブラジルのブラジル・ポルトガル語、そしてアフリカ・ポルトガル語が現在世界で使われているポルトガル語である。ちなみに日本国内でポルトガル語の教材として売られているもののほとんどはブラポル語用であるようだ。英語は一般ではなくほとんど通じず、私にとっては海外駐在5か国目にして、初めて言葉で苦労したことで忘れられない国である。

4. 人種のるつぼ

アメリカ以上に人種のるつぼで有名で、先住民、植民地時代にポルトガルをはじめヨーロッパからやってきた入植者、意志に関係なく連れてこられたアフリカ人、その後にやってきたアジア系の移民（主に日本人）、人種ではブランコス（白人系ブラジル人）、パルト（白人・先住民・アフリカ系の混血）、プレスト（黒人系）、アマレロス（アジア系ブラジル人）、インディジナ（先住民系ブラジル人）で構成されている。ブランコスが人口の48%近くを占めている。

5. ブラジルでの食生活

多様な文化のもと、移民者によってもたされ独自の変化をとげた食文化には驚かされる日々であった。多くの日本からの移民の人達の持ち込んだ和食文化は、現地での入手性の問題で独自に変化を遂げた料理がほとんどである。焼きそば、手巻き寿司はすでに一般的なブラジルの料理となっており、日本のそれらから想像できないものになっている。もちろん「テマキ」「ヤキソバ」と呼ばれており、ブラジルの人達の中にはオリジナルが日本食であることすら知らず、ブラジル料理と思っている人達が多くいる。また基本フォークとナイフを使用するが、箸も器用に使いこなす人達も多くいる。箸はそのまま「ハシ」で通用することでも一般的であることがわかる。筆者は日本食材が手に入るサンパウロ市内には住んでおらず、近くで調達できる食材で自炊に励み、結構料理が好きになったというか、食べたいものは自分で作るしか選択肢はなかったわけである（図2～5）。



図2 タイの塩焼き



図3 ボラの卵巣からカラスミを自作

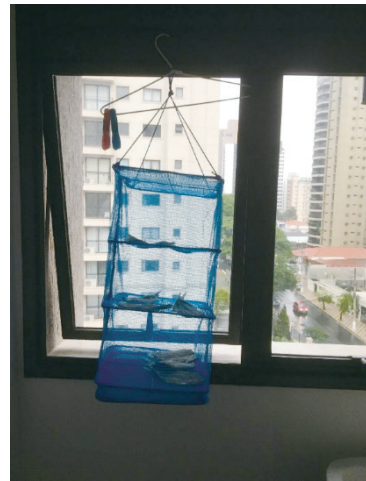


図4 自宅にてイワシの干し物作り



図5 自宅近所の毎週土曜日に路上で開催される市場（フェイラ）の風景

の始まりで、不況は3年間続いた。2018年からプラス成長に転じ諸所の改革が断行され、国作りは進むものと思われる。サンパウロ州を中心にブラジルには約1,000社の日系企業が進出しているが、ほぼ100%の企業が利益確保に苦心しているのが実情である。ブラジルでビジネスを始めるにあたり、いつも言われることは「ブラジルクスト」である。具体的には複雑な税制問題、資金調達、債権回収、治安の悪化、労務問題である。成功への近道はなく、愚直にひとつひとつ問題の真意を理解し、適切に解決していけば成功する可能性は秘めているはずである。

筆者は多くのチャレンジャーがブラジル全土に引いては南米に、新しい形での企業による移民型進出とでも言わせていただくが、果敢に挑戦する時代は来るものと信じて止まない。

（原稿受付：2019年3月19日）

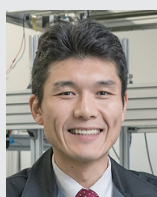
6. 最後にブラジルビジネスについて

筆者が赴任時の2015年は、経済のマイナス成長

研究室紹介

秋田県立大学 メカノシステム研究室

著者紹介



さいとう なおき
齋藤 直樹

秋田県立大学システム科学技術学部
知能メカトロニクス学科
〒015-0055 秋田県由利本荘市土谷字海老の口84-4
E-mail: naoki_saito@akita-pu.ac.jp

1998年秋田大学大学院鉱山学研究所博士前期課程修了。1999年秋田県立大学助手、2008年同大学准教授、現在に至る。空気圧の制御、医療福祉機器の研究などに関心を持つ。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

