日本フルードパワーシステム学会誌

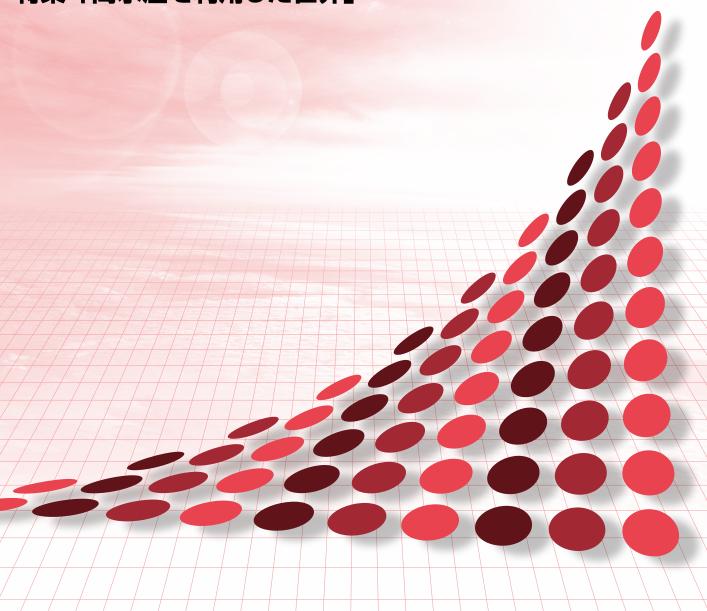
JOURNAL OF THE JAPAN

FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

フルードパワーシステム Nov.2

Nov.2019 Vol. 50 No. 6

特集「高水圧を利用した世界」



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

次

特集「高水圧を利用した世界」

【巻頭言】 「高水圧を利用した世界」発行にあたって 佐々木大輔 254 【解説】 高静水圧下における硬脆材料の延性モード切削加工 吉野 雅彦 255 食品用高圧処理装置 前川 明紀 258 超高圧水による塑性加工を用いた拡管技術の紹介 河原 直也 261 食品製造のための高圧力(高静水圧)技術 重松 亨 264 微細層流ウォータージェットを用いたレーザー加工機 神月 靖 268

【会議報告】

第8回FPM2019におけるフルードパワー関連技術の研究動向	飯尾田	召一郎	272
SICFP19参加記	伊藤	和寿	274
第31回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウムにおけるフルードパワー技術研	究		
	吉田	和弘	276
ROBOMEC2019におけるフルードパワー関連技術の研究動向	谷口	浩成	278

【トピックス】

学生さんへ,先輩が語る一建機メーカーで働いた経験から今伝えたい事一	小笠原	憲一	281
Youは日本をどう思う?第12回:中国から日本に留学して	王	鵬鵬	284
中国(深セン)駐在日記	菅野	竜介	286

【研究室紹介】

中央大学 中村研究室紹介

眞野 雄貴, 萩原 大輝 289

【企画行事】

2019年春季フルードパワーシステム講演会開催報告

中尾 光博 292

【会告】

2019年度ウィンターセミナー「フルードパワーに利用できるマイコン技術		
〜機器の駆動に関わるマイコン技術(ハード&ソフト編)〜」		267
学会創立50周年特別会費(賛助金)の受付状況		296
共催・協賛行事のお知らせ		297
2019年度オータムセミナー「アディティブ・マニュファクチャリングの最新技術と適用	事例	
―フルードパワー分野への活用法を考える―」		299
深層学習を活用したフルードパワーシステムのモデル化と制御に関する研究委員会委員募録	集のお知ら	f
		299
日本フルードパワーシステム学会2019年度受賞候補者募集のお知らせ		299
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 2019年秋季フルードパワー	・システムi	講演会
		299
資料一覧		301
フルードパワーシステム第50巻総目次		306
その他	295, 300,	, 308

■表紙デザイン:山本 博勝 ㈱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

267, 295, 296, 297, 299, 300, 301, 306, 308

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue "Application of High Water Pressure"			
(Preface)			
On the Special Issue "Application of High Water Pressure"	Daisuke SASAKI	254	
[Review]			
Ductile Mode Machining of Hard/Brittle Materials Under High Hydrosta			
High Pressure Pressing Equipment for Food Introduction of the Expanding Technology which Makes a Plastic-Formi	Masahiko YOSHINO Akinori MAEGAWA ng by Ultra-high Pressure Water	255 258	
Inti oddotion of the Expanding recimology which wakes a hastich of the	Naoya KAWAHARA	261	
High Hydrostatic Pressure Technology for Food Processing	Toru SHIGEMATSU	264	
Laser Process by Using the Fine Laminar Water-jet Flow	Yasushi KOZUKI	268	
[Conference Report]			
Research Trend of Fluid Power in the 8th FPM2019	Shouichiro IIO	272	
SICFP2019 Report	Kazuhisa ITO	274	
Researches of Fluid Power Technologies in SEAD31 Research Trend of Fluid Power System on the Robotics and Mechatror	Kazuhiro YOSHIDA	276	
riescardi frend of Fidia Fower System of the hobotics and wednation	Hironari TANIGUCHI	278	
[Topics]			
Senior talks to students—Words for Students from Work Experience of	Construction		
Machinery Manufacturer—	Kenichi OGASAWARA	281	
What do you think of Japan? 12th: Study in Japan from China	Wang Peng Peng	284	
Stay Diary in China (Shenzhen)	Ryosuke KANNO	286	
[Laboratory Tour]			
Chuo University Nakamura lab. Introduction	Yuki MANO, Daiki HAGIWARA	289	
[JFPS Activities]			
Report on Autumn Conference of Japan Fluid Power System Society 2	019 Mitsuhiro NAKAO	292	
[JFPS News]			

巻頭言

「高水圧を利用した世界」発行にあたって

者紹介



佐々木 大

香川大学創造工学部 〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 E-mail: daisuke@eng.kagawa-u.ac.jp

2003年岡山大学大学院博士後期課程中退. 大学助手,助教を経て,2015年香川大学講師, 2016年同准教授,現在に至る,空気圧ソフトア クチュエータを使ったウェアラブルロボットの 研究に従事. IEEE, 日本機械学会, 日本ロボット学会などの会員. 博士 (工学).

従来では加工困難であった素材の加工など高水圧 の要素技術やその工学的応用が発展している. また, 高水圧印加による細胞構造、成分変化を利用した食 品製造・加工など、われわれの身近な生活をより豊 かにそして安心なものへとすることに高水圧技術は 寄与している.

本特集では、高水圧の要素技術、応用に関する最 新情報を提供する. 高水圧に関連する要素技術なら びに独創的な応用例をご紹介いただくことで、フ ルードパワーの発展につなげることが本特集の目的 である.

はじめに、吉野雅彦氏(東京工業大学)に「高静 水圧下における硬脆材料の延性モード切削加工」と 題してご執筆いただいた. 同氏は、ガラス、シリコ ンウエハなどの硬脆材料の切削加工において、加工 欠陥の発生を抑制するとともに高い加工能率を実現 する手段として高静水圧環境下で切削加工法を提案 し、実際の実験から各種硬脆材料の加工欠陥減少を 確認している。本特集では、実際に開発した実験装 置ならびに硬脆材料の切削加工における高静水圧環 境の効果などに関して解説いただいた.

食品加工では加熱殺菌が一般的であるが、高圧処 理は殺菌に加え食感・風味などにおいて高付加価値 化が可能な方法として近年注目されている.そこで、 高水圧を実際の食品加工機械に応用した事例として 「食品用高圧処理装置」と題して、前川明紀氏(株

式会社神戸製鋼所) に、食品高圧処理の成り立ちお よび国内外における同技術の状況、同社の製品に適 用した事例についてご紹介いただいた.

河原直也氏(株式会社スギノマシン)には、「超 高圧水による塑性加工を用いた拡管技術の紹介」と 題してご執筆いただいた. 大型, 特殊材料を使用し た熱交換器の製造ならびに長期使用にともなうメン テナンス時において利用する高水圧を用いた塑性加 工による拡管装置に関して、同社の製品に適用した 事例についてご紹介いただいた.

高圧を食品に印加すると、細胞の構造変化および 酵素反応の活性化によって成分が変化する. 重松亨 氏(新潟薬科大学)は、この現象を利用した食品製 造・加工技術の開発を進め、高静水圧処理によりさ まざまな食材で有益な変化が生じることを明らかに している. 同氏には,「食品製造のための高圧力 (高静水圧)技術」と題して、高静水圧処理による 成分変化の概要および食品製造への応用例として低 アレルギー食品として注目されている米粉の微細化 ならびに近年輸出の増加している日本酒の醸造への 応用に関して解説いただいた.

神月靖氏(SYNOVA JAPAN株式会社)には,「微 細層流ウォータージェットを用いたレーザー加工機」 と題して、高圧ウォータージェットにより熱の発生 を抑制しながら加工を行うレーザー加工機に関して, ウォータージェット誘導レーザーの発展の歴史,加 工機としての特徴ならびにダイヤモンドや難削材料 を対象とした加工例についてご紹介いただいた.

本特集で紹介した事例の、今後ますますの発展を 期待すると共に、さまざまな高水圧関連技術が社会 実装されることで、われわれの生活がより実り多い ものとなることを期待する.

最後に,ご多忙にもかかわらず,ご寄稿いただい た執筆者の皆様に深く感謝するとともに、厚く御礼 申し上げる.

(原稿受付:2019年10月1日)

解説

高静水圧下における硬脆材料の延性モード切削加工

者 紹 介

野 雅 彦

東京工業大学工学院 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1 E-mail: myoshino@mes.titech.ac.jp

1984年3月東京工業大学理工学研究科機械物理 1984年4月日本鋼管株式 工学専攻修士課程修了 会社中央研究所,1987年4月東京工業大 2008年同大学大学院教授,超微細加工, 1987年4月東京工業大学助手 工の研究に従事. 日本機械学会, 会, 精密工学会などの会員. 博士 (工学)

1. はじめに

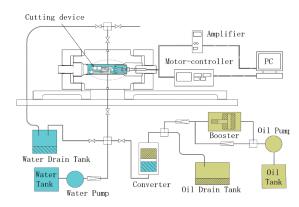
ガラスやシリコンウエハなどの多くの硬脆材料は 優れた物性を有し、電子デバイスや光学機器、高性 能機械部品などに利用されている. しかし硬脆材料 は常温では塑性変形をほとんど起こさないため、所 定の寸法、表面性状に加工するためには、大きな変 形が生じないように少しずつ削り取るラッピングな どの加工方法が採用されている. しかしながらこの ような加工では製造工程の高能率化は困難で、製造 コスト増大の原因となっている.

そこで高精度かつ高能率加工を実現できる切削加 工を硬脆材料に適用しようとする試みがなされてき た. しかし硬脆材料を切削加工すると工具の先端近 傍から亀裂が発生し、材料に多数の加工欠陥が生じ てしまうという問題がある. ところが加工深さがあ る値より小さくなると硬脆材料であっても延性的に 変形し、加工欠陥が生じない切削が可能になること が知られている.これを延性モード切削と呼び,延 性モード切削が可能になる最大切削深さを臨界切削 厚さと呼ぶ. 通常のソーダガラスで0.6µm程度,シ リコンウエハでは0.2μm程度であり, 加工能率を増 大させるためには臨界切削厚さを増大させることが 重要である.

そこで著者らは切削加工を高静水圧下で行うこと により硬脆材料の欠陥加工の発生を抑制し、臨界切 削厚さを増大させる方法を開発した¹⁾²⁾. 本稿では, そのために開発した高静水圧環境切削加工実験装置 の概要、これを用いた硬脆材料の切削実験および高 静水圧が切削機構に及ぼす影響について解説する.

2. 高静水圧環境切削実験装置

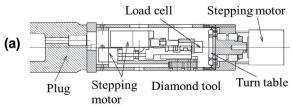
図1に、本研究で開発した高静水圧環境切削加工 試験装置の構造を示す。圧力容器,切削実験装置, 装置を駆動する制御系.油圧装置から成り立ってい る. 圧力容器はSUS630ステンレス製で最高 400MPaに耐えられる構造となっており、内部に切 削実験装置を挿入するための ø80×300mmの圧力 室がある.圧力媒体には水,ケロシン,フロリナー トなどの液体を用い, コンバーターを介し自作の電 動油圧ポンプにつなぎ、容器内に圧力を負荷する.



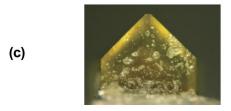
高静水圧環境切削加工実験装置の構成図

図2(a)に容器内に挿入する切削実験装置の構造, (b)に装置写真, (c)に実験に用いた単結晶ダイヤモン ド製切削工具の刃先部の顕微鏡写真を示す. 切削実 験は切削深さが 1 μm以下の条件で行うため,切削工 具の位置制御もサブ μ mレベルの分解能が必要であり、 また切削力による工具位置の変動が起きないように 十分な装置剛性が必要である. 圧力容器自体は強固 であるが,切削実験装置を圧力容器に固定すると圧 力による容器の膨張のため工具と試験片の位置が変 化してしまうという問題がある. そこで図2(a)に示 すように切削実験装置は剛性の高い円筒のパイプを フレームとし、その内側に工具ステージ、試験片を 固定するターンテーブル、駆動用モータ、センサー などすべてを組み込む構造とした. ターンテーブル

上の試験片や工具の交換は図2(b)のようにフレーム からターンテーブルを分離して行う. このフレーム は圧力容器の蓋に固定され圧力容器には接触しない ため、圧力による容器の変形の影響を受けない.







切削加工装置および切削工具

円筒フレーム内の工具ステージはステッピング モータで駆動され軸方向と半径方向に動作する. ターンテーブルもステッピングモータで駆動する. ステッピングモータは圧力により損傷しないよう, モータ外筒に穴を明け、圧力媒体が内部に流入し気 泡が排出されるようにした. 工具ステージには切削 力を測定する動力計, さらに切削工具を取り付ける. 動力計は両端固定はりを平行に二枚組み合わせた形 式で、半導体ひずみゲージを貼り、切削主分力およ び背分力を同時に測定する構造とした. これらの モータやセンサーのケーブルは特製の配線プラグを 介して圧力容器外に引き出し、外部のコントローラ に接続し、パソコンにて動作の制御および計測デー タの記録を行った.

3. 高静水圧下での硬脆材料の切削実験

図3に高静水圧下で溝切削したシリコンウエハの 切削痕の顕微鏡写真を示す.ほぼ同じ切削深さの切 削痕を左右に並べ、左列に 0 MPaの場合、右列に 400MPaの場合を比較してある. 400MPaの圧力下 では明らかに亀裂発生が抑制されていることがわか る. ガラスなどほかの硬脆材料であっても同様に亀 裂発生が抑制されることが確認されている.

図4に切削断面積(溝の断面積)に対する亀裂割

合(切削痕長さに対する亀裂長さの割合)の変化を 示す. 横軸は対数で表し縦軸は100分率で表してあ る. 図中白丸は0MPaの場合, 黒丸は400MPaの場 合である. この図より400MPaを負荷することによ り、亀裂割合が低下し、また亀裂が発生しない切削 断面積S。(亀裂割合がゼロになる切削断面積)が増 大することがわかる. シリコンウエハの場合には特 に顕著で、S。が100倍以上に増大している。静水圧 により加工欠陥の発生が抑制され、臨界切削厚さが 増大することにより切削効率の向上が期待される.

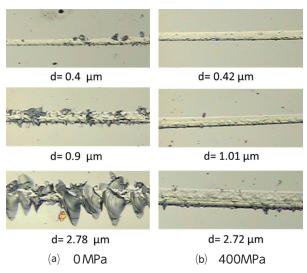
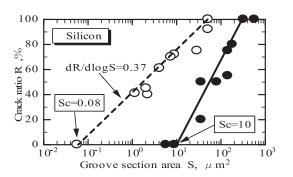


図3 シリコンウエハの切削痕の比較



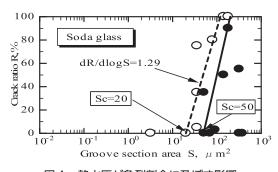


図4 静水圧が亀裂割合に及ぼす影響

4. 高静水圧が切削機構に及ぼす影響

高静水圧による破壊の抑制効果は線形破壊力学で 説明されている3)4). これを微細切削加工に適用す

るため、図5に示すように、もともと微小亀裂が含 まれている硬脆材料を切削するモデルを考える5). 切削加工により工具刃先近傍に発生した引張応力が これらの微小亀裂先端に応力集中を起すことにより 亀裂が進展し、チッピングなどの加工欠陥になる. この亀裂進展が生じる条件は次式で表わされる.

$$K_I > K_{IC}$$
 (1)

ここで K_{IC} は材料の破壊靭性値であり、また K_{I} は 応力拡大係数である. K,は微小亀裂に働く引張応力 σと亀裂長さaを用い次式で表される.

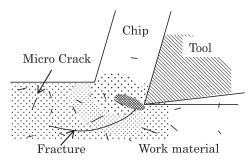
$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$
 (2)

外部より静水圧pを負荷した場合, 微小亀裂に作 用する引張応力が低下するため、応力拡大係数K/は 次式のように見掛け上小さくなる.

$$K_{I}' = (\sigma - p)\sqrt{\pi a}$$

$$= \sigma\sqrt{\pi a} - p\sqrt{\pi a} = K_{I} - K_{P}$$
(3)

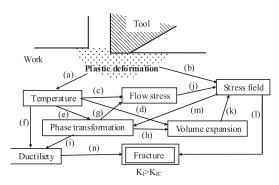
これにより亀裂進展が起き難くなり,加工欠陥の 発生が抑制される. 亀裂の存在確率, 応力分布など の影響を考慮すると、臨界切取厚さは負荷した静水 圧に比例して増大すること, また破壊靭性値と降伏 応力の3乗の比 (K_{IC}/σ_0^3) に比例することが示され る. これは実験結果からも検証されている.



硬脆材料切削時の亀裂進展機構 図5

このように高静水圧下の切削加工は切削効率の増 大に効果的であるが, 実用的なシリコンウエハの生 産加工に適用するには大型の高圧チャンバーの中に 精密切削装置を組み込まなければならず、実際には 困難である. しかし高静水圧下での切削実験は硬脆 材料の加工特性を研究する上で有効な実験技術であ る. 硬脆材料を切削加工すると材料内の応力分布だ けではなく温度変化も生じ、図6に示すように破壊 靭性値や流動応力,熱応力などに複雑に影響する. 硬脆材料の切削機構を解明するには応力と温度を独 立に制御し、それらの影響を定量的に評価する必要 があるが、通常の切削実験ではそのような実験は困 難である. それに対して高静水圧下での切削実験で は応力のみを独立に変化させることができるため, 温度と応力の影響を分離し、図6の相互作用を解明 できると期待される.

また高静水圧下で延性モード切削加工ができると いうことは、切屑内で材料が塑性変形を起こしてい ることを示している. シリコンは塑性変形を起こさ ないゆえに硬脆材料と呼ばれているが、 高静水圧を 利用することにより硬脆材料の塑性変形という一見 矛盾した特性を研究することが可能になる. このよ うな研究がシリコンウエハなど硬脆材料の加工特性 や機械特性の理解、および新たな加工技術の開発に 役立つと期待している.



硬脆材料の切削加工欠陥に影響を及ぼす因子

5. おわりに

本稿では高静水圧が硬脆材料の切削特性に及ぼす 影響を検討するために開発した高静水圧環境切削加 工実験装置の概要、およびこれを用いた硬脆材料の 切削実験について説明した. シリコンのような硬脆 材料であっても高静水圧を負荷した環境下では加工 欠陥が抑制され、延性モード切削加工が可能な臨界 切削厚さが増大する. また高静水圧下での切削実験 は硬脆材料の切削機構や機械特性を解明するのに有 効である.

参考文献

- 1) 吉野雅彦、北村元: 硬脆機能材料の高静水圧環境にお ける延性モード切削(第一報)高静水圧環境切削加工 試験装置の開発,精密工学会誌,68-9 (2002),pp. 1236-1240
- 2) 吉野雅彦, 北村元, 小川康文: 硬脆機能材料の高静水 圧環境における延性モード切削(第二報)高静水圧環 境における種種の硬脆材料の切削実験、精密工学会誌、 68-10, (2002), pp. 1351-1355.
- 3) 佐藤和郎、永井文雄:大理石円筒のねじりにおける静水 圧の影響, 日本機械学会論文集 I, 39, 325 (1973) 2658.
- 4) 坂田勝, 青木繁:静水圧下におけるガラスのねじり強度, 材料, 22, 237 (1973) 532.
- 5) Masahiko YOSHINO, Yasufumi OGAWA, Sivanandam ARAVINDAN: Machining of Hard-Brittle Materials by a single point tool under High Hydrostatic Pressure, trans. ASME, Manufacturing Science and Engineering, Vol. 127, Nov. (2005), pp. 837-845.

(原稿受付:2019年9月17日)

解説

食品用高圧処理装置

者 紹 介



Ш 前 明 紀

株式会社神戸製鋼所

〒676-8670 兵庫県高砂市荒井町新浜2-3-1 E-mail: maegawa.akinori@kobelco.com

2017年,株式会社神戸製鋼所入社.機械事業 3門 産業機械事業部 重機械部 IP技術室で 設計業務に携わり、現在に至る.

1. はじめに

食品の殺菌・加工方法として、古くから現在に至 るまでもっとも利用されているのは、加熱を利用し た方法である. 食品高圧力処理は, 1980年代後半 より日本で研究開発が盛んとなり、「殺菌用途や独 特な食感・風味を得る手段」として研究が進められ てきた. 1990年代後半より米国において食品高圧 力処理の実用化と一般製品への普及が進み、近年で は、日本国内でも食品高圧力処理の実用・応用への 需要と関心が高まってきている. そこで当社は社会 のニーズに応えるため、長年培ってきたCIP(Cold Isostatic Pressing)装置の技術¹⁾ を応用し、食品製 造会社向けに横型食品用高圧処理装置を開発した. 本稿ではこれら高圧力装置の概念や特長、食品高圧 力処理の適用事例について紹介する.

2. 国内外における食品用高圧力処理の状況

食品高圧力処理は、一般的に加熱処理のように化 学変化を促進しないため、ビタミンなどの栄養素や 香味成分などに対して影響を与えないという利点が ある2). また、たんぱく質やでん粉の変性、高圧不 凍域の利用(加圧急速解凍,圧力移動凍結,加圧不 凍域保存),酵素反応の制御(失活,活性化),生体 膜に対する効果(抽出,浸透)など,研究結果とし て豊富なデータが報告されている1).

日本では、これまで高圧力処理食品として、ジャ ムや米飯製品などが商品化され販売されたが、芽胞 菌の殺菌にはあまり効果がないことや、非加熱殺菌 方法として食品衛生法の認可を取得できなかったこ となどから, 一般製品への適用は限定的なものにと どまった. 一方,海外では、日本での活発な活動に 刺激されて1980年代後半から欧州を中心に基礎研 究が行われ、1990年代後半には米国で急速に実用 化が進展した. 現在ではジュース, 肉製品類をはじ めとし、ペットフード、ベビーフードなどにも幅広 く適用されている30.米国における代表的な高圧力 処理食品として、アボカドペーストがあり、賞味期 限を延長しながらも、素材本来の風味や色素などを 保持している.

