昭和47年10月19日第4種学術刊行物許可　2024年11月15日発行（奇数月）　ISSN 1346−7719　フルードパワーシステム

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワーシステム

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

Nov. 2024　Vol.55 No.6

特集「機械工学を学ぶ皆さんへ―フルードパワーのすゝめ―」

JFPS　一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会　http://www.jfps.jp

ISSN 1346-7719
第55巻　第６号　2024年11月

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワーシステム

目　　次

特集「機械工学を学ぶ皆さんへ　―フルードパワーのすゝめ―」

【巻頭言】

「機械工学を学ぶ皆さんへ　―フルードパワーのすゝめ―」発行にあたって　佐々木大輔　244

【解説】

超大型機械を動かすためのフルードパワー　浅野広太郎　245
医療に貢献するフルードパワー　門脇　信傑，小林　正樹　249
水素に関する取り組みと関連機器の紹介　山下　洋司　254
超高圧処理装置の全固体電池への応用　伊藤　洋行　258
省エネルギー化に向けた油圧要素技術　三枝　直人　261
支援モード切替機能を有すパッシブ型動作支援装置の開発と活用事例　小川　和徳　264

【会議報告】

第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会におけるフルードパワー関連技術の研究動向　竹村研治郎　268
ROBOMECH2024におけるフルードパワー関連技術の研究動向　高岩　昌弘　270

【トピックス】

学生さんへ，先輩が語る―フルードパワーに関わる学生さんへ―　八瀬　快人　272

【研究室紹介】

富山高等専門学校　機械システム工学科　山本研究室　山本　久嗣　275

【企画行事】

2024年春季フルードパワーシステム講演会　桜井　康雄　278

【会告】

2024年度オータムセミナー「水圧技術の課題と現状」	253
日本フルードパワーシステム学会2024年度フェロー認定者推薦のお願い	253
日本フルードパワーシステム学会2024年度受賞候補者募集のお知らせ	253
英文論文誌の特集号（第12回フルードパワー国際シンポジウム　広島2024）のお知らせ	280
日本フルードパワーシステム学会論文集55巻（2024）２号発行のお知らせ	280
理事会・委員会報告	281
共催・協賛行事のお知らせ	282
会員移動	283
資料一覧	284
フルードパワーシステム総目次（第55巻）	289
次回予告	292

■表紙デザイン：浅賀美希　勝美印刷㈱

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

FLUID POWER SYSTEM

ISSN 1346-7719
Vol. 55, No. 6 November 2024

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue "Encouragement of Fluid Power"

【Preface】

On the Special Issue "Encouragement of Fluid Power" — Daisuke SASAKI — 244

【Review】

Fluid Power System to Work Giant Machines — Koutaro ASANO — 245
Fluid Power Contributes to Medical Care — Nobuhiro KADOWAKI, Masaki KOBAYASHI — 249
Introduction of Hydrogen Initiatives and Related Equipment — Hiroshi YAMASHITA — 254
Application of Isostatic Pressing Machine for Solid State Battery — Hiroyuki ITO — 258
Hydraulic Component Technology for Energy Conservation — Naoto SAEGUSA — 261
Development and Application Cases of Passive-type Motion Assist Device with Mode Switching Control — Kazunori OGAWA — 264

【Conference Report】

Report on the 23rd JSME Machine Design and Tribology Division Conference — Kenjiro TAKEMURA — 268
Research Trends in Fluid Power Technology at ROBOMECH2024 — Masahiro TAKAIWA — 270

【Topics】

Senior talk to students—For students involved in fluid power— — Hayato YASE — 272

【Laboratory Tour】

Yamamoto Lab, National Institute Technology Toyama College — Hisashi YAMAMOTO — 275

【JFPS Activities】

Report on Spring Conference of Japan Fluid Power System Society 2024 — Yasuo SAKURAI — 278

【JFPS News】

253, 280, 281, 282, 283, 284, 289, 292

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

巻頭言

「機械工学を学ぶ皆さんへ　―フルードパワーのすゝめ―」発行にあたって

著者紹介

佐々木（ささき）　大輔（だいすけ）

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

2003年岡山大学大学院博士後期課程中退後同大学 助手，助教を経て，2015年香川大学講師，2016年同准教授，2021年同教授，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．日本フルードパワーシステム学会，IEEE，日本機械学会，日本ロボット学会などの会員．博士（工学）．

仮想空間にアクセスし超人的な能力を駆使して活躍する，具体的な作品名は伏せておくが筆者が若い頃見た映画やアニメである．すでに，大学生として機械工学を学んでいた私はその時「これは誰が作っていることになっているのだろう」と疑問を持ったものである．今回の企画の対象である学生の皆さんも同じ思いをしたことはないだろうか？

筆者は仕事柄高校生に機械工学を説明することが多々あるが，その時「私たちは衣食住全ての場面で大小さまざまなモノに囲まれて生きていて，それを作り出し皆さんの手元に届けているのが機械工学です．」と伝えている．機械工学の大切さに気がつき，すでに学び始めている皆さんには今更だろうが，現実世界を生きる私たちにモノは必要不可欠なのである．

さて，皆さんの中にはそろそろ研究室選びの時期が迫っている人もいるのではないだろうか？今回の特集は，普段とは趣旨を変え機械工学を学んでいる学生の皆さんの専門選択の参考にしてもらうべく，「フルードパワーのすゝめ」と題してフルードパワーの魅力と可能性について紹介する．私たちを取り巻くさまざまな場面で活用される機械，それを支えているのがフルードパワーであると言うことを皆さんに改めて知っていただきたい．

高層ビルの建築や日々私たちの歩く道路の整備をはじめ，エネルギー資源の採掘など私たちの生活に大型機械は欠かすことができない．そこで浅野広太郎氏（コマツ）には，大規模鉱山で利用されている超大型油圧ショベルを題材に，油圧シリンダやショベルの設計に関して解説いただいた．

皆さんの中には医療系の機械に関心を持つ人もいるのではないだろうか？そこで，門脇信傑氏，小林正樹氏（協和ファインテック株式会社）には，腎機能の低下した方々には必要不可欠な機械である血液透析装置に関してご執筆いただいた．

浅野氏ならびに門脇氏，小林氏の解説は，それぞれの機械，フルードパワーとの関連についての解説に加え，皆さんが学んできたこと，これから学ぶこととのつながりについてもご説明いただいている．難しい部分もあるかもしれないが，「学んだことがこのように役立つ」と勉学の原動力にしてほしい．

つづいて，持続可能社会とフルードパワーの関連事例として，エネルギーに着目し「つかう」「ためる」「節約する」をキーワードとして解説いただく．まず，山下洋司氏（川崎重工業株式会社）には，脱炭素社会に向けた次世代エネルギーとして注目を集める水素を「つかう」ための技術に関してご寄稿いただいた．伊藤洋行氏（株式会社神戸製鋼所）には，次世代バッテリーとして期待されている全固体蓄電池を製造するための機器についてご説明いただいている．つぎに，油圧を使った機械は我々の生活に大きく関わっているが，この油圧機器も環境問題を考える上でCO_2削減が求められている．三枝直人氏（油研工業株式会社）には，油圧機器の省エネルギー化と言うテーマで解説いただいた．

本特集の最後は，社会問題となっている労働力不足を解決するパワーアシスト技術について小川和徳氏（ダイヤ工業株式会社）にご寄稿いただいた．小川氏には空気の力で動作する人工筋肉を使用した動作支援装置の活用事例について解説いただいている．

なお，本特集は冊子の発刊と同時に電子版のオープンアクセスが可能となっている．関係の皆様にはフルードパワーの魅力を伝える場面で本特集を活用いただけると幸いである．

最後に，ご多忙にもかかわらず，本企画にご賛同いただき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：2024年 9 月15日）

解説

超大型機械を動かすためのフルードパワー

著者紹介

浅野（あさの）　広太郎（こうたろう）

コマツ

〒963-0215 福島県郡山市待池台１－１

E-mail : koutaro_asano@global.komatsu

2005年山梨大学大学院医学工学総合教育部機械システム工学専攻修了，同年，コマツ入社現在に至る．油圧シリンダの技術研究，開発業務に従事．

1. はじめに

フルードパワーを支えるコンポーネントを設計するためには，機械工学や流体力学などさまざまな知見が必要になる．一方，油圧シリンダは油圧力をリンクに伝えたり逆にリンクから伝わる外力に耐えたりするなど構造体としての役割も大きいことから，特に機械工学の知見が重要となる．そこで機械工学を学んでいる方々がフルードパワーに興味を持てるように油圧シリンダの設計を機械工学的な視点で解説し，さらに超大型機械設計時の留意点も解説する．

2. 超大型機械とは

2.1 超大型機械の概要

私たちの生活や産業に必要不可欠な社会インフラを支えるためには，鉱山から採れる鉄や化石燃料が欠かせない．鉱山の多くは高地や極寒地，高温地帯や乾燥地帯など過酷な自然環境下にあり，こういった現場で日々鉱山機械は稼働している．大規模鉱山では，車体質量300tを超える超大型油圧ショベル（図１）が使用されており，一日に20h以上稼働することも多い．鉱山の特徴として，積込機械である油圧ショベルやホイールローダ，運搬機械のダンプトラックが一日止まるだけでも生産に大打撃を与え，驚くような損害が発生する．そのため，鉱山機械は設備として扱われ，単純に仕事をするだけではなく高い信頼性と耐久性を持ち，維持管理費用を低く抑えられることが重要視される．車体構成部品はこういった観点で設計されており，一般建機とは考え方が大きく異なる．

図１　300ton 油圧ショベル[1)]

2.2 油圧ショベルの動作原理

本誌は油圧シリンダを題材とするが，基礎知識として油圧ショベルの車体構成を簡単に解説する．

図２は，油圧ショベルの油圧回路をイメージ化したものである．油圧ショベルは，原動機（エンジン，電動機）の力で油圧ポンプを回し，作動油タンクから作動油を吸い上げて各アクチュエータに送る．油圧ポンプと各アクチュエータの間には油圧コントロールバルブがあり，アクチュエータの力，速度，方向をコントロールしている．油圧シリンダは伸縮の直線運動しかできないが，リンクを介することで，作業機の複雑な動きを実現している（図４）．

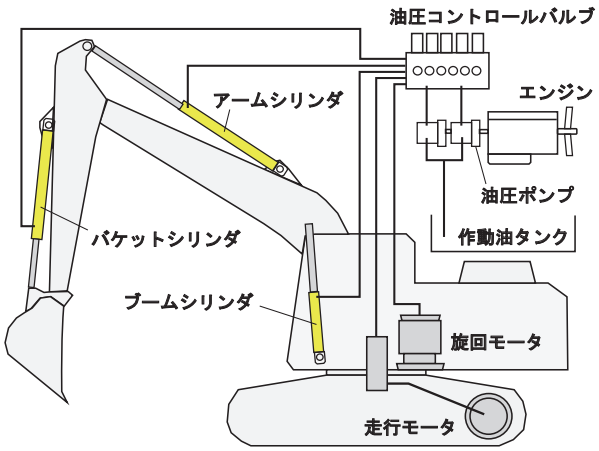


図２　油圧ショベルの油圧回路イメージ

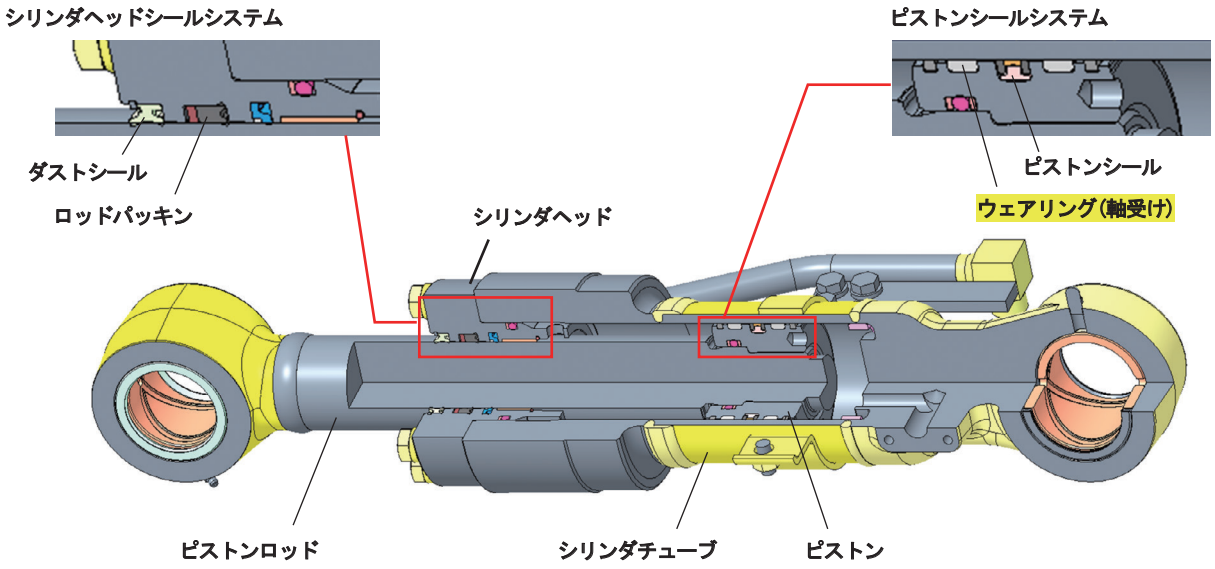


図３　中型油圧ショベル用油圧シリンダの基本構成

3. 油圧シリンダとは

3.1　油圧シリンダの概要

油圧シリンダは，油圧を媒体とした伸縮動作により大きな力を発生することができるアクチュエータである．中型油圧ショベル用油圧シリンダの構成を簡単に解説する（図３）．

3.2　シリンダチューブ

胴体となる筒状の部品である．片側には車体とピン接続するための部品が接合されており，作動油をシリンダ内に流すためのポートも設けられている．反対側にはシリンダヘッドをボルト固定するためのタップ加工が施されている．

3.3　ピストンロッド

油圧力を伝えるための棒状の部品で，油圧により往復動する．表面は硬質クロムめっき処理，母材は高周波焼き入れを施し，岩石，木などの衝突やダストの擦れなどにより傷つかないよう工夫されている．片側は車体ピンを接続するための部品が接合されており，反対側はピストンを締結するために，ねじ加工されている．

3.4　ピストン

ピストンロッド端に装着される部品である．内径がねじになっており，ピストンロッドにねじ込んで固定する．シリンダチューブ内の空間をヘッド側とボトム側に仕切るためのピストンシールが装着されており，これにより油圧を受けることができる．また，軸受け等の部品も装着されている．

3.5　シリンダヘッド

シリンダチューブ端面の蓋で，シリンダチューブにボルト締結される．ヘッド側の油圧をシールするためのロッドパッキン，外からの異物の侵入を防ぐためのダストシールなど，重要なシールが装着されている．

3.6　油圧シリンダの動き

ボトム側へ作動油を入れることでピストン等が押されロッドが伸びる．ヘッド側の作動油はタンクに戻る．油圧ショベルのバケットシリンダの場合，リンクを介してバケットが掘削側に動く．逆にヘッド側へ作動油を入れるとロッドは縮み，リンクを介してバケットが排土側に動く（図４）．

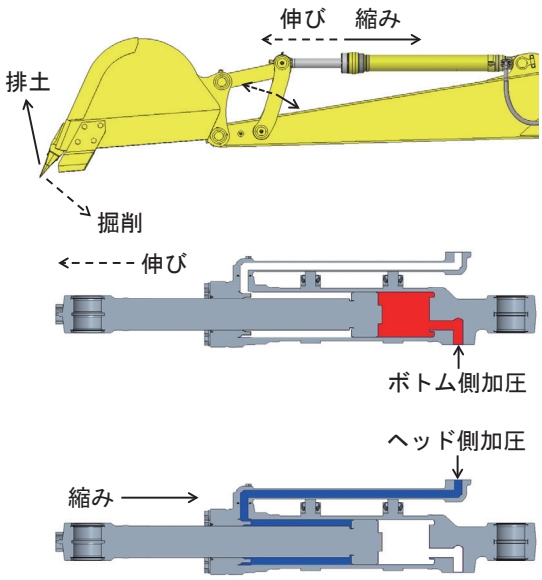


図４　油圧シリンダの動き

4. 油圧シリンダの各部位にかかる負荷

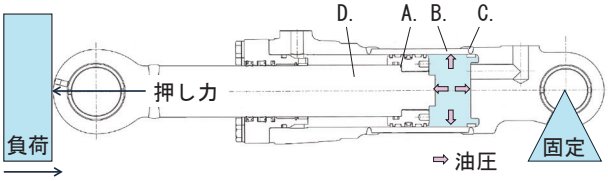
油圧シリンダが作動時に受ける主な負荷について

解説する．油圧シリンダに油圧力が負荷されたときの検討箇所は数多くあるが，油圧力と力を受ける面積で応力算出できる部分を一例として取り上げる．

4.1　シリンダが伸びていくとき

ボトム側から作動油が入りロッドが伸びていくとき，ロッドに掛かる負荷を動かすことができる圧力，もしくはあらかじめセットされた圧力のどちらか低い方までボトム圧は上昇する．また，油の出入りがない時でも，ロッドがストロークエンドではない状態で縮み方向の外的負荷が掛かった場合，ボトム圧は上昇する．ボトム圧が発生したとき，各部にかかる力は図５のようになる．

特にC部は剛性のあるボトムエンドからシリンダチューブが膨らむ起点になるため，応力集中が大きく，FEM等による慎重な設計が重要になる．また，D部は長尺シリンダを設計するときのポイントとなり，これによりロッド径や長さが制限されることも多い．

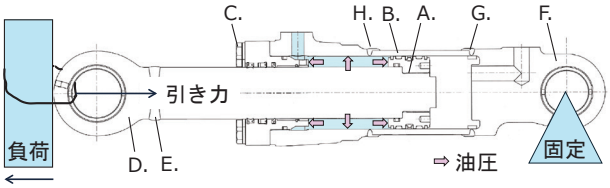


項目	概要	確認事項
A.	ピストンは，油圧力によりロッド座面に押し付けられる	接触面の面圧
B.	チューブは，油圧力により膨らむ	チューブの膨らみ応力
C.	ボトム溶接部は，油圧力により曲げられる	溶接部の応力
D.	ロッドは，油圧力により押される	座屈応力

図５　シリンダ伸び時に各部にかかる力

4.2　シリンダが縮んでいくとき

4.1項と逆の動きとなり，ヘッド側の圧力が上昇する．このとき，各部にかかる力は図６のようになる．

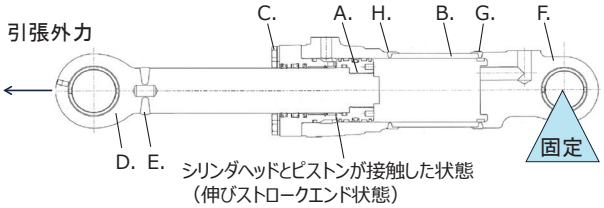


項目	概要	確認事項
A.	ねじ部は，油圧力により引張られる	ねじの引張応力,せん断
B.	チューブは，油圧力により膨らむ	チューブの膨らみ応力
C.	ヘッドボルトは，油圧力により引張られる	ねじの引張応力
D.	ロッドヘッド断面は，油圧により引張られる	ロッドヘッド引張応力
E.	溶接部は，油圧力により引張られる	溶接部引張応力
F.	ボトム断面は，油圧力により引張られる	ボトム引張応力
G.	溶接部は，油圧力により引張られる	溶接部引張応力
H.	溶接部は，油圧力により引張られる	溶接部引張応力

図６　シリンダ縮み時に各部にかかる力

4.3　伸びストロークエンドから引かれるとき

シリンダが伸びストロークエンド状態から，外力によりさらに引っ張られる力が発生することがある．この状態は，ヘッド側に油が入っていないため，油圧で力を受けることができず，油圧も上昇しない．4.1項や4.2項のようなハーフストローク状態であれば，安全弁などの機器により油圧の上昇を調整し，油圧シリンダへの異常な負荷を抑制することができるが，本項のモードではそれができない．そのため，予想を超える負荷の発生により油圧シリンダが破損する可能性もある．これを防止するため，車体の使われ方や仕様等を慎重に検討し，発生しうる外力を求めたうえで，油圧シリンダの設計を進める必要がある．伸びストロークエンドから引っ張り外力が発生した場合の各部にかかる負荷は，図７のようになる．

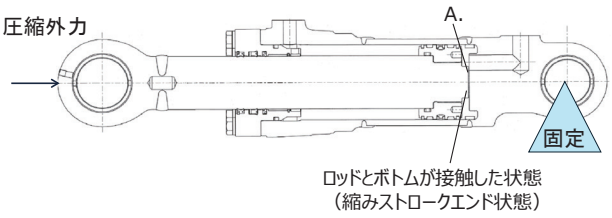


項目	概要	確認事項
A.	ねじ部は，引張外力により引張られる	ねじの引張応力,せん断
B.	チューブは，引張外力により引張られる	チューブの引張応力
C.	ヘッドボルトは，引張外力により引張られる	ねじの引張応力
D.	ロッドヘッド断面は，引張外力により引張られる	ロッドヘッド引張応力
E.	溶接部は，引張外力により引張られる	溶接部引張応力
F.	ボトム断面は，引張外力により引張られる	ボトム引張応力
G.	溶接部は，引張外力により引張られる	溶接部引張応力
H.	溶接部は，引張外力により引張られる	溶接部引張応力

図７　引張外力時に各部にかかる力

4.4　縮みストロークエンドから押し込まれるとき

4.3項とは逆に，シリンダが縮みエンド状態から，外力によりさらに押し込まれる力が発生することがある．このとき各部にかかる負荷は図８のようになる．



項目	概要	確認事項
A.	ロッドはボトムに押し付けられる	ロッド端面面圧

図８　圧縮外力時に各部にかかる力

5. 超大型機械用油圧シリンダの設計に関して

前項までに油圧シリンダの基本的な解説をした.さらに本項では超大型機械用油圧シリンダ設計時の留意点について紹介する．冒頭に述べたとおり，超大型機械を構成する部品は高い信頼性と耐久性，