秋田県立大学は、1999年に開学した比較的新しい大学である（図1）。秋田県内の4拠点にキャンパスが分散しており、秋田キャンパス（秋田市下新城野街道端西241-438）と本荘キャンパス（由利本荘市土谷字海老の口84-4）、大潟キャンパス（南秋田郡大潟村南2-2）、木材高度加工研究所（能代市海詠坂11-1）がある。本部は秋田キャンパスにあり、秋田キャンパスと大潟キャンパスが生物資源学部として、主に生物学や農学系分野の教育および研究を行っている。一方で本荘キャンパスは主に工学系分野の教育および研究を行っている。木材高度加工研究所は名前の通り木材およびその加工に関する研究を行っており、木材を専門としたユニークな研究所である。学部生は秋田キャンパスと大潟キャンパス合わせて約600人、本荘キャンパスは約1,000人程度の規模である。

本学は大学名にもある通り公立大学であることから、秋田県の持続的発展への寄与が一つの大きな使命となっている。秋田県の基幹産業の一つが農業であり、本荘キャンパスの工学系との融合による農工連携関連の研究開発も、キャンパス間の敷居を低くし、県や地元企業などと横断的につながって活発に行われている。その一方で、地域への教育活動としてWRO（World Robot Olympiad）の地区大会開催やプログラミング教室、科学実験教室などもさまざまなところで開催している。高大接続だけでなく、

小中学生までを包括して対象にして教育活動を展開しており、こうした地域に密着した活動の展開も一つの大きな特徴であるといえる。

2. メカノシステム研究室について

メカノシステム研究室は本荘キャンパスにあり、2008年に発足した。発足当初は機械知能システム学科に所属していたが、2018年の学部改組により、知能メカトロニクス学科に所属変更となっている。本学科はいわゆる大講座制という体制になっており、教授と准教授がそれぞれの研究分野を中心に研究室を主宰している。当研究室は名称がメカノシステムであり、もともとは流体機器というよりはロボティクスやメカトロニクスに近い研究室である。研究室発足当初から空気圧人工筋肉についても研究を行っているが、このほかにも電磁気モータも使うし、機構を詳細に検討した機械の開発もするという願いを込めて、研究室名をつけた。しかしながら現在は、フルードパワーが非常に広範な産業に安定的に寄与している重要な分野であることや、特に空気圧はやや直感的にでも取扱ができるという手軽さ、人の動きなどと組み合わせても柔軟に変形するという優しい印象もある一方で、空気圧サーボ系などの計測制御分野に立ち入った途端に圧縮性流体としての困難な特性が姿を現すというギャップにすっかり取り憑かれてしまい、今では空気圧人工筋肉を主に扱って



図1 秋田県立大学

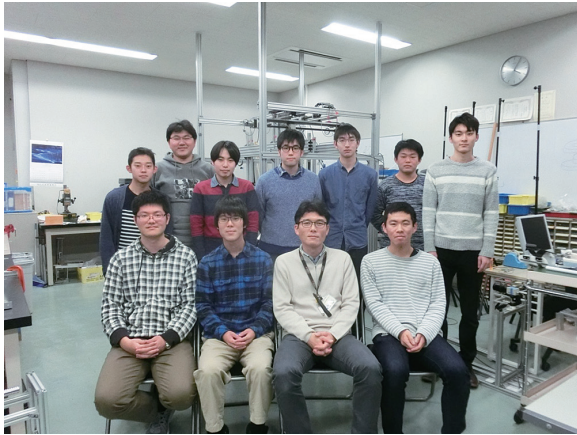


図2 研究室メンバー

いる研究室となっている。

現在の研究室のメンバーは指導教員が1名、学部4年生5名、3年生5名で構成されている(図2)。ほぼ毎週1～2回程度ゼミを行い、研究進捗について報告をしてもらっている。実験方法の図示や実験結果をグラフにまとめてスライドショーで報告してもらうことを繰り返し行っている。ゼミがスタートする春の頃にはよくわからなかった報告が、秋を迎える頃にはきちんと内容を伝えるようになってきて、学生の成長を感じるところである。また、卒論とは別に研究室内の報告書と称する内部資料の作成も励行している。研究進捗に合わせて作成するので全員が同じ数だけ報告書を作成するわけではないが、現役の学生は諸先輩方の報告書により、詳細な実験手順や条件、失敗例なども理解してきていることから、この報告書の作成を励みに実験に取り組む学生もいて、研究室の貴重な資産となっている。2019年春には大学院生も誕生するので、これまで以上にアクティブな研究活動の展開を期待しているところである。

3. 研究テーマ

メカノシステム研究室では、主に空気圧や空気圧人工筋肉の活用、特性計測および改良、制御技術をベースに研究テーマを展開している。以下は代表的な研究テーマについて簡単に紹介する。