近年, 日本の食品業界においても, 保存期間延長 のための添加物を使用しない食品や、従来にない独 特な風味、食感を持つユニークな製品を開発したい という要望が高まっており、それにともなって食品 高圧力処理が再び注目を集めている.食品の品質改 善方法だけでなく、加熱殺菌が適さない製品の保存 期間が長くなることによって、廃棄物の量や配送回 数削減につながる. さらに生産能力増強の手段とし ても、 高圧力処理に関心が寄せられている、 その一 例として二枚貝や甲殻類の脱殻処理がある. 二枚貝 は高圧力を加えることにより、貝柱を殻からはずし 身を簡単に取り出すことができる. 二枚貝などを取 り扱う水産加工業者では剥き手の人手不足が問題で あり、脱殻用途への高圧力処理が既に導入されてい $3^{4)}$.

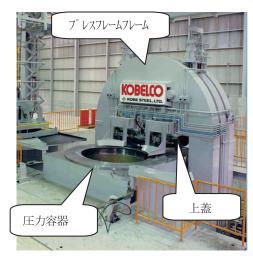
このように環境・エネルギー問題や人手不足問題 などにも貢献することが期待されている.

3. 食品用高圧処理装置

3.1 食品用高圧処理装置の構成

食品用高圧処理装置は、圧力媒体として水などの 液体を用いるCIP装置,あるいは最高90℃程度の加 熱機能を付加したWIP(Warm Isostatic Pressing) 装置が使用される.工業用途のCIP装置(図1)は, 圧力は最大700MPa以上, 容積は15㎡以上の装置 が生産設備として稼働中である. CIP(WIP)装置 の基本構造は、主に下記から構成される.

- 1) 高圧力を内部で保持する圧力容器と上下蓋
- 2) 圧力容器内の軸力を支えるプレスフレーム
- 3) 高圧力を発生させる増圧機と駆動源としての油 圧機器
- 4) 圧力媒体の封止、解放を行う弁と高圧配管



大型CIP装置 図 1

また、図2に示すように昇圧機構の違いによって つぎの二種類に分類される.

- 1) 外部昇圧式(図2(a)): 増圧機によって圧媒を 高圧力容器内に送り込んで昇圧する機構であり, 主に処理圧力600MPa以下の中大型機で採用さ れる.
- 2) ピストン直圧式(図2(b)): 高圧力容器にピス トンを押込むことによって圧媒を直接圧縮・加 圧する機構で、主に600MPa超の小型機で採用 される. 圧力容器と加圧シリンダが直列になる 構造のため、外部昇圧式と比較して装置本体が 大きくなる. 一方で、増圧機や高圧力配管を必 要としないため、装置全体の構成が簡素である.

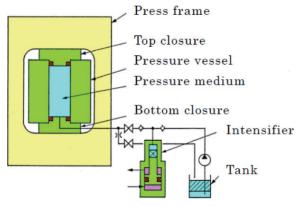


図 2(a) 外部増圧機による昇圧機構

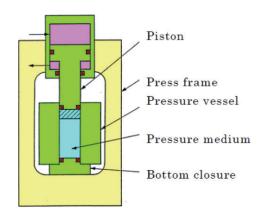


図 2(b) ピストン直圧式による昇圧機構

4. 横型食品用高圧処理装置の開発

4.1 開発の背景

近年、二枚貝の殼むきを行うむき手の高齢化と人 手不足が深刻化する中、かき生産者合同会社A社か らかきの殻むき用高圧処理装置の開発要望を受けた. そこで当社では横型食品用高圧処理装置を開発し, 2015年に400MPa機(処理容積100リットル)を 納入した. 装置外観を図4に示す.



横型高圧処理装置外観





図5 かきの高圧処理の様子

4.2 横型食品用高圧処理装置の特徴

4.2.1 装置高さの低減, 操作の容易性

高圧処理装置運転のフローを図6(a)~(c)に示す. 従来の縦型高圧処理装置と比較して、横型食品用高 圧処理装置はつぎの特徴5)を備えている.

①装置高さが2m程度に設計されており、天井高さ

が低い建屋にも設置可能である.

- ②設置面積が広いため、単位面積当たりの床面荷重 を軽減できる.
- ③処理品を充填したバスケット搬送部は、人の腰程 度の高さとなり、特殊な吊り具は不要である.
- ④バスケット搬送部の処理前後は、別々に配置され ているため、未処理品の混入を防止しやすい.
- ⑤圧力容器開口が水平であり、圧力媒体は処理ごと に必ず外部へ排出される. このため, 不純物の滞 留や沈殿を防ぎ、衛生状態を保持しやすい.

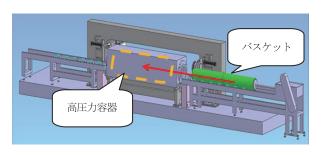


図6(a) バスケットを圧力容器内へ搬入

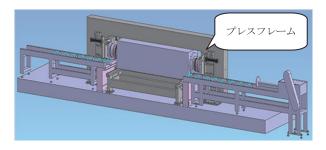


図 6(b) 圧力容器が移動し、高圧処理開始

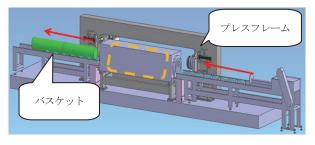


図6(c) 圧力容器が退避し、バスケットを搬出

4.2.2 計量・コンパクト

食品用高圧処理装置は、圧力容器と内圧による軸 方向荷重を支持する手段として鋼板製プレスフレー ムを用いている.この圧力容器とプレスフレームが 装置重量の多くを占める。 圧力容器は線巻き構造 (芯になる圧力容器の外周に鍛鋼の二倍の強度を持 つピアノ線を巻き付けて強化した構造)を採用する ことで、大幅な省スペース化と装置重量軽減を図っ ている⁵⁾.

4.2.3 サイクルタイムの短縮

食品産業では高い生産効率が必要なため、サイク ルタイムの短縮が要求される、そこで、高圧力の圧 力媒体を発生させるための増圧機を複数台搭載する ことにより処理時間の短縮を図っている. また、昇 圧工程だけでなく圧力容器内への給水工程の短縮も 必要である. 縦型高圧処理装置とは異なり、横型食 品用高圧処理装置は処理品の出し入れの際に圧媒を 全て排出するため,毎回圧力容器に圧力媒体を供給 する必要がある. このため, 圧力容器端面に給水導 入口を備えたフランジ部品を配置し、容器蓋の配置 移動によって給水と昇圧経路を切替えることで高速 給水を可能としている⁵⁾.

4.2.4 衛生面・安全面への配慮

食品機械では食品への異物や錆の混入を防ぐなど の衛生面に対する配慮・対策が重要である.

横型食品用高圧処理装置は圧力媒体に主として真水 を使用するため、接液部である圧力容器や増圧機、 配管のほか、周辺機器や装置カバーにもステンレス 材を採用し、防錆と安全対策を行っている.

5. おわりに

日本で世界に先駆けて開発され、高圧力を利用し た食品技術は、残念ながら近年では欧米に遅れを 取っているのが現状である.

今後、日本の食品業界に高圧力処理食品を普及さ せるためには、ソフト(プロセス、包装材など)面 の普及をはじめ、ハード面では装置の低価格化と高 速化による生産性の向上が求められる.

また米国では, すでに高圧力処理飲料の衛生基準 が定められているが、日本国内では食品衛生法にお いて清涼飲料水の製造基準が存在するものの、残念 ながら高圧力処理に関してはいまだ認可にはいたっ ていない³⁾. 認可に関しては、産官学連携で進めて いくことが重要であり、当社もこれまで培ってきた 高圧力装置の技術を活かして、日本の食品高圧力処 理の発展に貢献していく.

参考文献

- 1) 岸新和: R&D 神戸製鋼技報, No. 5882), 24 (2008)
- 2) 山本和貴:食品と容器, No. 56(9), 640 (2015)
- 3) 加藤雅敏:食品と容器, No. 57(8), 476 (2016)
- 4) 白樫浩: 高圧力の化学と技術, No. 26(4), 333 (2016)
- 5) 前川明紀: 高圧力の化学と技術, No. 29(1), P16-21 (2019)

(原稿受付:2019年8月2日)

解説

超高圧水による塑性加工を用いた拡管技術の紹介

者 紹 介 河 原 直 也 株式会社 スギノマシン 〒436-0047 静岡県掛川市長谷1300番地 e-mail: tool@sugino.com 2014年富山県立大学工学部機械システム工学 科卒. 2014年スギノマシン入社. 現在入社6年目

1. はじめに

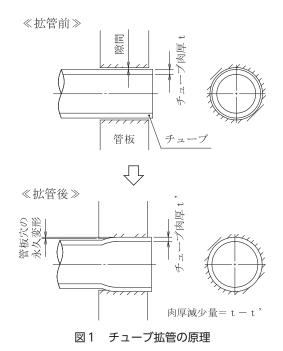
石油化学プラントや火力発電所などで使用されて いる熱交換器は、長く使用すると熱交換部である チューブ周辺にスケールや錆が付いたり、穴が空い たりして熱交換の効率が低下する. 低下した熱交換 の効率を復元させる場合、チューブを洗浄する方法 と、チューブを交換する方法がある.

本稿では、熱交換器の製造やチューブ交換におい て、最大400MPaの水圧による塑性加工でチューブ を拡管する、超高液圧拡管技術について紹介する.

2. 熱交換器の拡管作業

熱交換器へのチューブの組み付け方法として, チューブを内側から押し拡げて管板穴に固着させる 拡管工法がある. 図1にチューブ拡管の原理を示す. 拡管前は、管板穴とチューブとの間に隙間があるが、 拡管していくとチューブは塑性変形し、管板穴に密 着して隙間がなくなる. さらにチューブを拡げると, 管板穴は弾性変形で拡がるため、拡管終了後には永 久的な弾性ひずみが生じて、チューブが強固に固着 される. 拡管によるチューブの固着は、①気密性向 上による高効率化,②継手部の高強度化,③溶接に よる固着と比較して安価、の利点があり、多くの熱 交換器の製造現場で拡管工法が採用されている.

熱交換器の製造における拡管工法には、ローラの 転圧によってチューブを拡げるローラ拡管法が古く から用いられ、現在も主流である. しかし、熱交換 器の効率を向上させるために、熱交換器そのものが 大型化し, 耐食性や耐熱性に優れた特殊材料が使用 されるようになると、ローラ拡管では、①拡管長さ が長くなったことによる作業時間の増加、②難加工 材料の拡管による、工具寿命の著しい低下、の問題 が顕在化した.そこで、ローラ拡管法に変わる新た な拡管工法として, 超高圧水の圧力を活用した液圧 拡管工法を確立し、1977年に最初の液圧拡管装置 を市場に投入した. 液圧拡管は, 作業時間をローラ 拡管の1/2~1/10程度に短縮でき、ローラでは 拡管が困難である特殊材料にも対応できる. 以来, 多くのユーザに導入されてきたが、作業現場からは、 装置の省スペース化や、メンテナンス性の改善が望 まれていた. これらの要望に応えるために、改良型 を開発した1).



3. 改良型超高液圧拡管装置について

本装置は、駆動源にサーボモータを使用して発生 させた超高圧水をチューブ内面に直接作用させ, 水 圧で拡げて管板穴に固着させる拡管装置である. 内 そ ϕ 10mm \sim 46mmのチューブサイズで,鋼管や銅 管,SUS管,インコネル管などさまざまな金属 チューブを拡管できる. 図3に仕組みを示す. 本装 置は、超高圧水を発生・制御する「コントロールユ ニット」と、チューブ内に挿入し超高圧水をチュー ブに作用させる「ガンユニット」から構成される.

3.1 コントロールユニット

図3(a)に示すとおり、本装置では、超高圧水を発 生させる駆動源として、サーボモータを採用した、 加圧媒体は水である. サーボモータの回転方向の力 を,ボールねじにより直動方向に転換してプラン ジャを押込み、超高圧を発生させる、押し出された 超高圧水は、給水・排水弁をとおってガンユニット 側に送水される. 給水・排水弁はソレノイドバルブ でON/OFFし、電気信号で圧力の保持と解除ができ る. ここで駆動源がサーボモータであるため、高精 度に超高圧水の圧力と流量が制御できる. また, 一 般的にチューブを拡管するには100~400MPa程度 の圧力が必要である. そのため最大400MPaの圧力 を出せる(表1参照).加圧媒体は、プランジャを 引くことで給水タンクから吸引できるため、給水ポ ンプが不要である. さらに1回の拡管に必要な水量 は15ml~300ml程度と微量なため、本装置は、コ ンパクトかつシンプルな構造となった.

吐出圧力 [MPa]	100 ~ 400
吐出量 [ml/ストローク]	17
使用空圧 [MPa]	0.5 ~ 0.6
電動機出力 [kW]	1.8
外観寸法 [mm]	幅480×奥行585×高さ1100
質量 [kg]	200

表1 コントロールユニットの仕様

3.2 ガンユニット

図3(b)に示すとおり、コントロールユニットで発 生させた超高圧水は, チューブ内に挿入したアクア マンドレルに供給され、樹脂製の液袋が膨らむこと で拡管する.

液袋の前後には、内径が変動しても超高圧水が漏 れ出ないように3種類の特殊なバックアップリング を配置している. バックアップリング1は樹脂製で, 超高圧水の圧力で軸方向に押し潰され、チューブ内 径に密着するまで直径が拡大し、バックアップリン グ1とチューブ内径との隙間を埋める. バックアッ

プリング2,3は金属製である. バックアップリン グ3にはリングの軸方向にスリットが加工してある. バックアップリング3は円錐状のバックアップリン グ2に押されることで直径がチューブ内径に密着す るまでラッパ形状に拡張し、バックアップリング2 とともにバックアップリング1側面を全面で受ける. それにより超高圧水により、チューブ内径が変動し ても、液袋は超高圧水をシールできる.



図2 超高液圧拡管装置による拡管作業の風景

3.3 改良型の特長

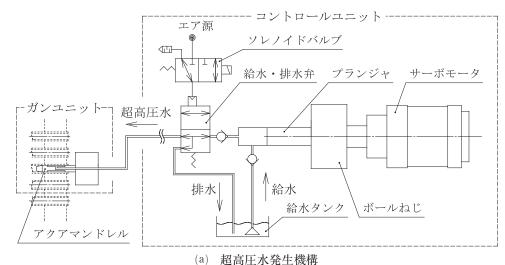
改良型は上記に示した仕組みにより、以下に示す 特長を有している.

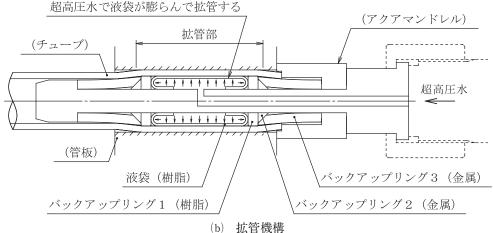
① メンテナンスが容易

給水ポンプがなく、加工構造がシンプルであり、 エラー内容がタッチパネルに表示されメンテナ ンス箇所が適切にわかるため、メンテナンスが 容易である.

- ② タッチパネルやボタンによる簡単操作 タッチパネルで加工条件を入力し, ガンユニッ トに取り付けた起動ボタンを押すだけで、拡管 できる.
- ③ 拡管時間の短縮が可能

拡管長さが長い場合、ローラ拡管では、1度に 拡管できる最大長さが70mm程度なので、数回 に分けて拡管する必要がある. それに対し液圧 拡管では、最大拡管長さが500mmまで可能で あり、一挙に拡管でき、拡管時間が大幅に短縮 できる. 表 2 に拡管長さ100, 200mmの場合 の液圧拡管とローラ拡管による拡管時間の比較 を示す.





超高液圧拡管装置の仕組み 図3

表2 拡管時間の比較例

チューブサイズ		O.D.19mm×t2mm	
チューブ材質		SUS304	
拡管長さ		100mm 200mm	
拡管時間	液圧	8秒	10秒
加昌时间	ローラ	24秒	48秒

4. 超高液圧拡管装置を用いた耐圧試験機への応用

本装置の機能を使い、超高圧水を耐圧試験の対象 物に注入することで、耐圧試験機としても活用でき る. 一般的な耐圧試験機に比べて, 設置場所を小さ くでき、メンテナンスしやすい、図4に耐圧試験時 のタッチパネル画面を示す. 耐久テスト用のタッチ パネル画面に圧力(50~400MPa)と保持時間, 昇圧段数(最大5段)を入力する. 吐出量は, 1ス トローク当り17mlで最大120ml/minとなる. 昇圧 中はタッチパネル画面で昇圧状況を確認できる. 昇 圧結果はSDカードに記録できる. 対象用途として は、自動車用のコモンレールや圧力センサの耐圧試

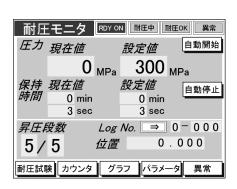


図4 耐圧試験用タッチパネル画面

験機、バルブの漏洩試験などに活用できる、拡管後 の拡管部の耐圧試験にも利用できる.

本装置は、熱交換器製造の工期短縮や作業負荷低 滅に貢献してきた. 今後は耐圧試験機としても, 自 動車産業や半導体産業などの業種で貢献できる.

参考文献

1) http://www.sugino.com/

(原稿受付:2019年8月2日)

解説

食品製造のための高圧力(高静水圧)技術

者 紹 介



とおる 松

新潟薬科大学応用生命科学部 〒956-8603 新潟県新潟市秋葉区東島265-1 E-mail: shige@nupals.ac.jp

東京大学農学部農芸化学科卒 同大学大学院農学生命科学研究科博士課 2006年より新潟薬科大学応用生命科学 部に着任。2012年より同大学教授。2018年に同 学応用生命科学部長 専門分野は微生物学, 高圧食品加工技術. 博士(農学)

1. はじめに

高圧力(高静水圧)を食品に施す食品高圧加工は, 元来、非熱的に食品中の微生物を不活性化すること で腐敗を防止し貯蔵期間の延長を目的として発展し てきた¹⁾. 一方で、脂質、タンパク質、でん粉など の生体物質に及ぼす高圧力の影響についての研究も 進められてきた.

室温において、おおむね100MPa以上の圧力(静 水圧)条件において脂質二重膜の相転移が生じ、細 胞膜やオルガネラ膜が損傷することが知られてい る^{2,3)}. 細胞の内部構造や膜構造が損傷を受けると, 細胞内外の物質移動が促進する40. そのため、食品 素材に高圧処理を施すことで、乾燥、吸着、抽出な どの効果が高まることが期待される50.

タンパク質は比較的圧力耐性が高く, おおむね 200~300MPaで多量体タンパク質が解離し、400 ~800MPaで単量体タンパク質の圧力変性が生じ る20. タンパク質の種類によって、変性が生じる圧 力, つまり圧力耐性が異なる. 圧力耐性の高い酵素 のなかには、600MPaの圧力条件においても活性を 示す例も報告されている⁶⁾.

でん粉は100~600MPa程度でいわゆる「圧力 糊化」が生じ、アミラーゼによる消化性が増す. で ん粉の種類によっても, 圧力糊化の挙動は異なり, 小麦でん粉、トウモロコシでん粉は300~ 500MPaでアミラーゼ消化性が著しく増加するが、 馬鈴薯でん粉の場合は約500MPaの高圧処理を施し

てもわずかにアミラーゼ消化性が高まるに過ぎな い⁷⁾. 以上のような重要な基礎的知見の蓄積⁸⁾にと もなって、おおむね100~600MPaの圧力を応用し、 食品の物性、成分を改変する新しい食品高圧加工技 術の研究開発も進められている9-11. 本稿では、こ れまで我々が行ってきた、米粉の微細化ならびに日 本酒の醸造への高圧処理の応用に関する研究につい ての取り組みを紹介したい.

2. 高圧処理を応用した微粉砕米粉の製造

米粉は、我が国をはじめアジア諸国においてさま ざまな食品を製造するために用いられている. 小麦 粉など他の穀物粉と比較すると、米粉には淡白な味、 白色、消化性の良さ、そして低アレルギー性などの 優れた特徴がある. これらの特徴により、米粉を他 の穀物粉の代替として利用しようとする試みが、近 年注目されている.

米粉の需要ならびに用途の拡大にしたがって、平 均粒径が小さくでん粉粒の損傷の少ない微細米粉が 求められている。 高圧条件下におけるタンパク質の 立体構造の変化により、いくつかの酵素の見かけの 活性が増大する知見、穀類などの吸水力が高圧条件 下で向上する知見にヒントを得て、著者らは、 1998年,新潟県農業総合研究所食品研究センター が開発した「酵素処理製粉法12)」に高圧処理を組み 合わせた「高圧酵素処理製粉法」を開発した13,14).

酵素処理製粉法は、ペクチナーゼ溶液に精白米を 一定時間浸漬させることで、米組織の崩壊を促し、 その後、比較的穏やかな湿式気流粉砕を行い製粉す るものである.ペクチナーゼの活性に及ぼす圧力の 影響を解析したところ, 0.1MPa(大気圧)から 200MPaまで処理圧力の増加にともなってペクチ ナーゼの活性が上昇したが、300MPaでは200MPa より低くなった. この結果から, 200MPaの圧力条 件でペクチナーゼの活性がもっとも高いことが判明 した. 一方, 米粒の吸水性能は, 0.1MPaから 300MPaまで圧力の増大にともなって向上した. そ こで、酵素浸漬工程を200MPaの圧力条件で行い、 湿式気流粉砕を行った結果,平均粒径20μm未満,

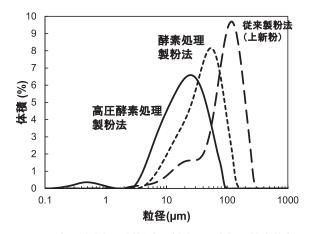


図 1 高圧酵素処理製粉法で製造した米粉の粒度分布

でん粉損傷度5%未満の高品質の超微細米粉が製造 できることを見出した (図1).

酵素処理製粉法で製造した米粉と比較して、「高 圧酵素処理製粉法」で製造した米粉の平均粒径はほ ぼ半分となったが、でん粉損傷度はほぼ同等の値を 示した. 米粉製造への高圧処理の応用としては初の 事例であり、高圧処理によって、高品質かつ微細な 米粉の製造を可能とした.

現在、高圧酵素処理製粉法で製造した超微細米粉 を「スーパー米粉」と名付け、加工特性ならびに利 用適性の検討を進めている. スーパー米粉は粒度が 細かくざらつきが少ない. また, でん粉損傷度が低 いので、べたつかず、適度な吸水性と加工性に優れ た特性を示している. 用途として, なめらかさや しっとり感を持たせたいパン、洋菓子、麺などの食 品の製造に適している。引き続き、加工特性・利用 適性の検討に加えて産官学連携体制の構築を進め、 この「スーパー米粉」の実用化へ向けた取り組みを 続けていきたい.

