昭和47年10月19日第4種学術刊行物許可　2019年9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

JOURNAL OF THE JAPAN
FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

フルードパワーシステム

Sep.2019 Vol.50 No.5

特集「フルードパワーを支える製造・加工技術」

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50巻　第５号　2019年９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

FLUID POWER SYSTEM

目　次

特集「フルードパワーを支える製造・加工技術」

【巻頭言】
「フルードパワーを支える製造・加工技術」発行にあたって　中山　晃　206

【解説】
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　207
油空圧部品の洗浄事例と洗浄技術に関する最新情報　杉田　雅幸　212
HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドの開発　井関　利幸　216
電解加工と精密電解加工の特徴と加工事例　松尾　敏幸　219
高圧ホースおよびホースアセンブリの製造技術　西村建太朗　222
リリーフバルブ組立作業自動化技術の開発　瀧口　真樹　226

【会議報告】
ICMDT2019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　229

【トピックス】
学生さんへ，先輩が語る―油圧機器の開発業務を通じて―　黒田裕一朗　231
Youは日本をどう思う？第11回：ベトナムから日本に留学して　ハー・タム・ファン　234

【研究室紹介】
岡山大学　システム構成学研究室（神田・脇元研究室）　脇元　修一　237

【企画行事】
2019年春季講演会併設セミナー「ロボットに役立つフルードパワーの要素技術」　清水自由理　240

【会告】

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 243

2019年秋季フルードパワーシステム講演会　テクニカルツアーのご案内 243

学会創立50周年特別会費（賛助金）の受付状況 245

学会誌表紙デザインコンペ結果のお知らせ 246

共催・協賛行事のお知らせ 248

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―」 249

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 249

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 249

その他 236，244，247，250

■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

FLUID POWER SYSTEM

ISSN 1346-7719
Vol. 50, No. 5 September 2019

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue "The Manufacturing and Processing Technology for Fluid Power"

【Preface】

On the Special Issue "The Manufacturing and Processing Technology for Fluid Power" Akira NAKAYAMA 206

【Review】

Deburring and Edge Finishing Technologies of Parts for Fluid Power Systems Koichi KITAJIMA 207
Cleaning Method for Hydraulic and Pneumatic Parts and Recent Trends on Cleaning Process Masayuki SUGITA 212
Development of Highly Anticorrosive Cylinder Rods by using the HVOF Thermal Spraying Method Toshiyuki ISEKI 216
Characteristics with Processing Samples for Electrolytic Processing and Precision Electrolytic Processing Toshiyuki MATSUO 219
Manufacturing Technology for High Pressure Hoses and Hose Assemblies Kentaro NISHIMURA 222
Development of Relief Valve Automatic Assembly Technology Masaki TAKIGUCHI 226

【Conference Report】

Research Trend on Fluid Power System in the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology Kenjiro TAKEMURA 229

【Topics】

Senior talks to students —Through Development of Hydraulic Machinery Yuichiro KURODA 231
What do you think of Japan? 11th : Studying from Vietnam to Japan Ha Tham PHAN 234

【Laboratory Tour】

System Integration Laboratory (Kanda-Wakimoto Laboratory), Okayama University Shuichi WAKIMOTO 237

【JFPS Activities】

Seminar in Spring Conference 2019 — Fluid Power Technology for Robots — Juri SHIMIZU 240

【JFPS News】

236, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250

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

巻頭言

「フルードパワーを支える製造・加工技術」発行にあたって

著者紹介

中山　晃（なかやま　あきら）

日立建機株式会社
〒300-0013 茨城県土浦市神立町650
E-mail : a.nakayama.xo@hitachi-kenki.com

1991年東北大学工学機械第二学科卒業．同年日立建機株式会社入社，現在に至る．油圧機器，システムの研究開発に従事．日本フルードパワーシステム学会会員．

油空圧機器などのフルードパワー機器は非常に高精度に加工された構成部品の集合体である．特にしゅう動し流体の制御をともなう部品同士のクリアランスは数ミクロンオーダーに管理されており，これらを支えるモノづくりの技術は長きにわたる経験と改善の蓄積から生み出されている．本特集号ではフルードパワー機器を支えるモノづくりの基盤となる製造技術や加工技術に関する最新事情や適用事例を紹介する．

北嶋弘一氏には「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」の中で，バリ残留による製品トラブルの状況や性能への影響，バリ生成抑制技術，フルードパワー機器部品各々に適したバリ取り，エッジ仕上げ技術について解説いただいた．