3.1 空気圧人工筋肉の開発および改良

メカノシステム研究室で主に扱っている空気圧人工筋肉は、市販されているMcKibben型ゴム人工筋肉のゴムチューブを非伸縮性の空気袋に変更した、ラバーレス人工筋肉¹⁾である(図3)。この人工筋肉の外側は市販のMcKibben型人工筋肉と同様にポリエステル製の網スリーブを使っており、このスリーブのパンタグラフ動作で伸縮することから、等尺性収縮特性などの基本特性は通常のMcKibben型



図3 ラバーレス人工筋肉

ゴム人工筋肉と同様²⁾である。しかし、ゴム人工筋肉はゴム製の空気袋を膨らませるのに対し、ラバーレス人工筋肉は非伸縮素材の袋を膨らませるだけなので、低圧での収縮が可能であるという特徴を持っている。このラバーレス人工筋肉の構造の改良と、それによる特性の改善を通して、新しい空気圧人工筋肉の開発につなげようとさまざまな検討を行っている。

3.2 体重免荷システムの開発

先に紹介したラバーレス人工筋肉の適用例の一つとして、図4に示すような、体重免荷による歩行支援システム(体重免荷システム)を開発している^{3),4)}。ラバーレス人工筋肉で歩行者の歩行に連動して腰を適切な力で吊り上げることで、歩行中の足にかかる負荷を軽減することが目的である。人の腰を吊り上げる力の強さとアクチュエータの軽さ、更には空気の圧縮性をもつ受動コンプライアンス特性により、歩行者の動きに連動して快適かつ効果的に動作するシステムの開発を進めている。

3.3 上肢パワーアシストシステムの開発

ラバーレス人工筋肉を使った上肢パワーアシストデバイスを開発している⁵⁾。開発中のパワーアシストデバイスを図5に示す。使用者への適切なパワーアシストの方法を検討することを目的として開発しているものであり、現在は、ラバーレス人工筋肉が生体筋と類似した特性を有することを利用し、使用者の動作に応じて使用者の筋力と同様の筋力を付与するというパターンでアシストを行い、効果を確認している。



図4 体重免荷システム



図5 上肢パワーアシストシステム

3.4 車椅子座位姿勢補正システムの開発

介護施設における車椅子の利用者で、自力移動ができない人たちの問題として、横倒れという座位姿勢があげられている。この姿勢の自動検出と補正動作を、空気圧システムにより実現した、図6に示すような車椅子座位姿勢補正システムを開発している⁶⁾。空気圧システムは回路次第で、簡単にさまざまな繰り返し動作を作ることができることと、人の体に安全に大きな力を加えることができることで、横倒れの補正を可能にしている。空気圧人工筋肉の収縮変形と直径方向への膨張変形を利用して姿勢補正動作を実現している。この研究では、人体と同じ質量や姿勢変化の特性を考慮したダミー人形を製作し、システムの動作評価を行っている。現在はこの補正システムの動作検証が完了し、機能の追加を検討している。

3.5 人工筋肉駆動ロボットアームの開発

ラバーレス人工筋肉のロボットアームへの適用の可能性についても検討している⁷⁾。図7に示すように、生体筋と同様にラバーレス人工筋肉を拮抗駆動にして、さらに空気圧のパッシブコンプライアンス特性を考慮することで、電磁モータ型ロボットアームとは異なる、新しい動作の実現の可能性について



図6 車椅子座位姿勢補正システムとダミー人形

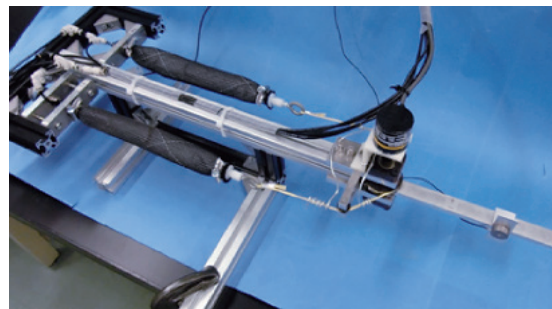


図7 人工筋肉駆動型ロボットアーム

探っている。電磁モータ型ロボットアームでは本質的に難しい関節剛性の調節や衝突時の受動変形が可能であり、人と共存する新しいロボットの実現を目指している。

4. おわりに

本稿では、秋田県立大学ならびに、メカノシステム研究室の紹介をさせていただいた。これからも空気圧システムの利点を生かしたメカノシステムを提案していきたいと考えている。