3. 高圧殺菌工程を組み込んだ日本酒の醸造

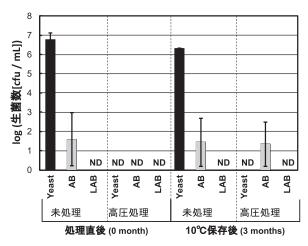
日本酒の輸出は年々増加しているが、輸出量はい まだ国内出荷量の約4.4%に過ぎない. 清酒など通 常の日本酒は「火入れ」と呼ばれる高温処理工程を 経て、微生物を殺菌するとともに麹菌由来の酵素を 失活させ,保存性を高めている.一方,「火入れ」 を施さない生酒、活性にごり生酒などは、吟醸香特 有のフレッシュかつフルーティーな風味が残ってい るため、外国人や若者の嗜好性にかなう酒質と考え られ、潜在的な需要があると考えられる. しかし、 これらの生酒、活性にごり生酒などは品質劣化が速 いため、冷蔵流通が必須であり保存性が著しく低い. 特に、活性にごり生酒は製品中に生きた酵母が残存 するため、冷蔵条件においても、流通・保存中に糖 質の減少、エタノール濃度の増加、炭酸ガスの発生

など、微生物由来の品質の劣化が生じるため、取り 扱いの難しい日本酒とされている. われわれは, 火 入れ工程を、高圧処理で代替することで、生酒、活 性にごり生酒などのもつ風味を維持しながら保存性 を高めることをねらって, 高圧殺菌技術を応用した 新しい日本酒醸造技術の開発を行った15).

純米吟醸酒の発泡性にごり生酒の製造を目指した 醸造プロセスの設計を行った。主発酵後のもろみと 生酒を瓶詰めし、瓶内二次発酵を行う. そして、瓶 ごと高圧処理を行い殺菌するというものである. 瓶 の材質には、高圧処理に対応できるように伸縮性の プラスチックボトル (PETボトル) を採用した. 瓶内 二次発酵の後、400MPa(室温)の高圧処理を 10min行うことで、製品中に残存していた酵母は完 全に不活性化することが判明した.

高圧処理を行った製品を、10℃で3ヶ月間保存 し、高圧未処理の製品(対照)と比較した.成分分 析の結果、高圧力未処理の製品は、保存中に発酵が 進み、アルコール濃度および日本酒度が増加し、グ ルコース濃度が減少していた. 一方, 高圧処理を 行った製品については、アルコール濃度の変化は認 められず、日本酒度も変化しなかった.カプロン酸 エチル、グルコース濃度には若干の増加が認められ たが、日本酒の風味の指標物質であるイソアミルア ルコール、酢酸エチル、酢酸イソアミルについては 保存中の変化が見られなかった. 官能評価の結果も、 高圧処理の有無による有意な差は認められなかった. 微生物については、保存後に好気性細菌がわずかに 検出されることもあったが、酵母、乳酸菌について は3回の実験いずれも検出限界以下であった(図 2). 検出された好気性細菌も、保存中に増殖をし ている様子は認められなかった.

以上の結果から、400MPa(室温)の高圧処理を



高圧処理直後および3か月保存後の酵母 (Yeast). 図 2 好気性細菌 (AB), 乳酸菌 (LAB) の生菌数

10min行うことにより、高圧力処理により完全に酵 母の発酵を抑えることができた. その結果, 保存中 の酵母由来の品質の変化がなく、10℃の条件で少 なくとも3ヶ月間は実用上問題なく保存できること がわかった.

2017年から2018年にかけて、この醸造プロセス により製造した高圧処理発泡性にごり生酒を、国内 外の日本酒の展示会に出展して市場調査を行った. 国内においても、アメリカ、フランス、香港におい てもこの新しい日本酒の商品としての評価は高く, 本研究で目指した、保存性が向上した発泡性にごり 生酒という商品コンセプトの潜在的市場価値が確認 できた. 今後, ビジネスとして高圧処理発泡性にご り生酒の実用化ならびに海外輸出を可能とするため の重要な足がかりが得られた.



高圧処理を応用した発泡性にごり生酒

開発した醸造プロセスにおける高圧処理の条件, 400MPa (室温), 10minでは酵母の不活性化には 十分であるが、麹菌由来の酵素はほとんど不活性化 できなかった. そのため、麹菌由来の酵素の残存活 性による保存中の風味の劣化が課題として残った. 現在, 酵素活性を低減させる高圧処理条件の検討を 行い¹⁶⁾, さらに保存性を向上させた高圧処理日本酒 の醸造技術の確立に向けて研究を進めている.

4. おわりに

本稿では、われわれが取り組んでいる食品高圧加 工技術の実例として、高圧技術を応用した米粉の微 細化、発泡性にごり生酒の保存性の向上について紹 介した. わが国では現在までに, 高圧加工ジャム, 高圧処理無菌米飯、水産物エキスなどの高圧加工食 品が実用化されてきた. また. かきの殻むきなど加 工技術への高圧処理の応用も進められている. しか し、海外と比較して高圧加工食品が普及していると はいえない状況にある. われわれも研究成果の応 用・産官学連携による実用化のための取り組みを進 め、わが国における食品高圧加工技術のさらなる発 展ならびに普及に向けて取り組んでいきたい.

5. 謝 辞

本研究は、科学技術振興機構「新潟県地域結集型 研究開発プログラム」(平成19~24年度), 文部科 学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」(平 成22~26年度),農業・食品産業技術総合研究機 構 生物系特定産業技術研究支援センター「革新的 技術開発・緊急展開事業(地域戦略プロジェクト)」 (平成28~30年度) の支援を受けて実施したもの

- 1) Michiels, C., Barlett, D.H., Aertsen, A. eds.: Highpressure microbiology, ASM Press, Washington, DC
- 2) Meersman, F., Heremans, K.: High hydrostatic pressure effects in the biosphere: from molecules to microbiology, in High-pressure microbiology, Michiels, C., Barlett, D.H., Aertsen, A. eds., ASM Press, Washington, DC, p. 1-17 (2008).
- 3) Kato, M., Hayashi, R.: Effects of high pressure on lipids and biomembranes for understanding highpressure-induced biological phenomena, Biosci. Biotechnol. Biochem., Vol. 63, No. 8, p. 1321-1328
- 4) Eshtiaghi, M.N., Stute, R., Knorr, D.: High-pressure and freezing pretreatment effects on drying, rehydration, texture and color of green beans, carrots and potatoes, J. Food Sci., Vol. 59, No. 6, p. 1168-1170 (1994).
- 5) Ueno, S., Izumi, T., Fujii, T.: Estimation of damage to cells of Japanese radish induced by high pressure with drying rate as index, Biosci. Biotechnol. Biochem., Vol. 73, No. 8, p. 1699-1703 (2009).
- 6) Knorr, D., Heinz, V., Buckow, R.: High pressure application for food biopolymers, Biochim. Biophys. Acta, Vol. 1764, No. 3, p. 619-631 (2006).
- 7) 山本和貴:澱粉の圧力糊化, 高圧力の科学と技術, 23, 39-46 (2013).
- 8) Akasaka, K., Matsuki, H. eds.: High pressure bioscience - Basic concepts, applications and frontiers, Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht (2015).
- 9) Yamamoto, K.: Food processing by high hydrostatic pressure, Biosci. Biotechnol. Biochem., Vol. 81, No. 4, p. 672-679 (2017).
- 10) 山本和貴: 食品高圧加工の動向―関連科学技術の進展―. 食品と容器, Vol. 56, No. 9, p. 540-549 (2015).
- 11) 重松亨,西海理之 編:「進化する食品高圧加工技術―基 礎から最新の応用事例まで一」, エヌ・ティー・エス, 東京(2013)
- 12) 諸橋敬子, 鍋谷隆史, 吉井洋一, 江川和徳:小麦粉の 代替品となる米粉の製造方法及び当該米粉を使用した 加工食品,特許3076552号(1998).

- 13) Kido, M., Kobayashi, K., Chino, S., Nishiwaki, T., Homma, N., Hayashi, M., Yamamoto, K., Shigematsu, T.: Super-fine rice flour production by enzymatic treatment with high hydrostatic pressure processing, High Pressure Res., Vol. 33, No. 2, p. 237-244 (2013).
- 14) 本間紀之, 西脇俊和, 小林兼人, 木戸みゆ紀, 山本和貴, 重松亨、鈴木敦士:米粉の製造方法並びに米粉並びに 米粉加工品,特許第5326147号(2013).
- 15) 重松亨, 髙橋巌, 青木俊夫, 金桶光起, 関根章智, 宮 脇琢磨、前田聡、伊藤満敏:高圧力殺菌技術を用いた
- 発泡性にごり生酒「AWANAMA」の開発、高圧力の科 学と技術, Vol. 29, No. 1, p. 22-30 (2019).
- 16) Shigematsu, T., Okada, N., Nomura, K., Kataoka, C., Hori (Ujiie), S., Takahashi, I., Aoki, T., Kuribayashi, T., Kaneoke, M., Iguchi, A.: Effect of high hydrostatic pressure on enzyme activity in unpasteurized draft sake, High Pressure Res., Vol. 39, No. 2, p. 313-323 (2019).

(原稿受付:2019年9月11日)

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

2019年度ウィンターセミナー

「フルードパワーに利用できるマイコン技術 ・機器の駆動に関わるマイコン技術(ハード&ソフト編)〜」

開催日時:2020年3月12日(木)~13日(金)10:00~17:00(予定)

場: 高度ポリテクセンター (〒261-0014 千葉県千葉市美浜区若葉3-1-2)

マイコンなどについて興味はあるが、具体的に何に使え るかわからない. また、業務に直接関係ないが概略は知り たいなど、これからマイコン(組込み技術)を始める方、 もしくは一般的な知識として知りたいなど、マイコンを使っ たことのない受講者に対してマイコン(組込み)技術の概 略がわかる講座を開催します. 本講座では、実際の油空圧

機器に用いられるマイコンの基本的な動作・機能を紹介す るため、実際にマイコンを使った実習用ボードを作成し、 機器を動かす実習も実施します. なお, 講座で製作した実 習用ボードは持ち帰れます. この機会にマイコン(組込み) 技術に触れてみよう、その後も使ってみようという方のご 参加をお待ちしています.

解説

微細層流ウォータージェットを用いたレーザー加工機

著 者 紹 介



神 月 靖

SYNOVA JAPAN株式会社 〒152-0031 東京都目黒区中根 2-10-4 E-mail: kozuki@synova.co.jp

1989年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後 課程修了. 住友金属鉱山, 日本エスイーゼッ 期課程修了 ト勤務を経て、2011年SYNOVA JAPAN代表取締役就任、現在に至る、光学結晶育成の研究、めっきプロセス開発、枚葉ウェハ湿式装置の技 術営業に従事. 日本物理学会会員.

1. はじめに

レーザー加工では、被加工材料への熱影響が問題 となり、短パルス化、短波長化などの光源の改良が 広く行われている. 本解説では, 高圧ウォーター ジェットを用いて熱影響を抑制しながら、特徴的な 除去加工ができるレーザー加工機について述べる.

2. ウォータージェット誘導レーザー

2.1 界面での全反射現象による導光

光ファイバーがガラス界面での屈折率の差による 光の全反射現象を利用していることはよく知られて いるが、その発明に先駆けて光が界面での全反射現 象により曲がることをColladonは1842年に、曲がっ た水流に光を導入することにより示した1).

20世紀に入りレーザーが発明され、1980年代に レーザー・メスあるいは、ウェータージェット・メ スから着想を得て、層流ウォータージェットにより レーザー光を導く技術が考案されたのは自然な流れ であった.しかし,例えば、アイデアのみの特許2) であったので、極めて深刻な問題となる水中での熱 レンズ効果に気づかなかった.

実際に実験を行い、熱レンズの問題に直面したリ ヒエルツハーゲン (Richerzhagen) は、非常に狭 い幅のラジアルスリットフローをウォータージェッ ト発生機構に用いることにより、水中熱レンズ効果 の問題を解決し、層流ウォータージェット誘導レー ザー技術を確立した3),4).

一般に安定したウォータージェット発生機構では, ウォータージェット発生の前段で整流するために, 液体供給空間を設置する(図1)^{2),5)}. この空間に オリフィスの対向側からレーザー光を導入した場合. レーザー光は波長に応じて途中の水に吸収され、熱 エネルギーに変換される. レーザー光は中心部のエ ネルギーが外側に比べて高いので、レーザー光の進 行方向に垂直な面では,中心部の温度上昇が周辺よ り大きい. すなわち、より水の体積が膨張して密度 が周りに比べて小さくなる. この時、水中での屈折 率分布により水中に凹レンズが形成され、オリフィ スの近傍に集光していたレーザー光が拡がる⁶⁾. こ れによりオリフィスが直接あるいは間接的に破壊さ れ、ウォータージェットが層流状態を維持できなく なる. これが、リヒエルツハーゲンが遭遇した ウォータージェット誘導レーザーにおける技術的な 阻害要因であった4). 照明光程度では問題にならな いが、 10^{8} - 10^{9} W/cmのようなエネルギー密度の高 いレーザー光を高圧ウォータージェットにカップリ ングさせようとすると起きる.

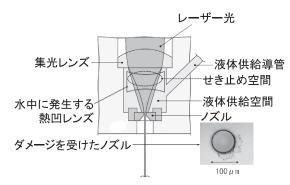


図 1 「せき止め空間」³⁾があるウォータージェットのための 液体供給空間^{2,5)}. オリフィス近傍に集光したレ-ザー光が、熱レンズ効果で乱れ、オリフィスが破壊 され(右下写真)層流状態が崩れる.

2.2 ラジアルスリットフロー

平行円板間放射状流れ(ラジアルスリットフロー) は、香川らにより騒音の小さい減圧機構の空気圧シ ステムとし提案された7). 圧縮性の空気を水に替え, 流体の流れ方向を逆にしたものが、微細層流ウォー

時間□

タージェット用のラジアルスリットフローとなる (図2). リヒエルツハーゲンは、この液体供給空間 を「ディスク状に従って液体せき止め空間のないよ うに形成」と定義している³⁾. レーザー光と水との 重なりを極力短くするという考えから到達した構造 だが8)、微細な層流ウォータージェットを発生させ るためにも合理的な構造である. 可視化実験により 高レイノルズ数の流れであるにもかかわらず、乱流 への遷移が起こらず、レーザー光を材料に導くのに 適した層流状態のウォータージェットを発生させる ことができることが示された⁹⁾.

同様の原理に基づいたレーザー加工装置で、同じ ようなラジアルスリットフロー構造10,11). あるいは オリフィスへのレーザー光の集光のさせ方に特徴を 持った液体供給空間構造も報告されている12).

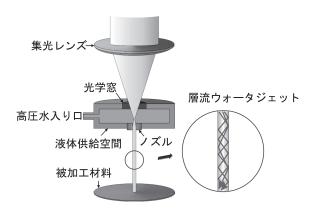


図2 100µm径以下のノズルオリフィスから噴出する高圧 層流ウォータージェットに高出力レーザー光をカッ プリングさせるラジアルスリットフロー構造(せき 止め空間がない³⁾).

2.3 レーザー加工としての特徴

微細層流ウォータージェットによって誘導される レーザーによる加工(以下簡単に水レーザーと記述 する)は、原理的に水に吸収されない波長のレー ザー光が必要である. 水による吸収が少ない領域で 比較的大きな出力が得られるのが、LD励起のYAG レーザーである. その基本波 (1,064nm), 二倍波 (532nm), 三倍波(355nm)を使用することがで き、水レーザーは主に以下の三つの特徴を持ってい る.

2.3.1 最小の熱影響

水レーザーでは図3に示すようにレーザーパルス 間に高速ウォータージェットが連続的に作用するこ とにより被加工物への熱影響を抑制している. 材料 により熱影響の深さは変わるが、SiC単結晶基板で は数μm深さと推定される¹³⁾.

ウォータージェットによりレーザーパルスで熔融 した部分は直ちに冷却されると同時に, 通常のレー

レーザーによる昇温と熔融 温度

水による冷却と物質除去

図3 レーザーパルスによる熔融と高圧ウォータージェッ トによる冷却の高速繰り返し現象が水レーザー.

ザー除去加工におけるアシストガスよりも効率的に 熔融物質を系外に排出する. 図4に加工時のその場 写真を示す14).

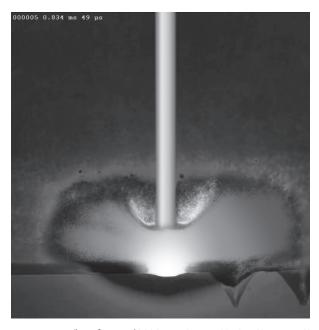


図 4 レーザーパルスが材料に吸収され熔融,蒸発,昇華 する現象はふつうのレーザーと同じだが、発生する プラズマ空間により高温表面と常温の水が分離され ている. 高速度カメラによるその場写真14)

2.3.1 焦点がない平行ビーム

レーザー光の焦点はウォータージェット開始点の ノズルオリフィス近傍に位置し(図2)、全反射現 象によりウォータージェット径の1000倍にも及ぶ 距離にレーザー光を作用させることができる¹⁵⁾こ のような除去加工を高精度に同じ軌跡で繰り返すこ とにより、厚い材料でも上部から下部に渡って同じ 除去幅となる (図5).

2.3.2 熔融,昇華物の影響

熱によるレーザー加工の基本は物質の熔融, 蒸発, 昇華である. ふつうのレーザー加工ではアシストガ スが熔融あるいは蒸発、昇華した物質の系外への除

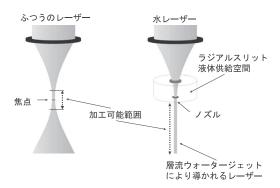


図5 水レーザーは、高圧ウォータージェットがレーザー エネルギーを層流先端まで伝達するので、正確に同 じ軌跡の掃引を繰り返すことにより垂直な深い加工 ができる。

去の働きをする. しかし限られた圧力などの理由に より除去が不十分である. 水レーザーではアシスト ガスより大きな高圧ウォータージェットの慣性力に より、効率よく熔融物などを加工表面から洗い流し、 加工条件を調整することで, バリ発生を抑制した除 去加工が可能である.

加工前に材料表面を水膜で保護し、加工後に速や かに洗浄することにより,清浄度の高い加工が必要 な半導体ウェハの処理も可能となる.

3. 加工応用例

3.1 ダイヤモンド

最も硬い物質ではあるが、常温常圧下では炭素の 準安定相なので、レーザー加工に適した材料である. 一般的なダイヤモンド工具のみならず、切断による 損失が少ないので、 高純度ナノダイヤモンド多結晶 体あるいは宝飾用原石の加工に有用である^{16,17)}. 図 6に原石から取り出せる宝飾用ダイヤモンドの大き さが、加工方法で変わることを示す.

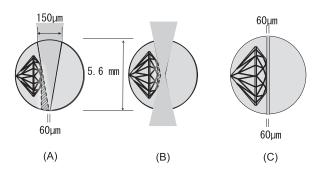
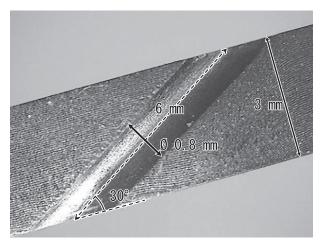


図6 原石から、宝飾用のダイヤモンドを切り出す際のふ つうのレーザー (A), (B) と水レーザー (C) の比 較を示す. 切断幅が狭いだけではなく, 熱影響を抑 制しているので、内在する欠陥による熱破壊も少ない.

3.2 複合あるいは難削材料

タービンブレードの耐熱温度の上昇にともない, 表面保護のセラッミック・コーティングが行われよ

うになった. 冷却穴は導電性の基材と非導電性のセ ラミックスの二層構造を持ち,放電加工のみでは加 エできない. 図 7 にTBC (Thermal Barrier Coating)が施されたインコネル材料のTBC側から 水レーザーで開けた細穴の断面写真を,図8に加工 後の熱影響を示す. このような複合材料の微細穴加 工あるいは、より進んだセラミックス基複合材料 (Ceramics Matrix Composites, CMC) の量産加工に も用いられている18).



水レーザーを材料表面に角度を持たせて真っ直ぐに 開けた細穴の断面写真.



出射側 入射側 $500 \mu m$

図8 図7の細穴の入射側と出射側の開口部. 入射側の TBCに熱影響がなく, 剥離がない.

また溶融物、蒸発物が水と一緒に処理されること で、原子力プラント解体時のためのヒュームレスエ 法として着目した研究例もある19).

4. ま と め

高圧ウォータージェットを用いたレーザー加工, 水レーザーは、ふつうの気中でのレーザーと違った 振る舞いを示す. レーザー光源, 層流ウォーター ジェットともに工夫することによりさらなる発展が 望まれる.

参考文献

1) Colladon, D.: Sur les réflexions d'un rayon de lumière à l'intérieur d'une veine liquide parabolique, Comptes

- Rendus, 15 pp. 800-802 (1842)
- 2) 山本卓, 石森彰:ウォータージェット型レーザー治療 装置, 特開昭60-193452, (1985)
- 3) リヒエルツハーゲン, ベルノルト: レーザーによって 材料を加工する装置,特許第3680864号,(2005)
- 4) 知的財産高等裁判所判決 平成24年11月29日, 平成24 (行ケ)10007 (2012)
- 5) Richerzhagen, B., Leiglon, E., Tasev, E., Delacrètaz, G. : Dispositif d'ablation de matière, notamment pour la dentisterie, EP0515983 (A1) (1992)
- 6) Richerzhagen, B., Delacrètaz, G., Salathè, R.P.: Complete model to simulate the thermal defocusing of a laser beam focused in water, Opt. Eng. Vol. 35, No. 7 pp. 2058–2066 (1996)
- 7) 香川利春,関田優,村山勝彦,内藤恭裕:制御弁,特 許第3573581号(2004)
- 8) Richerzhagen, B.: Entwicklung und Konstruktion eines Systems zur Uebertragung von Laserenergie für die Laserzahnbehandlung, EPFL (1994) Ph. D. thesis
- 9) 大川陽一, 村山拓人, 飯尾昭一郎, 尹鐘晧, 香川利春: 平行二円板間内向き流れの可視化,可視化情報学会論 文集 Vol. 32, No. 6 pp. 9-14 (2012)
- 10) 村椿良司, 永田幸明, 杉森正: 噴流液柱内に導かれた レーザー光によるレーザー加工装置 特許第5147445号 (2012)
- 11) 知的財産高等裁判所判決 平成24年11月29日, 平成24 (ネ)10023 (2012)
- 12) 佐々木基:レーザとウォータージェットの複合加工法, 砥粒加工学会誌 Vol. 56, No. 11 pp. 730-733 (2012)

- 13) Ikeda, A., Nishi K., Yoshikawa, K., Kozuki, Y., Asano, T.: Doping SiC with phosphorus using laser chemical processing, 38th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE 2012) Abst. No. O-Manufacturing 1-119, Toulouse, Sep (2012)
- 14) Diboine, J., Martin, R., Bruckert, F., Diehl, H., Richerzhagen B.: Towards near-net shape micromachining of aerospace materials by means of a water jet-guided laser beam, LiM 2017 Advance Program (2017)
- 15) Vágó, N., Spiegel, Á., Couty, P., Wagner, F.R., Richerzhagen, B.: New technique for high-speed microjet breakup analysis, Experiments in Fluids, Vol. 35, pp. 303-309 (2003)
- 16) Heath, P.J., Kuzen S.: Wetter is better-New development in wet laser machining of industrial diamond tools, Finer Points. Winter pp 8-12 (2015)
- 17) Synova, (2018/05/29). The Constellation Diamond cut with Synova's DCS 300 [動画ファイル]. https:// www.youtube.com/watch?v=HLX3HINz2-s [2019年 8 月15閲覧]
- 18) Gardiner, G.: Plant Tour: GE Aviation, Asheville, NC, US, CompositeWorld August pp. 36-45 (2017)
- 19) 椎原克典:レーザとウォータジェットを組み合わせた厚 板切断法, 第78回レーザ加工学会講演論文集pp 57-60 (2012)

(原稿受付:2019年8月19日)

会議報告

第8回FPM2019における フルードパワー関連技術の研究動向

者 紹 介



飯

信州大学工学部 〒380-8553 長野市若里4-17-1 E-mail: shouiio@shinshu-u.ac.jp

2004年宮崎大学大学院工学研究科博士後期課 修了. 信州大学助手, 2011年同大准教授, 現 在に至る. 油圧制御,流体関連振動の研究に従事. 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

2019年 4 月10日~ 13日に第 8 回International Conference on Fluid Power and Mechatronics (FPM2019)¹⁾が中国武漢市のEast Lake International Conference Centerで開催された(写真 1). この国 際会議場は風光明媚な東湖の畔に位置する. 武漢市 は自然が豊かで湖や公園が多く, 会場周辺も新緑で 囲まれていた. 近くの長江右岸の蛇山山頂には有名 な歴史建造物である黄鶴楼があり、雨天にも関わら ず多くの観光客がいた(写真2).