杉田雅幸氏には「油空圧部品の洗浄事例と洗浄技術に関する最新情報」の中で，洗浄方法においては機械加工間洗浄，組立前の仕上げ洗浄，プレス後の洗浄，熱処理前・後洗浄などさまざまな洗浄方法があり，前後の工程により洗浄方法や洗浄剤が異なり，前工程で付着する汚れや，後工程への影響を考慮した洗浄の重要性について解説いただいた．

井関利幸氏には「HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドの開発」の中で，粉塵・泥・土砂等過酷な環境下で稼働する建設機械の油圧シリンダは，耐食性・耐摩耗性を維持できるが，海岸近郊における塩分をともなう腐食環境下では，早期に腐食（錆）が発生する問題があり，この対応策として，HVOF（High Velocity Oxygen Fuel）溶射法による表面処理を適用し，塩分耐食性を向上させた事例を紹介いただいた．

松尾敏幸氏には，「電解加工と精密電解加工の特徴と加工事例」の中で，電解加工は放電加工と混同されがちであるが，加工原理が異なっており，本件では電解加工の特徴や放電加工との違いについて詳しく解説いただいた．

西村建太朗氏には「高圧ホースおよびホースアセンブリの製造技術」として，油圧ホースの基本構造，製造方法について解説いただいた．油圧機器の配管接続において可動部をともなう配管にはフレキシブルなホースが不可欠である．ホース選定には，ホース径，最高使用圧力，耐熱温度を確認するが，用途によって異なる口金形状にも配慮したホース選定時の参考にしていただきたい．

瀧口真樹氏には「リリーフバルブ組立作業自動化技術の開発」の中で，フルードパワー機器は人手作業によるカンコツが必要とされるため，組立作業の自動化にはさまざまな課題があり，特に人手作業におけるカンコツの感覚をロボットで実現するためにセンシングや制御技術に工夫を凝らし実用化した事例を紹介していただいた．

近年，フルードパワー機器のIT化・IoT化対応技術が発展を遂げているが，そのベースとなるハードウェアが壊れずに機能し続けることが前提である．今後のモノづくりにおいては，製造過程，使用過程でのフルードパワー機器の高品質化，長寿命化を図るだけでなく，環境影響度低減にも貢献するモノづくりに期待する．

最後に，ご多忙な中，本特集への記事を執筆いただいた方々に厚く御礼申し上げるとともに，本特集が読者の参考になれば幸いである．

（原稿受付：2019年 8 月20日）

解説

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

著者紹介

北嶋弘一（きたじまこういち）

関西大学　名誉教授

〒564-8680 大阪府吹田市山手町3－3－35

E-mail : v691423@kansai-u.ac.jp

1969年関西大学大学院工学研究科修士課程修了．同大学工学部助手，助教授を経て，1994年教授，2014年定年退職，現在に至る．精密機械加工学の研究に従事．精密工学学会フェロー，名誉会員，砥粒加工学会名誉会員，バリ取り加工・研磨布紙加工技術専門委員会委員長，工学博士．

1. はじめに

油空圧機器に関してその内面および流路管内における残留バリを代表とするコンタミナント（異物）は，CO_2排出規制など地球環境負荷の低減を掲げる部品製作工程でもっとも留意しなければならない事項である．流路管内での圧力上昇や駆動装置における摩擦力低減および流路熱対策に対しても残留バリの脱落は致命的であり，さらに圧力低下の漏れの要因にかかわるシート面へのコンタミナントの混入は適正に組み合わされる挿入部品の位置決めを阻害することになる．油空圧コンポーネントの残留コンタミナントにおいて，バリ取り・エッジ仕上げ技術および部品洗浄技術はまさに永遠の課題であり，配管施工管理，作動油管理を含めた周辺環境に大きく左右される侵入コンタミナントに対しても十分な配慮が必要になる．本稿では，バリ残留がもたらすトラブルと製品の性能・信頼性劣化，バリの抑制技術およびバリ取り・エッジ仕上げ技術について紹介する．

2. バリ残留がもたらすトラブルと製品の劣化

2.1　バリ残留が製品の不具合に占める割合

機械設備・装置に使用されている各種の油空圧機器類の作動不良で設備全体の機能停止あるいは生産ラインが停止状態に陥ってしまうトラブルが後を絶たない現状にある．しかし，一方では20年，30年と何のトラブルを生じることもなく正常に稼働している設備も少なくない．

図１は機械設備の稼働期間別にみた残留バリの脱落あるいはコンタミナントによる油圧機器の不具合発生率を示している．これによると，調査総数638件中334件，52.3％がひと月以内に発生しており，１カ月以上１年以内の発生が144件，22.6％を占め，その合計75％が１年以内にトラブルを発生していることになる．また，その１年以内に発生した不具合のうち，図２に示すように34.9％が残留バリの脱落をはじめとするコンタミナントによるものに起因しており，再現しないが異物によるものと思われる原因を含むと約８割に達している．いずれも残留コンタミナントやバリの脱落による影響が大きいが，不具合が再現しない一過性のトラブルが多いことも特徴としてあげられる．