このような機会を提供いただきまして、感謝申し上げます。今後ともご指導賜りますようよろしくお願い申し上げます。

参考文献

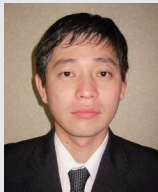
- 1) Saito, N., Satoh, T. : Structure of Rubberless Artificial Muscle and Evaluation of a Lifetime, Proceedings of the 42th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2016), p. 648-653 (2016)
- 2) 齋藤直樹, 佐藤隆智, 小笠原隆倫, 佐藤俊之 : 空気圧ラバーレス人工筋の開発, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 43, No. 4, p. 102-108 (2012)
- 3) Saito, N., Satoh, T. : Evaluation of weight bearing reduction system driven by rubberless artificial muscle, The 10th JFPS International Symposium on Fluid Power, 2D27, p. 1-6 (2017)
- 4) Saito, N., Satoh, T. : Fundamental development and evaluation of body weight load reduction system driven by rubberless artificial muscle, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation, Robotics, Control, and Vision 2018 (ICARCV), p. 1579-1584 (2018)
- 5) 齋藤直樹, 佐藤俊之 : オールメカニクスラバーレス人工筋肉パワーアシスト デバイスの提案, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2016講演論文集, 2A1-04b6(1)-(3) (2016)
- 6) 齋藤直樹, 高橋義輝 : 空気圧システムによる横倒れ姿勢補正機構の開発, 第36回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, RSJ2018AC1A1-05 (2018)
- 7) Saito, N., Satoh, T. : Posture control considering joint stiffness of a robotic arm driven by rubberless artificial muscle, International Journal of Automation Technology, Vol. 10, No. 4, p. 503-510 (2016)

(原稿受付 : 2019年2月5日)

企画行事

平成30年度オートムセミナー開催報告 「知っておきたい空気圧システム設計技術の新常識」

著者紹介



ふじ た とし のり
藤 田 壽 憲

東京電機大学工学部
〒120-8551 足立区千住旭町 5
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

平成30年度オートムセミナー「知っておきたい空気圧システム設計技術の新常識」は、平成30年11月22日（金）機械振興会館において開催された。本稿では本セミナーの概要および当日行われた各講演の内容について報告する。

2. セミナーの概要

空気圧システムの設計技術者として知っておくべき常識も時代とともに少しずつ変化している。電磁切換弁の特性は有効断面積を用いて、これまで表示されていたものが、ソニックコンダクタンスと臨界圧力比で表示されることとなった。さらに2018年からはその新たな特性計測法がJISで制定されるにいたっている。

そこで本セミナーはこの最新の電磁弁に関する新常識をセミナーの中心に据え、全2.5時間の枠のうち1.5時間を当て、残りの時間には空気圧シリンダ駆動システムの運動特性の解説およびを設計に必要な各種計算法の紹介、もはや設計には必須な技術となっているシミュレーションに関する基礎知識を取り上げ、空気圧システムの設計技術者が知らなければならない内容を盛り込んだ計3件の講演で構成した。

本セミナーの様子を図1に示す。講演は同図b)のような通常の座学だけでなく、同図a)のような実習付きであり、実機に触れて体感できるセミナー

であった。次章で講演のあった3件の具体的な内容について紹介する。

3. 各講演の内容

3.1 JIS B 8390-2 圧縮性流体機器の流量特性試験方法 (ISO6358) および等温化放出法の実習

講演は新たなJISの制定にも関わった香川利春 東京工業大学 名誉教授にお願いした。

講演では最初に電磁弁などの流量特性は空気圧システムの性能に関わり、その表示および測定法について正しく理解することが重要であることが指摘され、これを規定するJIS8930「空気圧—圧縮性流体用機器の流量特性試験方法—」が2018年に改正されたことと、その概要の説明がなされた。また特性測定のコアポイントとなる等温化圧力容器について



a) 香川講師による実習



b) 村山講師の講演

図1 セミナー会場の様子

は等温化の原理の説明後、等温化压力容器と通常の空タンクの圧力応答を実測し、等温化压力容器の効果を体感してもらう実習も行われた。

電磁弁に関する事柄だけではなく、ご自身が研究で携わってきた空気の旋回流を用いた非接触搬送装置や、圧縮空気を用いて-30℃の冷気を作るジェットクーラーなどの紹介も実演を交えて行われ、参加者の興味を引いていた。

3.2 空気圧シリンダ駆動およびサーボ制御の基礎と設計法

空気圧シリンダ駆動システムに関しては著者である藤田壽憲 東京電機大学 教授が担当した。

シリンダに取り付ける負荷が変わってもシリンダの応答時間変化が小さいことから空気圧シリンダの駆動にはメータアウト回路が使われている。このことを図2のように実機で鉛直方向に取り付けた負荷を変えて駆動し確かめることからセミナーは始まった。その後、なぜ応答変化が小さいのかの理論的な説明や、このシリンダの性質に基づいて空気圧シリンダの設計が行われること、その具体的な設計手順について解説があった。