維持管理性が求められる．具体的に中型機と異なる点を二つ紹介する．

5.1　高い信頼性と耐久性を保つための工夫

超大型機械は，過酷な環境下で長時間の連続稼働という条件においても計画された交換時間まで破損しないことが重要である．油圧シリンダのしゅう動部にはシールが使われており必ず交換が必要となる．そのため，あらかじめ計画されたメンテナンス時期に他の消耗品と同時に油圧シリンダも交換する．これより前に問題が起きて油圧シリンダだけを交換することになると計画外のマシンダウンとなり，鉱山の生産計画に大きな影響が出てしまう．

しかし，前述の通り超大型機械のシールは過酷な環境で使われることが多い．長時間連続稼働するためしゅう動部に設けられたシールはしゅう動熱による変形（へたり），しゅう動による摩耗などにより，シール機能が低下しやすい．しかも，そのような状態でさらに砂塵が舞い散るような環境の場合，ダストが油圧シリンダ内部に侵入しシール摩耗を加速する要因となり，最終的にはロッド部からの油漏れに至る．こういった不具合を防止するために熱変形に強い材質のシールを採用，よりへたりにくいシール形状の採用，ダストシールを複数個使用するなどの工夫をする場合がある（図９）．

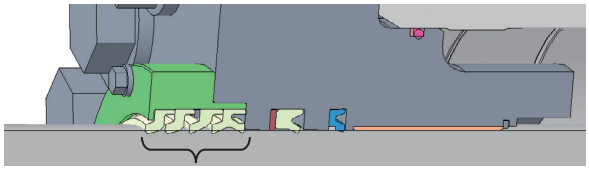


図９　多重ダストシールの例

5.2　メンテナンスのしやすさの工夫

超大型機械用の油圧シリンダは，シール交換を行い長期間使用されるため，分解，組立の回数は中型建機に比べると多い．また，超大型機械向けの油圧シリンダは重量が1tonを超えるものも珍しくなく，部品単位でも手扱いはできない．さらに，組立作業は重量物である各部品を寸法精度の高いはめあいに合わせて組み立てていくという高度な作業が必要となる．そのため，分解，再組立て時に部品を破損させるリスクを最小限にする設計が求められる．たとえば，中型機のピストンであれば手扱いが可能であるためねじ込み式になっており，コストミニマムを追及しているが，超大型機械のピストンもこの構造にしてしまうと，クレーンで吊りながらねじ込んでいくための特殊な組立て治具がいるほか，少し芯がずれただけで自重によってねじ部がかじるなど，組立性が著しく低下する．そのため，スペーサを用いた構造を採用することもある（図10）．段付き加工をしたロッドにピストンを挿入して，ロッド溝部に半割のスペーサをはめ，ピストンと固定して抜け止めとした構造である．ピストンなどの重量部品は挿入するだけであり，固定は手扱い可能なボルトとなる．さらに，ボルトも人の手で締めることが可能なトルクとなり，分解，組立が非常に容易という特徴がある．その反面，部品点数が多い，スペースが必要といったデメリットもあるため，コストが優先される中小型の機械では採用されることは少ない．

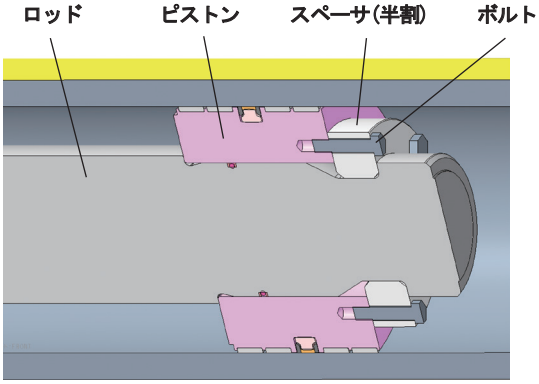


図10　スペーサを用いた方式

6. おわりに

本稿は，機械工学を学んでいる方々へ向けて油圧シリンダの設計に関する機械工学的な解説と，超大型機械の設計に対する留意点等について説明した．基礎的な点に絞っているが，設計のイメージは理解いただけたのではないだろうか．油圧シリンダは車体外観に露出しているので，街中で建機を見た際には，本誌を思い出して着目していただけると幸いである．設計の心がまえとして，製品開発するときは，設計の理想を求めるのではなく，誰が使い，何を求めているのかを理解して製品に落とし込んでいく姿勢が重要なので忘れないでいただきたい．

また，昨今IoT化も進み，機械だけで成り立つ製品は少なくなりつつあるが，良い製品を生み出すにはベースとして機械工学の知見が重要なことに変わりはない．機械工学を学んでいる方々には，自信を持って勉学に励んでいただければと思う．

参考文献

1）余喜多仁，内丸雅敏，上田知己，近藤悠介，赤澤智昭：マイニング油圧ショベル PC3400-11M0，KOMATSU TECHNICAL REPORT，Vol. 65 NO. 172（2019）

（原稿受付：2024年８月５日）

解説

医療に貢献するフルードパワー

著者紹介

門脇 信傑（かどわき のぶひろ）
協和ファインテック株式会社
〒704-8193 岡山県岡山市東区金岡西町948－9
E-mail : nobuhiro_kadowaki@kyowa-ft.co.jp

医療機器開発部課長，1996年岡山大学工学部機械工学科卒業．同年木村機械建設工業株式会社入社，1999年協和ファインテック株式会社入社．2014年岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻博士後期課程終了，現在に至る．医療機器・マイクロリアクタ等の開発設計に従事．日本機械学会会員．博士（工学）

小林 正樹（こばやし まさき）
協和ファインテック株式会社
〒704-8193 岡山県岡山市東区金岡西町948－93
E-mail : masaki_kobayashi@kyowa-ft.co.jp

医療機器開発部技術部長1989年岡山理科大学理学部応用物理学科卒業　同年株式会社ヨータイ技術研究所入社．フィガロ技研株式会社，ヤマトプロテック株式会社中央研究所をへて2009年協和ファインテック株式会社入社，2019年より現職．専門は界面物理．センサ工学，応用物理学会会員

1. はじめに

機械工学を学んでいる皆さんは将来，さまざまな分野での活躍を期待されている．

当社では，機能性繊維を生産するためのギアポンプ，揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds）を回収・再利用する装置および血液透析装置の受託開発・設計・製造を主力事業としている．当社主力装置に共通しているところは流体を制御する機能を有することである．例えばギアポンプは，医療現場で使用されている水処理に使用されたり，血液透析に使用されたりするストロー状の多孔質膜のフィルタを製造する設備に高粘度溶液を定量で送液する目的で使用されている．

当社の製造製品・装置・設備に関して開発・設計・製造するためには，図1に示すような中学・高校で学んだ数学，物理，化学の知識を基盤として工学部で学ぶ学問が必要である．特に，製品，装置を実現にするための機構設計，材料工学，信頼性工学やシステム開発等には機械工学で学ぶ学問が不可欠である．

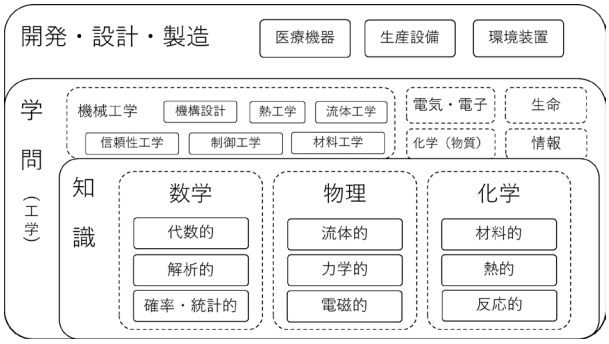


図1　開発・設計・製造に必要な学問・知識の関係図

ところで，我々の体内には血液・尿・唾液・酸素・二酸化炭素など，さまざまな流体が流れ，各種臓器の働きによってその流体を制御し，生命を維持している．何らかの原因で臓器の機能が悪化してしまうと生命の維持が難しくなる．

生体機能は精巧であり現在の工学技術でも実現が不可能な臓器が多いが，現在，発展し普及した生体機能代替装置の一つとして血液透析装置がある．腎機能が低下したときに必要となる装置である．1969年に国産の血液透析装置が開発されてから55年間で目覚ましい発展を遂げ，さらに技術向上により治療効率を上げる取り組みがなされている[1]．

全世界では，米国腎臓データシステム（United States Renal Data System：USRDS）の集計によると，血液透析装置を使用して血液透析を受けている患者の2021年の人口100万人当たりの患者数は台湾が圧倒的に高く，2011年から2021年の間に人口当たりの透析患者数が最も増加したのはインドネシアで，有病率は13倍に増加した．韓国では，有病率は1.4倍に増加している[2]．日本では2021年までは，有病率が増加傾向であり，台湾に次いで第2位であったが，2022年には減少に転じ，2か国に次いで世界3位となった[3]．

世界的には血液透析療法を受ける患者数は増加しており今後も血液透析療法が可能な施設および透析

装置を維持してゆく必要がある．

2. 血液透析療法とは

腎機能代替装置として高度化している血液透析装置ではあるが，腎臓機能の役割のすべてを担っているわけではない．

腎臓の機能には大きく分けて３つある．一つ目は老廃物や余分な水分を尿として体外に排出する（造尿機能）．二つ目は人体にとって必要な物質（例えばミネラルなど）を再吸収して体内に留め，体内環境維持をしている．三つ目はホルモン生産など内分泌機能や骨代謝の役割がある[4]．一つ目として記載した血液の体外循環によりダイアライザと呼ばれる人工腎臓に血液を通して尿毒素とばれる老廃物の除去や余分な水分除去をする働きを代替する方法が血液透析療法（血液浄化療法ともいう）である[5]．

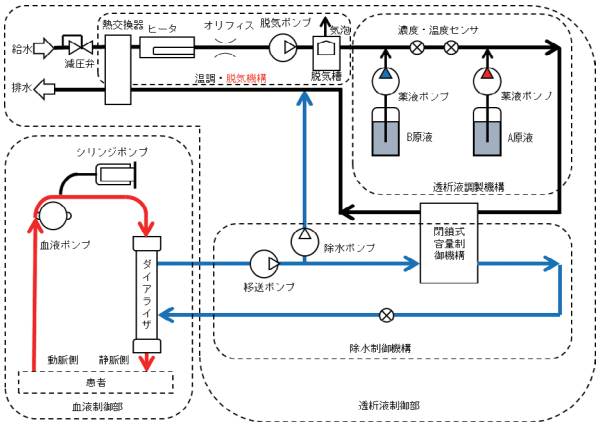


図２　透析装置システム図

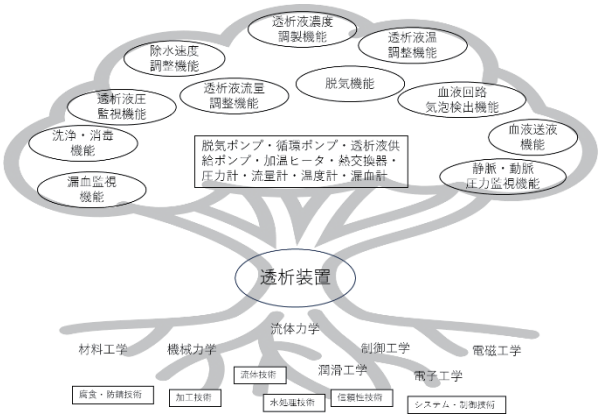


図３　透析装置に備わっている機能および機能を実現するための学問・知識

この血液透析療法は，ダイアライザと呼ぶ細い管状の透析膜を束ねた人工腎臓の細管の中に患者の血液を送り，血液に近い濃度の電解質やブドウ糖などを含んだ透析液と呼ぶ水溶液を調製し，体温に近い37℃に調温しダイアライザの透析膜の外側に供給し，拡散の原理で血液を浄化して体に戻す療法である．この一連の動作を実現する装置が，個人用透析装置である．この装置にはダイアライザに患者の血液および透析液を送るための多種の流体制御機能が備わっている．図２に個人用透析装置に搭載しているその機能の一例を示す．透析装置の重要な機能は，体内の電解質を調整するための透析液の調製機能・温調機能および血中の余剰な水分を除去するための除水機能である．

これら機能を実現するために必要なこれまでに学んだ学問・知識の一例を図３に示す．一種の装置には多くの機能が搭載されており，その機能を実現するための開発・設計の基盤となっている学問・知識を参考に示す．

話題を戻して，血液透析療法に重要な役割を果たしているものの一つに水がある．血液透析では一人を治療するために１回で150L程度（日本の一般家庭の浴槽に入る量程度）の清浄な水が必要である．透析施設で使用される水も我々の家庭まで供給されている施設と同じ水道施設から供給されている．国内では透析液水質基準として2016年に日本透析医学会よりガイドラインが策定され[6]，各透析施設では，この透析液水質の新基準に合致した水質管理を実施している．水道水を透析用水として清浄化するために水処理設備が必要でこの設備を維持管理するために施設の規模にもよるが膨大なランニングコストが掛かる．

日本国内の水道水は他国に比較し安全性が高いが，先に述べた血液透析療法に用いる水もそうであるが，医療の現場で使用される水は高い安全性が求められる．各種機材の洗浄やすすぎ，投薬薬剤の調整水，検査に使用する水には夾雑物がなく純度が高い水が要求される．この水処理設備の一部であり，純水に近い水を精製するのがRO（Reverse Osmosis）装置（逆浸透装置）である．施設に供給される水の水質にもよるが，効率の悪い場合，処理水の回収率は原水の25％程度[7]である．日本国内では水道水基準が厳しくRO装置の性能も良いので回収率は50 ～ 75％に設定するよう透析液清浄化ガイドライン[8]が公開されている．

清浄化した水を効率よく利用するために透析装置搭載している機能の一つである水の溶存気体を取り除く図２に示す脱気機構部について次章で紹介する．

3. 治療効率に役立つ脱気機構

水道水をコップに注ぎ，しばらく放置しておくと気泡が発生した経験があるだろう．これは水道水に空気などの気体が溶け込んでいるためである．水に

溶け込んでいる気体を溶存気体と呼び，透析治療において，悪影響を及ぼす．なぜならば，ダイアライザ内の中空透析膜の表面に気泡が付着して，見かけの膜面積が減少減するため透析効率が低下する．さらに透析装置の重要な機能である除水機能や透析液濃度調整機能にも影響する．事前に溶存気体を除去することで，透析効率の低下を防止する役割を果たしている脱気機能について紹介する．

3.1　溶存気体

水に溶け込む気体の量は次に示す二つの影響を受ける．一つ目は水の温度である．水温が低いほど水中に溶け込む気体の量は多くなる．この特徴性質は図４に示す気体の水に対する溶解度として理科年表オフィシャルサイトに掲載されている[9]．

二つ目は水に接する気体の圧力である．これはヘンリーの法則の通り，水の自由表面に接している気体の圧力を倍にすれば，気体の溶解度も倍になる．逆に供給水に陰圧を生じさせると，水中に溶存している気体の容積が大きくなり，気泡が発生し，気泡を集積することで除去が容易になる．これら二つの溶存気体の性質を利用した脱気機能を透析装置に搭載している．

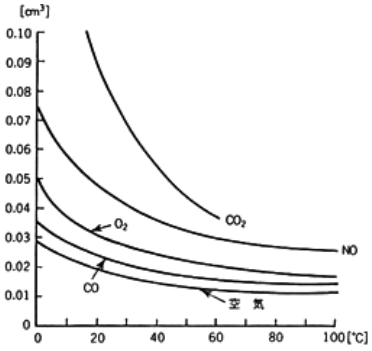


図４　気体の水に対する溶解度[9]

3.2　脱気機構

透析装置に搭載している脱気機構は，図２に示すヒータ・オリフィス・脱気ポンプおよび脱気槽と呼ぶ気液分離デバイスで構成している．3.1節に示した溶存気体の特性を利用した脱気機能を各デバイスの役割とともに説明する．

3.2.1　昇温脱気

ヒータおよび熱交換器により供給水を昇温・温度制御をする．ダイアライザに供給する透析液は「人工腎臓装置承認基準における技術基準」により，体温に近い37℃に設定し，±0.8℃以内の精度での制御が求められている．3.1節で紹介した通り，水温を上げるほど水に対する溶解度は低下して脱気の効率を上げることが可能になるため可能な限り温度は高くする．しかし，血液に接触する透析液は安全上の制限もあり，37℃以上に設定することは困難なので設定温度の上限が存在する．本稿では５℃の供給水が装置に供給された場合に37℃に昇温するために必要なヒータ容量算出例を説明する．

ダイアライザに供給する透析液の流量は，治療の条件や各社装置で300 ～ 800mL/minの設定が可能である．ヒータに要求される能力は最大流量でも所望の温度を得る必要から800mL/minの流量設定し，水の比熱4,180J/（kg・K），密度を1,000kg /㎥，効率を70％とすると式(1)より供給水に加えなければならない熱量は，2.55kW必要な計算値となる．この熱量を電気ヒータのみで補うとすると膨大な量の電力が消費される．

$$P=\frac{m\times c\times T}{t\times \eta} \tag{1}$$

ここで，P：ヒータの発熱量，m：水の質量，c：比熱，t：上昇温度，T：加熱時間，η：効率である．

そこで節電，省エネルギーのため熱交換器が有効となる．この熱交換器は，温度の高い廃棄する透析液の熱を回収し，温度の低い供給水に移動させることにより予熱する排熱回収機能がある．当社の透析装置には最大約１kWの熱が回収可能な熱交換器を搭載する．

熱交換器にはさまざまな構造・方式がある[10]．その中からコスト的，生産性などの要求から最適な熱交換器を伝熱工学，流体工学，材料工学等の知識を駆使選定し，設計する必要がある．熱交換器を選定するために重要な要素は伝熱面積である．伝熱面積を求める一般的によく使う数式を式(2)に示す．ここで示す平均温度差ΔTmの求め方は，熱交換器の流動方式によって異なる．専門的な内容になるので本稿では割愛する．興味のある読者は熱交換器についての多くの書籍等が出版されているので参考されたい．

$$A=\frac{Q}{U\times \Delta Tm} \tag{2}$$

ここで，A：伝熱面積，Q：全交換熱量，U：総括伝熱係数温度差，ΔTm：高温流体と低温流体の平均温度差である．

3.2.2　減圧脱気

水の温度は前述の通り37℃程度上げることは出来ないが，液温が高いほど脱気効率は良好になるので図１に示す位置にオリフィスと脱気ポンプを備えることで供給水を減圧し，強制的に溶存気体を除去する機能を備えている．脱気ポンプの給水側に流路を細径にしたオリフィスを配置し，脱気ポンプを駆動させるとオリフィスとポンプ間の配管内が減圧する．その減圧値はゲージ圧力で－68kPa以上必要で

ある．

この減圧値を発生させるために必要なオリフィスの細径を算出するために使用できるのが式(3)に示すダルシー・ワイズバッハの式である．オリフィスの１次側の圧力は減圧弁にて設定可能であるのでオリフィスに必要な圧力損失が決定できる．決定した圧力損失よりオリフィスに必要な流路径および長さの算出が可能である．

$$\Delta p=\lambda\frac{L}{d}\frac{\rho v^2}{2} \tag{3}$$

ここで，Δp：圧力損失，λ：管摩擦係数，L：オリフィス長さ，ρ：流体密度，v：オリフィス内平均流速，d：オリフィス内径である．

このオリフィスと脱気ポンプにより強制的に溶出した溶存気体は，脱気ポンプを通り下流に通水される．

3.2.3　気液分離

気体と供給水が混じった状態で脱気ポンプから流入し，気体と供給水とを分離し，気体を流路外に排出する機能を備えたものが脱気槽である．脱気槽の構成を図５に示す．脱気槽は流入口，流出口，排気口がある密閉されている槽であり，図５に示す形状のフロートが備えている．このフロートは，プラスチックの一種であるポリプロピレンという材料で製作している．ポリプロピレンの比重は，水より小さいため水がこの槽に充満すると水に浮かび排気口を閉塞する構造になっている．

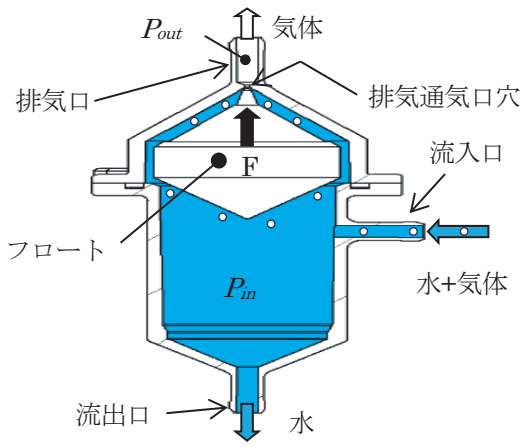


図５　脱気槽概略図

脱気槽内に水が充満されている場合，フロートが排気口を閉塞する力は式(4)で求められる．脱気槽上部に気体が徐々に溜まり，フロートの水中に沈んでいる体積が小さくなり，フロートの自重が浮力より大きくなればフロートが沈下し，排気通気口が開き$P_{in}>P_{out}$であるので溜まった気体が排出される．ここで設計時に注意が必要なのは，排気側の圧力より高い圧力の場合，式(4)に示す項の（$P_{in}-P_{out}$）$d^2\pi/4$の値が$\rho_f Vg$の値より大きくなると脱気槽内が気体で充満されたとしてもフロートが排気口を閉塞した状態になり，排気不能となる．この状態を回避するためには，フロート体積および排気通気口穴径を適正な値に設計することが重要である．

$$F=(\rho_w-\rho_f)Vg+(P_{in}-P_{out})\frac{d^2}{4}\pi \tag{4}$$

ここで，F：閉塞力，ρ_w：水の密度，ρ_f：フロート材料密度，V：フロート体積，P_{in}：脱気槽内圧力，P_{out}：排気口側圧力，d：排気通気口穴径，g：重力加速度である．