この会議は1991年に初めて開催され、Fluid Power Transmission and Control Institution of China (FPTCI) の主催で4年おきに中国国内の大 学にて開催しているフルードパワーとメカトロニク スに関する国際会議である. 今回は華中科技大学が



国際会議場メインホール



写真2 黄鶴楼

中心となり運営され、FPTCI会長で燕山大学副学長 でもあるXiangdong Kong教授が議長を務められた.

約500名の参加者のうち95%程度は国内からで、 国外からの参加はきわめて少なかったが、中国全土 から研究者や関連企業が一堂に会する本会議はフ ルードパワー関係者の情報交換や交流の場として大 きな意義があるとのことであった. 会議の規模が大 きく中国でのフルードパワー研究の活発さを強く感 じた.

1日目は参加登録とディナーのみ, 4日目はツ アーであり、2日目と3日目が実質的な会議であり、 2日にわたり15件の基調講演と8つのセッション (口頭発表:86件, うち国外4件), ポスターセッ ション(40件程度)が実施された。また、11日と 12日には華中科技大学のラボ見学がおこなわれた. 会期中、会場のホールでは企業展示もおこなわれて いた.

2. 研究発表の動向

表1にセッション(口頭発表)の名称と発表論文数 を示す. Simulation and Controlのセッションが24件 で全体の27.9%と多く, 次いでHydraulic components のセッションが22件で全体の25.5%であった. Hydraulic componentsの内訳は、ポンプ/モータ 関連が11件、バルブが4件と目立っていた.

表 1 発表論文の分野別件数

Session	Num.
Digital and Intelligent Hydraulics/EHA	12
Seals, Lubrication and Friction	12
Simulation and Control	24
Mechatronic Control and System	12
Hydraulic components	22
Pneumatics	10
Hydraulic System & Energy-saving system	12
Water hydraulics and Micro fluids	12

セッションごとに対象とする要素は異なるものの, 大枠としては、高効率化、低コスト化、小型化、安 全性、制御性および環境融和性の向上、適用範囲拡 大を目的とする実用的な観点からの研究が多く, そ れらの主だった応用分野は、建設、鉱業、林業、航 空宇宙,海洋であった.一方,制御アルゴリズムや 潤滑、キャビテーションなどの基礎研究は少なかった.

著者の興味で恐縮だが、水圧あるいは水の関係に ついて一般発表を眺めたところ、"water hydraulics" 以外に, "seawater", "pure water", "under water" を含む講演が全体の2割程度であり、日本国内での フルードパワー講演会と比較すると多い印象を受け た. 環境融和性の観点から水圧システムやその要素 技術の研究開発, 実証試験が進められていた. 特に, 海洋開発、石炭鉱業、宇宙産業への応用を目指して いるものについては、そのほとんどが国のプロジェ クトとして実施されていた. 海洋開発関係では, 60MPaの深海環境を模擬できる試験装置の開発. 深海での無人作業装置,自立型無人潜水機 (AUV) の深度自動制御、海水用のピストンモータなどさま ざまな観点から積極的な取組みがなされていた.

3. 基調講演の動向²⁾

基調講演のうち、Prof. Kim A. Stelsonによる "Is there a future for fluid power?", Prof. Katharina Schmitzによる "Global Challenges — how can fluid power contribute?"の両講演は、フルードパワー 分野全体を過去から現在、そして将来までを俯瞰す る内容であり示唆に富んでいた. 両講演に共通する 話題として、現在の環境問題、気候変動、高齢化社 会などグローバルな課題に対してフルードパワーと その制御システムが貢献すべきとし、社会ニーズの 解決を強く意識した研究開発を重点的に進めるべき であることが具体的な事例をもとに提言された.

Prof. Huayong Yang (浙江大学)は, "Investigations

into Additive Manufacturing of Hydraulic Components"と題し、金属材料の3D造型技術のひ とつであるselective laser meltingを油圧配管やマニ ホールドなどの製造に適用することで油圧ユニット の集積化を実現し、従来方法と比較して80%の重 量削減ができることが披露された. また, 管路継手 が省略できるとともに自由な管路形状を選択できる ことで圧力損失が低減し, 小型化, 軽量化, 省エネ ルギー化が同時に達成できることが紹介された. 一 方で、非円形流路の利用やその複雑な取回しが自由 に造型可能となるものの局所損失や応力集中の発生 に注意する必要があるとのことであった.

Prof. Xiangdong Kongは, "Energy-saving and Challenges of Fluid power transmission and control"と題し、油圧システムの省エネルギーの 現在の状況と将来の課題について紹介があった。非 金属材料, 3Dプリンタ, 小型化技術, digital hydraulic componentの利用が省エネルギーに有効であること が説明された. また、A+D combination control (ア ナログとデジタルを組合わせた制御)が、省エネル ギーのみならず、システムの高応答性、コスト削減 にも有効とのことであった. 近い将来には、デジタ ル・情報・AI・ネットワークの組合せが省エネル ギー技術の飛躍的な向上につながるであろうとして 講演が締めくくられた.

4. おわりに

著者は、Hydraulic componentsの座長を仰せつ かったため同セッションを中心に聴講した. 国内大 学関係の発表のみであったが、その内容は実用化を 強く意識しており、チャレンジングなテーマも散見 した. 国のサポートにより積極的に研究開発が進め られており、フルードパワー分野に対する国の期待 を感じた. 今後の実証試験や実用化の動向を見守り たい.

次回4年後のFPM2023は8月に中国の蘭州理工 大学で、Ji Hong教授がチェアとなり行われる。今 回は日本からの参加者が4名のみであり、Hong教 授からは4年後の再会と、参加者数増加への期待を 伝えられた.

参考文献

- 1) http://www.yeyanet.com/fpm2019
- 2) http://www.yeyanet.com/lecture

(原稿受付:2019年10月9日)

会議報告

SICFP19参加記

著 者 紹 介



伊 藤 和 芝浦工業大学

〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307 E-mail: kazu-ito@shibaura-it.ac.jp

1995年上智大学大学院博士前期課程修 法会社小松製作所,上智大学助手,鳥取 式会社小松製作所,上智大学助手,鳥取大学准教授を経て,2011年芝浦工業大学教授。日本フルードパワーシステム学会,日本生物環境工学 計測自動制御学会,電気学会等の会員.博

1. はじめに

フィンランドのタンペレにて、2019年5月22-24 日の3日間の日程でScandinavian International Conference on Fluid Power 2019が開催された. 今 回で第16回目となるこの国際学会は、タンペレ大学 (旧タンペレ工科大学) とリンシェーピン大学(ス ウェーデン)が主催となって2年ごとで交互に開催 されており、特に水圧システムの要素研究および制 御、ディジタルハイドロリクスに関係した研究テー マが多いのが他の国際学会にはない特徴となってい る. 本年1月にタンペレ工科大学はタンペレ大学お よびタンペレ応用科学大学と合併してタンペレ大学 として新しくスタートしており、 学会実行責任者の 同大学Huhtala教授のオープニングセレモニーもこ の報告から始まった. 今回は14カ国から120名を超 える参加者があり、12のオーラルセッションで計44 件の発表が行われた. 日本からは2大学および1民 間企業から計8名の研究者および学生が参加し、4 件の講演を行った.

以下では, 発表された内容の研究成果について, 代表的なものに絞って簡単に触れる.

2. 論文紹介および研究室見学

2.1 ディジタルハイドロリクス

高い制御性能が得られる一方、複雑な構造、高い 製造コストおよび大きな絞り損失などの問題を抱え るサーボ弁に代わり、信頼性が高く単純な構造で安

価なOn-Off弁を多数組合せ、これと制御アルゴリズ ムの工夫により大きなメリットを引き出すディジタ ルハイドロリクスへの試みが、タンペレ大学の Linjamaらの研究グループを中心として進められて いる. 今回の学会では、これを20トンクラスの油圧 ショベルマシン実機(写真1)に搭載し、作業性能 検証と省エネルギー効果を評価した結果が報告され た¹⁾. メインバルブユニットには, 20msの応答性, 40l/minの定格流量を持つOn-Off弁が実に計112個 実装されている.実作業では遜色ない応答性が得ら れており、3001/minの流量と1.5MPaの圧力損失を 実現している. 計測結果からはJCMASの試験法によ るサイクル評価で26-36%の省エネルギー化および 15%の低燃費化が確認された. ただし、建設機械と しての応用は優れているものの、依然として稼働時 の騒音および振動が大きいことがもう一つの特徴で あり、一般産業分野への応用には検討が必要である.



写真1 ディジタルハイドロリクスを搭載したメインバル ブの性能評価に使用されたパワーショベル

Donkovらは、3つ以上の圧力室を有するシリン ダをDiscrete Displacement Cylinder (DDC) として 提案し、ロッド内にひとつの空間を設けることによ り合計4つの圧力室を持ったシリンダの解析と制御 手法を報告している²⁾. DDCは圧力レベルを切り替 えることにより簡単に推力を変えられるため、ディ ジタルハイドロリクスの概念との親和性が高い. 今 回はモデル予測制御による手法および自己故障診断 および自動復帰性能についての報告が行われた. 設 定した故障シナリオに対し、従来の制御手法よりも ロバスト性のあることが確認されている.

2.2 水圧システム

Schoemackerらは、レイノルズ方程式および固体 接触モデルを使ったアキシャルピストンポンプのス リッパの接触部のギャップ解析のシミュレーション 結果について報告している³⁾. 樹脂スリッパの変形 の様子も示されているが、計算に使用された数値は 実際のものよりもかなり異なるため、参考程度であ ることに注意する.

Pangらは、消音溝を考慮した圧力と流れの数学 モデルを導くことで、水圧アキシャルピストンポン プのポートプレートの消音溝設計の最適化を行っ た4. シミュレーションにより支配的な設計パラ メータを絞り込み、最適なV字溝による実験で1dB 程度の騒音の低減化が図られることを示しているが. 今後さらに改善が可能と考えられる.

Inadaらは、水圧駆動されるマッキベン型人工筋 のヒステリシス特性をBou-Wenモデルで高精度に 表現できることに注目してこれを補償することで動 特性を線形化し、これにさらにモデル予測制御系と 適応機構を組合せた制御手法を提案した5). 従来の 線形モデルを用いた場合に比して、平均絶対誤差で 評価した追従誤差の値が63%減少させられることを 実験により示した.



写真 2 研究成果を発表する稲田君

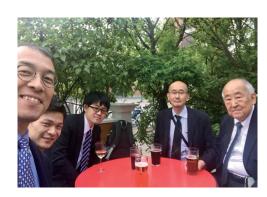
2.3 タンペレ大学研究室見学

学会最終日の午後にはタンペレ大学のIHA (Innovative Hydraulics and Automation) 研究室の 見学が開催された。室内実験室では、長尺ロッドの 制振システム, 7自由度を持つ油圧マニピュレータ の制御システム、海底探査用ローバシステムなどが 展示されており、デモも行われた。また、学内の別 の実験フィールドにも建設機械をはじめとする作業 機械が展示されていた、森林資源を大切にする北欧 では森林作業用機械の自動運転システムの研究も進 んでいることが窺えた.

3. おわりに

1990年後半からディジタルハイドロリクスの基 礎研究を精力的に継続していた旧タンペレ工大のグ ループが、初めて実機実装を行って初データを公開 した点で、今回のSICFPは非常に意味が大きい。 研 究を続けることの意味の大きさを実感した次第であ る. 次回のSICFPは2021年のリンシェーピン大学 での開催となる.

なお、参考文献 6) にはIHAが運営するツイッ ターアカウントを付した. ここには今回の国際学会 の写真がコメント付きでタイムリーに掲載されてお り、SNSを効果的に利用した発信として非常に参考 になる. 興味のある読者はぜひ一度確認されるよう お勧めしたい、IFPSでも2020年に函館で開催され る国際シンポジウムで利用を始めても良いのではと 考えている.



成果発表終了後の芝浦工大メンバのひととき 写真3 (左から,筆者,伊藤陸君,稲田諒君,川上幸 男先生,中野和夫先生)

参考文献

- 1) Ketonen, M., Linjama, M.: Digital Hydraulic IMV System in An Excavator -Fist Results, B1.4, Proc. of SICFP2019 (2019)
- 2) Donkov, V., Andersen, T., Ebbesen. M., Linjama, M., Paloniitty, M.: Investigation of the fault tolerance of digital hydraulic cylinders, B1.2, Proc. of SICFP2019 (2019)
- 3) Schoemacker, F., Schmitz, K.: Methods for Determination of The Gap Height in Water-Lubricated Contacts, B3.1, Proc. of SICFP2019 (2019)
- 4) Pang, H., Liu, Y., Wu, S., Wu, D., Cheng, Q.: Optimization of Silencing Groove for Port Plate of Water Hydraulic Axial Piston Pump, B3.2, Proc. of SICFP2019 (2019)
- 5) Inada, R., Ito, K., Ikeo, S.: Adaptive Model Predictive Tracking Control of Tap-Water Driven Muscle Using Hysteresis Compensation with Bouc-Wen Model, B3.3, Proc. of SICFP2019 (2019)
- 6) https://twitter.com/tut_iha

(原稿受付:2019年7月17日)

会議報告

第31回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム におけるフルードパワー技術研究

者 紹 介



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 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 機能性流体の研究に従事 JFPS, JSME, IEEEなどの会員.

1. まえがき

「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (Symposium on Electromagnetics And Dynamics: SEAD) は,日本機械学会,日本AEM学会および電 気学会が交代で主催団体となり、毎年1回行われて いる国内会議である. 第31回に当たるSEAD31は, 2019年5月22日~24日に,東京工業大学すずか けホール(横浜市緑区長津田町4259. 図1)にお いて、日本機械学会主催で行われた、本シンポジウ ムは、3室のパラレルセッションで、基調講演2件、 「電磁アクチュエータ/回転機技術」、「JAXA高パ ワー密度高効率高速モータの開発1,2」,「磁気浮 上技術 1,2 , 「磁気軸受とその関連技術 1,2,3 , 「リニアドライブ技術/多自由度モータ・新アク チュエータ」,「圧電・静電アクチュエータ1,2」, 「超磁歪アクチュエータ1,2」,「超電導応用・極低 温機器および関連技術」、「センサ・計測技術、信号 処理・分析 1,2 | 「ロボット・医療福祉応用 1,2 |



発表会場の外観

「マイクロ・ナノメカニズム」、「バイオメカニクス」、 「機能性材料・電磁材料/磁性流体、液晶・電気粘 性流体」,「電磁誘導技術とその応用」,「材料の電磁 特性と応用」,「電磁非破壊評価」,「電磁界解析」, 「静電力・プラズマ応用/振動と制御」の計26の セッションにおける127件の発表があった.機能性 流体に関連して8件の発表があった. フルードパ ワー技術を少し広くとらえて, 以下では各発表の内 容を概観する.

2. 研究発表の概要

本講演会では、アクチュエータ関連4件、その他 4件、合計8件の機能性流体関連の発表があった.

金らは、がれきなどの不整地で移動を行うロボッ トのため、不均一電界印加で著しいジェット流を発 生するECF(電界共役流体)を用いた液圧源を搭載 した昆虫形ソフトロボットを提案、その一部を開発 している1). まず、クモを模倣した液圧駆動の脚6 本を持ち、それらを交互に駆動する2個のECF液圧 源で動作させる6脚形ソフトロボットを提案し、そ の構造および歩行動作を示している. つぎに, 柔軟 なシリコーンゴムを用いた関節用ソフトアクチュ エータを設計, 試作し, その動作を実験的に確認し ている. 最後に、6脚形ソフトロボットを試作し、 空気圧駆動によりその歩行動作を確認している.

Sudhawiyangkulらは、電界印加による粘度上昇 によりERF(電気粘性流体)の流れを制御するフレ キシブルERマイクロバルブ (FERV) を搭載した2 自由度ソフトマイクロアクチュエータを提案してい る²⁾. まず, FERVを搭載した1自由度屈曲アクチュ エータ2個を90°回転させて直列に接続した2自由 度アクチュエータを提案し、そのソフトアクチュ エータ部を設計, 試作し, 屈曲特性を実験的に明ら かにしている. つぎに、FERVを製作するMEMSプ ロセスを示し、試作を行っている. 最後に、これら の部品を組み合わせたアクチュエータの有限要素法 解析を行い、その静特性を明らかにしている.

小坂らは,粘弾性エラストマーに強磁性微粒子を 分散、硬化して球状に成形し着磁した磁性エラスト マー粒子を粒状体として両ロッドシリンダに封入し たセミアクティブダンパを提案. 開発している³⁾. まず、シリコーンゴムにネオジム微粒子を混合した 磁性エラストマー粒子を作製し、頂角が90°の円錐 台形状の端面と周囲に間隙を有するピストンを持ち, 周囲にコイルを巻いた非磁性体の両ロッドシリンダ に封入し、セミアクティブダンパを構成している. つぎに、振動変位を与えたときの減衰力を測定し、 加振変位、加振周波数、および印加電流の増加によ り減衰力が増加することを確認している.

山口らは、磁性流体液滴を上方の電磁石で吸引す る磁気浮上を試みている4). まず、磁性流体を満た した容器の上に電磁石を配置し、その電流を透過形 変位センサの信号にもとづき能動制御し、円錐状の 液面の高さ制御を実現するとともに、磁性流体を液 滴として浮上させることはできないことを示してい る. つぎに、撥油シート上に磁性流体を1滴乗せ、 上方に配置した電磁石の吸引により液滴上端の高さ 制御を実現した後、撥油シートを徐々に下げ液滴を 分離する手法を試み,磁性流体液滴の磁気浮上に成 功している. さらに、磁気浮上した液滴は、磁場の 作用により上下方向に伸長することを示している.

宮内らは、磁性流体シールを搭載した磁気軸受を 提案し、その基礎的検討を行っている50.まず、永 久磁石を磁路中に配置したU字形電磁石で鉄製角柱 を磁気浮上させ、そのギャップに磁性流体を封入す る実験装置を構築している. つぎに磁気浮上実験を 行い、磁性流体の量の増加にともない、磁気浮上の 電磁石電流が低下しある量で最小になること、およ び磁性流体の比透磁率の倍率で吸引力が増加するこ とを示している. さらに、磁性流体を封入した状態 で電磁石にステップ状の外乱電圧を印加したときの ギャップおよび電磁石電流の時間応答を測定し、外 乱応答を実験的に明らかにしている.

池田らは、MCF(磁気混合流体)にゴムを混合 して電解重合を施し、自己起電力が加圧などにより 変化する機能を有するMCFゴムを用いたセンサに ついて, 放射線環境下における出力特性を実験的に 検討している6). まず、電解重合法により作製した MCFゴムを複数枚積層した半導体と同様の構造の センサを試作している. つぎに、試作したセンサに ガンマ線を照射したときの出力特性を測定し、ドー パント剤として二酸化チタンを用いたMCFゴムで は、光触媒のような機能によりガンマ線の有無によ り出力電流に変化が生じ、放射線センサとして応用 できる可能性があることを示している.

宮尾らは、燃料電池などのため水を電気分解して 水素を製造するとき、効率の低下を防ぐために発生 した気泡を電極表面から離脱させるため、水ベース 磁性ナノ流体を電解液とし、不均一磁界を印加して 気泡に磁気浮力を作用させる手法を提案し、その有 効性を実験的に検討している⁷⁾. まず, 電極表面に 気泡が堆積することを防ぐために30°傾け、ネオジ ム磁石で磁界を印加した電解セルを用いた実験装置 を構築している. つぎに、電気分解時の電流の時間 変化を測定し、磁界を印加することで電流値が大き く、したがって電解量が多くなることを示し、水の 電気分解が促進されることを確認している.

栄らは,温度により磁化特性が著しく変化する感 温性磁性流体を用いた熱磁気自然対流について実験 および数値解析により検討している8). まず, アク リル製矩形容器に感温性磁性流体を封入し,容器下 部にヒータ、上部にペルチェ素子を設置するととも に、鉛直方向に一様磁界を印加する実験装置を試作 している. つぎに、本実験装置の数学モデルを構築 し、容器内の温度分布および磁化分布の数値解析を 行い,磁界印加による磁気体積力により強い対流が 誘起され、伝熱特性が向上することを示している. また、レイリー数の増加に対するヌセルト数の実験 結果は、数値解析と同様の傾向であることを確認し ている.

3. あとがき

本稿では、第31回「電磁力関連のダイナミクス」 シンポジウム(SEAD31)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. SEADは機 能性流体である磁性流体や電気粘性流体に関する セッションを設置しており、フルードパワー技術研 究者にとっても関連が深いと思われる.

参考文献

- 1) 金俊完, 鳴海将, 吉田和弘: ECF液圧源で駆動する昆 虫形ソフトロボットに関する研究,機学第31回「電磁 カ関連のダイナミクス」シンポジウム講論集, 23B1-1 (2019)
- 2) Sudhawiyangkul, Thapanun, 吉田和弘, 嚴祥仁, 金俊 完: Proposal of a two-DOFs soft microactuator integrated with flexible ER microvalves. 同上. 22B1-1 (2019)
- 3) 小坂亮輔, 堀田俊介, 井門康司, 岩本悠宏, 豊内敦士: 磁性エラストマー粒子を用いた両出し型セミアクティ ブダンパー,同上,23C4-3 (2019)
- 4) 山口宗一朗,大路貴久,飴井賢治,清田恭平:磁性流 体に対する位置決め制御と液滴磁気浮上の試み, 同上, 22C2-1, (2019)
- 5) 宮内涼, 大路貴久, 飴井賢治, 清田恭平:磁気支持と 磁性流体シールの一体化に関する基礎的検討, 同上, 22C2-3 (2019)
- 6) 池田遼,高橋秀治,木倉宏成,島田邦雄:放射線環境 下におけるMCFゴムセンサの電位特性,同上,23C4-5 (2019)
- 7) 宮尾仁士, 千村幸太郎, 井門康司, 岩本悠宏, 高木繁, 川崎晋司,石井陽祐,バラチャンドランジャヤデワン: 水電解における磁性ナノ流体の電気化学的特性の調査, 同上, 23C4-2 (2019)
- 8) 栄中武, 瀬合恭平, 田澤拓也, 山口博司: 感温性磁性 流体を用いた熱磁気自然対流に関する研究、同上、 23C4-4 (2019)

(原稿受付:2019年8月22日)

会議報告

ROBOMEC2019における フルードパワー関連技術の研究動向

者 紹 介



成

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 〒530-8568 大阪府大阪市北区茶屋町1-45 E-mail: hironari.taniguchi@oit.ac.jp

2003年東京農工大学大学院博士後期課程修 津山工業高等専門学校准教授を経て、2017年大阪工業大学R&D工学部准教授、現在に至る、ソ 級エネステM&Dエチ品准教技, 残せに フトロボティクスの研究に従事. 日本 パワーシステム学会, 日本機械学会, 日本フルード 学会, 日本ロ ボット学会,IEEEなどの会員.博士(工学)

1. はじめに

2019年6月5日(水)から8日(土)まで、広 島国際会議場にてロボティクス・メカトロニクス講 演会2019 in Hiroshima (ROBOMEC2019) が開催 された. 本講演会は, 一般社団法人日本機械学会口 ボティクス・メカトロニクス部門が主催し、すべて の発表をポスターセッションで行う国内最大規模の 講演会である.今年で31回目を迎え,今回のテー マは「産業を再興するロボティクス・メカトロニク ス」であった、本年度は、1,326件のポスター講演 と2,000名以上の参加者があり、大変盛況であった とのことである. また, 地域交流ワークショップ 「地域の課題への挑戦」と題して, 地域の課題に挑 戦している研究機関や地元の企業の講演や、市民向 け企画として幼稚園児・小学生を対象とした工作教 室が開催された、図1にポスターセッション会場の



ポスターセッション会場の様子

全体風景を示す. 中央のポスターを囲むように機器 展示・カタログ展示が行われ、50ブース程が出展 された.