またメータアウト駆動だけではなく、空気圧シリンダのサーボ制御についても取り上げ、新幹線のアクティブサスペンションや手術支援ロボットなどの空気圧サーボ制御の近年の事例紹介や、空気圧サーボ制御を設計する際に必要な基礎知識とその設計法についても解説が行われた。

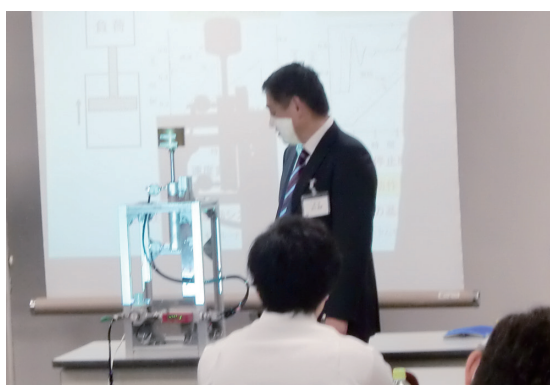


図2 シリンダの駆動実験の様子

3.3 空気圧の1Dから3Dシミュレーション技術まで

シミュレーション技術については村山栄治 芝浦工業大学 非常勤講師に講演いただいた。

最初にモデルベース開発の現状について紹介され、なぜシミュレーション技術が必要かを説明した後、空気圧のシミュレーション手法について紹介があった。1DシミュレーションではMATLAB / Simulinkを用いたシリンダのメータアウト駆動を、3Dシミュ

レーションではANSYS FLUENTを用いたドレインセパレータの案内羽根形状の改善を事例に取り上げ、これらの事例を通して、そこで使われる基礎式およびシミュレーションのノウハウ等について解説があった。

解説で用いられた資料のスライドは図3のように基礎式とそのソフトを使うときの具体的な方法やコマンドが多く載せられており、セミナー後に自身でシミュレーションを行う際に有益であろうと感じられるものであった。

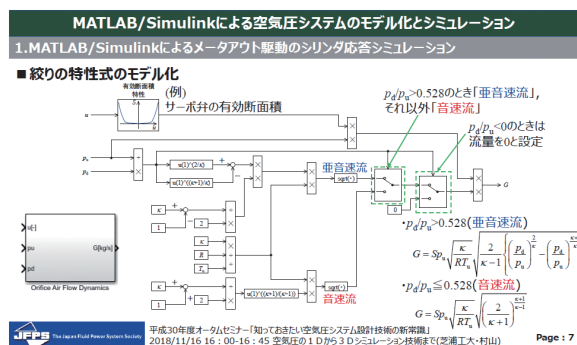


図3 村山講師のスライドの一部

4. おわりに

参加登録者は18名、講師および事務局を含めると全24名であった。内容が空気圧のみということもあって空気圧機器企業からの参加が多かった。

また昨年からのセミナー資料を冊子体に加えCD-Rにより電子データで配布していたが、今回から冊子体と学会サーバからのダウンロードによる電子データの配布に変更した。ダウンロードできないなどの混乱もなくセミナーを終えることができた。今後のセミナーでは事前にダウンロードできるように仕組み作りを進めている。

ここ数年のセミナーでは学術的なトピックスを取り上げることが多かったが、本セミナーでは若手技術者を対象とした教育的な内容のセミナーとした。アンケート結果では「実機をベースとした説明で内容がわかりやすく理解が深まった」、「シリンダ駆動に関しては知らないことが多く、とても勉強になった」などの感想をいただき概ね好評であり、教育的セミナーの必要性を感じた。

今後は企画委員長として、若手からベテランまで幅広い学会員に向け、教育的なものから最先端技術までを織り交ぜて企画して参りますので、興味があるセミナーがあればあれば、ぜひ、ご参加ください。

(原稿受付：2019年4月17日)

会 告

〈理事会・委員会日程〉

3月 8日	情報システム委員会
3月20日	理事会
3月25日	企画委員会
3月28日	編集委員会

〈理事会報告〉

平成30年度第6回理事会

3月20日 14:00～16:00

機械振興会館 6階 6-65 (出席者18名)

- 1) 国際シンポジウム函館2020の開催準備状況
- 2) 学会創立50周年記念事業
- 3) 平成30年度学会賞受賞者推薦
- 4) 理事・監事交代
- 5) 会員の推移
- 6) 平成30年度決算(案), 2019年度予算(案)
- 7) 評議委員会開催
- 8) 各委員会からの報告
- 9) その他

〈委員会報告〉

平成30年度第4回情報システム委員会

3月8日 15:00～17:00

東京工業大学田町CIC 3階 (出席者6名)