4. おわりに

本稿では当社が受託開発している血液透析装置の機能を取り上げ紹介した．今回紹介した機能は一例であって，透析装置には図２に示す各種機能が搭載され，その機能を効果的，効率的な治療を実施する制御をするためにこれまでに学んだ知識，学問が生かされている．

日本では1967年に透析療法に対して医療保険が適用され，国産の透析装置が開発されてから目覚ましい発展を遂げ，さらに技術向上させ，治療効率を上げる取り組みがなされている[1), 11), 12)]．技術，装置開発に携わった方々の努力に敬意を表するとともに今後，患者に安全な治療を提供するために透析治療の基本要素である透析液の更なる清浄化や医療従事者の業務負担低減のために透析装置の各種自動化，各種モニタの進捗と開発および遠隔モニタリングの開発に力を注いでゆくことが求められている．

一方，2015年に国連サミットで持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）が採択されたことにより，透析装置だけに係わらず医療機器全般に対する環境負荷問題も活発に議論されており，要求も強くなっている．このような環境変化にもフルードパワーの知識及び諸科学技術駆使して応えて行く必要がある．

医療分野にもフルードパワーが生かされていることを知り，この分野を大学で学んでいる方々だけでなく医療分野など他の分野に興味を持っている方々もフルードパワーの応用可能性に興味を持っていただければ幸いである．

参考文献

1）織田茂人，酒井清孝編集：血液浄化とそれを支える基盤技術，P. 134-148（2020）
2）https://www.niddk.nih.gov/about-niddk/strategic-plans-reports/usrds
3）日本透析医学会統計調査委員会：わが国の慢性透析療法の現状，（2022年12月31日現在）．2022

4）Sanjay Pandya, 横尾 隆 監訳 腎臓を守るために 日本腎臓学会 2015
5）日本透析医学会，日本腎臓学会，日本移植学会，日本臨床腎移植学会：腎不全 治療選択とその実際（2020年版），P. 03-14（2020）
6）峰島三千男，川西秀樹，阿瀬智暢，川崎忠行，友雅司，中本秀友：2016年版 透析液水質基準，透析会誌，vol. 49，No. 11　p. 697-725（2016）
7）Adelheid Gauly, Nicole Fleck, Fatih Kircelli：Asvanced hemodialysis equipment for more eco-friendly dialysis, Onternational Urology and Nephroligy（2022）54：1059-1065
8）公益社団法人　日本臨床工学技士会，透析液清浄化ガイドラインVer 2.01，p. 13（2014）
9）理科年表オフィシャルサイト：https://official.rikanenpyo.jp/posts/6173
10）日本機械学会編：機械工学便覧 応用システム編　熱機器，p. γ3-1-γ-8（2005）
11）酒井清孝：血液透析治療の歴史―装置工学的側面から見た―，膜，Vol. 37，No. 1，p. 2-9（2012）
12）一般社団法人 日本医療機器テクノロジー協会編：医療機器今昔物語 総集編，p 44-46（2016）
日機装 研究・技術開発の軌跡
https://www.nikkiso.co.jp/technology/r_d/artificial_kidney.html

（原稿受付：2024年 8 月22日）

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

2024年度オータムセミナー
「水圧技術の課題と現状」
開催日時：11月28日(木)13：00 ～ 17：00

地球環境負荷低減への取り組みが国際社会で進む中，対環境性や鉱物油の利用削減という観点で，水圧技術の普及が期待されています．本セミナーでは，水圧技術に関する課題を整理し，近年の研究や取り組みについて取り上げます．

本セミナーはオンラインでの開催を予定しております（※会場での開催はございません）．詳細は学会ホームページに随時掲載いたします．皆様のご参加を心よりお待ちしております．

日本フルードパワーシステム学会
2024年度フェロー認定者推薦のお願い

日本フルードパワーシステム学会フェローは，フルードパワー技術の進展に貢献した正会員，本学会の諸活動に貢献した正会員に贈られる名誉ある称号です．認定された本人には本学会より認定証を交付します．

本年も当学会の「フェローに関する規程」にもとづき，日本フルードパワーシステム学会フェロー認定者の推薦をお願いいたします．

推薦の方法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
2024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」にもとづき，日本フルードパワーシステム学会2024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.

解説

水素に関する取り組みと関連機器の紹介

著者紹介

山下洋司（やました ひろし）
川崎重工業株式会社
〒673-8666 兵庫県明石市川崎町１番１号
E-mail : yamashita_hi@global.kawasaki.com

2005年九州工業大学大学院工学研究科博士前期課程修了．同年，川崎重工業入社．油圧バルブ，水素ガスバルブの開発に従事

1. はじめに

日本政府は，2030年度までに温室効果ガスの排出量を2013年度比で46％削減し，2050年までに実質ゼロとする「カーボンニュートラル」（以下，CN）の実現を掲げている．

当社は次世代エネルギーとして水素に着目し，全社をあげて水素関連技術および製品の開発に取り組んでいる．その中でも，筆者が所属する精密機械・ロボットカンパニーでは，「つかう」のアプリケーションとして，高圧水素ガスバルブ，高圧水素ガス供給システム，および油圧式水素圧縮機の開発に取り組んでいる．次章以降ではSDGsとの関連も含めそれらに関する取組みについて概要を紹介する．

2. SDGsへの取り組み[1)]

弊社では，グループミッションとして「世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する“Global Kawasaki”」を掲げている．これはSDGsとの親和性が極めて高く，弊社が事業を通じて社会課題の解決を目指すなかで，SDGsの達成に貢献できる部分は大きいと考えている．

弊社は，長期で達成すべき最重要課題を，事業を通じて創出する社会・環境価値と位置づけ，「安全安心リモート社会」「近未来モビリティ」「エネルギー・環境ソリューション」としている．この３つは経営方針「グループビジョン2030」の注力する３つのフィールドであり，事業を通じてSDGsに貢献することを明確に位置付けたものである．また，貢献するSDGs項目の特定とともに，2030年までに達成すべき目標も定めている．

水素は酸素と結びつけることで発電したり（燃料電池），燃焼させて運動エネルギーとして利用（水素エンジン）することができるが，その際にCO_2を排出しないため，代表的なクリーンエネルギーとして注目されている．水素エネルギー活用に向けた取り組みは，SDGsの７番目の項目「エネルギーをみんなに，そしてクリーンに」の達成に向けた具体的な取り組みの一つである．

3. 水素に関する取り組み[1)]

当社は，船舶や航空機といった大型のものから，モーターサイクルのようなコンシューマープロダクツまでを取り扱う総合重工メーカである．当社は，1980年代から当社が保有するロケット射点設備の液化水素の技術，および大型のLNG船やLNG基地の極低温技術を基に，2009年から大型液化水素運搬船の開発プロジェクトを開始した．これは，当時から2030年の日本国内における水素大量流通（つくる，はこぶ，ためる，つかう）の達成を目指したものである．その取組み内容は多岐に渡っているため，ここではその一部を「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」のプロセスに分けて紹介する．

3.1 「つくる」

当社はオーストラリアに大量にありながら，これまで未利用資源であった褐炭から水素を製造する取り組みを実施している．褐炭は水分や不純物などを

多く含む品質の低い石炭のことであり，乾燥すると発火しやすいなどの理由から輸送が困難で，多くが未利用のままとなっている．それゆえ価格も安価であり，そこから製造される水素も安価となる．

そして，褐炭から製造した水素を－253℃の極低温にすることで液化する．これにより体積がガスと比べて800分の１に減少するため，輸送効率が大幅に向上する．この水素液化システムにおいては，当社が保有する極低温物質のハンドリング技術や高速回転機械の開発で培ったタービン技術などが活かされている．

3.2 「はこぶ・ためる」

つぎにその液化された大量の水素を，液化水素運搬船を使って効率よく，かつ安全に輸送する．現在，世界初の液化水素運搬船（写真１）を使って，実証試験を実施中である．

写真１　液化水素運搬船

この液化水素運搬船に搭載されている液化水素貯蔵タンクも長年培った液化水素のハンドリング技術を応用したものである．なお，将来の大量輸送実現に向けて，すでに大型液化水素運搬船の計画が始まっている．

3.3 「つかう」

こうして日本に運ばれた液化水素は，各セクターに分配され利用される．その用途の一つが水素ガスタービンによる発電である．当社は独自の燃焼方式で水素と天然ガスの混合燃焼，および水素100％燃焼（専焼）を実現するなど，ガスタービン本体は天然ガス用のままで水素の燃焼特性に合わせたタービンの開発に成功している．その他にも，FC鉄道車両，水素エンジンモーターサイクル，船舶などのモビリティへの水素利用に向けた取り組みも行っている．

4.「つかう」に関連する技術

筆者が所属する精密機械ディビジョンでは，水素を「つかう」技術として，高圧水素ガス弁，水素供給システム，油圧式水素圧縮機の開発を行っている．本章ではこれらについて紹介する．

4.1 燃料電池自動車用高圧水素ガス弁[2)]

当社では，今から半世紀ほど前に防衛製品向けに開発した40 ～ 50MPa程度のヘリウムガスを制御するためのバルブ設計技術を基にして，さらに当社が得意とする油圧制御技術を組合せた上で改良・発展させて，2001年に燃料電池自動車（以下，FCV）用としての水素ガス弁の開発を開始した．その後，数々の試作と検証評価を重ねて完成させた高圧減圧弁（写真２）は，小型・高精度で信頼性が高いことが評価され，世界初のプラグインハイブリッド型燃料電池車[3)]（写真３）に量産採用された．

この高圧水素ガス弁の開発では，耐水素脆性材適用などの材質面での制約，分子量が小さく漏れやすい水素ガスの封止，および自動車部品に求められる信頼性の確保などの課題を克服している．

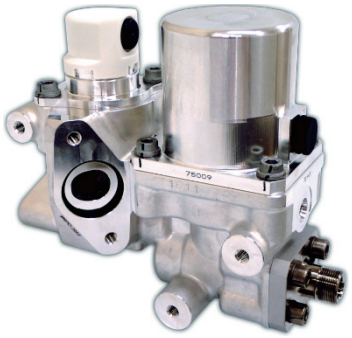


写真２　高圧減圧弁

写真３　プラグインハイブリッド型燃料電池自動車

この技術と量産実績が欧州の大手バスメーカからも評価され，その後に燃料電池バスにも量産採用された．

現在はさらに軽量，小型化を実現した新型の高圧減圧弁およびタンクバルブ（高圧水素タンクに装着され，高圧ガスの充填供給を制御する機能を持つバルブ）を開発し最終評価を進めている（写真４）．その主な仕様を表１に示す．それに加え，今後普及

が予想されるFC大型商用車（トラック，バス）などに汎用的に適用できる，より大流量仕様のガス弁や，水素エンジン用のガス弁の開発にも着手している．

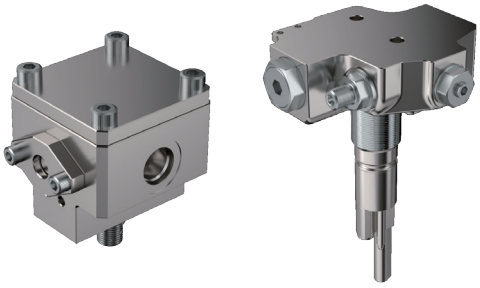


写真４　新型高圧水素ガス用減圧弁（左）とタンクバルブ（右）

表１　新型高圧水素ガス弁の主な仕様

項目	スペック	
	減圧弁	タンクバルブ
最高使用圧力（MPa）	87.5	
出力圧力（MPa）	0.9-1.6	－
流量（g/s）	3.0	－
Cv 値	－	充填:0.18 以上 供給:0.09 以上
使用温度範囲（℃）	-40～85	
質量（kg）	1.0	2.0

4.2　水素供給システム

燃料電池の定置利用以外の有力な適用先として自動車以外にも建設機械，鉄道車両，船舶などさまざまなアプリケーションへの展開が期待されている．

各種アプリケーションでFC化が進むと燃料電池およびその周辺機器の需要も増えると予想される．そこで当社では，先述した新型の高圧水素ガス弁を用いて水素供給系システムを構築し，さまざまなアプリケーションに水素燃料を容易に供給できる水素供給システム（図１）の開発も進めている．

今後，各アプリケーションの仕様に合わせて水素供給システムを燃料電池およびその周辺機器とユニット化して提供していくことを計画している．また，燃料電池の代わりに現在開発中の水素エンジン用ガス弁と組み合わせることで，水素エンジン用としても適用可能であり，より幅広い分野への展開を目指している．

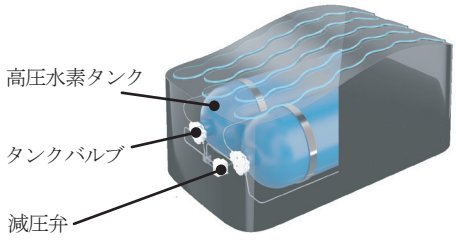


図１　水素供給システム（イメージ図）

4.3　油圧ブースタ式水素圧縮機

政府が提唱する水素基本戦略[4) 5)]，エネルギー基本計画[6)]，および2050年CNに伴うグリーン成長戦略[7)] などにおいて，FCV，燃料電池バスおよび燃料電池トラックの普及を見据え，2030年までに1,000基程度の水素ステーションを整備するとしている．しかしながら，2023年12月時点での全国の水素ステーション設置数は168箇所[8)] にとどまっており，今後，さらなる増設が期待される状況となっている．当社はそれに対応すべく水素ステーション用油圧ブースタ式水素圧縮機を販売，上市している．主な仕様を表２に，外観イメージを写真５に示す．

表２　油圧ブースタ式水素圧縮機の主な仕様

項目	スペック
流量（Nm^3/h）	300
吐出圧力（MPa）	82
圧縮比	24
タイプ	1段または2段圧縮

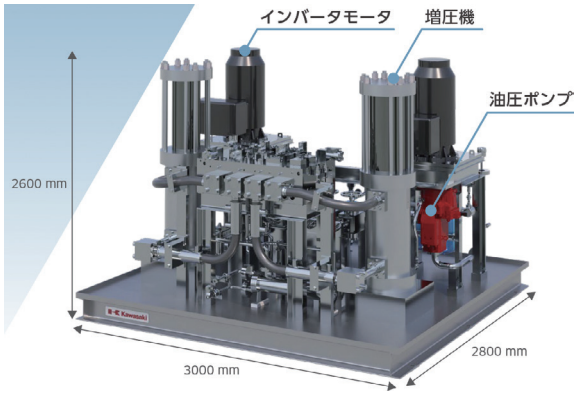


写真５　油圧ブースタ式水素圧縮機の外観イメージ

当圧縮機の主な特長は以下の３点である．①省エネ・高効率：インバータモータを使用した油圧ポンプの回転数制御システムを採用することにより，負荷に応じて必要な時に必要なだけ電動機が動作する．②メンテナンス性の向上：重量物であるピストンを鉛直方向に配置することで，クレーンなどでピストンを上方に抜き出すことができるため，水平方向に引き出すタイプに比べ作業性が良い．③作動油量の低減：油圧装置はクローズド回路と密閉式の小型油圧タンクを採用しているため空気に触れることによる作動油の劣化が低減でき，作動油量低減につながる．

将来的には乗用車はEV，大型商用車（バス，トラックなど）はFCVといった棲み分けがなされるという見方が一般的である．しかし，現時点において，大型商用車用の水素ステーションは，日本国内には

まだほとんど存在せず，大型商用車に対しては時間をかけて水素充填をしているのが実情である．今後，大型商用車ベースのFCVの普及には，大流量での水素充填が可能な商用新規格ステーションの実現が不可欠であり，水素ステーションを構成する機器についても大流量タイプが必要となると考えている．そこで，現在大容量の水素圧縮機の開発にも着手している．

5. おわりに

今回，当社の水素に関する取り組みと，水素を「つかう」に関する機器について紹介した．水素関連機器の開発は，技術面に加えて法規関係においても未知の課題に直面することが多々ある．また市場については色々な可能性を考慮しつつ未来を予想する場面が多く，判断に悩むことが多い．しかし，そのような場面においても，当社がこれまで積み重ねてきた開発経験と社内外の有識者の知見を合わせ，協力することで一つずつ課題を解決し，確実に前に進められていることを実感している．引き続き，当社の水素に関する取り組みを通して，少しでも早く水素社会を実現し，最終目標であるCNの実現に貢献していきたい．

参考文献

1）川崎重工業㈱HP
https://www.khi.co.jp/hydrogen/
https://www.khi.co.jp/sustainability/materiality/sdgs.html
2）鈴木豊：燃料電池車用高圧水素ガス弁，油空圧技術，日本工業出版㈱，8月号（2022）
3）インターネット記事
https://www.webcg.net/articles/-/43027
4）経済産業省HP
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/030_04_00.pdf
5）経済産業省HP
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/030_s01_00.pdf
6）経済産業省HP
https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-2.pdf
7）経済産業省HP
https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf
8）環境省HP
https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/PDF/application_hstation_2024.pdf

（原稿受付：2024年8月5日）

解説

超高圧処理装置の全固体電池への応用

著者紹介

伊藤洋行（いとう ひろゆき）
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 : ito.hiroyuki@kobelco.com

2012年京都大学エネルギー科学研究科修士課程修了．2018年に株式会社神戸製鋼所中途入社，IP装置設計業務に携わり，現在に至る．

1. はじめに

硫化物系全固体リチウムイオン電池（以下，全固体電池と略す）は，従来の有機溶媒にリチウム塩を溶かした電解液に代わり硫化物系固体電解質を用いることで，発火の可能性を小さくし安全性を高めるとともに，高エネルギー密度，高速充放電，広い作動温度範囲を得ることができると期待されている．全固体電池に用いられる電極は，機械的性質の異なる固体電解質や活物質などの粒子を混合して作製されるため，良好な界面の形成には加圧処理が必要となる．

当社では，長年培ってきた等方圧加圧処理技術を応用し，高温における高圧処理が可能な温間等方圧加圧（WIP：Warm Isostatic Pressing）装置を製作している．本稿では，等方圧加圧装置の概念や特長，全固体電池への適用に向けた研究事例について紹介する．

2. 全固体電池作製における加圧プロセス

全固体電池セルは，固体電解質，正極活物質，負極活物質のスラリーを基板上にシート塗工・成形後，各層を積層・接合させて作製される．全固体電池セルの製造プロセス[1]の一例を図１に示す．

積層・接合工程においては，電極活物質層と固体電解質層との密着性向上のために，積層後に加圧が必要であり，加圧方法としてはロールプレスが一般的である．ロールプレスは連続プロセスである点で生産性に優れるが，一軸方向からの加圧となるため，各層の表面に微小な凹凸がある場合，被処理物を均一に加圧することが難しく，電極活物質層と固体電解質層の密着性が十分に得られないという課題がある．

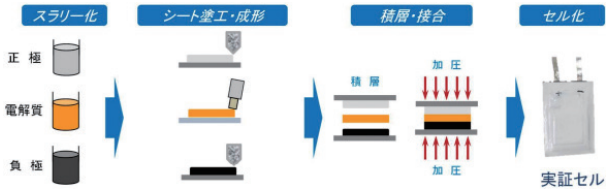


図１　全固体電池セルの製造プロセス

一方，WIPでは被処理物に対し，方向性なく圧縮成形するため，被処理物を均一に加圧することが可能である．また，加圧中の加熱は電解質の流動性を高め，良好な界面形成に有効であることが報告されている[2]．このことから，WIPがロールプレスの課題を解決し，全固体電池の製造プロセスに適用できる可能性がある．

3. WIP装置の構成および特徴

当社では，圧力が最大１GPa，温度が最高200℃のWIP装置を製作している．当社WIP装置は主に以下の１）～５）から構成される（図２）．

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

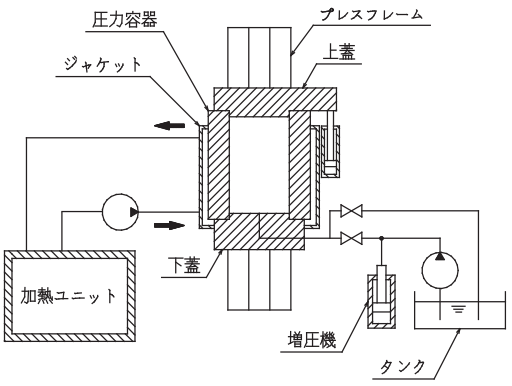


図２　当社WIP装置の主な構成

5）圧力容器を加温するジャケットと加熱機器

圧力容器内に被処理物を投入後，圧力媒体である液体（水，シリコン油，高引火点作動油など）を満たし，さらに増圧機で圧力媒体を送り込むことで，圧力容器内を高圧力状態とし，被処理物に液圧を作用させる．

なお，等方圧加圧装置は昇圧機構の違いにより，図3，図4に示す外部昇圧式とピストン直圧式の二種類に分類される．

1）外部昇圧式（図3）：増圧機によって圧力媒体を高圧力容器内に送り込んで昇圧する機構．主に処理圧力600MPa以下の中大型機で採用される．

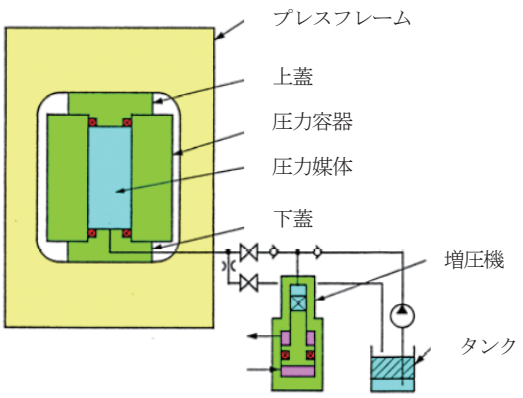


図3　外部昇圧式による昇圧機構

2）ピストン直圧式（図4）：圧力容器にピストンを押し込むことによって圧媒を直接圧縮・加圧する機構．主に処理圧力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，増圧機や高圧配管を必要としないため，装置全体の構成が簡素である．