2. フルードパワー関連技術の研究動向

本講演会では、13のセッションカテゴリの中に 77のオーガナイズド・セッションが企画された. 講演論文集をもとにした著者の分析によると,油 圧・空気圧・機能性流体などフルードパワー関連の 発表は、31のオーガナイズド・セッションで139 件が確認された. 表1に主なオーガナイズド・セッ ション別の発表件数を示す. フルードパワーロボ ティクスのセッションは、そのセッション名の通り すべての発表内容がフルードパワーに関連していた. 福祉ロボティクス・メカトロニクスセッションでは、 全発表37件中13件がフルードパワー関連の発表で あった. 特に、空気圧を活用した福祉機器の開発が 多かった. 近年, ソフトロボティクス関連にフルー ドパワー(特に空気圧)を用いた研究が盛んである が、本講演会でも多くの発表が確認された.

表1 フルードパワー関連の主なセッション名と論文数

オーガナイズド・セッション名	件数
フルードパワーロボティクス	16
福祉ロボティクス・メカトロニクス	13
アクチュエータの機構と制御	11
ソフトロボット学/フレキシブルロボット学	10
ImPACTタフ・ロボティクス・チャレンジ	8
ロボットハンドの機構と把持戦略	8
バイオロボティクス	8
ウェアラブルロボティクス	7
医療ロボティクス・メカトロニクス	6
バイオミメティクス・バイオメカトロニクス	6
その他の21のセッションの合計	46
総合計	139

3. フルードパワー関連技術の研究紹介

ここでは、フルードパワーに関連した発表の中か

ら, 興味深い発表論文をいくつか紹介する.

木村ら¹⁾は、提案するマルチチャンネルEHA(電 気駆動式静油圧アクチュエータ) のエネルギー効率 に関して定量的に評価し、従来方式に対しての比較 結果を示した. その結果、開回路方式よりも高いエ ネルギー効率を有すると報告している.

東原ら2)は、油圧シリンダを上腕骨に相当する構 造体として利用した肩義手(全腕義手)を提案し、 義手の動作特性について報告している. 本義手は図 2に示すように、体への装着と机や車椅子などに設 置する非装着を選択できる新しい利用形態を提案し ている.

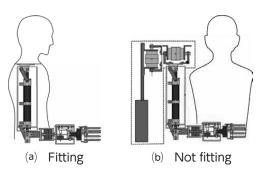


図2 二関節筋型油圧システムを用いた肩義手の利用形態

張ら3)は、空気圧細径人工筋肉を用いた軽量かつ コンパクトな足関節運動血栓予防装置を試作し,足 関節の各方向における駆動範囲を報告している.

脇元ら⁴⁾は、McKibben型人工筋の繊維の一部に 光ファイバを搭載することで,変位量が推定可能な McKibben型人工筋を提案し、構造とセンサ機能の 基礎特性評価により、変位推定の可能性を示唆した.

八瀬ら50は、図3に示す空気圧ゴム人工筋を用い た脊柱型体幹姿勢保持装置の構造と支援方法および 装着実験について報告している. 人工筋に圧縮空気 を供給することで、体幹に伸展トルクを発生させ円 背姿勢を矯正することができる.

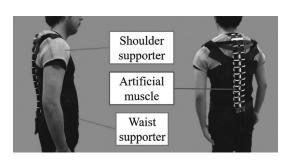


図3 脊柱型体幹姿勢保持装置

西原ら⁶⁾は、プラスチックフィルム製の空気圧ソ フトアクチュエータを用いた動作支援コルセットを 提案している. これは, 前屈姿勢時のみ腰部の負担

を軽減し、長時間の着用による筋衰退を予防する機 能がある.

伊藤ら⁷⁾は、ミミズのぜん動運動を参考にしたダ クト清掃用のロボットを提案している. 本ロボット には、空気圧人工筋が用いられており、ロボットの 構造と設計について示している.

松井ら8)は、振動誘起流れを用いたマイクロミキ サーを設計および作製し, 混合実験による定量的な 評価を報告している. 図4の(a)は、マイクロ構造体 が振動することでその周りに誘起される流れを示し ている. また, 図 4 (b)は, 提案するマイクロミキ サーの概要図である. 本マイクロミキサーは、ポン プによる送液を必要とせず、チップ上に試料を滴下 するだけで混合が可能である.

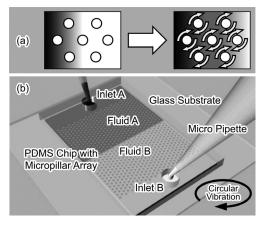


図4 振動誘起流れを用いたマイクロミキサー

佐藤ら⁹⁾は、電気的に制御が可能な電気流体現象 を用いた流体制御手法を検討し、局所的な高圧場と 低圧場を設けることにより,流体の流れ方向を制御 する手法を考案している.

清水ら100は、MR流体を用いたジャミンググリッ パを提案し、物体把持原理の実証実験について報告 している、従来のジャミンググリッパは、可変剛性 媒体に粉体を用い、空気を抜くことで柔剛切替を行 うものが多いが、永久磁石とMR流体を用いること で外部に流体制御装置が不要で小型化に向く点に利 点がある.

石田ら11)は、流路の上下に配置されている空圧バ ルーンにより流路の開閉を行うマイクロバルブを提 案している. そして, 従来の流路よりも高い200μm の流路に対して,流路の開閉が可能であることを示 している.

4. おわりに

本稿では、一般社団法人日本機械学会ロボティク ス・メカトロニクス講演会2019について、その概 要とフルードパワー関連技術の研究動向および一部 の発表論文について紹介した. 本講演会におけるフ ルードパワー関連技術の研究発表数は、年々増加傾 向である. ROBOMEC2014におけるフルードパワー 技術研究動向12)によれば、フルードパワー技術関連 のポスター発表は38件であった. 5年間を経て、 発表件数は約3.7倍となっている。今後も、ますま すフルードパワー技術に関連する研究・開発が増え ることを期待したい. 来年のROBOMEC2020は, 2020年5月27日(水)から30日(土)まで、石川 県産業展示館にて開催される予定である.

参考文献

- 1) から11) の出典は、すべて日本機械学会ロボティク ス・メカトロニクス講演会2019講演論文集である。著者、 題目、講演番号のみを記す、
- 1) 木村, 井上, 難波江, 遠藤, 鈴森: マルチチャンネル EHAのエネルギー効率に関する実験的検証, 2A1-C01
- 2) 東原, 大島, 玉本, 小柳, 斎藤: 二関節筋型油圧シス テムを用いたデスクトップ型肩義手の開発,2A2-A14
- 3) 張, 古泉, 平光, 車谷, 阿部, 難波江, 遠藤, 鈴森, 畠山、千田、島田:血栓予防用ウェアラブル多方向足

- 関節運動装置、1A1-A15
- 4) 脇元, 大村, 神田, 小川:光ファイバを編み込んだ変 位推定機能を有するMcKibben型人工筋の提案と試作、 1P1-G10
- 5) 八瀬, 佐々木: 脊柱型体幹装置による歩行支援に関す る研究, 1P1-I02
- 6) 西原, 西岡, 安田, 山野:姿勢フィードバック機能を 備えた柔軟軽量な動作支援コルセットの開発, 1P1-K04
- 7) 伊藤, 河口, 鎌田, 山田, 中村: 高収縮ユニットを用 いた蠕動運動型ダクト清掃ロボットの提案, 2A1-K07
- 8) 松井, 鈴木, 早川:振動誘起流れを用いたマイクロミ キサー, 1A1-T06
- 9) 佐藤, 前田, 山西:電気流体現象を用いた流体制御の 研究, 1A1-T07
- 10) 清水, 林, 鉄井, 猪股, 向出, 渡辺, 多田隈, 昆陽, 田所: 微小操作力での柔剛切替を可能とするIBマグネッ ト式MR流体グリッパ機構一第1報:基本構成と磁石配 列によるIBマグネットの小型強力化一, 2A2-G03
- 11) 石田、松枝、小俣:大断面マイクロ流路のための上下 空圧バルーン型バルブの開発, 2P1-F07
- 12) 早川: ROBOMEC2014におけるフルードパワー技術研 究動向、日本フルードパワーシステム学会誌、第45巻、 第6号, p. 24-25, 2014

(原稿受付:2019年8月4日)

トピックス

学生さんへ, 先輩が語る 建機メーカーで働いた経験から今伝えたい事

著 者 紹 介



いち 小笠原

(株)小松製作所

〒323-8558 栃木県小山市横倉新田400 E-mail: kenichi ogasawara@global.komatsu

2002年神奈川大学工学部機械工学科学士課程 了. 同年コマツ入社, 現在に至る. 主に建設 機会用油圧機器の研究開発に従事

1. はじめに

1.1 自己紹介

私は神奈川県横須賀市に生まれ育った。どちらか と言うと勉強よりは身体を動かすことが好きな少年 時代を過ごしてきた.高校時代には硬式テニス部に 所属し、テニスに没頭していたが、膝の怪我により 一足先に部活から距離をとることになった. 当時は とても悔しかったが、結果的にはここで受験に向け た勉強を始めることができたことは、今後の人生に 大きな影響を与えたと思う.

神奈川大学では機械工学科を専攻し、研究室では 当時教授であられた小嶋英一先生の下,「油圧キャ ビテーションの研究」に取り組んだ. この時, 研究 室では将来私の職場となるコマツ(㈱小松製作所) の油機開発センタと共同研究を行っていた. コマツ を身近に感じていた私はコマツに就職し、油圧機器 の設計者として人生を歩むこととなった.

入社以来,約16年間,油圧機器の開発・設計業 務に従事してきたが、現在は一時的に開発業務から 離れ、設計者としての経験を活かし、職場環境の改 善や設計業務の効率化に取り組んでいる.

1.2 企業紹介

コマツは主に、建設・鉱山機械、ユーティリティ (小型機械), 林業機械, 産業機械などの事業を展開 しており、従業員数(連結)約6万人のグローバル 企業である。1921年創業で、まもなく創立100周 年を迎えるが、お祝いムードというよりは現状に危 機感をもち、その先も持続的に成長していくことを 常に考えている. 近年では建設現場のICT化に力を 入れており、人・建設機械・現場をIOT、ICTでつ なぐことで, 安全で生産性の高いスマートな未来の 現場の構築を目指した企業活動を展開している.

1.3 職場紹介

コマツでは建設機械に必要不可欠な油圧機器を含 めた主要コンポーネントを自社開発しており、それ ら生産拠点は栃木県の小山工場で担っている. 私の 所属する油機開発センタも, 小山工場内にあるテク ニカルセンタ(写真1)の5Fにある. 生産現場と 開発部門が同じ工場内に属している現状の体制は現 場とのコミュニケーションを促進し、開発業務を円 滑に行う上で大きなメリットになっていると感じる.

油機開発センタでは、建設機械用にさまざまな油 圧機器(バルブ・ポンプ・モータ・シリンダ他)を 開発している。コンポーネントの開発を担当してい ると、油圧ショベルやホイルローダ、ダンプトラッ クなどさまざまな建設機械の車両開発に携わること ができるのはひとつのメリットとして考えている. また社内で部門間のローテーションも適切に行われ ており、今日まで長い間、刺激的かつモチベーショ ン高く業務に取り組み続けることができている.



写真 1 コマツ 小山工場内テクニカルセンタ

1.4 職場でのお気に入りスポット

職場でのお気に入りスポットは,今年職場環境改 善のひとつとしてリニューアルしたリフレッシュス ペースで、コミュニケーションエリアとリフレッ シュエリアから構成されている. コミュニケーショ

ンエリア (写真2) にはウォータサーバやコーヒー メーカ, 自動販売機, 冷蔵庫などが設置されており, 休憩のきっかけづくりの役割を果たしている。また、 中央に置かれたテーブルは、休憩に訪れた人たちの 間で自然と会話が生まれることを目的とし、設置さ れている.



写真2 コミュニケーションエリア紹介

立ち話が盛り上がってきた時には、すぐ隣のリフ レッシュエリア(写真3)に設置されたソファテー ブルで腰を据えて話を続けることもできる. また, リフレッシュエリアの奥には、目が疲れた時やひと りでしっかり休みをとりたい時に最適なプライベー トスペースも設置されており、メリハリをつけた職 場環境を支えている.



写真3 リフレッシュエリア紹介

日々忙しく仕事をする中で、メリハリとコミュニ ケーションの機会を与えてくれるリフレッシュス ペースが職場でのお気に入りスポットである.

2. 学生時代を振り返って

自分の学生時代を振り返ってみると、就職が決 まってから入社までの期間、職場や業務の内容に対 する漠然とした不安と、初めて親元を離れひとりで 栃木県に住むことの不安を強く感じていたことが思 い出される. そんな私が学生の皆さんにお勧めした いことがふたつある.

ひとつ目がインターンシップへの参加である. 自 身の職場で、何度もインターンシップに受け入れる 側として関わってきたが、この制度を活用しない手 はない!というレベルのお得な制度である. 実際に 職場に入り込み、テーマを決めて開発業務のサポー トができ、職場の雰囲気もつかむことができる。入 社後の自身のイメージとギャップを感じるリスクを 減らすことができる唯一の手段ではないだろうか. 私が学生時代にはまだまだ浸透していなかったよう に思い返されるが、現在ではかなり学生の間でも浸 透しているようなので、積極的に活用してほしい.

ふたつ目が学生時代に人と知り合うことができる 趣味をもつことである. 私の場合はビリヤードで あったが、入社してからしばらくは業務上の失敗も 多く, 自分が周囲の人より劣っているのではない か?と劣等感にさいなまれることが多々あった. も ちろん会社の同僚や先輩、上司もサポートしてくれ るが、ひとりになりたいと思うときにはビリヤード 場に足を運んでいた. すると自然と会社以外の知り 合いができ, 見知らぬ土地で気軽に話せる友達を作 るきっかけとなった.

3. 社会人の仕事紹介とやりがい

3.1 油圧機器の開発業務

入社以来16年ほど主に建設機械に搭載される油 圧機器の開発・設計業務に従事してきた. その中で 最も達成感を得ることができたふたつの事例につい て紹介していきたいと思う.

【事例1】自分の設計した機器で車両が動いた!

コマツではキーコンポーネントである油圧機器を 自社開発・生産しており、それを強みとしている. それに加え、油圧機器の性能は車体性能に大きな影 響を与えるため、新たな車両を開発する際には車体 設計者と一緒になって車両を作り上げることができ る(写真4), 自分が設計した油圧機器が車両に搭 載され、狙った性能がでた時、それを自分で運転し て成果を体感した時が設計者として最大の喜びを感 じる瞬間であると感じる. 私が学生時代に就職先を 考えたときにはそこまで考えていなかったが、これ から就職先を探す学生の皆さんは、自分が選ぼうと

している職種かどうかに加えて、仕事のプロセスの 先を見て,達成感や喜びを感じることができるか? という判断材料も加えることで,将来後悔しない会 社選びをすることができるのではないだろうか.



写真 4 開発チーム試作完了時の集合写真

【事例2】海外の仲間からの言葉、ありがとう!

短期間の出張ではあるが、海外で仕事をする機会 を何度かいただいた.海外出張の要件としては、開 発の打合せや会議、不具合発生時の調査などさまざ まであるが、最も印象に残っているのは、インドネ シアでの市場調査である. 現地での困りごとに対し, 事前に仮説をたて、解決案を考えて現地に行き、決 して流暢とは言えない英語を使ってトラブルの解決 案を説明し帰国した. 数年後, 別件で現地に出張す る機会を再び得たのだが、現地の仲間は自分のこと を覚えてくれていて,第一声で「あの時の対策はと ても効果があって、お客様も助かっているよ!あり がとう!」という言葉をかけてくれた. 自分の仕事 に誇りを持つことができた瞬間であるし、一生忘れ ることのない思い出となっている.

3.2 職場の改善業務

私の直近の業務は前述したとおり、職場環境や業 務効率化、開発プロセス見直しなどの業務改善であ る. 1.4項でお気に入りスポットとして紹介したリ フレッシュスペースのリニューアルも私とチーム員 による職場環境改善の一環として取り組んだ成果の ひとつである. 所員のモチベーション向上と. 職場 ストレスの低減を目指し取り組んだ結果、リフレッ シュスペースリニューアル前後で行ったアンケート によると、利用率を20%⇒80%にまで上げること ができた、利用者の満足度も高い結果となり、当初 の狙いを達成できたと考えている. リフレッシュス ペースのリニューアルにタイミングをあわせて、部 門長からは,業務のメリハリ付けと適切な休憩取得 の部門方針が打ち出された. これが利用率向上につ ながった一番の要因であると考えている. 実際に所 員からは方針を受けて適度な休憩が今までより取得 しやすくなり、結果として業務の効率が上がったと の声が挙がってきている. ただ環境を整えるだけで なく、実際に働く人の立場で多角的な手を打つこと が満足度の高い改善につながるのである. 学生の皆 さんも職場見学をする機会があれば、見た目の環境 だけでなく、働く人の目線で適切な運用がなされて いるか?働き方に適した環境になっているか?の両 面から見てみると良いだろう.

3.3 会社での人間関係について

多くの人が働く会社という組織の中に身を置くに あたり、私がひとつだけ肝に銘じてきたことがある. それは「製造メーカで働く以上、部門は違っても目 標はひとつ」という意識である. 会社にはさまざま な部門にさまざまな人が所属しており、それぞれが 役割をもって一生懸命働いているが、時に自分の領 域だけを考え、物事を推し進めてしまうことがある. 相手のことを考えずに意見を言ってしまうことで、 議論がなかなか収束しないこともある. そんな時は 必ず初心に帰って、社員全員の目標(ベクトル)が ひとつであることを思い出すようにしてきた. お互 いが同じ目標に向かって考えることができれば、お のずと落としどころも見えてくる. 学生の皆さんが 社会人になり、同じような状況になった時にこの言 葉を思い出してもらえるよう、心の隅に書き留めて おいてほしい.

4. ま と め

私は今年40歳になった中堅社員である. そんな 私が「学生さんへ、先輩が語る」というタイトルで 本書を執筆させていただくことは少々恥ずかしい思 いもあった. しかしながら、実際に書き初めてみる と, 自分の学生時代や社会人生活を思い返し, 自己 を見つめ直す良い機会となった. 近年, 働き手が減 り、多くの企業で働き方や環境の見直しに取り組ん でいると思う. 私たち社員は学生の皆さんを迎える 立場として、より働きやすい環境を準備して新たな 仲間を迎えられるよう、継続的な環境改善を進めて いきたいと改めて感じることができた. 卒業論文以 来の執筆であるため、うまく表現できていない部分 も多々あったと思うが、その点はご容赦いただきた い. 本書が学生の皆さんの企業選びと、社会人とし ての活躍の一助となれば幸いである.

(原稿受付:2019年9月4日)

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

第12回)

中国から日本に留学して





著者紹介 王 鵬鵬(Wang Peng Peng)

秋田県立大学大学院修士課程2年 〒015-0055 由利本荘市土谷字海老ノ口84-4 E-mail: m20a003@akita-pu.ac.jp

2011年中国江西農業大学工学科卒業。同年中国北京にある自動車設計会社入社。2018年秋田県立大学機械システム科学研究科修士課程に進学,現在に至る。複合材料のレーザ接合についての研究に従事。

1. はじめに

自己紹介:

私の出身地は中国南部の江西省である. 2011年 に江西農業大学を卒業後、北京で六年間、自動車関 係の仕事に従事した. 上司が日本人だったので日本 語を勉強して話すようになった結果、自分の専門知 識の不足に気づいた. このため, 2018年から秋田 県立大学大学院の修士課程へ留学することになった. 来日の理由:

私はこの元上司の影響を受けて留学を決意した. 日本の自動車産業には世界でも最先端の技術がある. また車体の軽量化を図るうえで注目されている樹脂 系の複合材料についての研究も盛んである. 中国の 職場で上司から日本の自動車研究の現状についての 話を聞き、興味を持ち始めた. また自分の視野を広 げ、新しい挑戦をしたいという気持ちが芽生え、留 学を決めた.

現在の所属機関とその研究/仕事内容:

現在, 私は秋田県立大学の複合材料研究室に所属 し、熱可塑性プラスチックのレーザ接合についての 研究を行っている. 熱可塑性プラスチック材料は軽 量性、耐腐食性などの優れた特性を有しており、製 品の小型化、軽量化といった産業界の要求の中で鉄 鋼、アルミニウム材料の代替として自動車業界はじ め幅広い分野に用いられている. その活用を拡大す るため、接合法の確立が非常に重要である. レーザ 接合法は高精度かつ作業時間が短いなどの利点があ るため, 近年新しい接合法として非常に期待されて いる. 私はレーザ接合法によりできた接合体の内部 微細構造とその力学特性の関係を明らかにしたいと 考えている.

2. 日本の印象

2.1 来日直後の第一印象

来日した最初の日はちょうど雨が降っていた. 空 港から出てきた瞬間,夕焼けの下に,まるで雨で 洗ったかのような清潔な街並みが目の前に映し出さ れた、それが日本に対する第一印象であった。(今 でも十分に理解できていない)バス路線図の複雑さ に戸惑いを覚えたことも印象深い. しかし, 困り果 てて周りにいた日本人に聞いてみると、なんと地図 まで描いて教えてくれた. 親切に人を助ける日本人 の優しさは、私の心にもっとも強く残った.

2.2 研究室に関して

日本人の考え方や働き方で驚いたこと:

日本人は仕事に真剣に取り組むということをすで に知ってはいたが、実際に自分の目で確かめると素 直に驚いた. 研究室の先生や先輩たちは何事もやる 前に必ず明確な計画を立てて, 本番を迎える前に何 度も練習し、細かく追求する. 時々面倒だと思うが、 しかしこの真剣さがあるからこそ、本物の科学者に



図1 菜の花祭りでのひとコマ

なれるのかもしれない.