- 1) 学会HP更新状況
- 2) 学会HPリニューアル
- 3) 会員管理システムのセキュリティ強化
- 4) 会議報告
- 5) その他

平成30年度第5回企画委員会

3月25日 15:00～17:00

機械振興会館 地下3階 B3-9 (出席者17名)

- 1) 平成30年度実施の事業に関する報告・審議事項
 - (1) 平成30年度ウインターセミナー
 - (2) その他
- 2) 2019年度実施の事業に関する報告・審議事項
 - (1) 2019年春季講演会併設セミナー
 - (2) 2019年春季フルードパワーシステム講演会・総会
 - (3) 2019年春季講演会 製品技術紹介セッション
 - (4) 2019年秋季フルードパワーシステム講演会
 - (5) 2019年度オータムセミナー
 - (6) 2019年度ウインターセミナー
 - (7) その他
- 3) その他審議・確認事項
 - (1) 2020年春季講演会併設セミナー
 - (2) その他

平成30年度第6回編集委員会

3月28日 14:00～17:00

東京工業大学田町CIC 5階 (出席者13名)

- 1) 会誌特集号の現状と企画
 - ・ Vol.50 No.3 「大学における水圧研究」
 - ・ Vol.50 No.4 「医療に関わるフルードパワー」
 - ・ Vol.50 No.E1 「緑陰特集」
 - ・ Vol.50 No.5 「フルードパワーを支える製造・加工技術(仮)」
 - ・ Vol.50 No.6 「高水圧を活用した世界(仮)」
 - ・ Vol.51 No.1 「50周年記念企画 異分野からみるフルードパワーの将来への提言(仮)」
 - ・ Vol.51 No.2 「50周年記念企画 フルードパワーエキスパートからみる将来への提言(仮)」
- 2) その他
 - ・ 学会誌執筆要綱の見直し
 - ・ 会議報告
 - ・ 今後の特集について

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)	905	14	112	130
差引き増減	-28	-2	-27	±0

正会員の内訳 名誉員14名・シニア員46名・ジュニア員130名・その他正会員715名

〈新入会員〉

賛助会員

株式会社 南武

株式会社 NF1

株式会社 ユーテック

正会員

緒方 浩次 (川崎重工業株式会社)

黒田裕一郎 (川崎重工業株式会社)

浮田 貴宏

藤岡 孝昌 (マロール株式会社)

松井 保子 (徳島大学)

井門 康司 (名古屋工業大学)

稲生 崇人 (株式会社SUBARU)

西川弘太郎 (津山工業高等専門学校)

堺 隆二 (川崎重工業株式会社)

駒田 浩一 (川崎重工業株式会社)

掬川 文隆

吉村 善徳 (ナブテスコ株式会社)

島田 邦雄 (福島大学)

百生 登 (富山高等専門学校)

小杉 寛明 (株式会社SUBARU)

学生会員

武田 侑己 (横浜国立大学)

市川 玄 (横浜国立大学)

錦戸 将也 (横浜国立大学)

牛込 在人 (横浜国立大学)

齋藤 紘輝 (横浜国立大学)

伊藤 文臣 (中央大学)

武石 桐生 (東京工業大学)

安松 穂高 (岡山理科大学)

上野 将平 (岡山理科大学)

古川 優人 (奈良工業高等専門学校)

安藤 大我 (横浜国立大学)

嶋田 惣祐 (横浜国立大学)

Ha Phan Tham (横浜国立大学)

大竹 悠太 (横浜国立大学)

佐々木健也 (横浜国立大学)

木村 成吾 (中央大学)

森田 浩輔 (東京電機大学)

唐下 千寛 (岡山理科大学)

森政 大貴 (岡山理科大学)

会 告

学会創立50周年特別会費（賛助金）の受付状況

2019年4月1日現在、学会創立50周年記念事業・行事に協賛し、特別会費（賛助金）のご協力をいただいた賛助会員および正会員各位はつぎのとおりです。関係者一同、心から感謝申し上げます。なお、特別会費は引き続き受付ておりますので、よろしくお願い申し上げます。

一般社団法人日本フルードパワーシステム学会

会長（学会創立50周年記念実行委員会 委員長） 眞田 一志

理事（学会創立50周年記念実行委員会 幹事） 吉満 俊拓

【賛助会員】 50音順（敬称略）

イナバゴム(株)	(株)インターナショナル・サーボ・データー	SMC(株)
SMC中国(株)	川崎重工業(株)	川重商事(株)
(株)神崎高級工機製作所	(株)小松製作所 開発本部	(株)小松製作所油機開発センタ
(株)阪上製作所	(株)ジェイテクト	勝美印刷(株)
ダイキン・ザウアーダンフォース(株)	大生工業(株)	(株)TAIYO
(株)都筑製作所	東京計器(株)	東京計器パワーシステム(株)
TOHTO(株)	豊興工業(株)	ナブテスコ(株)
日本機材(株)	日本クエーカー・ケミカル(株)	フジサンケイビジネスアイ
日本精器(株)	(一社)日本フルードパワー工業会	日本ムーグ(株)
(株)日立建機ティエラ	(株)不二越	(株)増田製作所
マックス(株)	三菱電線工業(株)	(株)ユーテック
ヤマシンフィルタ(株)	リバーフィールド(株)	