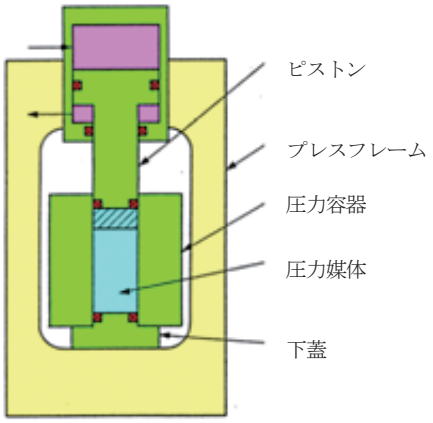


図4　ピストン直圧式による昇圧機構

4. WIP装置の全固体電池への応用

4.1　全固体電池へのWIP装置適用検討

WIP装置の全固体電池への適用を検討するため，当社ではWIP処理が電極活物質と固体電解質の界面形成および緻密化に与える影響について研究している[3]．その研究内容の一部を以下に述べる．

4.1.1　実験方法

本実験で作製したサンプル（電極活物質／固体電解質）の成分と組成比を表1に示す．なお，導電助剤とは，電極の抵抗を低減するために活物質粒子間に介在させるものである．

表1　作製したサンプルの材料と組成

	成分	組成比 (wt%)
電極活物質	$Li(Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3})O_2$ ($LiNbO_3$ を表面にコート)	74
固体電解質	Li_6PS_5Cl	23
導電助剤	アセチレンブラック	3

上記にバインダーと溶剤を加えてスラリー化させた後，Al集電箔に塗工・乾燥させ合材電極を作製した．WIP処理にはピストン直圧式縦型高圧処理装置（神戸製鋼所製）を用いた．処理圧力は600MPa，処理温度は190℃，処理時間は1分とした．X線CT測定は，SPring-8 BL16B2（課題番号2021A5320，2021B5320，2022A5320）で行った．入射X線のエネルギーは30keVである．X線透過像の取得にはXsight Micron LCを用いた．X線CTデータのボクセルサイズは1.3μmまたは0.65μmである．試料はAr雰囲気下のグローブボックス内でガラスキャピラリへ密閉した．各構成要素のCT値をもとにしきい値を決定し，得られたCT像を3つの領域（電極活物質／固体電解質／空隙・導電助剤・バインダー）に分類することで構造の差異を評価した．

4.1.2　実験結果と考察

図5に，WIP未処理およびWIP処理後（室温，190℃）の合材電極内のCT像と3値化による解析結果を示す．「電極活物質」（薄灰色）および「固体電解質」（濃灰色）内に存在する「空隙・導電助剤・バインダー」（黒色）がWIP処理により減少していることが明瞭に確認された．また，トータルのvoxel数の中の活物質のvoxel数比を求めたところ，約0.5となり，合材中の活物質の体積分率から予想される値（0.57）に近づいていることが分かった．

この結果は，600MPaのWIP処理が，本研究で用いた混合比を持つ電極において高密度化に有効で

あったことを示す．

一方で，CT像からは，固体電解質が固まって存在する領域もあることが分かっており，プロセス改善の余地があることが示唆された．

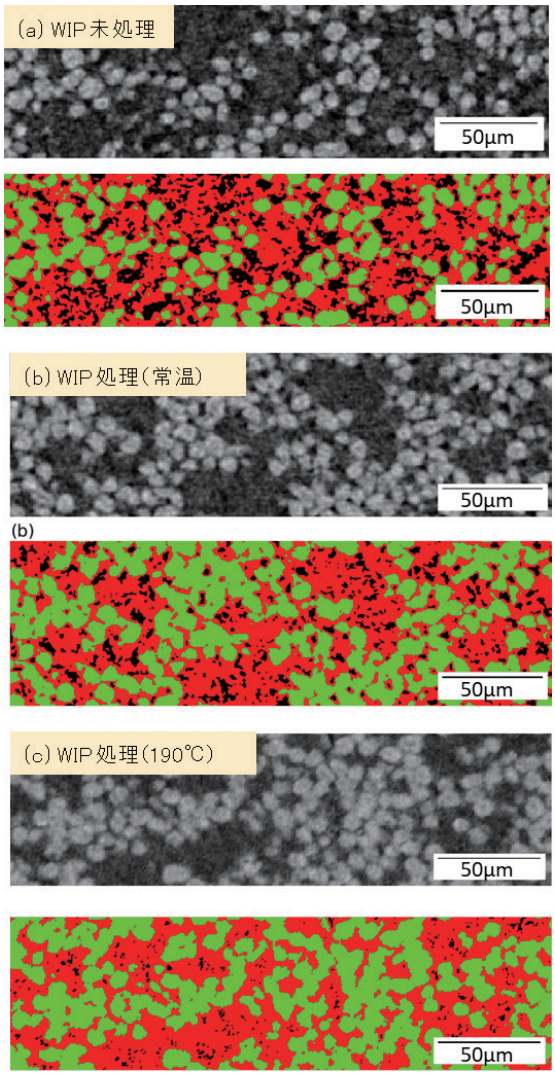


図５　合材電極内のCT像と３値化による解析結果
((a) WIP未処理　(b) WIP処理（常温）　(c) WIP処理（190℃）　((b)(c)の処理圧力600MPa，処理時間１分)

4.2　全固体電池製造プロセス適用に向けた課題

WIP装置が今後，全固体電池の製造プロセスへ適用されるために解決すべき課題を以下に示す．

4.2.1　全固体電池の生産に必要な装置仕様の決定

全固体電池を電気自動車に搭載する場合，全固体電池の大型化またはモジュール化が必要になると予想される．その処理品サイズは現在の開発状況では未定であるが，大きくなるほどWIPの圧力容器内径も大きくする必要がある．また，装置仕様がより高温，高圧になると高圧パッキンのシール不良が発生する可能性が高くなる．自動車メーカー，電池メーカーなどのニーズも把握した上で，必要な装置仕様を決定し，それらを満足するよう装置開発を行う必要がある．

4.2.2　サイクルタイムの短縮

全固体電池の製造プロセスとしてWIPを適用する場合，高い生産性が要求され，サイクルタイムの短縮が必要になると考えられる．高圧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昇圧時間の短縮を図ることは可能だが，昇圧工程だけでなく圧力容器内への圧力媒体の供給および排出工程の短縮も検討しなければならない．さらに，処理品である全固体電池を搭載するバスケットの搬送工程やWIP前後設備（処理品予熱，エアブロー）の設計も工夫する必要がある．

5. おわりに

本稿では，WIP処理技術の概念や特長，全固体電池製造プロセス適用に向けた研究事例について紹介した．WIP装置を初めとする等方圧加圧処理は古くから知られた技術であるが，近年でも電子部品や食品などさまざまな分野で応用されている．生産性という点で課題は残るが，当社ではロボット搬送も採用した半自動化にも取り組んでおり，サイクルタイム短縮を検討中である．従来の全固体電池の加圧工程における課題を解決する技術として，今後のユーザーニーズに期待し，今後も装置開発に取り組む．

参考文献

1）国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 次世代電池・水素部 蓄電技術開発室：先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第２期），「先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第２期）」（中間評価）分科会 資料7-1，p. 3-1（2020）

2）Nishino J., Yamada K., Miyake H., Sugiyama S., TOYOTA Motor Corp. “METHOD FOR MANUFACTURING ALL-SOLID CELL” PCT/JP2011/062713, 2011 June 2.

3）林和志，伊藤洋行，岡田朋子：WIP処理された全固体リチウムイオン電池用合材電極のX線CT評価，第63回電池討論会3E09（2023）

（原稿受付：2024年８月５日）

解説

省エネルギー化に向けた油圧要素技術

著者紹介

三枝（さえぐさ）直人（なおと）

油研工業株式会社
〒252-1113 神奈川県綾瀬市上土棚中４－４－34
E-mail : na.saegusa@yuken.co.jp

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

1. 事業紹介

弊社の主な事業は３つの柱として，油圧製品，システム製品，環境機械の製造・販売である（図１）．

ポンプやバルブなどの油圧製品は，工作機械，成形機業界に多く採用されており，油圧ユニットや標準パワーパックなどのシステム製品は，工作機械用のパワーパッケージ，製鉄設備向けに使用されている．また，自動切くず圧縮機や自動ペットボトル減容機などの環境機械は，地方自治体向けの環境プラント，民間向けの産業廃棄物処理施設で多く採用されている．

図１　主要製品群

2. はじめに

2.1 背　景

現代において，油圧要素の省エネルギー化が必要とされる背景要因はいくつか挙げられる．それは，環境保護，技術進化，規制強化などに関係している．

環境保護の観点では，二酸化炭素（CO_2）の排出量を削減することが地球温暖化の進行を抑制する一助となる．また，油圧要素機器の効率化を図ることはエネルギー資源の持続可能な利用を促進する．

技術進化の観点では，新しい省エネルギー技術や制御システムの進化により，従来の油圧要素機器の効率を大幅に向上させることが可能になっている．

規制強化の観点では，多くの国でエネルギー効率に関する規制が強化されており，これに対応する必要がある．

2.2 製品開発において

油圧要素機器の省エネルギー化が必要とされる中，製品を開発する上で求められることを３つ述べる．

１つ目に環境への配慮として，環境型作動油，循環型社会への対応を進めていかなければならない．

２つ目に規制対応として，電動機の効率規制対応，排ガス規制対応，環境負荷物質対応などが必要になる．

３つ目に性能改善として，製品の高圧・大容量化，コンパクト化，高応答性，低騒音性，防塵・防水性，耐振性などの改善に努める必要がある．

3. 油圧技術の変遷

油圧技術の歴史は長く，現代に至るまでに多くの発展と応用が行われてきた．その歴史について，省エネルギー化の観点に絞り，簡単に触れてみる．

1970年代にはオイルショックの影響で，エネルギー消費の効率化に対する関心が高まった．これにより製品の自動化や省エネルギー化が求められ，油圧システムの効率的な設計と運用が進められた．

1980年代には可変容量ポンプの技術が成熟し，高圧化により油圧システムのエネルギー効率はさらに向上した．また，油圧システムに電気制御技術も組込まれるようになり，負荷に応じた最適なエネル

ギーの使用が実現された.

2000年代にはインバータ制御を利用した電動機の回転数制御システムが導入され, 電動機のエネルギー消費を必要な時だけに抑えることが可能になった.

近年ではIoT技術と連携した油圧システムが登場しており，システム全体の効率が向上し，予知保全によりエネルギーの無駄が削減されるようになった.

このように，油圧要素技術の省エネルギー化においては，油圧技術の特徴を生かした上で，主にエネルギー効率の向上と環境への配慮を目的とした技術革新を遂げてきたことが分かる.

4. 油圧製品の歴史

ここで，弊社油圧製品の性能改善事例とその歴史について紹介する.

バルブ製品において，ある電磁切替弁では，新旧製品を比較すると，約40年の間に最高圧力は７MPaから35MPa，最大流量は6.3L/minから100L/minに向上している.

高機能製品にあたる電気－油圧サーボ弁は，1960年代に産業界での自動化・省エネルギー化の急速な推進を背景に開発された製品である．現在は直動形リニアサーボ弁やアンプ搭載形リニアサーボ弁など使い易さを向上させた製品をラインナップしている.

一方，弊社のポンプ製品開発はベーンポンプから始まるが，現在ではピストンポンプが主力製品になっている．可変容量形ピストンポンプの新旧製品を比較すると，約20年の間に最高圧力は21MPaから35MPaまで高圧化しており，同時に高効率化も実現している.

近年開発された回転数制御システムを用いた製品は，運転時の消費電力削減に大きく貢献し，発熱も少ないためタンク容量の小型化や作動油の長寿命化を図ることができる.

このようにバルブ，ポンプ製品の性能改善により，油圧システムの省エネルギー化に貢献してきた.

5. 企業としてできること

5.1　油圧メーカとしてできること

油圧要素の省エネルギー化に向けて，油圧コンポーネントメーカである弊社ができることを考えてみる.

省エネルギー化に向けた手法として，高圧化，低圧損化，高効率化，故障予知が挙げられる（図２）.

5.2　省エネルギー化に向けた手法

弊社が取り組んでいる各手法について説明する.

１つ目の高圧化は，製品のエネルギー密度を上げることで，システム全体としての省スペース化，生産性の向上を図ることである.

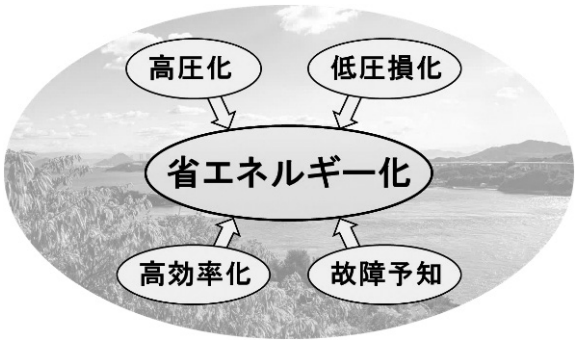


図２ 省エネルギー化に向けた手法

２つ目の低圧損化は，製品の圧力損失を小さくし，油動力の低減につなげることである.

３つ目の高効率化は，ポンプ効率の改善，高効率モータへの置換により，消費電力量を削減することである.

４つ目の故障予知は，ネットワークを活用して故障予防につながる機能を付与し，製品が故障した際のシステムダウンを未然に防止することである.

5.3　油圧要素の高圧化

高圧化で得られるメリットとして，エネルギー密度向上による省スペース化，強度UPによる信頼性向上や余剰性能の確保による長寿命化が挙げられる. 省スペース化では，システムの生産性向上および運搬コスト低減の効果が得られ，長寿命化では，設備修繕コスト削減，廃棄物発生量抑制の効果を得ることができる.

5.4　油圧要素の低圧損化・高効率化

低圧損化で得られるメリットとして，エネルギー効率の向上や信頼性と寿命の延長が挙げられる．エネルギー効率の向上では，ポンプが生成しなければならない無駄な圧力が減少し，消費されるエネルギーを削減できる．信頼性と寿命の延長では，部品の摩耗減少が抑えられることやシステム内でのエネルギー変換による熱の発生が抑え，システムの過熱を防ぐことができる.

高効率化で得られるメリットは，低圧損化と同様にエネルギー効率の向上などがある．油圧要素の高効率化は，油圧システム全体の性能や経済性，環境への影響を改善するために重要である.

5.5　油圧要素の故障予知

油圧要素の故障予知は，システム全体の安定性と効率性を保つために重要な役割を果たす．予防保全のタイミングを把握することで予期せぬ故障を防止し，生産ラインの停止時間を最小限に抑え，メンテナンスコストを削減することができる.

6. 故障予知の重要性

6.1　重大事故につながる製品故障

前項で故障予知について触れたが，製品が故障すると重大事故を起こす要因となる可能性が高くなる．製品故障による重大事故が発生した場合，経済的損失の拡大や環境への悪影響を及ぼすため，省エネルギー化の観点からもこのリスクを無視することはできない．

6.2　重大事故を防止する手段

重大事故を防ぐためには，設計段階より想定される故障原因を把握し，事前に改善することが重要であるが，その一方で故障を予防あるいは予知する技術も必要になる．

ここで，製品の稼働例を故障予知による改善前後を図３に示す．改善前は製品の稼働中に故障が発生し，修理交換，復旧まで装置を停止し続けなければならない．改善後は製品の稼働状況について，アラーム情報や稼働時間を把握し，製品の故障前に保全作業をすることができ，結果として装置の停止期間は改善前と比較して短くすることができる．

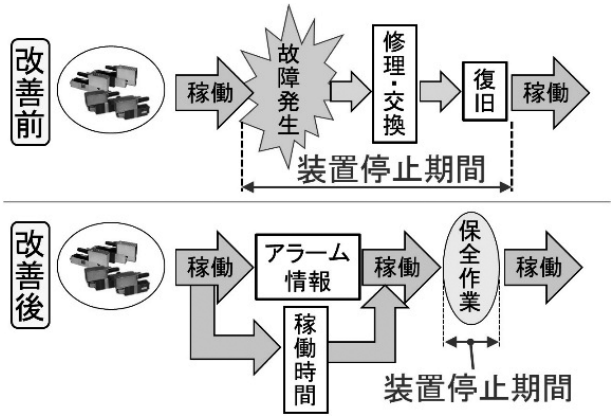


図３　製品の稼働例

6.3　実例の紹介

故障予知の観点で，弊社における開発実例を２つ紹介する．１つ目の実例として，電磁切換弁のスプール位置センサレス検出について説明する．

これは従来の電磁切換弁に専用アンプを接続することで，スプール位置を検出できるようにする技術である（図４）．

簡単に機能について説明すると，専用アンプが計測した電圧値を正常時の値と比較し，アラーム信号を出力することで，スプール位置を知らせるものである．

また，専用アンプとモニタ用機器を接続することで，バルブの状態管理が可能になる．バルブの分解を要さずに異常を検出できることから，早期にメンテナンスや交換などの対応が取れるようになる．

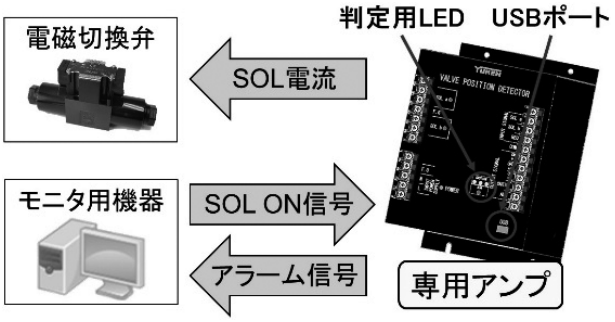


図４　センサレス検出システム

２つ目の実例として，直動形高応答比例電磁式方向・流量調整弁用アンプのデジタル化について説明する．バルブのシステム全体を従来のアナログ方式からデジタル方式にすることで，産業用ネットワークを介してバルブの状態管理が可能になる（図５）．モニタ可能な情報としては，スプール変位，アラーム信号，稼働情報などがあり，従来に対してバルブの状態管理が容易となり，故障予知につなげることができる．

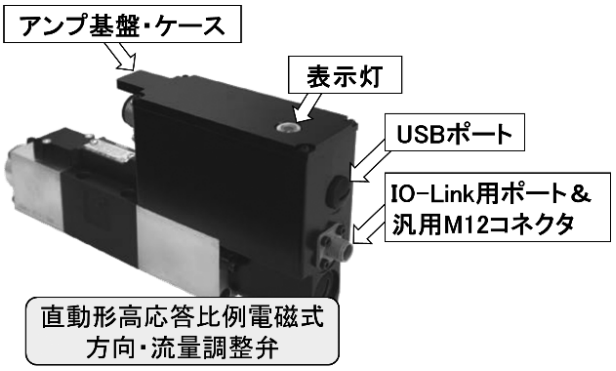


図５　デジタルアンプ外観

7. 総　　括

省エネルギー化に向けた油圧要素技術の発展は，技術革新と効率化，そして持続可能な開発を目指した包括的な取り組みが求められる．これにより，エネルギー消費の削減，環境負荷の低減，経済性の向上が実現され，油圧技術はより持続可能な産業基盤の一部として進化していくと考える．弊社としてもこれらの取り組みを継続し，省エネルギー社会の実現へ貢献していけるよう努めていく所存である．

（原稿受付：2024年８月５日）

解説

支援モード切替機能を有すパッシブ型動作支援装置の開発と活用事例

著者紹介

小川和徳（おがわかずのり）
ダイヤ工業株式会社
〒701-0203 岡山県岡山市南区古新田1125
E-mail : ogawa@daiyak.co.jp

2005年４月　ダイヤ工業株式会社入社　医療用品の研究開発に従事．2019年３月　広島大学大学院工学研究科システムサイバネティクス専攻博士後期課程　修了　博士（工学）．現在はダイヤ工業株式会社にてウェアラブルな動作支援装置の研究開発を行っている．

1. はじめに

肉体労働の現場は３K（きつい，汚い，危険）と言われる程心身共に負担が大きい作業環境であり，早期離職や若者離れによる人手不足が問題になっている[1)]．３Kの内「きつい」問題を解消することを目的として近年さまざまな重量物運搬動作の支援を目的とした動作支援装置が研究開発されているが，いずれも実用シーンでは一長一短があり発展途上の分野である．かくいう我々もこれまで多数の動作支援装置を開発し社会実装してきたが，ユーザーから多岐に渡る評価や意見をいただいている．そこで本解説では，既存の動作支援装置の評価や意見を反映し開発した支援モード切替機能を有すパッシブ型動作支援装置（図１）とその活用事例について報告する．

2. 動作支援装置

既存の動作支援装置は，アクチュエータなどを搭載し能動的な支援を行うアクティブ型と，バネ要素などを搭載し受動的な支援を行うパッシブ型との２つに分類することができる．

2-1　アクティブ型

アクティブ型は，アクチュエータによって比較的強い支援力が得られ，電子制御により状況に合わせた支援力の切り替えや調整等が可能である．一方で，アクチュエータを駆動させるエネルギー源（たとえばバッテリーや圧縮気体タンク，コンプレッサなど）や制御部品を搭載する必要があることから装置全体がかさばり重量が大きくなる．このことから，使用できる環境が限られる，導入・メンテナンスコストが膨れる等の問題が発生しやすい．

図１　開発した動作支援装置概観

図２　既存アクティブ型動作支援装置例

これまでに我々が開発したアクティブ型の動作支援装置の一例を図２に示す．この装置は支援力として空気圧により収縮力を発生させることができるアクチュエータを背部長手方向に搭載している．支援力が必要なタイミングで装着者の指先に装着したスイッチでアクチュエータの駆動を操作し支援力を得ることができる．上記以外のシーンではアクチュエータの収縮力は発生せず，動作を妨げにくい構造になっている．アクチュエータは軽量であるものの，製品重量は約3.5㎏と比較的重たく腰部には100㎜