日本に滞在中に自分が最も変わった点は?:

私も研究室の仲間の影響を受け、研究に対する態 度が少しずつ変わってきたと思う. また、世界各地 から集まってきた留学生と一緒にいろいろな国際交 流活動に参加することで、探究心を持つこともでき た(図1).

私は少し内向的な性格であり、普段の趣味は読書 や音楽鑑賞が主であったが、留学してから他の留学 生と知らない異文化あるいは歴史に触れたりするこ とができた. 経験してない世界や出会ってない人を 見たくなってきた.

2.3 生活に関して

日本の生活で困ったことは?:

秋田県は日本の北に位置しているため、冬になる と、北京ほどではないが気温が低くなるため、雪が とても多くて少しだけ困った. 私は普段自転車で通 学している.しかし、冬は積雪が80センチに達す ることもあるため、自転車では到底通えない、特に、 私の住んでいる場所は海沿いのため、風が強くて吹 雪になると視界が真っ白になり、10メートル以上 先はまったく何も見えなくなる. そんな時は歩くこ とも難しい.

私の故郷では、雪が降るのは珍しいことであるた め、秋田でいろいろな雪景色を見られたことは、一 生忘れられない貴重な経験になったと思う(図2).



図2 満開の桜のような雪景色

日本の生活でよかったことは?:

来日した最初の頃、買い物などで外出するときに は言葉がうまく通じないという不安もあった. しか し店員さんはいつも親切に笑顔で接してくれ、その 不安な気持ちを落ち着かせてくれた.日本のサービ ス業では、この丁寧な精神が一番良いと感じる.

最も興味ある日本の文化:

日本に来てから一年間、たくさん日本らしい活動 に参加することができた. 春には所属する研究室の 花見(図3),夏には大学のそばにある子吉川の花 火大会, 秋の紅葉狩り, 冬になるとみんなで餅つき

を体験することもできた.

また、学校において茶道・剣道・野球など数多く の部活が存在することにも驚いた. ほかにも落語や お寺文化などの伝統文化もあるが、自分がもっとも 興味を持ったのは、やはり日本の伝統楽器三味線で ある. 素朴な外観であり、三弦だけで日本の歴史を 語る. 大仙市の農家で一度だけ聞いたことがあるが. その音色に惹かれ、興味津々になった.



図3 お花見にて桜をバックに撮影

3. 抱負と日本の方々へのメッセージ

今後はどんな予定? 出身国に戻るのはいつ?:

研究を続けて博士課程に進学したいと考えている. その後は、中国に戻り、大学で複合材料工程に関す る研究を継続する予定である. もちろん、研究だけ でなく自分の留学経験を活かして、中国と日本との より深い文化交流にも貢献したい.

日本人へのメッセージ:

上述したようにたくさんの経験をでき、さらに自 分の成長につながるこの留学の機会を与えてくれた 関係者あるいは滞在中にたくさんの支援やアドバイ スをくれた日本人の方々に感謝の気持ちを表したい.

また、日本では少子高齢化の問題が深刻になって いる. 特に東京や京都などの大都市から離れた東北 地域において、街では高齢者の姿が多数見られる. 今まで参加した活動の企画者や協力者も年配の方が 多い印象だ. 彼らはとても充実した老後を送ってい るように見えるが、都会へ出て行ってしまった家族 に対する深い情も感じられる. 若い世代も仕事など で大変忙しいと思うが、できるだけ家族と一緒に過 ごす時間をもっと大事にしてほしいと思う.

(原稿受付:2019年8月5日)

「トピックス)

中国(深セン)駐在日記

著 者 紹 介

野 電

上海小金井国際貿易有限公司 深セン分公司 Rm B2440 T-Share International Center, Taoyuan Rd., Nanshan Dist., Shenzhen City, Guangdong China E-mail: kanno@koganei-chn.com

1999年武蔵大学経済学部経営学科卒,同年株 式会社コガネイに入社,2010年上海小金井国際 貿易有限公司北京分公司に出向,2012年より同 深セン分公司に異動,現在に至る.

1. はじめに

2012年6月に深センに赴任し、早いものでもう 7年が経過した. ご存知の方も多いと思うが、まず 中国といっても各地方、各都市でかなりの違いがあ る. 私自身、深セン赴任前に北京に少し滞在してい たため中国を多少知っているつもりであったが、 日々変化するスピードの速さと大きさも相まって まったく異なる国に来たような経験をさせていただ いている. 今回執筆の機会をいただいたので公私を 通じて経験したことなどを紹介させていただきたい.

2. 赴 任 地

まず中国の都市といって思いつくのは上海や北京 などの大都市かと思う. 深センと聞いても今ひとつ ピンと来ない方も多いのではないだろうか.

最近日本のテレビやニュースで取り上げられる事 も多くなったとは思うが、深センは中国南部の広東 省(日本でいう県庁所在地の省会は広州)の一都市 で日本人観光客も多い香港、大小さまざまな工場が 多い東莞などに隣接している(写真1). もともと は小さな漁村であったが、改革開放政策により 1980年に経済特区に指定されて以来急速に発展を 続け、今では人口約1300万人(2018年)の大都市 となった. ほとんどが他地方からの移民であり, 地 元の人間に出会うことは稀である(最近は90年代 に深センで生まれ育った若者も増えてきた). また 言葉に関してもそんな事情から広東省の他都市とは

若干異なり、広東語や客家話を聞くことが少なく 「普通話」と呼ばれる中国の標準語が使用されるこ とが多い. このような新しい都市である深センはア ジアのシリコンバレーと呼ばれることもあり、国内 外の若者が起業を目指して集まる. ここ数年で一気 に成長した有名企業の本社も数多く存在するなど, 極端な富裕層も多く,中国でも一,二位を争う住宅 の値段の高さであり、日本でもあまり見慣れない欧 州などの高級車が街を行き交っている.



深セン湾公園周辺 写真1

3. 深センの気候

気候は亜熱帯海洋性気候に属し, 一年を通して暖 かく湿度が高い. ほとんどの季節をTシャツ, 短パ ン、サンダルで過ごすことができる、街中も緑が濃 く、市花でもあるブーゲンビリアの花が一年中咲い ており所々に南国の雰囲気がある(写真2). さす がに冬場の12月~2月はコートも必要になる時が あるが、期間は短く、その時は外よりも建物内が異 常に冷えて寒い. それが終わると3月~4月の「回 南天」と呼ばれる時には結露がひどく、マンション や事務所ビルの廊下がビショビショになり驚いたこ とがある. 5月以降は雨も多く, 折り畳み傘は必携 となる. 台風の直撃を受けることもあり、警報が発 令された場合, 学校は登校停止, 会社も出勤停止の

措置がとられる. 赴任後初めて台風警報が発令され た時はスタッフから「明日は休みですよね?」と聞 かれ、戸惑ったことを覚えている. 実際2018年9 月の大型台風22号では香港で最高ランクのシグナ ル10が発令され、深センでも街路樹はあちこちで 倒れ、ビルの窓ガラスが割れるなどかなりの被害を 出した. それでも翌日には何事もなかったかのよう にそこら中で片付けが始まり、市民は普通に通勤・ 通学している姿にはたくましさを感じた.



写真2 深センの街並み

4. 生 活

ほぼ一年中高温・多湿のため気をつかうのは部屋 の湿度対策である. 少し涼しくなって衣服を久しぶ りに出すとカビが…赴任当初はそんな失敗も経験し た. また日々洗濯物も乾きづらく, 乾燥機や除湿機 をフル活用している家庭もあると思う.

南国特有だが蚊も年中いる. また蚊よりもはるか に小さい, 恐らくヌカカと思われる虫が厄介で, 刺 されると非常にかゆく痕が長く残り, 一度に複数か 所を刺されることも多い. いまだにいろいろな虫除 けを試している最中であるが、現地のものもイマイ チ, 日本のものもほとんど効果がない.

食生活に関しては中国各地のレストランも数多く, ローカルスーパーにも食材は豊富に揃っていて特に 困ることはない. お酒に関しても中国ではおなじみ の白酒が主流であるが欧米系、日系のビールなど (中国生産) も入手可能である. 買い物をする時も スマートフォンを使用したキャッシュレス決済が主 流で、最近では一部コンビニエンスストアで顔認証 技術を利用した決済も登場している。私も長く現金 派であったが、おつりがないなどの事態に出くわし たことをきっかけにキャッシュレス決済を利用する

ようになった. このキャッシュレス決済, 日本でも いろいろと話題になっていると思うが、ファスト フード店などでは混雑したレジに並ばなくても店内 の端末で簡単にオーダーでき、非常に便利である.

市内の交通に関しても地下鉄、バス、タクシーを 始めとして最近では中国独自の配車アプリ、同じく スマートフォンを利用したレンタル自転車(写真 3) も浸透しており使い勝手が良く便利である. ま た,バス,タクシーに関しては他の都市に先駆けて 電動が導入されており、現在では街中で見かけるタ クシーはほとんどが電動となっている.

また、ほかの都市にはない深センの最大の特徴と しては香港とを結ぶイミグレーションが8か所存在 することである. それぞれ目的地や時間によって使 いわけて香港との往来が可能である. 特に日本の食 材を入手しようとすると、やはり香港に足を延ばす 方が多いと思う. 深センでも日本食材を扱うスー パーなどは増えてきているが、香港の品揃えにはか なわない(もちろんそれなり高価である). また週 末や連休は香港もしくはフェリーで約1時間で行く ことのできるマカオに足を延ばす人も多い. 香港, マカオともに大陸とはまったく異なる雰囲気を味わ うことができるのが魅力である. 最近では深セン側 でもテーマパークや大きな商業施設などが各地に作 られており、週末はどこも家族連れでにぎわってい



写真3 街じゅうにあるレンタル自転車

5. 観 光 地

日本から深センへの直行便(成田. 関空. 中部国 際空港 2019年7月時点) はあるものの, ビジネ ス目的以外で直接深センに来られる方は少ないであ ろう. 実際私の知人が日本から来た時も, 正直案内 する場所に困り, 華強北(電子部品市場)を少し見 学程度,あとは魚市場(写真4)に連れて行った程

度である. 賛否両論あるとは思うが、やはりメ ジャーな観光地である香港・マカオのついでに大陸 側を少し見学といった感じが多いと思う. 実際に私 も15年ほど前に香港を旅行で訪れた際に、深セン 行きの半日バスツアーを申し込んだ記憶がある(ほ とんど印象に残っていないが…)、深センと香港を 車で往来できる深セン湾跨海大橋(写真5)に続い て,現在では香港ーマカオー珠海をつなぐ港珠澳大 橋も完成, また香港-深セン-広州をつなぐ高速鉄 道も開通しており、以前に比べて大陸側とのアクセ スは非常に良くなり往来が便利になった.



写真 4 魚市場の様子



写真5 深セン湾跨海大橋(対岸は香港)

6. 深センの産業

深セン, 隣接する東莞ともに電子部品, 電材など, コピー品から中古品も含めて街中であらやるパーツ 類が揃う. 華強北(日本でいう秋葉原の大型版)に 代表されるように電子部品関連業者が非常に多い. そのような土壌に加え、数多くのIT関連企業が集積 している. 古くは日系を始めとした外資の工業団地 からスタートしているが、今では中国ローカル大手 メーカーの本社、工場も集まる中心地となっている. スマートフォン, ドローン, パソコン, タブレット 端末などいわゆる3C製品やリチウム電池などの関 連部品の生産・販売が深センの中心産業であり、安 く、早く、大量に作ることを得意としている中国製 造業の中心のひとつといえる. 現在は品質において も評価は高まっており、数社の世界的企業も輩出し ている.

7. 最後に

冒頭にも申し上げたが変化のスピードが速く、大 きい中国でなんとかやってこられているのも取引先 の皆さまや現地スタッフを始めとして、本当に多く の方に支えられているからこそである. この場を借 りてお礼を申し上げたい. 私が赴任してからもス マートフォンの普及とともに生活は大きく一変し、 ビジネスを含めたあらゆる状況が日々変化するのを 実感している. 数週間, 数ヶ月の間が空くと文字通 り景色も変わり多くの常識が変わる、それが中国で あり何ともいえない魅力の一つであるといえる.

今後もいろいろな変化を楽しみながら駐在生活を 全うしていきたいと思う.

(原稿受付:2019年8月9日)

研究室紹介

中央大学 中村研究室紹介

者 紹 介



野 雄 眞

中央大学大学院理工学研究科精密工学専攻 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 E-mail: y_mano@bio.mech.chuo-u.ac.jp

2018年中央大学理工学部精密機械工学科卒業. 同年中央大学理工学科博士前期課程入学, 現在に至る. 圧送管内検査用蠕動運動型ロボットの 研究開発や. 単一回転による小型空気圧整流機 構の研究に従事



原 萩 輝 大

中央大学大学院理工学研究科精密工学専攻 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 E-mail:d_hagiwara@bio.mech.chuo-u.ac.jp

2018年中央大学理工学部精密機械工学科卒業 同年中央大学理工学科博士前期課程入学,現在に至る。高所作業用進行波型壁面移動ロボットの開発や腸管を規範とした蠕動運動型混合搬送 装置の開発に従事

1. はじめに

中央大学は法学部,経済学部,商学部,理工学部, 文学部,総合政策学部,国際経営学部.国際情報学 部から構成されている総合大学です1). 文系学部は 主に多摩キャンパスおよび市ヶ谷キャンパス、理系 学部は主に後楽園キャンパスで勉学に励んでいます. 後楽園キャンパスは東京ドームを間近に臨み、3駅 5路線が利用できるアクセスの良い場所に位置して います(図1). 今年で創立70周年を迎えた中央大 学理工学部は,研究者,学生,企業が集まり,とも に研究し、成果を社会に還元してきました.

中村研究室は中央大学理工学部精密機械工学科に 所属しています. 当研究室は2019年6月現在, 中 村教授のもと助教3名,共同研究員2名,秘書2名, 知財担当職員1名,博士2年2名,修士2年7名, 修士1年9名, 学部4年11名で研究活動に励んで います. 多くの研究テーマでは、外部機関との共同 研究を行っています. 2019年6月現在, 30以上の 企業や研究機関との共同研究をしています.

また研究発表にも積極的です. 国内外の学会誌へ

の論文投稿や、多くの修士学生が年2回の海外論文 発表をし、国内学会にも数多くの参加をしています. 2章以降で、研究内容と研究室の行事について紹 介させていただきます.



中央大学後楽園キャンパス2) 図 1

2. バイオメカトロニクスとソフトロボティクス

中村研究室では、ソフトロボティクス・バイオメ カトロニクスを中心にさまざまなロボットを日々研 究開発しています. そもそもソフトロボティクスや バイオメカトロニクスとはどのような分野なので しょうか.

ソフトロボティクスとは、従来のロボット工学に おける「かっちりと作りかっちりと制御する」とい う常識にとらわれない、「柔軟でしなやかに」と いった特徴を持つロボットを研究開発する新しい分 野です. その特徴がゆえに人間に危害を加えにくく, 人間と協調可能な性質を活かし、リハビリ・アシス ト分野を中心に研究が盛んに行われています. 高齢 化や労働力不足などの社会問題を解決することがで きるのではないかと言われています.

一方バイオメカトロニクスとは、近年急速に研究 が進行している新たな分野であり、バイオ(生物分 野)・メカニクス(機械分野)・エレクトロニクス (電機分野)の融合分野として注目されています. 自然界に生息する多種多様な生き物は、厳しい生態 系の中で何世代にも渡り生き残るための「知恵」を

進化という形で継承してきました. 工学分野におけ る課題に対して、自然界において類似した環境に適 応できる手段を持ち合わせた生き物の構造・移動方 法を模倣し再現することで、工学におけるその課題 を解決することができるという新しい発想です.

3. 研究紹介

中村研究室ではこれまでにさまざまなロボットを 研究開発してきました. 現在行われているものをご 紹介しましょう.

3.1 バイオメカトロニクスの研究

ミミズ型ロボットの開発は近年盛んにおこなわれ ており、 当研究室でも研究開発しております。 まず は, 管内検査・清掃ロボット³⁾⁴⁾です(図2). 私た ちの身の回りにあるさまざまな配管設備は細く多く の曲管が存在し、検査が十分に行えないという社会 的問題が生じています. これが原因で, 道路陥没事 故や漏水などインフラの問題から家屋内ハウスダス トの問題まで人々の生活のあらゆるところに悪影響 を及ぼしています. そこで, 生き物のミミズに着目 しました. 地中の狭い空間を安定して推進できるぜ ん動運動という移動方法を軸方向繊維強化型空気圧 ゴム人工筋肉を用いて再現し、細管内検査用ミミズ 型ロボットを開発しています. 長く細い管内でも力 強く推進し曲管も難なく通過する優れものです。ま た、ロボットの内部が中空構造であるためさまざま な拡張機能を搭載することもでき, 汎用性の高さも ミミズ型ロボットの大きな特徴の一つです.

またミミズは穴を掘る際に、土を口から食べて肛 門から排出します. この特性を応用したのが掘削ミ ミズ型ロボットです. 掘削ミミズ型ロボットはオー ガと呼ばれるドリルを回転させて掘削しています. この際掘削反力を得る必要がありますが、ミミズ型 ロボットの体節を膨張させることで広い面積により 掘削壁面を把持できるため安定した掘削が可能です. 海底や月面は調査に莫大なコストと時間がかかって しまいます. 小型で確実に掘削推進が可能なロボッ トは、今後の日本近海に眠るレアアースの調査や月 面の地層の調査を飛躍的に加速させることが期待で きます.

また, 生体の腸管に着目した大腸型ロボットを開 発しています(図3). 私たちのお腹の中の腸管は、 ぜん動運動により、小さな力で食べ物を混ぜながら 運ぶことができます. この原理を用いて, 固体ロ ケット燃料の製造4), 土砂の搬送5), トナーなどの 粉体搬送およびインクジェット原料の混合搬送に応 用しています. 固体ロケット燃料の製造においては, 昨年度1.65kgの実組成火薬の混合搬送および地上

燃焼試験にも成功40しました. 安全で連続的な方法 で, 固体ロケット燃料の製造と自動搬送に世界で初 めて成功したことで、新聞をはじめとした多数のメ ディアに取り上げていただきました. 今後は、製造 スケールを1kgレベルから増やすことで、さらな る実用化への問題抽出と対応を急ぐ予定です.



図2 ミミズ型ロボット



図3 大腸型ロボット

3.2 ソフトロボティクスの研究

生物模倣ロボットのほかにも、当研究室ではソフト ロボティクスとしてさまざまな研究が行われています. まずは、下肢アシスト装具についてご紹介します (図4). 本装具はアクチュエータに軸方向繊維強化 型空気圧人工筋肉を用いており, 同軸上にMRブ レーキが設けられています. これらふたつの要素が 持つ可変剛性・粘性を組み合わせた可変粘弾性特性 を持つのが本装具の特徴です. 人間の複雑で微細な 挙動は剛体リンク装具では阻害してしまいますが, 本装具は軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉で吸 収することが可能で人間の動作との親和性が高く. 装着者に違和感を与えません. また, 非駆動時にア クチュエータが持つ柔らかさにより、高いバックド ライバビリティが確保されています.

ほかにも、仮想現実空間と力学提示装置を組み合 わせた装置も開発されています(図5). 近年VRが 盛んに研究されていますが、多くはVRゴーグルを 通して映像を見せることのみに限定されています. 本装具は、仮想空間内にある物体を触ったときに、 その感触を操作者に与えることが可能で、よりリア ルに仮想空間を再現することができます. 力学提示 装置には、軸方向繊維強化型空気圧人工筋肉とMR クラッチが用いられており、ゴムのような可変弾性 すら表現できます. リハビリ分野やエンターテイメ ント分野への応用が期待される研究です.



図4 下肢アシスト装置

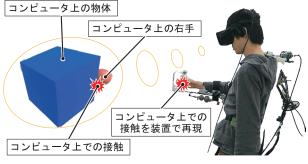


図5 仮想現実空間と力学提示装置を組み合わせた装置

4. 研究室行事について

当研究室の年間行事は、4月に新入生歓迎会、7 月に前期お疲れさま会、8月にゼミ合宿、1月に後 期お疲れさま会および2月に送別会を実施しており ます. また、毎月2回学内にあるテニスコートで教 員と学生が一緒になってテニスやフットサルをして 汗を流しています. ここでは、ゼミ合宿についてご 紹介します.

毎年のゼミ合宿地は、全研究室員による投票で決 めます.一昨年は大島、昨年度は山中湖へ向かいま した. 昨年度の山中湖での合宿は, 道中ぶどう狩り をし、山中湖では、湖畔でスポーツ大会をしました. そして、夕飯はBBOをして大いに盛り上がりました. 当研究室の特徴として、学生のみならず、全研究室 員の仲が大変良く、行事が盛り上がります.



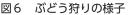




図7 スポーツ大会







図8 BBQ

図 9 宿前での集合写真

5. おわりに

当研究室は、個性豊かな学生が多く日々にぎやか に研究活動を行っています. こんな学生をひとつに まとめ上げることができるのは、中村太郎先生くら いなものです.日ごろから学生を気にかけ、常にご 自身の体を張って笑いを率先して誘ってくれます. しかし、お年もあり昔ほどアクティブに動けないこ ともあるようです. 今後の展望といたしまして, 本 課題には何よりも先んじて取り組んでいこうと考え ております.

参考文献

- 1) https://www.chuo-u.ac.jp/academics/faculties/ science/
- 2) https://www.chuo-u.ac.jp/aboutus/communication/ hphoto/
- 3) Yuki M., Ryutaro I., Yasuyuki Y., Taro N., : Development of High-speed Type Peristaltic Crawling Robot for Long-distance and Complex-line Sewer Pipe Inspection, Proc. of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2018)
- 4) Yuki M., Ryutaro I., Yasuyuki Y., Taro N., : Development of Contraction Force Control System of Peristaltic Crawling Robot for Sewer Pipe Inspection, The 2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)
- 5) 萩原大輝, 芦垣恭太, 若松康太, 岩崎祥大, 野副克彦, 田上賢悟, 山田泰之, 羽生宏人, 中村太郎:蠕動運動型 混合搬送装置による固体推進薬の製造と燃焼試験, 宇 宙航空研究開発機構研究開発報告:高エネルギー物質 研究会:平成30年度研究成果報告書, pp. 41-44 (2019)
- 6) Hagiwara, D., Ashigaki, K., Wakamatsu, K., Ueda, M., Yamada, Y., Nakamura, T.: Soil transport experiment with a multi-unit peristaltic transport machine for compact automatic transportation of excavated soil, 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 724-728 (2019)

(原稿受付:2019年8月5日)

企画行事

2019年春季フルードパワーシステム講演会開催報告

者 紹 介



中 尾 光

鹿児島大学大学院 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-40 E-mail: nakao@mech.kagoshima-u.ac.jp

2011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、その後、鹿児島大学助教を経て、2015年同大学准教授、現在に至る、空気圧制御、流体の数値計算に関する研究に従事、 ノステム学会, 日本機械学 会などの会員. 博士 (工学)

1. はじめに

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)の2日間にわ たって機械振興会館(東京都港区芝公園 3-5-8) にて開催された. 本講演会では、以下のとおり2種 類のオーガナイズドセッション(OS)と3種類の 一般セッション、製品技術紹介セッションが企画さ れ、計32件の講演発表が行われた。

OS「ソフトフルードロボティクス」: 9件

OS「フルードパワーシステムにおけるマルチドメ

イン動力伝達の新展開 : 3件

一般セッション「油圧」: 5件

一般セッション「水圧・機能性流体」: 5件

一般セッション「空気圧」:5件

製品技術紹介:5件

また、5月30日(木)の午前には春季講演会併 設セミナー,31日(金)の午後には特別講演が開 催された. 本稿では両日の講演会について, 概要を 報告する.