【正会員】 50音順（敬称略）

饗庭 健一	天野 勝	荒井 一則	池尾 茂	石井 進	石崎 義公
市丸 寛展	伊藤 一寿	井上 淳	上嶋 優矢	大内 英俊	大信田文司
大科 守雄	大橋 彰	大見 康生	小笠原文男	小木曾太郎	小澤 忠彦
落合 正巳	小山 紀	柿山 稜	風間 俊治	神倉 一	川上 幸男
川島 正人	川嶋 健嗣	神田 国夫	木原 和幸	玄 相 昊	小嶋 英一
小曾戸 博	斉藤 賢治	齋藤 直樹	桜井 康夫	佐々木政彰	佐藤 潤
佐藤 恭一	眞田 一志	嶋村 英彦	蕭 欣志	上達 政夫	杉本 文一
鈴木 勝正	鈴木 隆司	須原 正明	曾谷 康史	高崎 邦彦	高田 進
高田 芳行	高橋 建郎	竹村研治郎	田中 和博	田中 裕久	田中 豊
田中 義人	千葉 誠	筒井 大和	寺澤 孝男	富山 俊作	中井 政光
永瀬 徳美	仲宗根隆志	中田 毅	永田 精一	中野 政身	中野 和夫
中山 晃	成田 晋	西股 健一	則次 俊郎	土師野 正	張本 護平
肥田 一雄	広田 善晴	藤谷 秀次	前畑 一英	増田 精鋭	丸山 勝徳
三浦 孝夫	宮川 新平	山口 惇	山田 宏尚	横田 眞一	吉田 和弘
吉田 清久	吉田 伸実	吉松 英昭	吉満 俊拓	レア・ルコント	

特別会費振込先：りそな銀行 新橋支店（普）0898726 または 郵便振替00110-3-133690

名義：シャ）ニホンフルードパワーシステムガッカイ

会 告

共催・協賛行事のお知らせ

協賛行事

ロボティクス・メカトロニクス講演会2019 (ROBOMECH2019 in Hiroshima) 企 画：一般社団法人 日本機械学会機素潤滑設計部門 開 催 日：2019年6月5日(水)～8日(土) 会 場：広島国際会議場（広島県広島市中区中島町1-5（平和公園内）） U R L：http://robomech.org/2019/
第50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：2019年6月20日(木)～6月21日(金) 会 場：国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区代々木神園町3-1） U R L：http://www.tribology.jp/conference/nyumon/nyumon_50.html
一般社団法人 日本機械学会関西支部 第362回講習会 実務者のための騒音防止技術（展示、簡易実習付き） 主 催：一般社団法人 日本機械学会関西支部 会 期：2019年7月30日(火)～31日(水) 会 場：大阪科学技術センター（大阪市西区浅鞠本町1-8-4） U R L：https://www.kansai.jsme.or.jp/
日本混相流シンポジウム2019 主 催：日本混相流学会 開 催 日：2019年8月5日(月)～7日(水) 会 場：福岡大学（福岡県福岡市城南区七隈8-19-1） U R L：http://jsmf.gr.jp/mfsymp2019/
No.19-13 Dynamics and Design Conference 2019 総合テーマ：「地球をめぐる海流のように」 企 画：一般社団法人 日本機械学会機械力学・計測制御部門 開 催 日：2019年8月27日(火)～30日(金) 会 場：九州大学伊都キャンパス（福岡県福岡市西区元岡744） U R L：https://www.jsme.or.jp/conference/dmccconf19/
第37回 日本ロボット学会学術講演会 主 催：一般社団法人 日本ロボット学会 開 催 日：2019年9月3日(火)～9月7日(土) 会 場：早稲田大学早稲田キャンパス（東京都新宿区西早稲田1-6-1） U R L：https://ac.rsj-web.org/2019/
EcoDesign 2019（第11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 開 催 日：2019年11月25日(月)～27日(水) 会 場：パシフィコ横浜（神奈川県横浜市西区みなとみらい1丁目1-1） U R L：http://ecodenet.com/ed2019/
第3回 安心・安全・環境に関する計算理工学国際会議（COMPSAFE2020） 主 催：COMPSAFE2020実行委員会 開 催 日：2020年3月8日(日)～3月11日(水) 会 場：神戸国際会議場（兵庫県神戸市中央区港島中町6-9-1） U R L：https://compsafe2020.org/