程の厚みを有し，製品採用時のボトルネックになっている．これは空気圧を発生させるコンプレッサやバッテリー，支援力を制御するためのバルブ等を搭載したコントローラを腰部に配置し，それらが製品重量の大半を占めているためである．

2-2　パッシブ型

パッシブ型は，支援力にバネ要素を利用する比較的安価で薄型軽量柔軟な構成であり，外部エネルギー供給を必要としないため，扱いやすく故障が少ない利点がある．一方で，バネ要素を利用すると動作時に必ず力が発生し，動作支援に利用できる状況であれば支援力として働くが，それ以外の状況では抵抗力として働き動作を妨げてしまう．そのため支援対象以外の動作を妨げないよう比較的弱い力で構成されることが多い．

これまでに我々が開発したパッシブ型の動作支援装置の一例を図３に示す．この装置は支援力として「織ゴム」の伸縮を利用している．着者の背部長手方向に配置された織ゴムは，体幹の屈曲動作により伸長されることによって，収縮力が発生し，体幹の伸展動作を支援する力が発生する．製品重量は約0.3kgであり，図２で示したアクティブ型の装置に比べると製品重量の１/10以下と軽量である．一方で織ゴムによる支援力は弱く設定されており，違和感の少なさや導入しやすさを利点としている．

3. 開発した動作支援装置

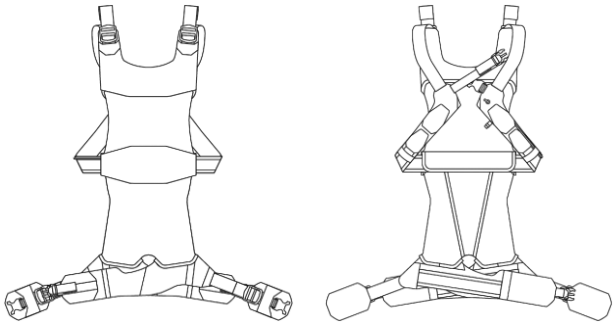
２．で述べたように，既存の動作支援装置はいずれも一長一短があり発展途上の分野である．そこで我々は図４および図５に示すような，薄型軽量柔軟なパッシブ型でありながらアクティブ型の利点である状況に合わせた支援力の切替機能を兼ね備えた動作支援装置（以下，本装置とする）を開発した．本装置の最大の特徴は，背部に搭載された薄型の織ゴム「シアーテープ（以下，STとする）」と低圧駆動型空気圧人工筋「Pneumatic Gel Muscle[2]（以下，PGMとする）」の２種類のバネ要素を用いることで，動作支援モードと姿勢維持モードの切替機能を製品重量約0.8kg，最大厚30㎜という軽量薄型な構造で実現した点である．

3-1　動作支援モード

3-1-1　動作支援モードの構成

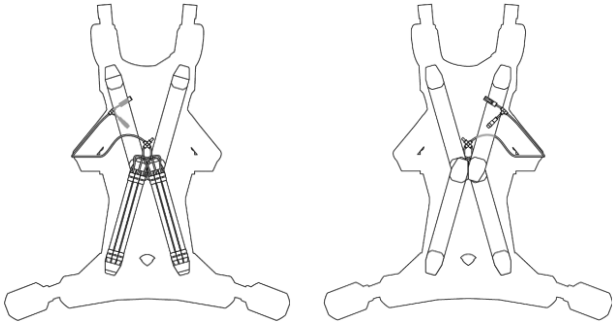
動作支援モードは，主に重量物の上げ下ろし動作の支援を目的としている．支援力として「ST」を採用し図５に示すように胸腰椎移行部付近を起点にX字状に配置した． 各バネ要素材料の荷重と伸縮率の関係を示した図６からSTは従来の織ゴムに比べて伸びにくく減荷の際のヒステリシスが小さいこと

図３　既存パッシブ型動作支援装置例



a）表　　b）裏

図４　開発装置概略図



a）表　　b）裏

図５　開発装置透過図

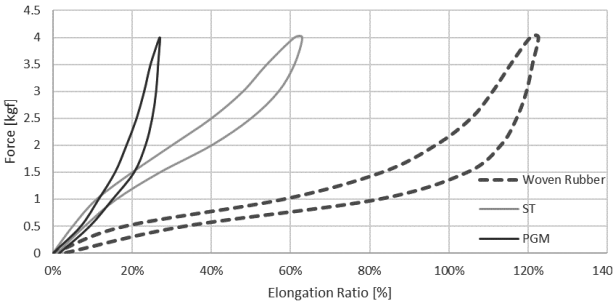


図６　各バネ要素材料の荷重変位曲線

がわかる．体幹の屈曲時に伸長することで加荷時の特性が，伸展時に収縮することで減荷時の特性がそれぞれ発揮されることから，STは織ゴムに比べて屈曲時の抵抗力が低い設定で伸展時の支援力が発揮できると考えられる．

3－1－2動作支援モードの機能評価

本装置の動作支援機能を確認するため，健常成人男性４名に対し，脊柱起立筋の表面筋電位計測を行った．持ち上げ→保持→下ろしの順に各動作２秒ずつ合計６秒間の運搬動作を１試技とし，0kg，10kg，20kgの３種の重量と装着有無を組み合わせた６条件で３試技ずつ実施した．各被験者の% MVCの平均値を図７に示す．本装置を装着することで未装着に比べて，0kgでは約21.4％，10kgでは約14.1％，20kgでは約13.6％の% MVCの減少が確認できた．以上から本装置の動作支援モードを利用することで脊柱起立筋の筋活動度が低減され重量物持ち上げ動作に対する支援効果が得られる可能性が示唆された．

3－2　姿勢維持モード

3－2－1　姿勢維持モードの概要

姿勢維持モードは，主に前屈姿勢を維持した状態での作業支援を目的とし，支援力として当社で開発した低圧駆動型空気圧人工筋「PGM」を利用している．図８に示すように左胸部のカプラに手動ポンプを接続し５回程ポンピングすることでPGMに約200kPaの空気圧が印加され動作支援モードから姿勢維持モードへ切り替えることできる．

3－2－2　PGMの構成

PGMの構成は従来のマッキベン型人工筋[3]と同様に図９に示すような圧力を供給すると膨張する空気圧受容部とそれを被覆する非伸縮繊維を直交させながら筒状に編製したパンタグラフ構造の拘束部の組み合わせにより成り立っている．マッキベン型人工筋では同じ全長の空気圧受容部と拘束部を組み合わせて構成されていたため，空気圧受容部は径方向だけではなく全長方向にも膨張しようとし，拘束部の全長方向の収縮運動を相殺する力が発生していた上，無加圧時には伸縮性を有さないという特徴があった．PGMは拘束部より全長方向の自然長が短い空気圧受容部を組み合わせて構成され伸縮性を有す．最伸張状態をアクチュエータの初期状態とすることで，空気圧受容部の円周方向の伸長および全長方向の収縮が負の状態，つまり拘束部の円周方向の伸長と全長方向の収縮を妨げにくい構造を実現した．さらに空気受容部を構成する素材には，ヤング率の低いスチレンゲルをさらに発泡させることで高い伸縮性と柔軟性を持つ素材を用いた．また発泡により空気圧受容部の表面が歪みやすくなり，拘束部のパンタグラフ構造の稼働を干渉しにくい構造とした．以上により低圧で駆動し伸縮を有する空気圧人工筋PGMを実現した．

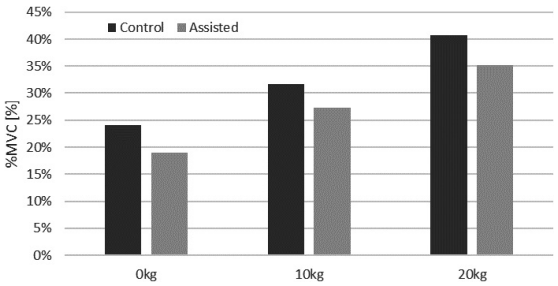


図７　装着有無での平均% MVC比較

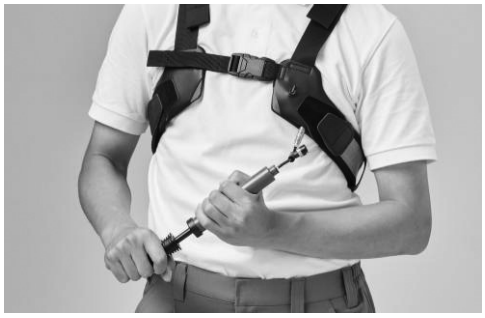


図８　手動ポンプ接続時概観

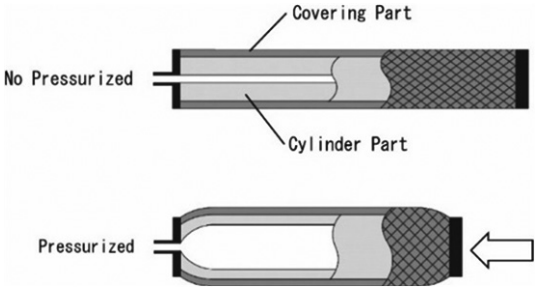


図９　PGM概略図

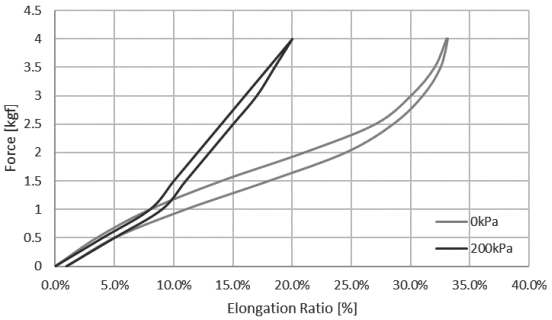


図10　PGMとSTを重ねた状態での荷重変位曲線

3－2－3　姿勢維持モードの構成

本装置のPGMは図５に示すようにSTに重ねて腰部に配置している．図10にSTと重ねた状態でPGMに200kPaを印加した場合と印加しなかった場合の荷重と伸縮率との関係を示す．空気圧を印加しなかった場合はSTの特性が，印加した場合はPGMの

特性が優位に発揮される．PGMの特性が発揮された場合，前屈動作に対する抵抗力が大きく，PGMに上半身を預けるように前屈すると制動力が働き前屈姿勢の維持する支援力が発揮できると考えられる．

3－2－4　姿勢維持モードの機能評価

本装置の姿勢維持機能を確認するため，健常成人男性4名に対し，脊柱起立筋の表面筋電位計測を行った．膝を伸展した状態で体幹を90°屈曲し，20kgの荷物を持ち5秒間姿勢を維持する試技を，未装着（Control），装着空気圧印加無（Without assist），装着空気圧印加有（With assist），の3条件で3試技ずつ実施した．各被験者の% MVCの平均値を図11に示す．本装置を装着することで未装着に比べて，空気圧印加無では9.6%，空気圧印加有では37.7%の%MVCの減少が確認できた．以上から本装置の姿勢維持モードを利用することで脊柱起立筋の筋活動度が低減され重量物持ち上げ状態の前屈姿勢を維持する支援効果が得られる可能性が示唆された．

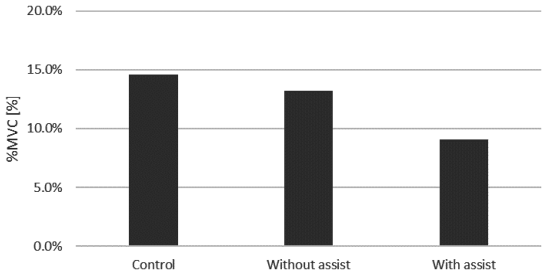


図11　Average muscle activities for each subject

4. 活用事例紹介

開発した本装置は既にさまざまな現場で活用されている．以下では，倉庫業，農業，介護施設での代表的な活用事例について紹介する．

4－1　倉 庫 業

運送会社の物流倉庫や製造工場の部品管理倉庫等の庫内業務では重量物の運搬作業が多く伴う．中でも本装置が活用される代表的な作業としては棚と床に置かれたパレットの間等，高さが異なる箇所間の荷物の運搬が挙げられる．重量物を把持した状態で体幹の屈伸を繰り返す動作を支援するため動作支援モードを選択し使用する．またパレットへ複数の荷物を手作業で運搬した後はフォークリフトを運転し所定の場所に運ぶ作業が伴うが，フォークリフトは運転席が狭く厚みのある動作支援装置では乗り込みが困難であった．しかし，最大厚が30㎜の本装置であれば問題なく乗り込み運転することができる．

4－2　農　　業

農業では野菜の収穫や収穫物の運搬などの作業が伴う．中でも本装置が活用される代表的な作業として，広大な敷地で行われる白菜等の重量野菜の収穫が挙げられる．腰部に負担の加わりやすい前かがみ姿勢での長時間作業を支援するため姿勢維持モードを選択し使用する．また，農業では衣服に土汚れが付きやすいが，本装置はアクチュエータを含め電子部品を使用しておらず水洗いが可能である．そのため汚れても洗濯し清潔に使用することができる．

4－3　介護施設

介護施設では被介護者を安全に支えながら生活動作を介助する必要がある．

中でも本装置が活用される代表的な作業として入浴介助が挙げられる．車いすから浴槽への移乗介助では動きを伴いながら被介護者の体を支える必要があるため動作支援モードを選択し，体を洗う際には一定時間前かがみ姿勢を続ける必要がある為姿勢維持モードを選択しそれぞれ使用する．また，入浴介助の現場はかなり蒸し暑いが通気性の良い衣類素材で構成された本装置は蒸れにくく快適に使用することができる．

5. おわりに

本解説では，既存の動作支援装置の特徴について述べ，それらの評価や使用意見を反映して開発した装置とその活用事例について報告した．本装置は，パッシブ型でありながらアクティブ型の利点である，状況に合わせた支援力の切替機能を兼ね備えており，空気圧の印加の有無で容易にその機能を切り替えて使用することができる．

本装置を含め既存の動作支援装置はいずれも一長一短があり発展途上の分野である．引き続きユーザーの評価や意見を反映した研究開発を行い，より機能的かつ使い勝手の良い装置の開発と社会実装に努めたい．

参考文献

1）佐藤清輝；持続可能な社会を支える物流に関する一考察，物流問題研究，(71)：48-54（2021）

2）栗田雄一，小川和徳；低圧駆動型空気圧人工筋を用いたアンプラグド・パワード・スーツ（特集 人に優しいフルードパワーの最新技術），フルードパワーシステム＝Journal of the Japan Fluid Power System Society：日本フルードパワーシステム学会誌，48(5)：274-276（2017）

3）陳玳，小山陽平，尾崎伸吾，小林宏；McKibben型アクチュエータの収縮に関する力学的検討，日本機械学会論文集 A編，74(739)：442-449（2008）

（原稿受付：2024年 8 月 7 日）

会議報告

第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会における フルードパワー関連技術の研究動向

著者紹介

竹村　研治郎（たけむら　けんじろう）

慶應義塾大学

〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3－14－1

E-mail : takemura@mech.keio.ac.jp

2002年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了．同大学助手，東京工業大学助手，助教を経て，2008年慶應義塾大学専任講師，2019年より同教授，現在に至る．機能性流体などの研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

2024年4月22～23日に第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会（MDT 2024）が吉田和弘先生（東京工業大学）を実行委員長として，別府国際コンベンションセンター（ビーコンプラザ）で開催された（図1）．国内講演会である機素潤滑設計部門講演会は，日本機械学会と韓国機械学会が共催するInternational Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology（ICMDT）と交互に開催される日本機械学会機素潤滑設計部門の講演会である．2018年4月に山形県の月岡ホテルでMDT 2018が開催されて以降，新型コロナウィルス感染症の流行によって2020年は2021年に延期の上オンライン開催，2022年もオンライン開催となっており，6年ぶりの対面開催であった．

日本機械学会機素潤滑設計部門が主に扱う，機素，潤滑，設計のいずれもフルードパワー技術と密接な関係があり，本学会会員の興味も高い講演内容が多い講演会である．

2. 講演に関する統計データ

MDT 2024は特別講演1件をはじめとして，日本機械学会機素潤滑設計部門に設置されている4つの技術企画委員会の分野ごとの基調講演各1件に加えて，以下の一般講演が行われた．つまり，歯車や軸受，ねじを中心とした機械要素分野14件，潤滑や表面改質，硬質薄膜と中心としたトライボロジー分野32件，リンクやカム，機構を中心とした機械設計分野15件，アクチュエータやセンサを中心としたアクチュエータシステム分野28件の合計89件であった．

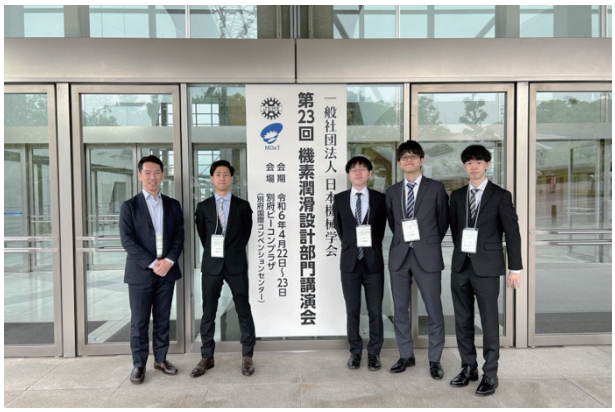


図1　講演会の看板の前で研究室の学生と

3. 特別講演

講演会1日目の特別講演は，三菱重工業株式会社の福田憲弘氏による「地熱発電プラントとIoT技術による性能管理」であった．開催地である別府は，誰もが知る温泉地である．温泉とも密接に関連した地熱発電プラントについて，特有の発電設備性能や地下施設の管理方法について解説された．火力発電等に比べて地熱発電の規模は大きくないものの，持続可能なエネルギーとしての今後の展開が期待されるとともに，フルードパワーシステムとの関連も多く，会員の皆様にとっても注目に値する分野ではないだろうか．

4. 基調講演

基調講演は日本機械学会機素潤滑設計部門の4分野ごとに企画された．

1日目は，機械要素分野から宮崎大学の鄧鋼氏による「長年のデザイン教育から見えた機械系学生の現状と設計教育の課題」[1]およびトライボロジー分野から株式会社IHIの尾形秀樹氏による「重工業における機械要素・トライボロジーの貢献」[2]が行われた．前者では，鄧氏が長年取り組んできたデザイン教育科目について詳細に説明された．具体的な課題の設定や目標達成に向けた学生に対するサポート

の様子が紹介され，デザイン教育に対する同氏の熱意が強く感じられた．後者は，企業からのご講演であり，機素潤滑設計部門の重要な分野である機械要素や潤滑が重工業を支えてきた事実が紹介され，講演会に参加している学生に向けても学んでいる分野の重要性や意義を啓蒙するメッセージが込められていた．

２日目は，機械設計分野から大分大学の菊池武士氏による「スマートな機構による高効率歩行支援を目指して」[3]およびアクチュエータシステム分野から東京工業大学の鈴森康一氏による「深層生体模倣ロボティクス」[4]が行われた．菊池氏の講演はER流体を利用したクラッチを用いたスマートな機構が紹介され，これによる動作支援の事例が紹介された．日本フルードパワーシステム学会でも重要な分野のひとつである機能性流体を利用したシステムであり，会員の皆様の関心も大きいと思われる．鈴森氏はバイオミメティクスのような生体模倣のさらに先の概念として深層生体模倣という概念について講演された．イヌやキリンなどの脚の解剖学的な特徴を，骨格系だけではなく筋走行に至るまで模倣することによって新たなロボットの設計論を構築する概念が説明された．また，McKibben型細径人工筋アクチュエータを利用して，心筋バンド説に基づいた心臓模倣モデルは日本フルードパワーシステム学会とも関連の深いテーマとして会員の皆様の関心を集めるのではないかと思われる．

４つの分野から企画された基調講演はそれぞれ趣が異なり，多くの視座を気づかせる内容であった．是非，原稿にも目を通していただきたい．なお，本講演会の講演原稿は半年後を目処にJ-STAGEにて講演論文集として発行される予定である．

5. 一般講演

一般講演は２日間にわたり３セッションがパラレルに実施され，合計89件の講演があった．日本フルードパワーシステム学会と直接的な関連の深いアクチュエータシステム分野（全５セッション）からいくつかの講演をご紹介する．１つ目のセッションでは「負荷変動にロバストな空気式リフタ装置の開発」[5]などの空圧研究や「磁気粘性流体を用いたディスク型回転動力伝達機構の最大伝達トルクの向上」[6]といった機能性流体関連の講演が行われた．２つ目のセッションでは「空気圧ソフトアクチュエータを用いた手指および手関節運動支援装置の試作」[7]などのロボット，支援装置関連の空圧研究の講演が行われた．３つ目のセッションでは「剛性異方性を有するソフトマイクロフィンガ」[8]や「単一入力で駆動する疑似多自由度イソギンチャク型ソフトグリッパ」[9]の講演があった．４つ目のセッションでは「ベルトを介した力伝達が可能な空気圧ゴム人工筋の開発」[10]などソフトアクチュエータを中心とした講演が行われた．最後の５つ目のセッションでは「電界共役流体の発生圧力を用いた蠕動マイクロポンプの製作に関する研究」[11]など機能性流体の研究が紹介された．

6. おわりに

本講演会は６年ぶりの対面開催となった．講演だけではなく懇親会も行われ，地元の料理や名産品の抽選会など，講演会参加者の親睦を深めるきっかけとなり，今後の活発な学会活動や議論のきっかけとなったと感じた．次回の日本機械学会機素潤滑設計部門講演会は２年後の2026年の開催となるが，2025年には日本機械学会と韓国機械学会が共催するICMDT 2025が日本で開催され，フルードパワーシステムと関連が深い機械要素，機能要素，潤滑，設計に関する講演が多数行われる．会員の皆様にとっても意義深い会議となると思われる．