2. 各セッションの概要

2.1 OS「ソフトフルードロボティクス」

本OSは高岩昌弘先生(徳島大学)がオーガナイ ザーとなり、以下の趣旨のもと行われた.

「少子高齢化社会を迎え、ロボットは従来の製造 分野だけでなく、人間支援分野への応用も期待され ています. 人間支援ロボットには、高速・高精度よ



講演発表の様子(OS:ソフトフルードロボティク

りも、柔軟・安全という特徴が望まれ、開発や運用 面においてパラダイムの転換が求められています. 本OSでは柔軟ロボティクスという観点から、アク チュエータ・センサなどの要素技術や制御手法の開 発, また応用事例にいたるまで, 幅広く紹介する.」 2室で計9件の講演が行われ、二層型容積可変タ

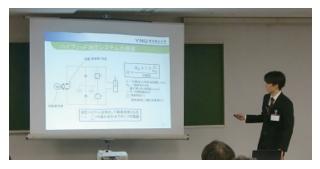
ンクの開発1)や空気式手指・手首進展装置の開発2), 自励振動式柔軟小型バルブ3), ダクト清掃のための ミミズ型ロボットの提案40(写真1)などが報告さ れた.

2.2 OS「フルードパワーシステムにおけるマル チドメイン動力伝達の新展開」

本OSは佐藤恭一先生(横浜国立大学)がオーガ ナイザーとなり、以下の趣旨のもと行われた.

「フルードパワーシステムでは、電気駆動やエン ジン駆動のポンプ, コンプレッサなどの流体動力源, 電磁力により操作される流体動力の制御弁、流体動 力により駆動されるシリンダやモータなどのアク チュエータなど, 電気系, 機械系, 流体系のマルチ ドメイン(複数の物理分野)で動力の変換、伝達、 制御が行われている.本OSでは、フルードパワー 機器のみならず、電動モータなどの駆動源からアク チュエータまでの動力伝達経路にある機器の性能向 上により、システム全体の動力伝達効率の向上、ア クチュエータの応答性、制御性の向上を目指した研 究開発事例などについての研究を幅広く紹介する.」

本セッションでは、電動油圧システムの高効率動 力伝達に関する研究5)(写真2),空気圧閉回路駆動 による小型車両用アクティブサスペンション6,油



講演発表の様子(OS:フルードパワーシステムに 写真2 おけるマルチドメイン動力伝達の新展開)

空圧・伝導システムの配管・配線における動力伝達 能力について7)の計3件が報告された.

2.3 一般セッション「油圧」

本セッションでは5件の講演が行われた. 油圧シ リンダの準静的モデル8)、油圧直接駆動システムへ の連動回路の適用90(写真3),油圧アームの特殊な 無次元化の制御応用について10)などの講演があった.



写真3 講演発表の様子(一般セッション(油圧))

2.4 一般セッション「水圧・機能性流体」

本セッションでは、水圧に関するものが3件、機 能性流体に関するものが2件の計5件の講演が行わ れた. 磁気機能性流体のせん断応力に関する基礎研 究¹¹⁾(写真 4), カルマンフィルタを用いた層流流量 計12)、長方形オリフィスからのキャビテーション噴 流の騒音特性13)などが報告された.

2.5 一般セッション「空気圧」

本セッションでは5件の講演が行われた. エア



講演発表の様子(一般セッション(水圧・機能性 流体))

タービンスピンドルの回転数制御14,手術ロボット の外力推定15)、マイクロヘリックス風車16)の開発な どが報告された.

2.6 製品技術紹介セッション

本セッションは、企業からの技術報告を積極的に 行う目的で開催されてきたセッションである. 本年 度は、張本護平氏(SMC株式会社)が中心となっ て実施された. 講演ではエアブローとインパクトブ ローガンの紹介¹⁷⁾(写真 5) や感圧測定システムの 有用性¹⁸⁾などが報告された.



写真 5 講演発表の様子(製品技術紹介セッション)

3. 特別講演

5月31日(金)の14時25分からの1時間で、尾 形哲也先生(早稲田大学/産業技術総合研究所)を 講師として、「深層学習の概要とロボット応用事例」 の演題で特別講演が行われた. 講演概要は以下の通 りである.

「近年,画像,音声,言語などさまざまな応用に おいて、深層学習利用が一般化し、大幅な機能向上 と効率化を実現している. 本講演では、この深層学 習モデルの簡単な概要紹介の後に、特に講演者の専 門であるロボットシステムへの応用事例を紹介する. 基礎研究および企業との共同研究などの紹介を通じ てその可能性について展望する.」

深層学習は現在もっともホットな話題の一つで. その基礎から最新の応用事例まで紹介いただくとい うこともあり、大変盛況であった.



写真6 特別講演の様子

4. おわりに

本年度の春季講演会の講演数は昨年度よりも少な

目となってしまった. 大学が大変厳しい状況に置か れていること、フルードパワーシステムという分野 がかなり成熟していることなどが要因として考えら れる.しかし、深層学習に関する新しい研究会が立 ち上がるなど、明るい話題もある. フルードパワー システム分野の今後ますますの発展を期待したい.

なお、筆者は本学会企画委員として,本講演会の 主査を担当させていただいた. この場をお借りして, 本講演会にご協力いただきました皆様に深く御礼申 し上げる.

参考文献

- 1) 佐々木大輔, 恵守航平:携帯型空気圧供給システムの ための二層型容積可変タンクの開発, 2019年春季フルー ドパワーシステム講演会講演論文集, p. 4-6 (2019)
- 2) 細見大樹, 松井保子, 高岩昌弘: 拘縮予防のための空 気式手指・手首伸展装置の開発、2019年春季フルード パワーシステム講演会講演論文集, p. 10-12 (2019)
- 3) 塚越秀行、宮木悠二:進行波の生成を目指した自励振 動式柔軟小型バルブ、2019年春季フルードパワーシス テム講演会講演論文集, p. 13-15 (2019)
- 4) 伊藤文臣, 河口貴彦, 山田泰之, 中村太郎: ダクト清 掃のための連続柔軟内壁構造を有したミミズ型ロボッ トの提案,2019年春季フルードパワーシステム講演会 講演論文集, p. 17-19 (2019)
- 5) 板垣星哉, ハー タムファン, 佐藤恭一:電動油圧シス テムの高効率動力伝達に関する研究, 2019年春季フルー ドパワーシステム講演会講演論文集, p. 45-47 (2019)
- 6) 佐藤奨悟, 新堀武儀, 佐藤恭一:空気圧閉回路駆動に よる小型車両用アクティブサスペンション,2019年春 季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 48-50 (2019)
- 7) 風間俊治:油空圧・電動システムの配管・配線におけ る動力伝達能力について一管路・電線の抵抗に基づく 損失の考察一,2019年春季フルードパワーシステム講 演会講演論文集, p. 51-53 (2019)
- 8) 菊植亮, 村田昂平, 岡田共史, 吉原秀雄, 土井 隆行, 南條孝夫、山下耕治:非圧縮流体仮定にもとづく油圧 シリンダの準静的モデル、2019年春季フルードパワー

- システム講演会講演論文集, p. 29-31 (2019)
- 9) 清水自由理, 大谷拓也, 水上英紀, 橋本健二, 高西淳 夫:2足ヒューマノイドロボット向け油圧直接駆動シ ステムへの連動回路の適用,2019年春季フルードパワー システム講演会講演論文集, p. 32-34 (2019)
- 10) 酒井悟:油圧アームの特殊な無次元化の制御応用につ いて、2019年春季フルードパワーシステム講演会講演 論文集, p. 41-43 (2019)
- 11) 山本久嗣, 西田均, 百生登, 島田邦雄, 井門康司, 池 田愼治:磁気機能性流体のせん断応力に関する基礎研 究,2019年春季フルードパワーシステム講演会講演論 文集, p. 83-85 (2019)
- 12) 平野翔太, 千葉崇宏, 眞田一志: カルマンフィルタを 用いた層流流量計による非定常流量計測,2019年春季 フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 89-91 (2019)
- 13) 渡辺あかり、岡部仁美、吉田太志、飯尾昭一郎:長方 形オリフィスからのキャビテーション噴流の騒音特性 (噴流の下流圧と噴出アスペクト比の影響), 2019年春 季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 92-94 (2019)
- 14) 島崎皓平, 加藤友規, 大坪樹, 永尾宗三郎, 矢澤孝哲: エアタービンスピンドルの回転数制御における外力推 定と切削抵抗に関する考察,2019年春季フルードパワー システム講演会講演論文集, p. 58-60 (2019)
- 15) 菅野貴皓, 梶創揮, 川瀬利弘, 宮嵜哲郎, 川嶋健嗣: 機械学習を用いた手術ロボットの外力推定, 2019年春 季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 64-66 (2019)
- 16) 村松久巳, 上杉崇, 松下智貴: バルーンアクチュエー タを装着したマイクロへリックス風車の開発, 2019年 春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 67-69 (2019)
- 17) 大島雅之, 佐々木博章:ピーク圧を利用したエアブロー とインパクトブローガンの紹介,2019年春季フルード パワーシステム講演会講演論文集, p. 73-74 (2019)
- 18) 畑中孝行, 小山直樹, 国府田幸男, 渡邊隆信: 感圧測 定システムの有用性一感覚を数値化するシステム―, 2019年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p. 75-77 (2019)

(原稿受付:2019年9月11日)

会 告

〈理事会・委員会日程〉

9月 4日

理事会

9月24日

基盤強化委員会

9月30日

情報システム委員会

10月 9日

編集委員会

〈理事会報告〉

2019年度第3回理事会

9月4日 14:00~16:00

機械振興会館 地下3階 B3-6 (出席者17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周年記念事業の準備状況
- 3) 2019年秋季講演会の開催準備状況
- 4) 2019年度学会賞各賞・フェロー推薦者募集
- 5) 規程類の改訂
- 6) 会員の推移
- 7) 各委員会からの報告
- 8) その他

〈委員会報告〉

2019年度第2回基盤強化委員会

9月24日 15:00~17:00

機械振興会館 地下3階 B3-7 (出席者8名)

- 1)会員サービス、会員数増加
- 2) 外部への情報発信
- 3) フルードパワー道場14
- 4) フルードパワー・バーチャルミュージアム
- 5)研究委員会について
- 6) その他

2019年度第2回情報システム委員会

6月7日 15:00~17:00

東京工業大学田町CIC 5階(出席者5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

2019年度第3回編集委員会

8月6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.6 「高水圧を活用した世界」
 - · Vol.51 No.1 「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」
 - · Vol.51 No.2 「50周年記念企画 フルードパワーユー ザーからみる将来への期待(仮)」
 - · Vol.51 No.3 「ターボ形フルードパワー最前線(仮)」
 - · Vol.51 No.4 「フルードパワーシステムにおけるクリー ン化技術(仮)」
- 2) その他
 - · 会議報告
 - ・トピックス
 - ・今後の特集について

学会創立50周年特別会費(賛助金)の受付状況

2019年10月31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、心から感謝申しあげます。なお、特別会費は引き続き受付けておりますので、よろ しくお願い申しあげます.

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

㈱ユーテック

[賛助会員] 50音順(敬称略)

(株)IHI 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㈱ 川重商事㈱ ㈱神崎高級工機製作所 KYB(株) ㈱小松製作所 ㈱阪上製作所 (株)ジェイテクト CKD(株) 勝美印刷(株) 住友重機械工業㈱ ダイキン・ザウアーダンフォス㈱ 大生工業(株) (株)TAIYO ㈱都筑製作所 東京計器パワーシステム(株) 東京計器㈱ TOHTO(株) 豊興工業(株) ナブテスコ(株) フジサンケイ ビジネスアイ 日本機材(株) 日本クエーカー・ケミカル(株) 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) 日立建機㈱ ㈱日立建機ティエラ ㈱不二越 ㈱増田製作所 マックス(株) 三菱電線工業㈱

油研工業(株)

ヤマシンフィルタ(株) リバーフィールド㈱

[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	伊藤	和寿	井上	淳	上嶋	優矢	大内	英俊
大信日	日文司	大科	守雄	大橋	彰	大見	康生	小笠原	原文男	小木曽	自太郎
小澤	忠彦	落合	正巳	小山	紀	香川	利春	柿山	稜	風間	俊治
加藤	友規	神倉	_	川上	幸男	川島	正人	川嶋	健嗣	神田	国夫
北川	能	木原	和幸	玄林	相 昊	小嶋	英一	小曾列	= 博	斉藤	賢治
齋藤	直樹	酒井	悟	桜井	康雄	佐々れ	木政彰	佐藤	三禄	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	曽谷	康史	高岩	昌弘	高崎	邦彦
高田	進	高田	芳行	高橋	建郎	竹村	开治郎	田中	和博	田中	裕久
田中	豊	田中	義人	千葉	誠	塚越	秀行	築地	徹浩	筒井	大和
釣賀	靖貴	寺澤	孝男	冨山	俊作	中井	政光	永瀬	徳美	仲宗林	艮隆志
中田	毅	永田	精一	中野	政身	中野	和夫	中山	晃	成田	田
西股	健一	則次	俊郎	土師	野 正	張本	護平	肥田	一雄	広田	善晴
藤田	壽憲	藤谷	秀次	前畑	一英	増田	精鋭	丸山	勝徳	三浦	孝夫
峯岸	敬一	宮川	新平	村松	久巳	柳田	秀記	ЩП	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

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

募集期間:2020年5月31日まで

レア・ルコント

297

共催・協賛行事のお知らせ

協賛行事

No.19-336 ~ 339 連続講習会「機械―電気の統合モデルによるモデルベース開発」

画:一般社団法人 日本機械学会 交通·物流部門

開催日:2019年10月28日(月) 第1回 物理機能モデルの概要及び適用事例発表

2019年11月21日(木) 第2回 物理機能モデルの要素モデル (機械と電気の1次要素) - 2019年12月12日(木) 第3回 物理機能モデルによるモデル(機械と電気の2次要素) 2020年 1月23日(木) 第4回 物理機能モデルによるモデル化 (機械と電気の簡単な事例)

場:日本機械学会会議室(東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5F)

URL: https://www.jsme.or.jp/event/2019-41632/

No.19-347 講習会 とことんわかる自動車のモデリングと制御

画:一般社団法人 日本機械学会 交通·物流部門

開催日:2019年11月13日(水)

会 場:日本機械学会会議室(東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5F)

URL: https://www.jsme.or.jp/event/2019-43228/

No.19-324 講習会 ソフトアクチュエータの基礎と最新応用事例

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11月19日(火)

場:大阪工業大学梅田キャンパスセミナー室201(大阪市北区茶屋町1-45)

URL: https://www.jsme.or.jp/event/2019-42553/

SICEセミナー「モデル予測制御 ~最適制御の基礎から応用事例・ソフトウェアツールまで~」

画:公益社団法人 計測自動制御学会 制御部門

開催日:2019年11月21日(木)

会 場: 新大阪丸ビル別館5階 5-1号室(大阪府大阪市東淀川区東中島1-18-22) URL: http://www.sice-ctrl.jp/jp/wiki/wiki.cgi/c/semi?page=mpc2019

シンポジウム「動力伝達系の最新技術2019」

画:公益社団法人 自動車技術会 動力伝達系部門委員会, CVT・ハイブリッド部門委員会

開催日:2019年11月22日(金)

会 場:東京工業大学 大岡山キャンパス 西9号館 ディジタル多目的ホール(東京都目黒区大岡山2-12-1)

URL: http://www.jsae.or.jp/sympo/2019/scdl.php

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)

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(横浜市西区みなとみらい1丁目1-1)

U R L: http://ecodenet.com/ed2019/

第16回「運動と振動の制御」シンポジウム MoViC2019

主 催:一般社団法人 日本機械学会

開催日:2019年12月4日(水)~6日(金)

場:一般社団法人 高知教育会館 高知城ホール(高知県高知市丸の内2丁目1-10)

URL: http://www.jsme.or.jp/conference/movic2019/index.html

2019年度 計算力学技術者(CAE技術者)資格認定事業

(固体力学分野の有限要素法解析技術者・熱流体力学分野の解析技術者・振動分野の有限要素法解析技術者)

催:一般社団法人 日本機械学会 計算力学技術者資格認定事業委員会

試験日程:2019年12月7日(土) 「1・2級」認定試験

場:下記HPを確認ください

URL: https://www.jsme.or.jp/cee/

第20回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会

主 催:公益社団法人 計測自動制御学会システムインテグレーション部門

開催日:2019年12月12日(木)~14日(土)

会 場:サンポート高松(香川県高松市サンポート1) URL: https://www.sice-si.org/conf/si2019

日本機械学会関西支部第366回講習会 実務者のための振動基礎と制振・制御技術

主 催:一般社団法人 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門

開催日:2020年1月27日(月)~1月28日(火)

会 場: 大阪科学技術センター 8階 中ホール (大阪府大阪市西区靭本町1-8-4)

URL: http://www.jsme.or.jp/rmd/robomech2020/

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(神戸市中央区港島中町6-9-1)

U R L: https://compsafe2020.org/

ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 (ROBOMECH2020)

主 催:一般社団法人 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門

開催日:2020年5月27日(水)~5月30日(土)

会 場:石川県産業展示館 他(石川県金沢市袋畠町南193) URL: http://www.jsme.or.jp/rmd/robomech2020/

299

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

2019年度オータムセミナー

「アディティブ・マニュファクチャリングの最新技術と適用事例 ーフルードパワー分野への活用法を考える―」

開催日時:2019年12月6日(金)13:00~17:00

場:東京電機大学 東京千住キャンパス5号館 5203セミナー室

産業分野でのアディティブ・マニュファクチャリング(3D プリンタによる造形)の活用が急速に進んできています. 本セ ミナーでは、今後期待されるフルードパワー分野での活用のた めの最新技術とその適用事例を紹介することで、関連技術者の 今後の展望の一助としたいと思います.

詳細は学会ホームページに随時掲載いたします. 皆様の積 極的なご参加をお待ちしております.

深層学習を活用したフルードパワーシステムのモデル化と制御に関する 研究委員会委員募集のお知らせ

委員会の趣旨:

フルードパワーシステムは、その非線形な特性から制御困難 な対象としてさまざまなアプローチがとられています. 一方, 近年では複雑なシステムをモデル化し制御する方法として、深 層学習(ディープラーニング)が注目されています.

本研究委員会では、深層学習をフルードパワーシステムに適 用する場合の効果の検証、およびその技術的課題を明らかにす ることを目的としています. また, 外部専門家による講演や実

機を用いた検証などを実施する予定です.皆様の積極的なご参 加をお待ちしております.

研究期間:2019年4月1日~2021年3月31日

委員長:小林 亘(岡山理科大学)

(幹事:清水 自由理(株式会社日立製作所))

申込み・問い合わせ:小林 亘 (岡山理科大学)

Tel: 086-256-9528

E-mail: kobayashi@are.ous.ac.jp

日本フルードパワーシステム学会 2019年度受賞候補者募集のお知らせ

当学会は、我が国の油圧・空気圧・水圧工学の振興と発展の 奨励を目的として毎年優れた研究・技術を表彰しております. 本年も当学会の「表彰規程」に基づき、日本フルードパワーシ ステム学会2019年度受賞候補者を募集いたします.

つきましては、独創的な研究、画期的な新技術、累積効果抜 群な研究者、技術者などについて、適格な受賞候補者をご推薦 ください.

募集要項など詳しくは学会ホームページをご覧ください.

日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 2019年秋季フルードパワーシステム講演会

開催日:2019年11月20日(水)・21日(木)・22日(金)

会場:富山国際会議場(富山市)

2019年秋季フルードパワーシステム講演会を右記日程で 開催します、詳細は学会ホームページをご覧下さい、皆様の積 極的なご参加をお待ちしております.

- ・11月20日(水)午後: テクニカルツアー
- ・11月21日(木)22日(金):
- 一般講演・オーガナイズドセッション・日中国際交流講演
- 11月22日(金)午後~夕方:

特別講演,技術懇談会

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 (10月10日現在)	909	14	144	130
差引き増減	+3	±0	+19	±0

正会員の内訳 名誉員15名・シニア員46名・ジュニア員137名・その他正会員710名

〈新入会員〉

正会員

久住 政喜 (株式会社かんでんエンジニアリング) 渡辺 博仁(KYB株式会社)

荒井 陽(株式会社MORI)

学生会員

石川 智也(足利大学) ディアン セリン モドゥ (足利大学)

松本 流依(神奈川工科大学) 目賀田天斗(神奈川工科大学)

髙橋 康輝(信州大学) 宮下 海渡(信州大学)

早川 航(東京工業大学) 拓真(法政大学) 北村 優祐 (秋田県立大学) 加古龍之介 (秋田県立大学)

林 晃太郎 (岡山理科大学) 羽根 佑典(岡山理科大学)

小林 卓巳 (岡山理科大学) 保井 拓巳 (中央大学)

濱 研吾(東京工業大学) 今井 勇樹 (東京工業大学)

藤平晃太朗(富山高等専門学校) 大場 実(中央大学)

門脇 惇(香川大学) 八瀬 快人(香川大学)

平成元年5月

会 告

資料一覧表

価格は、(一社) 日本フルードパワーシステム学会事務局までお問い合わせください.