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)藤沢テクノセンター
 アズビルTACO(株)
 (株)アドヴィックス
 アネスト岩田(株)
 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・データー
 (株)打江精機
 SMC(株)
 SMC(株)中国
 (株)NF1
 (株)荏原製作所
 (株)大阪ジャッキ製作所
 大瀧ジャッキ(株)
 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)
 川崎油工(株)
 川重商事(株)
 (株)神崎高級工機製作所
 旭東ダイカスト(株)
 協和シール工業(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)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)小松製作所開発本部
 (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)
 三和テッキ(株)
 三輪精機(株)
 CKD(株)
 (株)島津製作所
 (株)ジェイテクト奈良
 (株)ジェイテクト刈谷
 勝美印刷(株)
 JXTGエネルギー(株)
 ジヤトコ(株)
 住友建機(株)
 住友重機械工業(株)
 住友精密工業(株)
 制御機材(株)
 千住金属工業(株)
 第一電気(株)
 (株)TAIYO
 タイヨーインタナショナル(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)ティーエヌケー
 東京計器(株)
 東京計器パワーシステム(株)
 東京メータ(株)
 TOHTO(株)
 東北特殊鋼(株)
 東明工業(株)
 同和発條(株)
 特許機器(株)
 特許庁
 豊興工業(株)
 (株)豊田自動織機
 長津工業(株)
 中西商事(株)
 長野計器(株)
 中村工機(株)
 (株)NaNaデザインワークス

ナブテスコ(株)
 (株)南武
 ニッタ(株)
 日新濾器工業(株)
 日本アキュムレータ(株)
 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)
 日本製鉄(株)交通産機品事業部
 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
 日立住友重機械建機クレーン(株)
 (株)日立製作所
 廣瀬バルブ工業(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)
 松田鉄工(株)
 三菱電線工業(株)
 ヤマシンフィルタ(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)
 (株)ユーテック
 理研精機(株)
 リバーフィールド(株)
 (株)レンタルのニッケン
 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「医療に関わるフルードパワー」——

〔巻頭言〕「医療に関わるフルードパワー」発刊にあたって

〔解 説〕 脳蘇生のための生理状態自動制御
 無呼吸症候群にみる流体力学とその治療方法
 繊毛による生体流れの駆動
 リンパの流れに視点をのいた新しいリンパ学
 計測融合血流解析の医療応用
 人工心臓

〔会議報告〕ICFD 2018におけるフルードパワー関連技術の研究動向

〔トピックス〕トピックス学生さんへ、先輩が語る一学生時代を振り返って今思うことー

Youは日本をどう思う？第10回：セルビアから日本に留学して

ミリツァ・ラドイッチ

〔研究室紹介〕大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部ロボット工学科フレキシブルロボティクス研究室

谷口 浩成

〔企画行事〕フルードパワーシステムと1DCAE

林 光昭

飯尾昭一郎

橋本 智彦

高井雄二郎

石川 拓司

大橋 俊夫

早瀬 敏幸

山根 隆志

中野 政身

小林 亘

2018年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長 塚 越 秀 行（東京工業大学）
 副委員長 村 松 久 巳（沼津工業高等専門学校）
 委 員 飯 尾 昭一郎（信州大学）
 伊 藤 雅 則（東京海洋大学）
 上 野 朝 嗣（CKD株）
 梅 村 哲 郎（KYB株）
 加 藤 友 規（福岡工業大学）
 北 村 剛（油研工業株）
 栗 林 直 樹（川崎重工業）
 五 嶋 裕 之（株工苑）
 齋 藤 直 樹（秋田県立大学）
 佐々木 大 輔（香川大学）
 佐 藤 恭 一（横浜国立大学）

委 員 妹 尾 満（SMC株）
 中 野 政 身（東北大学）
 中 山 晃（日立建機株）
 藤 田 壽 憲（東京電機大学）
 丸 田 和 弘（株コマツ）
 矢 島 丈 夫（株コガネイ）
 柳 田 秀 記（豊橋技術科学大学）
 山 田 真の介（株TAIYO）
 山 田 宏 尚（岐阜大学）
 吉 満 俊 拓（神奈川工科大学）
 伊 藤 和 巳（KYB株）
 担当理事 成 田 晋
 学会事務局 竹 内 留 美（勝美印刷株）
 編集事務局

（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。

〒105
|
0011 東京都港区芝公園三丁目五十二 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

東京都文京区白山一―一三―七 アクア白山ビル五階
印刷所 勝美印刷株式会社