参考文献

1）鄧鋼：長年のデザイン教育から見えた機械系学生の現状と設計教育の課題，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，KL1（2024）
2）尾形秀樹：重工業における機械要素・トライボロジーの貢献，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，KL2（2024）
3）菊池武士：スマートな機構による高効率歩行支援を目指して，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，KL3（2024）
4）鈴森康一：深層生体模倣ロボティクス，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，KL4（2024）
5）大谷凌平，高岩昌弘：負荷変動にロバストな空気圧リフタの開発，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，1B1-2（2024）
6）佐々木新，滑川裕生，佐藤恭一：磁気年性流体を用いたディスク型回転動力伝達機構の最大伝達トルクの向上，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，1B1-4（2024）
7）藤堂真幸，谷口浩成，石井大湖：空気圧ソフトアクチュエータを用いた手指及び手関節運動支援装置の試作，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，1B2-3（2024）
8）吉原一博，吉田和弘，金俊完：剛性異方性を有するソフトマイクロフィンガ，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，1B3-3（2024）
9）三輪遼大，渡辺優太，竹村研治郎：単一入力で駆動する疑似多自由度イソギンチャク型ソフトグリッパ，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，1B3-4（2024）
10）美馬琢人，門脇惇，佐々木大輔：ベルトを介した力伝達が可能な空気圧ゴム人工筋の開発，第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，2B1-1（2024）
11）山本健二，松原竜也，吉田和弘，金俊完：電界共役流体の発生圧力を用いた蠕動マイクロポンプの製作に関する研究第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会予稿集，2B2-2（2024）

（原稿受付：2024年８月５日）

会議報告

ROBOMECH2024における フルードパワー関連技術の研究動向

著者紹介

高岩昌弘（たかいわまさひろ）
徳島大学大学院社会産業理工学研究部
〒770-8506 徳島市南常三島町２丁目１番地
E-mail : takaiwa@tokushima-u.ac.jp

1992年岡山大学大学院工学研究科生産機械工学専攻修了．同年同大学助手，准教授を経て，2015年徳島大学教授．空気圧駆動システムの高機能化に関する研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会，日本ロボット学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会，ROBOMECH2024が，本年５月29日～６月１日まで，栃木県宇都宮市で開催された．当講演会は日本ロボット学会学術講演会，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と並ぶ，ロボット，メカトロニクス関連の学術講演会であり，例年多くの講演発表が行われることで知られている．

今回も72件のOSに対してトータル1,359件の講演発表，2,100名を超える参加者数が報告されている．本講演会は完全ポスターセッションであり，コロナ禍が明けた昨年度から従来の対面形式で実施されている．また，各ブースには電源が用意されており，ポスター発表だけでなく，各自持ち込んだ実験装置の動的なデモを実施できることも特徴の一つである．発表者，参加者共に学生が多く，将来の若きロボメカエンジニア達で会場は活気に満ちていた．

図１　会場にて

講演概要集におけるキーワード検索機能を利用してフルードパワー関連の講演件数を調べてみた．“油圧”というキーワードを含む講演論文が27件，“空気圧”は135件，“水圧”は13件，“機能性流体”は４件となり，フルードパワー関連としては空気圧を用いたものが突出して多い結果となっている．そもそも空気圧システムは環境に優しく扱いやすい，空気の柔軟性によるソフトメカニズムとしての応用分野の裾野が広い，非線形特性が強い分，制御理論の適用対象として面白い等，ロボティクス・メカトロニクスという学術分野と相性がよいことを示す結果と言えるかもしれない．

上記キーワード以外でもフルードパワー関連の研究発表があると思うが詳細は講演会のサイトhttps://robomech.org/2024/をご覧いただければ幸いである．

2. OS「フルードパワーロボティクス」における研究紹介

例年，東京工業大学の塚越先生と一緒にOS「フルードパワーロボティクス」を企画している．毎回，フルードパワーに関する，要素技術開発，応用事例の紹介，新しい制御手法の提案など，多岐に渡る内容の講演がなされてきている．この度も興味深い講演で構成されたので，その概要を以下に紹介する．

小池ら[1]は，カタツムリやナメクジ等の腹足類がシート状の腹足に進行波を生成して移動することに着目した，柔軟シート状の移動体を構成している．具体的には４つの柔軟空気圧シートがそれぞれ膨張と収縮を順番に繰り返すことで進んでいく．人体荷重下での移動を想定しており，そのターゲットは寝たきり患者の褥瘡（じょくそう）（床ずれ）予防である．スムースな移動のためには，移動シートは荷重を受けないこ

とが望ましい．このようなシートごとの荷重分散法として滑り止めを用いて荷重支持部のみの摩擦力を高める方法について検討した．

永井ら[2]は，弁の内部にある圧電素子が振動し，ポペットが跳躍することで空気を排出する振動型無拘束ポペット弁を開発している．小型大流量を特徴としており，駆動回路も小型化できれば実用上有用となるロボット内部への直接的な組み込みが可能となる．回路プリンタを用いて柔軟材料であるポリエチレンナフタレート樹脂上に回路を生成する手法と，それを用いたバルブの駆動実験結果について紹介された．

三木ら[3]は，開発した免荷型アシスト装置を用いた牛の助産を支援する手法について提案した．酪農従事者の高齢化に伴い，助産介助時の身体的負担の軽減は急務である．腰部に装着した電動ウインチで子牛を引っ張り出す仕組みであるが，電動ウインチの重量は免荷されているため負担にはならず，また両手が使用できるため種々の介助動作を阻害しないメリットがある．免荷の仕組みとしてバネによるパッシブ型と空圧シリンダによるアクティブ型が想定されている．

平井ら[4]は，筋骨格ロボットのアクチュエータとして注目されている空気圧人工筋において，消費空気を考慮したポートハミルトン系に基づく制御手法を提案した．通常の線形モデルでは，状態方程式の右辺第1項はシステム行列と状態変数ベクトルの積であるが，ここがハミルトン関数の状態変数に関する勾配となる．ハミルトン関数には駆動対象物の力学的エネルギ，人工筋内部の圧縮空気のエネルギ，人工筋のゴムの歪エネルギの和となる．通常のPD制御と比較した結果，同程度の制御特性であっても提案手法によれば消費空気量が少ないことが示されている．

八瀬ら[5]は，シリコーンゴムを印刷可能なプリンタヘッドの開発における検討を行った．空気圧ゴム人工筋は基本的にゴムチューブを繊維スリーブで覆っただけの単純構造であるため容易に自作可能であるが，所望の出力特性を得るにはゴムチューブ自体の内製が望まれる．シリコーンゴムを成形する3Dプリンタも市販されているが，その硬化に時間を要する等問題点も多い．そこでボイラーから生成された水蒸気を造形物に吹き付けることで硬化時間を短縮するノズルを新規に開発している．実験によるとノズル周辺温度は約95度まで上昇しており，10秒程度での硬化が確認され，3Dプリンタによるシリコーンゴムの成形に目途を与える結果となっている．

Limら[6]は，汎用型空気圧ロータリアクチュエータの超精密位置決め制御系を構築した．提案する高精度化アルゴリズムを適用することで，繰り返し位置決め精度を±1/10,000deg.まで低減し，また閉ループ系のダイナミクス補償とフィードフォワード制御の組み合わせにより過渡応答の目標値追従特性において高いロバスト性を有することを示した．また，同提案アルゴリズムをリニア駆動の汎用型空気圧シリンダに適用した結果が高岩ら[7]によりOS「アクチュエータの機構と制御」において発表された．ここではナノメートルオーダの位置決め精度を実現できることを実機デモにより示した．

3. おわりに

学術講演会の目的は，発表者の研究発表における討論や，研究者同士の学術的な意見交換，企業展示における情報収集等の場を提供することであるが，コロナ禍が明けて2年目の対面開催となったこの度も，それら全てが達成されていたと思われる．

本稿では，筆者が企画に参画しているOS「フルードパワーロボティクス」における講演発表の概要を中心に紹介した．フルードパワーシステムの応用例としてロボティクス・メカトロニクスは大きなウエイトを占めていると思われる．JFPS会員の皆様におかれましても，どうぞ奮って本学術講演会，並びに本OSへのご参加をお願いする次第である．

参考文献

1）小池和生，塚越秀行，嶋辰也，人体荷重下の移動を目指した柔軟シート状アクチュエータ，ROBOMECH2024，2A1-O01（2024）
2）永井舜也，平井慎一，無拘束ポペット弁のためのモータドライバ回路の設計とフレキシブル回路への実装，ROBOMECH2024，2A1-O02（2024）
3）三木英資，井上陽一，久枝啓一，横田雅司，酪農家の身体負担軽減を目的とした免荷型アシストスーツの開発，ROBOMECH2024，2A1-O03（2024）
4）平井颯人，田中宏明，細田耕，ポートハミルトニアンアプローチを用いた空気圧人工筋の制御，ROBOMECH2024，2A1-O04（2024）
5）八瀬快人，佐々木大輔，ソフトアクチュエータ開発に向けたシリコーンゴムを印刷可能なプリンタヘッドの検討，ROBOMECH2024，2A1-O05（2024）
6）Wen Chiang Lim，Masahiro Takaiwa，Simultaneous improvement on transient and steady state response using standard rotary pneumatic actuator，ROBOMECH2024，2A1-O06（2024）
7）高岩昌弘，白瀬左京，汎用型空気圧シリンダのナノメートルオーダー位置決め，ROBOMECH2024，2P2-L10（2024）

（原稿受付：2024年8月31日）

トピックス

学生さんへ，先輩が語る
―フルードパワーに関わる学生さんへ―

著　者　紹　介

八瀬快人（やせはやと）
近畿大学理工学部機械工学科
〒577-8502 大阪府東大阪市小若江３丁目４－１
E-mail : yase@mech.kindai.ac.jp

2020年より日本学術振興会特別研究員（DC2）2022年香川大学大学院工学研究科博士後期課程修了．同年４月より近畿大学助教．空圧制御，ソフトアクチュエータの研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

1.1　自己紹介

私の専門分野はソフトロボットであるが，ロボットに限らず機械好き，ものづくり好きである．ものづくりに対する私の興味は，幼少期にまで遡る．祖父が私のために手製の玩具をよく作ってくれたのを見て，それを自分でも見よう見まねで作り始めたことが，ものづくりに対する最初のきっかけである．もっと複雑なものを作りたい，作れるようになりたいという思いが強く，小学生の頃から地元の工業高校への進学を夢見ていたことを覚えている．高校在学中，ロボットを用いた動作支援装置に関するニュース番組を目にし，その影響で大学の工学部に進学し卒業してロボットを開発する仕事に就きたいと強く思うようになった．改めて考えると，単純な動機ではあるが，当時の私にとっては十分に影響力のある内容であった．

大学では，特に制御工学と機械力学に興味を持って学んだ．そして，研究室に配属される年に新たに着任された佐々木大輔先生の研究室に進むこととなった．研究室に所属してからは，修士課程，博士課程へと進み，2022年より現職である近畿大学理工学部機械工学科に着任した．現在は，計測・制御，機械力学分野の科目を担当しながら研究活動を続けている．

本稿では，これまでの研究について述べた後，私が博士課程への進学を選択した経緯と良かったと思った点について紹介していく．

1.2　職場紹介

本題に入る前に，私が所属する大学について紹介する．近畿大学は，1925年創立の大阪専門学校と1943年創立の大阪理工科大学を母体とし，1949年に設置された私立大学である．「実学教育と人格の陶冶」を建学の精神とし「人に愛される人，信頼される人，尊敬される人」の育成を教育理念として掲げている．現在，文理15学部49学科，計６つのキャンパスを持っており，私が所属する理工学部（図１）は，本部である東大阪キャンパスに置かれている．機械工学科では，４力学に材料工学，制御工学を含めた基幹６分野を基礎とし，実学を通してものづくりの能力を養うカリキュラムを展開している．

2. これまでの研究内容

2.1　学生時代の研究内容

学部３年生で研究室に所属し，先生に与えていただいたテーマは脳卒中片麻痺（まひ）の歩行リハビリテーションを支援する下肢動作支援ロボットの開発に関する研究であった[1)]．この研究では図２に示すような空気圧ソフトアクチュエータの一種であるマッキベン型空気圧ゴム人工筋（以下，マッキベン人工筋）と布製の体幹，大腿サポータ，シリコーンゴム製の力センサのみで構成された人体への適応性の高い衣服上の動作支援装置を実現している．支援手法は，歩行時に最も筋力を必要とする下肢振り上げ初期に瞬発的な収縮力を発生させるというシンプルな

図１　近畿大学理工学部

 もので，予め設定した歩行リズムによる支援で大腿筋の筋活動を軽減できることを明らかにした．

その後，修士課程に進学して最初に取り組んだテーマは，マッキベン型人工筋の数理モデルの構築であった[2]．ゴムチューブ内部に供給された内圧から軸方向，および径方向への膨張力を計算し，ゴムの変形による復元力はMooney-Rivlinひずみエネルギー関数に基づいて同定した材料物性から計算した．それらが繊維に及ぼす力の釣り合い式から収縮力を推定するもので，ゴム材料特有の物性値さえ分かれば人工筋の寸法から収縮力特性を推定可能なモデルを実現している．実測値との比較検証でもその有効性は確認できており，人工筋を実際に製作する前の設計ツールとしての利用も可能であることを示唆する結果が得られた．修士２年生からは，図３に示す複数の樹脂ブロックをマッキベン型人工筋で連結した可変剛性機構を提案し，それを人体脊柱に見立てた体幹姿勢保時支援装置への応用に関する研究に取り組んだ[3]．この装置は，脊椎圧迫骨折時に使用される高剛性の体幹コルセットの長期利用により生じる筋萎縮を解決する手段として提案した．人工筋に供給する圧力によって剛性を調節するため，装着者の体幹固定力を段階的に緩和する支援方法を提供可能となる．この研究で得られた成果をもとに，歩行時の体幹筋の筋力維持，および向上を図る歩行時の体幹動作の支援も可能な装置への拡張を博士課程の研究テーマとして取り組んだ[4]．

2.2　研究活動を通して学んだこと

自身が納得するロボットの機構は，大抵一度で完成するものではなく，実際には複数回の設計と試作，評価の過程があり，その都度設計変更のアイデアを提案する必要がある．この点において，さまざまな課題を想定し，それに対処するための手段を予め用意しておく習慣を身につけることができた．また，研究室にある計測器の使い方だけでなく，その特性や測定原理を把握しておくことで，幅広いアイデアの着想にも繋がった．特に，私はロボットを制御する上で欠かせない実時間制御システムや入出力ボードに強い興味を持っていた．先生とも，研究内容に関する相談に匹敵するほどシステム構築について議論していたことを覚えている．最終的には，先生とは使用するディストリビューションやリアルタイムカーネルについて意見が合わず，それぞれ異なるシステムを使用することになったが，自分で制御システムを構築するという経験は，現在の研究活動にも大いに役立っている．

3.　博士課程への進学について

現職着任後，複数の学生から「なぜ博士課程への進学を選択したのか」という質問を多く受けたため，この場を借りて私が博士課程進学を選んだ経緯と，良かったと思う点を紹介する．私が博士課程への進学を決めたのは，修士１年生の頃だったと記憶している．先生から進学のお誘いを受けたことがきっかけである．当時，就職活動については特に考えておらず，興味のある業界や業種も頭に無かった．自分のアイデアを形にし，有効性の検証，再設計を行う過程が好きで，それを修了後ものびのびと続けられるなら，これ以上やりがいのある仕事は無いのではないか，と考えた．結果として，企業就職という選択肢は自然と薄れていった．このような理由から，私は博士進学をあまり悩むことなく決めた．学費やアカデミックポストに対する心配はあったものの，やりたいことを仕事にするという気持ちの方が強かった．もし，現在進学を悩んでいる方が居られたら，日本学術振興会の特別研究員制度や民間の給付型奨学金の申請を検討してほしい．最近では，大学独自の博士支援事業の整備も進んでおり，進学のハードルは多少下がっているように思う．大学院生だけでなく，学部生で博士課程に興味がある方も，これらの制度を一度調べることをお勧めする．

私は，大学教員は非常に魅力的な職業であると考えている．大学院修了後，四国から近畿へ移り，教育と研究活動を続けているが，これから博士後期課程へ進学する予定の方にも，博士号取得後に別の研究機関に移動することを強く勧めたい．移動後は，

図２　衣服状の下肢振り上げ支援装置

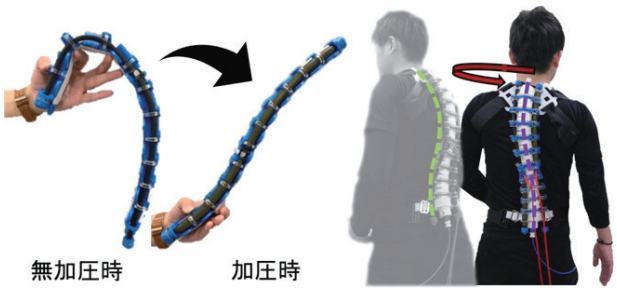


図３　大学院の研究（左：可変剛性機構　右：体幹装置）

なにもない状態から環境を構築する必要があるため，初年度は準備に時間を要することが課題であるが，新たに得られる交友関係や知見は，他に代えがたいものである．私の場合，着任直後に博士と修士のロシア人留学生２名の研究面や生活面をサポートすることになった．その日から日本語が通じない環境で，英語と少しのロシア語を使う日々が始まった．最初は慎重に会話をしていたが，次第に打ち解け，楽しく研究や世間話をするようになり，積極的に話すようになった．留学生とは，大学のみならず私生活でも多く交流し，非常に楽しい時間を過ごした（図４）．

また，課題として挙げた研究室の環境構築に関しても，機材が増えるたびに学生たちと行う開封の儀

図４　年末の留学生との飲み会

図５　研究室の様子（左：着任当初　右：現在）

や使用方法の最適化，アイデア出しは有意義な時間をもたらすものである．現在も学生たちと，研究室（図５）のレイアウトを日々議論している．

以上のように，先の事の心配をしても何が起こるかはわからないため，自分の能力を信じ，興味があるなら深く考えずに飛び込むのが良いと思う．

4. おわりに

本稿で紹介した博士課程進学に関する内容は，あくまで私個人の意見である．長所や短所については，他の方も紹介しているので，ぜひ参考にしていただきたい[5]．博士課程に進学する方に限らず，大学生のうちに多くの専門知識や技術を吸収し，社会で活躍されることを期待している．

参考文献

1）八瀬快人，佐々木大輔，高岩昌弘，空気圧ゴム人工筋を用いた下肢振り上げ支援用パワーアシストウェアの開発，計測自動制御学会論文集，54(1)，69-75，2018年１月25日．

2）八瀬快人，佐々木大輔，門脇惇，馬場優作，ゴムの物性を考慮したMcKibben型空気圧ゴム人工筋のモデル化，日本機械学会論文集，88(905)，21-00286，2022年１月７日．

3）八瀬快人，佐々木大輔，門脇惇，安原拓海，空気圧ソフトアクチュエータの可変剛性特性を利用した体幹姿勢保持アシスト装置に関する研究，日本機械学会論文集，87(898)，20-00173，2021年５月14日．

4）八瀬快人，佐々木大輔，門脇惇，ソフトアクチュエータを用いた体幹の姿勢と回旋を補助する機構の提案，日本機械学会論文集，90(929)，23-00229，2023年１月25日．

5）情報処理　特集別刷「博士課程進学のメリット・デメリット」，情報処理学会，58(5)，138-410，2017年５月．

（原稿受付：2024年９月２日）

研究室紹介

富山高等専門学校　機械システム工学科　山本研究室

著者紹介

山本久嗣（やまもと ひさし）
富山高等専門学校
〒939-8630 富山県富山市本郷町13番地
E-mail : h.yamamoto@nc-toyama.ac.jp

2011年金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了．民間企業を経て，2014年富山高等専門学校教育技術センター助教，2021年機械システム工学科准教授，現在に至る．磁気機能性流体を用いた精密研磨，磁気機能性流体の特性評価の研究に従事．博士（工学）

1．富山高等専門学校の紹介

私の所属する国立高専機構 富山高等専門学校（以下，富山高専）は，全国に51校存在する国立高専機構に所属する高等専門学校です．私の勤務する本郷キャンパスは古くは富山工業高等専門学校と呼ばれ，多くの工業人材を輩出し続けた歴史ある学び舎です．すでにご存じの方も多いかと思いますが，富山県にはもともと富山工業高等専門学校（富山市）と富山商船高等専門学校（射水市）の２校があり，2009年10月に統合されて現在の富山高専へとなった経緯があります．現在，準学士課程となる本科は工学系４学科（機械システム工学科，電気制御システム工学科，物質化学工学科，電子情報工学科），人文社会学系１学科（国際ビジネス学科），商船系１学科（商船学科）の計６学科と学士課程となる専攻科は４専攻（エコデザイン工学専攻，制御情報システム工学専攻，国際ビジネス学専攻，海事システム工学専攻）から成り立っています．

2．富山高専　機械システム工学科

2.1　機械工学科の誕生

本校における機械システム工学科は，先述の富山工業高専学校発足時となる1964年（昭和39年）時に設置されていた３学科（機械工学科，電気工学科，工業化学科）の一つにあたります．工業系高専としては，北陸初の設置であった事より県内外からの入学希望者が多数集まり，初年度の入試倍率は40倍を超えたと聞いております．

2.2　現在の機械システム工学科

現在の機械システム工学科への転身は．先述の富山高専誕生時に遡ります．金属工学科との統廃合により，材料系科目・実験を拡充した今の教育体制へと移行しました．

現在，13名の教員と，１名の非常勤教員で運営されておりますが，私を含めてそのうち５名の教員が材料・化学系出身者が占めております．そのため多様な卒業研究発表が展開されるのは本学科の特徴の一つであると言えると思います．

学生たちは１クラス40名程度であり，卒業研究では３-４人ずつ先生方の指導のもと研究活動に取り組んでいます．

５年生の進路としは，近年半分強程度が就職，残りの半分弱が専攻科や他大学への編入を行います．進学に関して言えば日程さえ合えば，一人で５-６の国立大学を受験することができるのはおそらく高専生だけに許された進路選択であると思います．