資 料 名 発行年月

〈講演論文集〉

平成元年春季油空圧講演会講演論文集 平成元年秋季油空圧講演会講演論文集 平成2年秋季油空圧講演会講演論文集 平成3年秋季油空圧講演会講演論文集 平成4年春季油空圧講演会講演論文集 平成4年秋季油空圧講演会講演論文集 平成5年春季油空圧講演会講演論文集 平成5年秋季油空圧講演会講演論文集 平成6年秋季油空圧講演会講演論文集 平成7年秋季油空圧講演会講演論文集 平成8年春季油空圧講演会講演論文集 平成8年秋季油空圧講演会講演論文集 平成9年春季油空圧講演会講演論文集 平成9年秋季油空圧講演会講演論文集 平成10年春季油空圧講演会講演論文集

平成10年秋季フルイドパワーシステム講演会講演論文集 平成11年春季フルイドパワーシステム講演会講演論文集 平成12年春季フルイドパワーシステム講演会講演論文集 平成12年秋季フルイドパワーシステム講演会講演論文集 平成13年春季フルイドパワーシステム講演会講演論文集 平成13年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成14年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成15年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成16年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成16年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成17年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成18年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成18年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成19年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成19年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成20年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成21年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成21年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成22年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成22年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成23年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集 平成24年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集

平成元年11月 平成2年11月 平成3年11月 平成4年5月 平成4年10月 平成5年5月 平成5年11月 平成6年10月 平成7年11月 平成8年5月 平成8年10月 平成9年5月 平成9年10月 平成10年5月 平成10年11月 平成11年5月 平成12年5月 平成12年10月 平成13年5月 平成13年11月 平成14年5月 平成15年5月 平成16年5月 平成16年11月 平成17年5月 平成18年5月 平成18年11月 平成19年5月 平成19年11月 平成20年5月 平成21年6月 平成21年11月 平成22年5月 平成22年12月 平成23年5月 平成24年5月

エより たむ エーコール リー・ハー・コール きゅう かまた 人	T-10.45.4.1
平成24年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成24年11月
平成25年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成25年5月
平成25年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成25年11月
平成26年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成26年5月
平成27年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成27年5月
平成27年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成27年11月
平成28年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成28年5月
平成28年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成28年10月
平成29年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成29年5月
平成30年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成30年5月
平成30年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	平成30年10月
2019年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集	2019年5月
⟨IFPEX⟩	
平成9年IFPEX 第18回油圧・空気圧国際見本市 大学・研究室展出展内内容説明書	平成9年10月
平成11年IFPEXフルイドパワーシステム ワークショップ講演会講演論文集	平成11年10月
平成14年IFPEXフルイドパワーシステム ワークショップ講演会講演論文集	平成14年6月
平成17年IFPEXフルイドパワーシステム ワークショップ講演会講演論文集	平成17年8月
平成20年IFPEXフルイドパワーシステム ワークショップ講演会講演論文集	平成20年4月
平成23年IFPEXフルイドパワーシステム ワークショップ国際見本市論文集	平成23年7月
平成26年第24回IFPEXカレッジ研究発表展示コーナー論文集	平成26年9月
平成29年第25回IFPEXカレッジ研究発表展示コーナー論文集	平成29年9月
〈フォーラム〉	
フォーラム'91「賢い電子油圧制御をいかに実現するか」	平成3年7月
フォーラム'92「ここまできた電子油空圧制御システム」	平成4年7月
フォーラム'93「水圧システムの現状と課題-作動流体として水はどこまで使えるか」	平成5年7月
フォーラム'94「油空圧駆動と電動駆動の現状と課題 その1」	平成6年7月
フォーラム'95「油空圧駆動と電動駆動の現状と課題 その2」	平成7年7月
フォーラム'96「油空圧技術を支えるトライボロジー」	平成8年7月
フォーラム'97「21世紀を見つめた新技術開発」	平成9年7月
フォーラム'98「オフロードビーグル用走行装置の動向」	平成10年7月
フォーラム'99「技術開発におけるトラブル事例」	平成11年7月
フォーラム2000「油空圧機器の省エネルギー化はこれだ!」	平成12年7月
フォーラム2001「自動車における最新油空圧技術の動向」	平成13年7月
フォーラム2002「電動かフルードか」	平成14年8月
フォーラム2003「電動かフルードかⅡ」	平成15年5月
フォーラム2004「最近の緩衝・制振・免振技術」	平成16年5月
〈セミナー〉	
オータムセミナー「最近の油空圧」	昭和61年10月
オータムセミナー「表面改質」	昭和62年10月
オータムセミナー「油空圧技術の将来のために」	昭和63年10月
オータムセミナー「油空圧のためのセンシング技術」	平成元年10月
オータムセミナー「メカトロニクス関連センサ」	平成2年10月
オータムセミナー「200X年における電子油空圧はどうあるべきか Part1」	平成3年10月
オータムセミナー「油空圧を支える解析技術」	平成4年10月
オータムセミナー「油圧機器・システムにおける振動をいかに克服するか」	平成5年10月
オータムセミナー「油空圧制御と高速インターフェース技術の融合」	平成6年11月
オータムセミナー「油空圧におけるシミュレーション技術の現状と課題」	平成7年10月
オータムセミナー「最新制御理論の超活用法(油空圧システムとロバスト制御の融合)」	平成8年9月
・ / -・/	1 MO ± 0)1

オータムセミナー「油空圧システムに於ける最新制御理論の超活用法	
(油空圧システムとロバスト制御の融合)」	平成9年9月
オータムセミナー油圧機器応用「パワーパッケージの現状と動向」	平成10年9月
オータムセミナー「フルイドパワーシステムへの最新制御手法の適用」	平成11年10月
オータムセミナー「環境適合技術の動向」	平成12年9月
オータムセミナー「フルイドパワーシステムに用いられる制御技術の動向」	平成13年9月
オータムセミナー「ハイブリッドカーの現状と将来」	平成14年10月
オータムセミナー「フルードパワーと環境・リサイクル」	平成15年10月
オータムセミナー「食品機械におけるフルードパワーの利用と課題」	平成16年10月
オータムセミナー「レスキューにおけるフルードパワーシステム」	平成17年10月
オータムセミナー「生活に密着したフルードパワー」	平成18年10月
オータムセミナー「鉄道におけるフルードパワー技術」 資料は『油空圧技術』Vol.46 No.4	平成19年4月
オータムセミナー「フルードパワーシステムと環境・省エネルギー」	平成20年10月
オータムセミナー「フルードパワーシステムのためのlinux開催環境」	平成21年10月
オータムセミナー「BOPビジネスの可能性~ CSRとビジネスの両立~」	平成22年11月
オータムセミナー「パワートレインにおけるフルードパワー技術」	平成23年11月
オータムセミナー「フルードパワー技術を生かす油圧作動油の最新動向」	平成24年11月
オータムセミナー「鉄道車両とフルードパワー技術」	平成25年10月
オータムセミナー「医療・福祉・介護分野でのフルードパワーを利用したロボティクス」	平成26年11月
オータムセミナー「アクアドライブシステムの産業利用の現状」	平成27年11月
オータムセミナー「生産技術に貢献するフルードパワー in トヨタ産業技術記念館」	平成28年11月
オータムセミナー「ロボティクス分野におけるフルードパワー活用の現状と今後について」	平成29年11月
オータムセミナー「知っておきたい空気圧システム設計技術の新常識」	平成30年11月
ウインターセミナー「油空圧システムの低騒音化のために」	平成2年2月
ウインターセミナー「知っておきたい新しいアクチュエータ」	平成3年2月
ウインターセミナー「200X年における電子油空圧はどうあるべきか Part2」	平成4年2月
ウインターセミナー「新素材の油空圧への応用」	平成5年2月
ウインターセミナー「空気圧の新たな可能性を求めて」	平成6年2月
ウインターセミナー「人と環境に優しい油空圧―油空圧機器・システムの低騒音化技術―」	平成7年2月
ウインターセミナー「油圧システムの高圧化に関する現状と将来」	平成8年2月
ウインターセミナー「フルイドパワーにおける流体の役割」	平成9年2月
ウインターセミナー「ER流体の可能性とその油空圧技術への応用」	平成10年1月
ウインターセミナー「ユーザは語る・自動化機器における駆動方式の現状と将来像」	平成11年1月
ウインターセミナー「水圧システムの現状と応用事例・展望」	平成12年1月
ウインターセミナー「省エネ、環境のためのセンシング」	平成13年1月
ウインターセミナー「油空圧機器・システムにおける省エネルギー化の方法」	平成14年1月
ウインターセミナー「油空圧機器に係わる加工技術~共存する油空圧機器と加工技術~」	平成15年1月
ウインターセミナー「メンテナンスエンジニアリング―ランニングコストを安く―」	平成16年1月
ウインターセミナー「医療・福祉におけるフルードパワーシステムの応用動向」	平成17年1月
ウインターセミナー「機械システムの安全性」	平成18年2月
ウインターセミナー「家庭の中のフルードパワー」	平成19年2月
ウインターセミナー「航空機とロケットへの応用」	平成20年2月
ウインターセミナー「海と船のフルードパワー」資料は『学会誌』Vol.39 No.5	平成21年2月
ウインターセミナー 「フルードパワー機器・システムの小型化」 資料は 『学会誌』 Vol.39 No.5	平成22年2月
ウインターセミナー「福祉・医療環境における空気圧応用の現状と問題」	平成23年2月
ウインターセミナー「圧縮空気エネルギーの有効利用技術」	平成23年2月
ウインターセミナー「アクアドライブシステム(新水駆動圧技術)の現状と将来」	平成25年2月
ウインターセミナー「大型機械と油圧技術」	平成26年2月
/ 1 × / C 3 / '/_ \	1 14/20 - 7 /1

水圧駆動システム研究委員会成果報告書	平成16年6月
水圧駆動システムの有効利用に関する研究委員会	平成25年5月
空気圧システム省エネルギー研究委員会報告書	平成15年3月
空気圧機器の流量特性評価法に関する研究委員会成果報告書	平成15年9月
空気圧のシミュレーション研究委員会報告書	平成16年2月
空気圧システム及び機器の信頼性に関わる研究委員会成果報告書	平成19年3月
空気圧シリンダ系動特性研究委員会研究成果報告書	平成16年2月
油空圧駆動システムにおける制御手法の適用と評価に関する研究委員会報告書	平成14年2月
油空圧制御系の研究開発力推進に関する研究委員会報告書	平成24年11月
機能性流体の油空圧機器への応用に関する研究委員会報告書	平成14年3月
機能性流体を用いたスマートフルードパワーシステムに関する研究委員会成果報告書	平成18年1月
機能性流体を活用した次世代型フルードパワーシステムに関する研究委員会成果報告書	平成22年6月
機能性流体を核としたフルードパワーシステムの融合化に関する研究委員会成果報告書	平成24年9月

フルードパワーシステム 総目次 (第50巻)

	号	通し頁		号	通し頁
【 挨拶】 年頭のご挨拶 …真田 一志	1	4	油空圧部品の洗浄事例と洗浄技術 に関する最新情報	5	212
年頭にあたって ・・・・嶋村 英彦	1	5	HVOF溶射法を用いた高耐食シリ 共間 利毒	5	216
特集「油圧ポンプの関連技術動向」			フタロツトの開発 電船加工と特別を開発し		
「油圧ポンプの関連技術動向」発…丸田 和弘 行にあたって	1	6		5	219
油圧ポンプ素描 …風間 俊治	1	7	高圧ホースおよびホースアセンブ リの製造技術 …西村健太郎	5	222
油圧ポンプの根幹技術:非工 小曽戸 博 ロージョンノッチの開発 細井 耕平 真下 和昌	1	13	リリーフバルブ組立作業自動化技…瀧口 真樹術の開発	5	226
小型アキシアルピストンポンプ 樋口 雄一 の球面会板の特長と活田東卿 計共 喜勝	1	18	特集「高水圧を利用した世界」 「「高水圧を利用した世界」発行に …佐々木大輔	6	254
自動車に用いられるベーンポンプ…野田 智巳 の特徴と開発	1	21	あたって 高静水圧下における硬脆材料の延…吉野 雅彦		
外接ギヤポンプの仕組みと低騒音…村田 一真 技術の変遷	1	24	性モード切削加工 食品用高圧処理装置 …前川 明紀	6 6	255 258
油圧ポンプの開発におけるCAEの藤井 恕幸	1	27	超高圧水による塑性加工を用いた河原 南山	6	261
適用事例 高剛性作動油の特徴と効果 … 永井 利幸	1	30	拡管技術の紹介 食品製造のための高圧力(高静水 重松 亨	6	264
建設機械用油圧ポンプの搭載関連…字佐美秀明	1	34	上) 技術 微細層流ウォータージェットを田		
(.z.b= 1		いたレーザー加工機 靖	6	268
特集「ロボットに役立つフルードパワーの要素技 「ロボットに役立つフルードパ…塚越 秀行 「ワーの要素技術」発行にあたって	術 」 2	6.4	【会議報告】		
油圧駆動ロギットに独立つ油圧亜		64	日本機械学会2018年度年次大会に おけるフルードパワー技術研究 修一	1	38
素技術	2	65	FPMC (BATH/ASME) におけるフ加藤 お担	1	40
振動駆動式マイクロ空気圧弁 …平井 慎一 ラバーレス人工筋肉 …齋藤 直樹	2 2	69 72	ルードパワー関連技術の研究動向 山梨講演会2018におけるフルード…吉田 和弘	2	
回生機構を持つ空気圧供給システム…佐々木大輔 クエン酸と炭酸水素ナトリウム 」奥井 学	2	75	ハソー技術研究 ICMT2019におけるコルードパロー	2	86
の化学反応を利用した空気圧源 日村 大郎	2	78	7文体16世纪	3	129
マイクロロボットに有効な機能性…金 俊完	2	82	計測自動制御学会・流動計測制御シ ・・・川上 幸男ンポジウムにおける研究動向	3	132
、 特集「大学における水圧研究」			ICFD2018におけるフルードパワー中野 政身 関連研究	4	182
「大学における水圧研究」発行にLIP 実治	3	112	ICMDT2019におけるフルードパ Mrth EN Market	5	229
あたって			ワー関連技術の研究動向 第8回FPM2019におけるフルード飯尾昭一郎		
組み (トライボロジーとキャビ…風間 俊治 テーションを礎として)	3	113	パワー関連技術の研究動向 ***・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6 6	272 274
水圧シルンダの特性 …伽田 季記	3	118	第31回「電磁力関連のダイナミク	Ü	
水圧用流量制御弁におけるキャビ …飯尾昭一郎 テーション現象	3	122	ス」シンポジウムにおけるフルード…吉田 和弘 パワー技術研究	6	276
水圧用リリーフ弁・圧力制御弁・…鈴木 健児 静圧軸受	3	125	ROBOMEC2019におけるフルード…谷口 浩成パワー関連技術の研究動向	6	278
特集「医療に関わるフルードパワー」			【トピックス】		
「医療に関わるフルードパワー」…飯尾昭一郎 発行にあたって	4	156	学生さんへ, 先輩が語る一大学研究…宮嵜 哲郎 者の仕事一	1	42
脳蘇生のための生理状能自動制御… 檮木 智彦	4	157	学生さんへ、先輩が語る―メーカー 森林 サケ	2	88
睡眠時無呼吸症候群にみる流体力…高井雄二郎 学とその治療方法	4	163	の技術職として働き始めて一 学生さんへ、先輩が語る一油圧機械…三枝 直人	3	135
繊毛による生体流れの駆動 …石川 拓司 リンパの流れに視点をおいた新し …大橋 俊夫	4	166	グーカーで働き始めて一 学生さんへ 先輩が語る—学生時代		
「いりンハ子	4	170	を振り返って今思うこと― ・・・・・ー	4	185
計測融合血流解析の医療応用 …早瀬 敏幸 人工心臓 …山根 隆志	4	174 178	学生さんへ、先輩が語る一油圧機器…黒田裕一朗の開発業務を通じて一	5	231
特集「フルードパワーを支える製造・加工技術」			学生さんへ、先輩が語る一建機メー カーで働いた経験から今伝えたい事…小笠原憲一	6	281
「フルードパワーを支える製造・中山 晃 加工技術」発行にあたって	5	206	ー Youは日本をどう思う?第7回:モ …パパル ウランウルシ	1	<i>1</i> E
フルードパワー機器用部品のバリ 取り・エッジ仕上げ技術 ・・・・北嶋 弘一	5	207	ンコルから日本に留字して Voult 日本をどう思う?第8回:韓	1	45
W - W - W - W - W - W - W - W - W - W			国から日本に来て 俊榮	2	91

Youは日本をどう思う?第9回:日·侯	3	138	日本フルードパワーシステム学会・		
本か大好きになった	0	100	日本機械学会 共催 2019年春季	3	131
Youは日本をどう思う?第10回:セミリツァ・ラドイチッチルビアから日本に留学して	4	189	フルードパワーシステ講演会 2019年度春季フルードパワーシステ		
Youは日本をどう思う?第11回:ベールー・ダム・ファン			ム講演会 併設セミナー「ロボット	3	131
トナムから日本に留字して	5	234	に役立つフルードパワーの要素技術」	5	101
Vouは日末おびる田るり第12回・由	0	004	2019年春季フルードパワーシステ		
国から日本に留学して 鵬鵬	6	284	ム講演会 併設企画「製品・技術紹	3	131
アメリカ生活を振り返って …大岡 正和	2	92	介セッション」		
ブラジル駐在員日記 …長谷川秀人	3	140	学会創立50周年特別会費(賛助金)	3	149
中国(深セン)駐在日記 … 菅野 竜介	6	286	の受付状況 共催・協賛行事のお知らせ	3	150
【研究室紹介】			会に、励賞日事のも知らせ その他		147,148,151,152
油		4.5	2019年度 特別教育講座「油圧機	0	111,110,101,102
尾	1	47	器・システムのモデリング入門:市	4	165
信州大学 飯尾研究室(流体制御 { 宇佐見 咲	2	96	販ソフトを利用するときに知ってお	4	103
研究室) 岡部 仁美			くことはこれだ!」		
秋田県立大学 メカノシステム研究室…斎藤 直樹 大阪工業大学ロボティクス&デザイ	3	142	日本フルードパワーシステム学会・ 日本機械学会 共催 2019年秋季	4	105
大阪工業八子ロボケイクス&ケリイ ン工学部 ロボット工学科 フレキ…谷口 浩成	4	191	コルードパワーシステム講演会	4	165
シブルロボティクス研究室		101	2019年度(第38期)通常総会終了	4	197
岡山大学 システム構成学研究室…脇元 修一	_	227	学会創立50周年特別会費(賛助金)		
(仲田・脇兀研究至)	5	237	の受付状況	4	198
中央大学 中村研究室紹介 … [真野 雄貴	6	289	共催・協賛行事のお知らせ	4	200
林原 大輝	-		FP道場14開催のお知らせ	4	201
【企画行事】			その他 日本フルードパワーシステム学会・	4	196,199,202
(藤田 憲書			日本機械学会 共催 2019年秋季	5	243
2019年度正画行事稻月	2	99	フルードパワーシステム講演会	Ü	210
平成30年秋季フルードパワーシス…早川 恭弘	2	101	2019年秋季フルードパワーシステム	5	243
アム講演会開催報告	2	101	講演会 テクニカルツアーのご案内	3	243
平成30年度オータムセミナー開催	0	1.45	学会創立50周年特別会費(賛助金)	5	245
報告「知っておきたい空気圧システ…藤田 壽憲 ム設計技術の新常識」	3	145	の受付状況 学会誌表紙デザインコンペ結果のお		
平成30年度ウインターセミナー開			子云記衣献 アリインコン N和未のわ 知らせ	5	246
催報告「フルードパワーシステムと…林 光昭	4	194	共催・協賛行事のお知らせ	5	248
1DCAE_			2019年度オータムセミナー「ア		
2019年春季講演会併設セミナー			ディティブ・マニュファクチャリン	5	249
「ロボットに役立つフルードパワー…清水自由理	5	240	グの最新技術と適用事例―フルード	0	210
の要素技術」			パワー分野への活用法を考える―」 深層学習を活用したフルードパワー		
20190年春季フルードパワーシス中尾 光博 テム講演会開催報告	6	292	システムのモデル化と制御に関する	5	249
			研究委員会委員募集のお知らせ	O	210
【会告】			日本フルードパワーシステム学会	5	249
日本フルードパワーシステム学会論	1	51	2019年度受賞候補者募集のお知らせ	O	
文集49巻(2018)抄録	1	01	その他	5	236,244,247,250
平成30年度ウインターセミナー「フ ルードパワーシステムと1DCAE」	1	56	2019年度ウィンターセミナー「フ ルードパワーに利用できるマイコン		
日本フルードパワーシステム学会・			技術〜機器の駆動に関わるマイコン	6	267
日本機械学会共催 2019年春季フ	1	56	技術(ハード&ソフト編)~」		
ルードパワーシステム講演会			学会創立50周年特別会費(賛助金)	6	296
2019年度春季フルードパワーシステ			の受付状況		
ム講演会 併設セミナー「ロボット	1	56	共催・協賛行事のお知らせ	6	297
に役立つフルードパワーの要素技術」 2019年春季フルードパワーシステ			2019年度オータムセミナー「ア ディティブ・マニュファクチャリン		
ム講演会併設企画「製品・技術紹介	1	56	グの最新技術と適用事例―フルード	6	299
セッション」	1	00	パワー分野への活用法を考える一」		
日本フルードパワーシステム学会論			深層学習を活用したフルードパワー		
文集49巻(2018)3号 発行のお	1	57	システムのモデル化と制御に関する	6	299
知らせ		F.O.	研究委員会委員募集のお知らせ		
共催・協賛行事のお知らせ その他	1	58 50, 57, 59, 60	日本フルードパワーシステム学会 2019年度受賞候補者募集のお知らせ	6	299
学会創立50周年特別会費(賛助金)			日本フルードパワーシステム学会・		
の受付状況	2	105	日本機械学会 共催 2019年秋季	6	299
学会誌表紙デザインの刷新にともな	2	106	フルードパワーシステム講演会		
うデザインコンペのお知らせ			資料一覧	6	301
共催・協賛行事のお知らせ その他	2	107	フルードパワーシステム第50巻総 目次	6	306
その他 日本フルードパワーシステム学会論	2	31, 95, 104, 108	目次 その他	6	295,300,308
文集 50巻 (2019) 1号 発行の	3	117	C-210	U	200,000,000
お知らせ	_				

次号予告

-特集「創立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」―

「巻頭言〕創立50周年の記念号	启田	+
〔巻頭言〕創立50周年の記念号	眞田	一志
〔解 説〕創立50周年によせて	田中	豊
研究と学会活動の回想,学会への期待一油圧分野一	北川	能
研究と学会活動の回想,学会への期待一油圧分野一	築地	徹浩
研究と学会活動の回想,学会への期待一空気分野一	小山	紀
研究と学会活動の回想,学会への期待一空気圧分野一	則次	俊郎
研究と学会活動の回想,学会への期待一機能性流体分野一	中野	政身
研究と学会活動の回想,学会への期待一空気圧分野一	北畠	多聞
研究と学会活動の回想,学会への期待―油圧分野―	肥田	一雄
筆者のフルードパワー 50年	宮川	新平
〔会議報告〕日本機械学会2019年度年次大会におけるフルードパワー技術研究	吉田	和弘
FLUCOME2019におけるフルードパワーの研究動向	早川	恭弘

2019年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長副委員長委員長	塚村飯飯伊	越松尾田藤	秀久昭武雅	行巳郎郎則	(東京工業大学) (沼津工業高等専門学校) (信州大学) (㈱小松製作所) (東京海洋大学)	委	員	妹中中藤丸	尾野山田田	政壽和	満身晃憲弘	(SMC㈱) (東北大学) (日立建機㈱) (東京電機大学) (㈱小松製作所)
	梅	村	哲	郎	(KYB傑)			宮	津	寿	宏	(CKD(株))
	加	藤	友	規	(福岡工業大学)			矢	島	丈	夫	(㈱コガネイ)
	北	村		剛	(油研工業(株))			柳	\blacksquare	秀	記	(豊橋技術科学大学)
	栗	林	直	樹	(川崎重工業㈱)			Щ	田	真0	D介	(㈱TAIYO)
	\pm	嶋	裕	之	(㈱工苑)			Щ	田	宏	尚	(岐阜大学)
	齋	藤	直	樹	(秋田県立大学)			吉	満	俊	拓	(神奈川工科大学)
	佐く	才	大	輔	(香川大学)	担当	理事	伊	藤	和	\Box	(KYBエンジニアアリングアンドサービス㈱)
	佐	藤	恭	_	(横浜国立大学)	学会	事務局	成	田		晋	
						編集	事務局	竹	内	留	美	(勝美印刷㈱)
												(あいうえお 順)

(めいつえお 順)

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 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 東京〇〇一一〇一三—一三三六九〇東京都港区芝公園三丁目五—二二 電話(〇三)三四三三—八四四一 FAX(〇三)三四三三—八四四二