3．山本研究室

山本研究室は本郷キャンパスの北側に位置する共通棟２の４階に実験室を構えており，磁気機能性流体を用いた精密研磨に関する研究を実施している研究室になります．日本フルードパワーシステム学会誌をごらんの方々ですと御存じの方も多いと思いますが，西田均名誉教授が2004年富山高専着任以来，山本が2014年に研究室に参画し2018年３月の西田先生ご定年後から現在に至るまで活動を行う研究室になります．特筆すべきは研究活動を教員間で引き継いで実施しているのは高専の中では非常に珍しく，また現在も西田先生には研究面のみならず学生教育にも多大なご貢献をいただいております．

2024年度の研究室メンバーを図１に示します．専攻科２年生３名，専攻科１年生１名，本科５年生４名の学生が８名所属しており，学内でも学生を多く抱える研究室として知られております．

図１　2024年度山本研究室のメンバー

4. 現在の研究内容

4.1　磁場を用いたMCF加工液の砥粒制御

当研究室のメイン技術となります磁気機能性流体を用いた砥粒制御についてお話しするまえに，磁性流体（Magnetic Fluid, 以下MF）について触れさせていただきたいと思います．MFはオイルベースの母液に対して10㎚程度の強磁性粒子に海面活性剤を被覆させ分散させた磁性をもつコロイド溶液にあたります．非常に粒径の小さいことから溶液中で粒子は浮遊を続けると言われており，その性質は非常に安定しています．その後島田らにより，MFにマイクロオーダーの鉄粒子を加えた磁気混合流体（Magnetic Compound Fluid, 以下MCF）[1] が開発されます．MCFは磁場印加時のみかけの粘度上昇がMFよりもはるかに高く，同じく磁場印加時に磁性粒子が磁力線方向へ整列することで現れる凝集体の磁気クラスタの形状がMFに比べて大きいという特徴があります．さらに，このMCFは西田らによって精密研磨への応用が検討されました[2)-4)]．現在の研究の基礎となる技術になりましたが，MCFに対して増粘剤と砥粒を加えたものをMCF加工液と呼んでいます．この加工液を磁石等の磁力を有する工具へ付着させると，マイクロオーダーの鉄粒子とMF中の10㎚の強磁性粒子が磁石周辺磁力線方向に磁気クラスタ（凝集体）を形成します．このとき同時に加工液内に生じる磁気浮力により非磁性の砥粒は磁場勾配の弱い，磁気クラスタの先端に集まると考えられており，この状態で工具に回転運動を与えることで砥粒に対して磁気クラスタを介して加工圧力と回転運動を与え，ワークを磨く原理としています．

4.2　各種非磁性金属らによる平面研磨特性評価

MCF加工液に磁場を作用させた平面研磨法は，本研究室で実施しているMCF精密研磨法の中でも最も基礎的な研究テーマになります．図２に製作した平面研磨装置を示します．実験装置は小型NCフライス盤を用いており，研磨工具部とXYテーブル上に設置されたワーク固定部により構成されています．研磨工具は電磁石の純鉄製鉄心（φ20）であり，フライス盤の主軸に取り付けられています．研磨工具先端は円錐台形状であり，周囲のコイルに電流を流すことで研磨工具先端から磁場が発生する仕組みとなっています．この電流の発生には，ファンクションジェネレータ（SG4104，岩崎通信機製）とバイポーラ電源（BWS 40-15，高砂製作所製）を用いており，直流あるいはパルス電流といった各種電流波形の出力が可能となっています．

現在はさまざまな軽金属に対する平面研磨特性とその材料硬度の関係を明らかにすべく実験を繰り返しています（図３）．

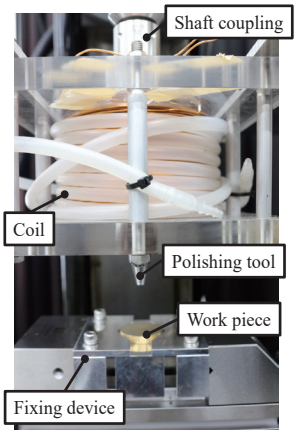


図２　MCF平面研磨装置

図３　平面研磨実験

4.3　磁場と電場を用いた円管内面研磨

つづいて，幾度となく工具のアップデートを実施している円管内面の研磨実験[5)-6)] についてです．円管内面加工は既存の加工法では条件の設定や操作に熟練の経験を要するなどたくさんの技術的課題を有しています．MCFを用いた円管内面加工法では，MCFを塗布した磁石工具が常に円管ワークの中心に位置するために，生じるセンタリング効果から詳細な条件設定をせずとも真円度，円筒度に優れた研磨結果に期待が持てると考えています．

図４に円管内面研磨装置の外観を示します．装置は，学生たちと一から製作したもので，実験装置は工具に垂直方向の送りを与える電動スライダ，回転を与えるACサーボモータ並びに工具に作用するトルクを計測するトルク計（MD-503C，小野測器製）で構成されています．また，電源には高速高圧アンプリファイア（Model 2220，トレック製）を使用し，それぞれの永久磁石を電極としてMCF加工液に電場を印加します．開発中のため詳細は省略するが，工具は加工部となるリング状の永久磁石部と軸部で構成されており，磁石間に電場が印加できるように設計されている．

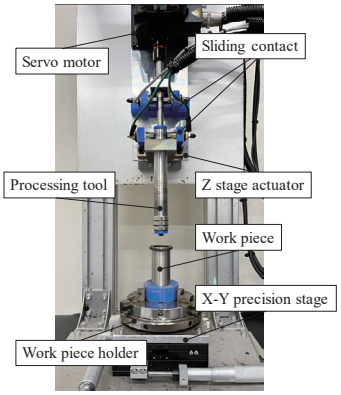


図４　MCF円筒内面加工装置

4.4　MCFを用いた粘弾性ホイール平面研磨特性評価

装置の３つめテーマとして紹介させていただきますこちらは，先に紹介した円筒内面研磨の技術を平面加工に応用した装置になります．磁場と電場を同時印加可能な工具がMCF加工液を付着して回転することで加工を行います．

図５にホイール平面研磨装置の外観を記します．実験装置は工具に回転を与えるモーターとそのトルクを計測する回転トルク計（TH-3103，小野測器）を有する動力部とワーク固定部を工具に対して前後に動かす電動アクチュエーター部で構成されています．工具外周部とワークとの隙間間隔ならびに工具回転数そして電場強度を主な実験パラメーターとして研磨特性を明らかにすべく日々実験を繰り返しています（図６）．

4.5　高電場印加可能な新規MCF加工液の開発

最後に紹介させていただくのは，現在研究室として推進している，磁場と電場を同時に印加することに特化した新規のMCF加工液の開発です．現在，印加可能な電場強度は数100V/㎜であり，電気粘性流体理論の発現をMCF加工法に取り入れるためには，現在のMCF加工液では導電性の観点からも難しく，現在さまざまな手法を試しながら新規のMCFの開発を行っています（図７）．近い将来にフルードパワーシステム学会で発表できることを目標に頑張りたいと思います．

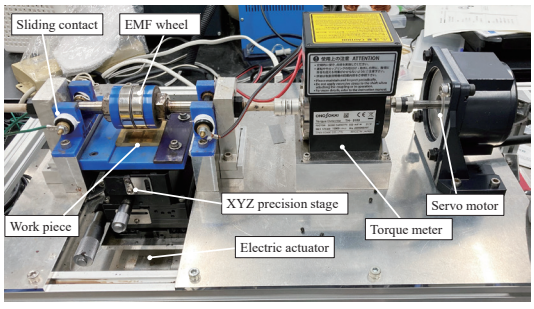


図５　MCF粘弾性ホイール平面研磨装置

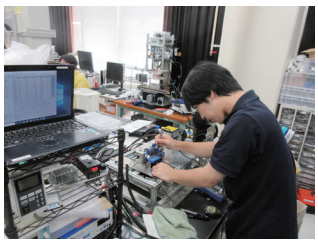


図６　実験準備を行う学生（ホイール）

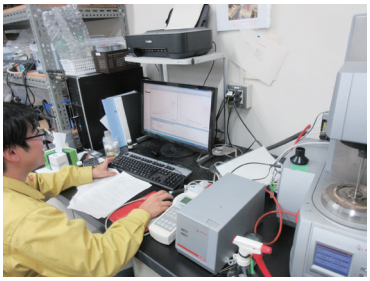


図７　新規開発中MCFの流動特性評価

5. おわりに

今回，編集委員の藤田先生より研究室紹介のご依頼があり，フルードパワーシステム学会誌を読み返したところ，私の着任する直前の2014年３月に西田先生が研究室紹介の記事を担当されており，約10年ぶりに富山高専を紹介させていただけたことをうれしく思います．磁場に応答する流体や富山高専の山本研に興味を持っていただけますと幸いです．

参考文献

1）島田邦雄，藤田豊久，岡英夫，赤上陽一，神山新一：MCF（磁気混合流体）の流体力学的特性と磁化特性，日本機械学会論文集，Vol. 67，No. 664(B)，pp. 3034-3040（2001）
2）西田均，島田邦雄，吉野一郎，磁気混合流体を用いた円管内面マイクロ加工の開発研究，実験力学，Vol. 12，No. 4，pp. 361-368（2012）
3）西田均，島田邦雄，井門康司，池田愼治，磁気機能性流体を用いた水平円管内面研磨マイクロ加工に及ぼす磁場分布の影響，日本AEM学会誌，Vol. 22，No. 2，pp. 286-292（2014）
4）西田均，島田邦雄，井門康司，百生登，山本久嗣，磁場制御による平面および凹面に対する精密研磨特性，砥粒加工学会誌，Vol. 61，No. 12，pp. 666-673（2017）
5）山本久嗣，西田均，百生登，島田邦雄，井門康司，磁気混合流体を用いたホーニング加工特性と加工中の磁気クラスタの挙動，日本フルードパワーシステム学会論文集，Vol. 49，No. 1，pp. 1-9（2018）.
6）山本久嗣，西田均，百生登，池田愼治，島田邦雄，井門康司，磁気混合流体を用いた円筒内面加工における表面性状と形状特性，砥粒加工学会誌，Vol. 63，No. 4，pp. 191-197（2019）

（原稿受付：2024年７月29日）

企画行事

2024年春季フルードパワーシステム講演会

著者紹介

桜井康雄（さくらいやすお）

足利大学工学部
〒326-8558 足利市大前町268－1
E-mail : sakurai.yasuo@g.ashikaga.ac.jp

1986年上智大学大学院理工学研究科博士前期課程機械工学専攻修了．富士重工業㈱，上智大学助手等を経て2000年足利工業大学講師，2001年同大学助教授，2007年同大准教授，2009年同大教授，現在に至る．博士（工学）．

1. はじめに

従来，春季フルードパワーシステム講演会は５月の最終週に開催されてきた．そのため，自動車技術会の春季大会と重なることが多く，自動車関連の研究あるいは製品開発等を行っている会員各位にとって春季講演会への参加が難しい場合があった．また，講演会と併せて通常総会も行われる．本学会が法人税の納税事業者となり会計事務所での作業日数が増えたため，会計監査から総会資料作成と公開までの日数が足りなくなってしまい法令遵守の観点から問題があることが評議委員より報告された．そこで，企画委員会で検討した結果，2024年から春季講演会・総会を６月に開催することとした．

６月20日(木)の午前中に開催された春季講演会併設セミナーに引き続き，2024年春季フルードパワーシステム講演会が機械振興会館において20日(木)の午後から21日(金)までの２日間にわたり開催された．開催形式は2023年春季・秋季講演会と同様に対面形式，講演の様子をライブ配信するものとした．なお，ライブ配信の視聴は団体のみができるものとしている．

本講演会では，一般講演および製品・技術紹介セッションにおいて，合計47件の講演が行われた．また，2019年の秋季講演会以来実施できなかった国際特別講演が21日の午前に国際交流委員会（委員長 加藤友規先生（法政大学教授））のご尽力で開催された．参加者は117名，ライブ配信視聴は３社であった．ここでは，本講演会の概要を報告する．

写真１　講演会風景

写真２　講演会風景

表１　分野別講演件数

分野	件数
空気圧	25
油圧	9
水圧	5
機能性流体	5

2. 講　　演

2.1　一般講演

43件の一般講演が２室を使って行われた．その様子を写真１および２に示す．基礎的な研究から実機を対象とした応用研究まで，幅広い研究発表が行われた．分野別の講演の内訳は表１の通りである．昨年の春季および秋季講演会と同様，空気圧関連の講演が25件と最も多く２日目の最終セッションでは空気圧関連の講演を並列して実施せざるを得ない状況であった．発表者は学生が28名，社会人が５名であった．次回の講演会では社会人会員の講演が

写真３　製品・技術紹介セッション

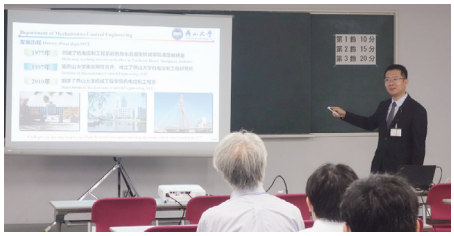


写真４　国際特別講演

写真５　国際特別講演

もう少し増えることを期待している．ご協力を伏してお願いしたい．

液圧関連の講演数が少なくなった原因のひとつが，定年退職により，液圧の研究を行っている大学教員の数が減少してしまったことによる．この数が増えるのは難しいことから，液圧関連の企業に勤務している社会人会員の協力が得られればと考えている．

2.2　製品・技術紹介セッション

本セッションは，「企業関係の方々に製品に係る技術や検討課題などを学会主要行事のひとつである講演会で発表していただき，会員間で問題意識を共有し会員相互の研究・技術の促進を図ろうとするものである．」という主旨のセッションで，春季講演会で必ず実施される．本セッションでは３件（パーカー・ハネフィン日本㈱，東京計器㈱，ボッシュ・レックスロス㈱）の講演があり，活発な質疑応答が行われた（写真３）．

2.3　国際特別講演

コロナ禍で実施が難しかった国際交流事業のひとつとして国際特別講演が講演会２日目の午前中に質疑応答を含めて１時間で実施された．講師として，燕山大学の艾 超（Ai Chao）教授（写真４）をお迎えし，

表２　2023年秋季講演会優秀講演賞受賞者

＜学生部門＞		
氏名	所属	演題
佐々木 優真	室蘭工業大学	弁体をもたないバルブの開発（第２報：実験）
角宮 大輝	徳島大学	流体アクチュエータを用いた建造物の安全な解体手法の構築
＜社会人部門＞		
Lim Wen Chiang	徳島大学	Improvements on the Transient Response for General-purpose Rotary Type Pneumatic Actuators with Precise Position Control

写真６　2023年秋季講演会優秀講演賞授与（左から，佐々木君の代理の風間先生，角宮君，早川会長，Lim君）

写真７　田中豊新会長の挨拶

写真８　佐藤恭一新副会長による乾杯の音頭

「The Intelligence and Energy-Saving of Construction Machinery Equipment」という演題で講演が行われた．省エネルギーに関する内容であり，会場はほぼ満席であった（写真５）．聴講者のひとりは艾先生の講演が非常に興味深い内容であったため，直接Eメールで連絡し講演に使ったパワーポイントファイルを送ってもらったそうである．

3.　優秀講演賞表彰式および技術懇談会

講演会２日目の21日(金)には，通常総会に引き

続き，技術懇談会が開催された．

技術懇談会に先立ち2023年秋季講演会の優秀講演賞表彰式が行われた（写真６）．優秀講演賞受賞者と演題は表２の通りである．

技術懇談会は，田中豊新会長（法政大学）からご挨拶（写真７）をいただいた後，佐藤恭一新副会長（横浜国立大学）の乾杯の音頭で始まった（写真８）．春季講演会の通常通りの技術懇談会は2019年以来であり，参加者も例年より多く会場の各所で談笑の輪ができていた．

4. おわりに

本稿では2024年春季フルーパワーシステム講演会の概要を報告した．

講演数47件，参加者数117名，参加者各位のご協力で盛会裏に講演会を終えることができた．春季講演会で久しぶりに通常通りの技術懇談会を開催することができた．多くの方々に参加していただき，会場が狭いと感じるほどであった．この点は本講演会の反省事項であり，2025年６月19日(木)，20日(金)に開催を予定している2025年春季フルードパワーシステム講演会では，機械振興会館５階と６階の２フロアにある機械振興倶楽部で技術懇談会を開催する予定である．なお，５階と６階は内部の螺旋階段で行き来ができるようになっている．2025年の春季講演会にも会員各位奮ってのご参加をお願いしたい．

最後に，本講演会にご参加いただいた会員各位，本講演会の企画・運営にご協力いただいた企画委員各位および学会事務局各位に深く感謝申し上げる．

（原稿受付：2024年７月30日）

会　告

英文論文誌の特集号（第12回フルードパワー国際シンポジウム広島2024）のお知らせ

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会では，この度，英文論文誌「JFPS International Journal of Fluid Power System」（Volume 18，2025年予定）に「第12回フルードパワー国際シンポジウム 広島2024」の特集号を企画しております．詳細は，英文論文誌のホームページ（https://www.jfps.jp/eng/e02_01.html）に掲載予定です．当該シンポジウムで発表された皆様，どうぞ奮ってご投稿ください．

一般社団法人　日本フルードパワーシステム学会
論文集委員会

日本フルードパワーシステム学会論文集 55巻（2024）２号　発行のお知らせ
（公開日：2024／９／20）

【研究論文】

⑴ノイズ流体サーボ弁を用いた空気圧ベローズで駆動する静圧軸受微動ステージのナノ位置決め
藤田 壽憲，榊 和敏，香川 利春

⑵介護用アクティブエアーパッドの開発
則次 俊郎

（URL）https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfps/55/2/_contents/-char/ja

会　告

〈理事会・委員会日程〉

9月25日	理事会
9月26日	企画委員会
10月2日	編集委員会
10月8日	情報システム委員会
10月9日	基盤強化委員会

〈理事会報告〉

2024年度第2回理事会

9月25日　15：00～17：00

機械振興会館6F　6-63，オンライン　（参加者20名）

⑴　国際シンポジウム広島2024開催準備状況
⑵　IFPEX2024カレッジ研究発表コーナー出展報告
⑶　2024年度学会賞選考委員長について
⑷　2024年度学会賞・フェロー推薦受付状況
⑸　会員の推移
⑹　学会銀行口座の集約
⑺　各委員会からの報告
⑻　その他

〈委員会報告〉

2024年度第2回企画委員会

9月26日　15：00～17：00

オンライン開催　（参加者26名）

⑴　春季講演会最優秀講演賞
⑵　2024年度オータムセミナーについて
⑶　2024年度ウィンターセミナーについて
⑷　2025年春季フルードパワーシステム講演会
⑸　春季フルードパワーシステム講演会併設セミナー
⑹　その他

2024年度第3回編集委員会

10月2日　13：00～16：00

機械振興会館6F　6-63，オンライン　（参加者18名）

⑴　会誌特集号の現状と企画
　1）　Vol.55 No.6「機械工学を学ぶ皆さんへ ―フルードパワーのすすめ―」
　2）　Vol.56 No.1「IFPE2024」
　3）　Vol.56 No.2「JFPS国際シンポジウム広島2024（仮）」
　4）　Vol.56 No.3「磁気機能性流体の基礎と応用（仮）」企画・編集合同企画
⑵　その他
　1）　会議報告
　2）　一般投稿について
　3）　商用雑誌への記事投稿
　4）　トピックス/連載について
　5）　今後の特集について

2024年度第2回情報システム委員会

10月8日　15：00～16：00

オンライン開催　（参加者10名）

⑴　学会HPの更新状況確認
⑵　学会HPのアクセス状況
⑶　会議報告
　・担当および執筆者の選定
⑷　HP内容の更新検討
⑸　学会共通サーバー
⑹　その他

2024年度第2回基盤強化委員会

10月9日　15：00～16：00

オンライン開催　（参加者12名）

⑴　IFPEX2024カレッジ研究発表コーナー出展報告
⑵　2024年度キャリア支援セミナー企画について
⑶　フェロー推薦について
⑷　会員の推移
⑸　その他

会　告

共催・協賛行事のお知らせ

計測自動制御学会　産業応用部門2024年度大会
主　　催：公益財団法人 計測自動制御学会　産業応用部門
開 催 日：2024年11月20日(水)
会　　場：法政大学小金井キャンパス（富山県富山市五福3190）
U R L：https://www.sice.or.jp/ia-div/2024_taikai.html

第67回自動制御連合講演会
主　　催：システム制御情報学会（幹事），日本機械学会，計測自動制御学会，化学工学会，精密工学会，
電気学会，日本航空宇宙学会
開 催 日：2024年11月23日(土)～ 11月24日(日)
会　　場：姫路商工会議所（兵庫県姫路市下寺町43）
U R L：https://rengo67.iscie.or.jp/

2024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・熱流体力学分野・振動分野）
主　　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：2024年11月29日(金)　1級認定試験（固体力学分野・熱流体力学分野・振動分野）
　　2024年12月5日(木)　2級認定試験（熱流体力学分野・振動分野）
　　2023年12月6日(金)　2級認定試験（固体力学分野）
会　　場：下記HPを確認ください
U R L：https://www.jsme.or.jp/cee/

日本機械学会　情報・知能・精密機器部門（IIP部門）講習会「柔軟媒体ハンドリング技術の理論と応用」
主　　催：一般社団法人　日本機械学会　情報・知能・精密機器部門
開 催 日：2024年12月5日(木)
会　　場：オンライン開催（ZOOM）
U R L：https://www.jsme.or.jp/event/24-134/

第25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（SI2024）
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：202412月18(水)～ 12月20(金)
会　　場：アイーナ　いわて県民情報交流センター（岩手県盛岡市盛岡駅西通1丁目7-1）
U R L：https://sice-si.org/si2024/

日本機械学会　関西支部　第396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　関西支部
開 催 日：2025年1月20日(月)～1月21日(火)
会　　場：オンライン開催（Webex）
U R L：https://jsmekansai.org/Seminar/kou396.html

IIP2025　情報・知能・精密機器部門（IIP部門）講演会
主　　催：一般社団法人　日本機械学会　情報・知能・精密機器部門
開 催 日：2025年3月3日(月)～3月4日(火)
会　　場：山口大学工学部　常盤キャンパス（山口県宇部市常盤台2-16-1）
U R L：https://www.iip-conference.org/iip2025

Grinding Technology Japan 2025 ／ SiC，GaN加工技術展
企　　画：日本工業出版株式会社，株式会社産経新聞社
開 催 日：2025年3月5日(水)～3月7日(金)
会　　場：幕張メッセ（千葉県千葉市美浜区中瀬2-1）
URL：https://gtj-expo.jp/2025/jp/

第10回機素潤滑設計生産国際会議（ICMDT2025）
主　　催：一般社団法人　日本機械学会　機素潤滑設計部門
開 催 日：2025年4月23日(水)～4月25日(金)
会　　場：アクリエ姫路（兵庫県姫路市神屋町143-2）
U　R　L：https://www.jsme.or.jp/conference/icmdt2025/

第4回安心・安全・環境に関する計算理工学国際会議（COMPSAFE2025）
主　　催：日本計算工学会，日本計算力学連合
開 催 日：2025年7月1日(火)～7月4日(金)
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://www.compsafe2025.org

各行事の最新情報は，主催者のホームページまたは各行事のURLからご確認ください.

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）	771	8	104	122
差引き増減	＋1	±0	－1	±0

正会員の内訳　名誉員18名・シニア員68名・ジュニア員85名・その他正会員600名

〈新入会員〉
正会員
　佐藤　孔治（イーグル工業株式会社）　　成瀬　雄太

学生会員
　香山　　大（香川大学）

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５月
平成元年秋季油空圧講演会講演論文集	平成元年11月
平成２年秋季油空圧講演会講演論文集	平成２年11月
平成３年秋季油空圧講演会講演論文集	平成３年11月
平成４年春季油空圧講演会講演論文集	平成４年５月
平成４年秋季油空圧講演会講演論文集	平成４年10月
平成５年春季油空圧講演会講演論文集	平成５年５月
平成５年秋季油空圧講演会講演論文集	平成５年11月
平成６年秋季油空圧講演会講演論文集	平成６年10月
平成７年秋季油空圧講演会講演論文集	平成７年11月
平成８年春季油空圧講演会講演論文集	平成８年５月
平成８年秋季油空圧講演会講演論文集	平成８年10月
平成９年春季油空圧講演会講演論文集	平成９年５月
平成９年秋季油空圧講演会講演論文集	平成９年10月
平成10年春季油空圧講演会講演論文集	平成10年５月
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10年11月
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11年５月
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５月
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12年10月
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５月
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13年11月
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14年５月
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15年５月
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５月
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16年11月
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17年５月
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５月
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18年11月
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５月
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19年11月
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20年５月
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６月
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21年11月
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５月
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22年12月
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23年５月
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24年５月

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
2019年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	2019年11月
2020年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集	2020年12月
2021年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2021年６月
2022年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2022年５月
2022年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2022年11月
2023年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2023年５月
2023年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2023年12月
2024年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集（CD）	2024年６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フルー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フルー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フルー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４月
平成23年IFPEXフルー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
2021年第26回IFPEXカレッジ研究発表展示コーナー論文集（CD）	2021年10月
2024年第27回IFPEXカレッジ研究発表展示コーナー論文集（データ販売）	2024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
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
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を考える―」　2019年12月
オータムセミナー「自動車におけるフルードパワー技術」　2020年11月
オータムセミナー「機能性流体入門－基礎と応用－」（データ販売）　2021年11月
オータムセミナー「フルードパワーシステムにおけるMBD活用」（データ販売）　2022年12月
オータムセミナー「環境負荷の低減を進める空気圧システム」（データ販売）　2023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24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
ウインターセミナー「大型機械・大型施設で活躍するフルードパワー」	平成27年２月
ウインターセミナー「フルードパワー技術を支える要素技術」	平成28年３月
ウインターセミナー「自動車の動力伝達機能を支える油圧技術」	平成29年２月
ウインターセミナー「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～」	平成30年３月
ウインターセミナー「フルードパワーシステムと1DCAE」	2019年２月
ウインターセミナー「フルードパワーシステムにおける解析技術」（データ販売）	2021年３月
ウインターセミナー「機械学習の基礎とフルードパワーシステムへの応用」（データ販売）	2023年３月
ウインターセミナー「医療福祉技術を支えるフルードパワー」（データ販売）	2024年３月
〈教育講座〉	
教育講座「マイコン制御講座」（大学上級コース）	平成元年８月
教育講座「現代制御理論講座」（大学上級コース）	平成元年10月
教育講座「マイコン制御講座」（大学上級コース）	平成２年８月
教育講座「トライボロジー講座」（大学上級コース）	平成３年８月
教育講座「油空圧における鋳造技術講座」	平成５年10月
教育講座「油空圧における最新の制御技術の理論と実際」	平成６年10月
教育講座「トライボロジー講座」	平成９年９月
教育講座「空気圧システム入門」	平成10年６月
教育講座「空気圧システム入門」	平成11年６月
教育講座「フルイドパワーシステムへの最新制御手法の適用と コンピュータソフトウェアツールの体験実習」	平成12年８月
教育講座「トライボロジー講座」	平成14年９月
教育講座「空気圧システム入門」	平成15年５月
教育講座「空気圧システムの基礎」	平成15年５月
〈国際シンポジウム論文集〉	
第１回油空圧国際シンポジウム論文集	平成２年１月
第２回油空圧国際シンポジウム論文集	平成５年９月
第３回油空圧国際シンポジウム論文集	平成８年11月
第４回油空圧国際シンポジウム論文集	平成11年11月
第５回油空圧国際シンポジウム論文集	平成14年11月
第６回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（CD-ROM）	平成17年11月
第７回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（冊子，CD-ROM）	平成20年９月

第８回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（冊子，CD-ROM）	平成23年10月
第９回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（冊子，CD-ROM）	平成26年10月
第10回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（HP公開のみ）	平成29年10月
第11回JFPSフルードパワー国際シンポジウム論文集（HP公開のみ）	2021年10月
〈書籍〉	
日本フルードパワーシステム学会創立30周年記念出版３冊セット（分冊頒布可）	平成15年４月
「油圧駆動の世界―油圧ならこうする―」	
「空気圧システム入門」	
「水圧駆動テキストブック」	
日本フルードパワーシステム学会創立40周年出版３冊セット（分冊頒布可）	平成23年４月
「油圧システムのモデリングと解析手法」	
「Webシミュレーション解説」	
「アクアドライブ技術の進展」	
新版「油空圧便覧」	平成元年２月
初歩と実用シリーズ 「圧縮性流体の計測と制御―空気圧解析入門―」	平成22年７月
「油圧機関技術―伝承と応用―」	平成26年９月
初歩と実用シリーズ 「機能性流体入門―基礎と応用―」	2021年７月
〈研究成果報告書〉	
フルードパワーのトライボロジー研究委員会研究成果報告書	平成19年６月
フルードパワーのトライボロジー研究委員会研究成果報告書II	平成22年５月
フルードパワーのトライボロジー研究委員会研究成果報告書III	平成25年５月
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
機能性流体との融合化によるフルードパワーシステムの新展開	2022年４月
機能性流体テクノロジーの次世代FPSへの展開	2022年５月
機能性流体フルードパワーシステムに関する研究委員会（電子版）	2022年９月

フルードパワーシステム　総目次（第55巻）

		号	通し頁
【挨拶】			
新年のご挨拶	…早川　恭弘	1	4
年頭にあたり	…田中　豊	1	5
会長就任にあたって	…田中　豊	4	142
副会長のご挨拶	…嶋村　英彦 川上　幸男 佐藤　恭一	4	143
特集「フルードパワーを活用した超高圧技術」			
「フルードパワーを活用した超高圧技術」発行にあたって	…佐藤　恭一	1	7
超高圧インパルス耐圧試験機の高圧発生技術とサーボ制御	…加藤　祐輔	1	8
200MPaを超えるディーゼルエンジン用燃料噴射技術	…芹澤　晃	1	11
高圧容器用サイクル試験装置と破裂試験装置	…水上　峻一	1	15
地震大国日本で活躍する建築構造実験用超高圧油圧試験装置	…今井　亮太	1	19
フルードパワーシステム評価のための高圧試験	…木附　敬雄	1	23
高水圧技術を生かした「チューブハイドロフォーミング」	…岩村　忠儀	1	26
深海への挑戦：高圧実験水槽の概要と成果，現況	…高橋　和行 大嶋　真司	1	31
特集「触覚技術と応用技術」			
「触覚技術と応用技術」発刊にあたって	…兵藤　訓一	2	54
空中超音波による触覚フィードバック	…篠田　裕之	2	55
空気圧腱駆動機構を用いた人工指による材質認識システム	…吉満　俊拓	2	59
繊細ハプティックデバイスの実現を目指したMR流体デバイスとその評価法の開発	…菊池　武士	2	64
力触覚技術とその土木分野へ応用	…野崎　貴裕	2	68
建設重機の臨場感のある遠隔操作の実現を目指して	…江沢　迪和	2	72
VR/AR空間におけるフルードパワーを用いたウェアラブルな全身型力覚提示システム	…澤橋龍之介 中村　太郎	2	76
特集「DX時代の生産技術を支えるフルードパワー」			
「DX時代の生産技術を支えるフルードパワー」発行にあたって	…加藤　友規	3	98
空気圧サーボを用いて回転数制御される切削工具の損耗推定	…大坪　樹	3	99
超精密加工機における高速応答レギュレータの適用検討	…福田　将彦	3	103
空気圧機器のIO-Link対応	…三浦　克輝	3	107
空圧式アクティブ除振台の除振・制振技術	…篠原雄一郎	3	112
エアパワーメータを活用した空気圧システムの省エネルギー診断	…小林　敏也	3	117
圧力監視による空気圧機器の状態見える化	…近藤　健元	3	121
特集「フルードパワーシステムにおけるMBD活用」			
「フルードパワーシステムにおけるMBD活用」の発刊にあたって	…吉見　浩司	4	144
モデルベース開発と想定設計手法の連携による手戻りゼロの実現に向けて	…工藤　啓治	4	145
FEMモデルの機械学習モデルへの縮退化と１DCAEの実装に関する取り組み	…萬谷　浩章	4	151
フルードシステム開発におけるバーチャルプロトタイプMBDの適用	…竹下　仁士	4	156
油圧分野におけるモデルベース開発の事例紹介	…眞田　一志	4	160
モデルベース開発（MBD）プラットフォームによる油圧制御システム開発―持続可能な産学連携を目指して―	…脇谷　伸	4	163
MBDの活用に向けた軸流ファンのプラントモデルの課題―電子機器の熱対策・熱設計におけるファンの冷却性能評価を例として―	…福江　高志	4	168
「SURIAWASE2.0」によるモビリティ社会の最先端開発コミュニティ実現	…村岡　正 足立　智彦	4	174
ソフトウェアを使用した温度シミュレーション	…山本　和恵	4	179
「緑陰特集」			
2023年度の学会誌のレビュー	…柳田　秀記	E1	E1
2023年度の油圧分野の研究活動の動向	…酒井　悟	E1	E3
2023年度の空気圧分野の研究活動の動向	…下岡　綜	E1	E7
2023年度の水圧分野の研究活動の動向	…塚越　秀行	E1	E10
2023年度の機能性流体分野の研究活動の動向	…西川原理仁	E1	E13
小特集「日本フルードパワーシステム学会賞受賞者および研究委員会の紹介」	…柳田　秀記	E1	E17
2023年度学術論文賞を受賞して	…早川　恭弘	E1	E18
2023年度技術開発賞受賞について	…大野　信吾	E1	E22
2023年度SMC高田賞受賞について	…廣瀬　直紀	E1	E25
学術貢献賞を受賞して（空気圧工学の研究）	…村松　久巳	E1	E30
2023年度技術功労賞を受賞して	…丸田　和弘	E1	E34
油空圧機器技術振興財団論文顕彰を受賞して	…藤田　壽憲	E1	E38
名誉員の拝命にあたって	…西海　孝夫	E1	E41
油圧機器のトライボロジーなど基盤技術に関する基盤研究委員会	…西海　孝夫	E1	E48
空気圧機器システム研究委員会報告書	…香川　利春	E1	E50
機能性流体FPSのフロンティア展開に関する研究委員会	…中野　政身	E1	E52
深層学習を活用したフルードパワーシステムに関する研究委員会	…小林　亘	E1	E56
特集「電動フルードパワー技術」			
「電動フルードパワー技術」発刊にあたって	…中山　晃	5	202
空気圧駆動と電動駆動を併用した手術支援ロボット	…只野耕太郎	5	203
融合型ハイブリッドリニアアクチュエータ	…仲田　佳弘 野田　智之	5	207
MR流体を用いたロータリーアクチュエータ	…亀﨑　允啓	5	212
電動油圧アクチュエータ	…宮城　光	5	217
ロボット向け電油アクチュエータの開発	…依田　聡	5	220
バッテリー駆動式ミニショベルの開発	…髙橋　究	5	224
特集「機械工学を学ぶ皆さんへ　―フルードパワーのすゝめ―」			
「機械工学を学ぶ皆さんへ　―フルードパワーのすゝめ―」発行にあたって	…佐々木大輔	6	244

超大型機械を動かすためのフルードパワー …浅野広太郎　6　245
医療に貢献するフルードパワー …門脇　信傑／小林　正樹　6　249
水素に関する取り組みと関連機器の紹介 …山下　洋司　6　254
超高圧処理装置の全固体電池への応用 …伊藤　洋行　6　258
省エネルギー化に向けた油圧要素技術 …三枝　直人　6　261
支援モード切替機能を有するパッシブ型動作支援装置の開発と活用事例 …小川　和徳　6　264

【ニュース】
日中若手研究者交流事業 …酒井　悟　4　182

【会議報告】
日本機械学会2023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　2　81
FLUCOME2023におけるフルードパワー関連技術の研究動向 …香川　利春／徐　沛民　4　185
計測自動制御学会 第24回流体計測制御シンポジウムに観るフルードパワー研究動向 …藤田　壽憲　4　187
IFK2024におけるフルードパワー関連技術の研究動向 …小林　亘　5　227
第23回日本機械学会機素潤滑設計部門講演会におけるフルードパワー関連技術の研究動向 …竹村研治郎　6　268
ROBOMECH2024におけるフルードパワー関連技術の研究動向 …高岩　昌弘　6　270

【トピックス】
学生さんへ，先輩が語る―開発職の心構え― …浅野広太郎　1　35
学生さんへ，先輩が語る―過去の経験が今に繋がる― …雫　奉憲　2　83
学生さんへ，先輩が語る―学生時代に得た経験を今に繋ぐ― …下岡　綜　3　124
学生さんへ，先輩が語る―メーカの研究所に携わる社会人の日常について― …北村　佳彬　4　188
学生さんへ，先輩が語る―失敗を恐れずチャレンジを― …小島　一輝　5　230
学生さんへ，先輩が語る―フルードパワーに関わる学生さんへ …八瀬　快人　6　272

ラクイラ（イタリア）滞在記 …伊藤　和寿　1　38

笑顔で活躍―お仕事フルードパワー便―これまでの進学選択を振り返って― …渡邊　悠希　2　86

【研究室紹介】
東京電機大学　サイバネティック情報処理研究室 …川瀬　利弘　3　128
富山高等専門学校　機械システム工学科　山本研究室 …山本　久嗣　6　275

【企画行事】
学会主催のキャリア支援セミナーの紹介 …田中　豊／渡邊　悠希　1　43
2023年度オータミセミナー開催報告「環境負荷の低減を進める空気圧システム」 …飯田　知良　2　88
2024年度企画行事紹介 …桜井　康雄／小林　亘　2　90
2023年秋季フルードパワーシステム講演会開催報告 …下岡　綜　3　132
2023年度ウインターセミナー開催報告「医療福祉技術を支えるフルードパワー」 …高岩　昌弘　4　191
2024年春季講演会併設セミナー「触覚技術と応用技術」 …兵藤　訓一　5　233
2024年春季フルードパワーシステム講演会 …桜井　康雄　6　278

【会告】
共催・協賛行事のお知らせ　1　30
日本フルードパワーシステム学会キャリア支援セミナー開催のお知らせ　1　42
英文論文誌の特集号（第12回フルードパワー国際シンポジウム 広島2024）のお知らせ　1　42
理事会・委員会報告　1　45
会員移動　1　46
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会　共催　2024年春季フルードパワーシステム講演会　1　46
2023年度ウィンターセミナー「医療福祉技術を支えるフルードパワー」　1　46
一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会　賛助会員一覧表　1　47
日本フルードパワーシステム学会論文54巻（2023）抄録　1　48
共催・協賛行事のお知らせ　2　71
理事会・委員会報告　2　92
会員移動　2　93
2024年春季フルードパワーシステム講演会　併設セミナー「触覚技術と応用」　2　93
2024年春季フルードパワーシステム講演会併設企画「製品・技術紹介セッション」　2　93
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会　共催　2024年春季フルードパワーシステム講演会　3　127
2024年春季フルードパワーシステム講演会併設企画「製品・技術紹介セッション」　3　127
2024年春季フルードパワーシステム講演会 併設セミナー「触覚技術と応用」　3　127
共催・協賛行事のお知らせ　3　131
理事会・委員会報告　3　135
一般社団法人　日本フルードパワーシステム学会賛助会員一覧表　3　136
会員移動　3　137
公益財団法人油空圧機器技術振興財団　2024年度研究助成募集のお知らせ　4　155
2024年度オータムセミナー「水圧技術の課題と現状（仮）」　4　155
理事会・委員会報告　4　193
2024年度（第43期）通常総会終了　4　194
2023年度　学会賞表彰　4　195
会員移動　4　196
共催・協賛行事のお知らせ　4　197
2024年度オータムセミナー「水圧技術の課題と現状」　5　229
会員移動　5　229
理事会・委員会報告　5　235
日本フルードパワーシステム学会2024年度フェロー認定者推薦のお願い　5　236
日中若手研究者交流事業　招聘者募集のお知らせ　5　236
日本フルードパワーシステム学会2024年度受賞候補者募集のお知らせ　5　236
英文論文誌の特集号（第12回フルードパワー国際シンポジウム広島2024）のお知らせ　5　237

お詫びと訂正	5	237
共催・協賛行事のお知らせ	5	238
一般社団法人フルードパワーシステム学会賛助会員一覧表	5	239
次回予告	5	240
2024年度オータムセミナー「水圧技術の課題と現状」	6	253
日本フルードパワーシステム学会2024年度フェロー認定者推薦のお願い	6	253
日本フルードパワーシステム学会2024年度受賞候補者募集のお知らせ	6	253
英文論文誌の特集号（第12回フルードパワー国際シンポジウム　広島2024）のお知らせ	6	280
日本フルードシステム学会論文集55巻（2024）２号発行のお知らせ	6	280
理事会・委員会報告	6	281
共催・協賛行事のお知らせ	6	282
会員移動	6	283
資料一覧	6	284
フルードパワーシステム総目次（第55巻）	6	289
次回予告	6	292

編 集 室

次号予告

―特集「IFPEX2024」―

【挨　拶】
新年のご挨拶　田中　豊
新年のご挨拶　嶋村　英彦
【巻頭言】「IFPEX2024」発行に当たって　吉満　俊拓
【解　説】
IFPEX2024における油圧分野の技術動向　佐藤　恭一
IFPEX2024における水圧分野の技術動向　伊藤　和寿
IFPEX2024における空気圧分野の技術動向　高岩　昌弘
IFPEX2024カレッジ研究発表　宮嵜　哲郎
IFPEX2024フルードパワーを活用したロボット　佐々木大輔
IFPEX2024併催 特別技術セミナー　桜井　康雄
IFPEX2024油圧空気圧合同特別企画「フルードパワー若手技術者たちによるX24プロジェクト」　吉満　俊拓
【トピックス】インド駐在員日誌　宮本　幸也

2024年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長　村松久巳（沼津工業高等専門学校）
副委員長　藤田壽憲（東京電機大学）
委　員　飯尾昭一郎（信州大学）
遠藤勝久（SMC㈱）
加藤友規（法政大学）
北村　剛（油研工業㈱）
窪田友夫（カヤバ㈱）
五嶋裕之（㈱工苑）
齋藤直樹（秋田県立大学）
佐々木大輔（香川大学）
佐藤恭一（横浜国立大学）
谷口浩成（大阪工業大学）
中野政身（㈱SmartTECH Lab.）
委　員　中山　晃（日立建機㈱）
丸田和弘（㈱都築製作所）
水上和哉（CKD㈱）
溝口周秀（コマツ）
村岡裕之（㈱コガネイ）
山田宏尚（岐阜大学）
山本久嗣（富山高等専門学校）
吉見浩司（川崎重工業㈱）
吉満俊拓（神奈川工科大学）
担当理事　伊藤　隆（カヤバ㈱）
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）

会　告

複写される方へ

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

権利委託先：（一社）学術著作権協会
〒107-0052　東京都港区赤坂9－6－41　乃木坂ビル
TEL：03-3475-5618　FAX：03-3475-5619　E-mail:info@jaacc.jp

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

フルードパワーシステム Vol. 55 No. 6

昭和47年10月19日第４種学術刊行物認可
2024年11月15日発行　　（奇数月）

〒105―0011
東京都港区芝公園三丁目五―二二　機械振興会館別館一〇二　電話（〇三）三四三三―八四四一　ＦＡＸ（〇三）三四三三―八四二一
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―三―一三三六九〇
印刷所　勝美印刷株式会社　東京都文京区白山一―一三―七　アクア白山ビル五階

本紙広告取扱　株式会社 産業企画　東京都港区新橋6-22-2 佐藤ビル　〒105-0004
TEL. 03-3437-0057　FAX. 03-3437-9868　www.sanki.asia　E-mail　sanki@sanki.asia