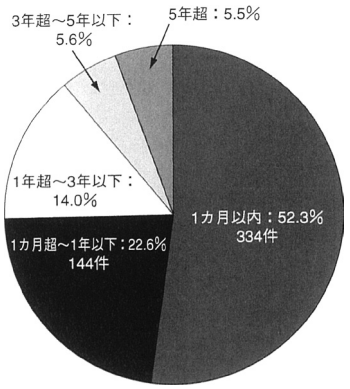


図１　油空圧機器の稼働期間別にみた不具合発生率

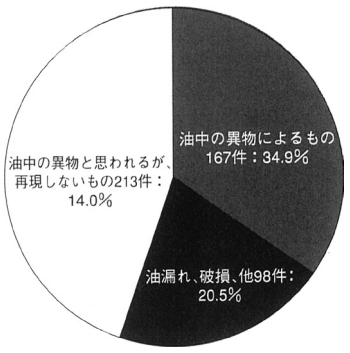


図２　油空圧機器の稼働１年以内における不具合の要因

2.2　バリ残留がもたらす製品の性能劣化

油空圧機器の機構部品にバリが残留することによって，あるいは製品設計におけるエッジ品質を満足していない場合，つぎのような問題を引き起こす．

⑴　作動不良への影響

製品としての気密性に大きく影響し，図３のように残留バリが動作中に脱落してしゅう動部に噛みこむことにより動作不良を生じたり，摩耗促進の因子となって事故原因となる．また，油空圧機器の流路を構成するスプールやピストン，シリンダなどのエッジ品質やエッジ形状（シャープネス，粗さ，サーフェス・インテグリティ）は制御時のレスポンスや信頼性に影響を及ぼす．一方，ピストンリングにおいては，リングのエッジ形状がシャープ過ぎるとしゅう動時にシリンダ内面とのかじりを起こすため，エッジ形状に適度な丸みを持たせることにより潤滑油をしゅう動部に侵入させることができ，焼きつきを防止させることができる．すなわち，最適なエッジ形状が存在することになる．

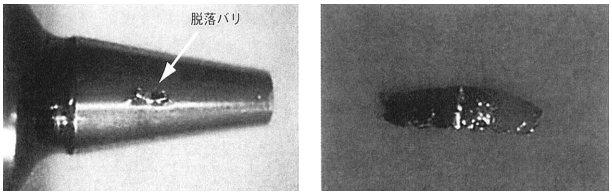


図３　パイロット作動型リリーフ弁ポペット表面に噛みこんだバリ

⑵　計測時における寸法誤差の要因

寸法などの計測時において，接触や非接触の計測方法を問わず部品端面の設定が困難になり，寸法誤差を生じる要因となる．

⑶　加工時における基準面設定の障害

バリが残留した部品は，加工に際して取り付けや基準面設定の障害となり，所定の寸法精度や真直度，円筒度などの形状精度が得にくくなる．

⑷　組み立て時における不具合の発生

組み立て工程において部品同士のはめ合いを邪魔したり，合わせ面に不都合を生じたりする．さらに，適切なバリ取り・エッジ仕上げが施されていない場合に組み立てに際して支障をきたす．とくに，自動組み立て工程においてはパーツフィーダによる整列ミスなどのトラブルを生じやすくなる．

3.　加工時におけるバリ生成の抑制技術

製品設計の後，部品展開して部品個々の生産設計が行われるのが常である．生産設計は製品性能の実現を念頭に入れて生産性を向上させるための設計であり，品質，価格，納期を考慮しつつ部品設計の最適化を図らなければならない．部品にトラブルがなければバリ取りの必要もないが，一般的にはバリ取り・エッジ仕上げを行うのが常識である．設計図面上に“バリなきこと”や“面取りのこと”などを指示することは，バリに対して無関心であるよりは許せるものの認識不足もはなはだしい．

機械加工においてバリの生成を抑制するには，図４に示すような加工原則を考慮しながら，つぎのような基本的対策が必要となる．

⑴　加工単位（切込み量，送り量）の減少
⑵　工具切れ刃形状（刃先丸味半径の減少，すくい角の増大）の考慮および低摩擦係数コーティング膜の採用
⑶　総形工具の採用
⑷　振動切削の採用
⑸　工作物端部におけるエッジ角の鈍角化
⑹　当て板などによる共削りの採用
⑺　高潤滑性切削油剤や高圧クーラントの採用

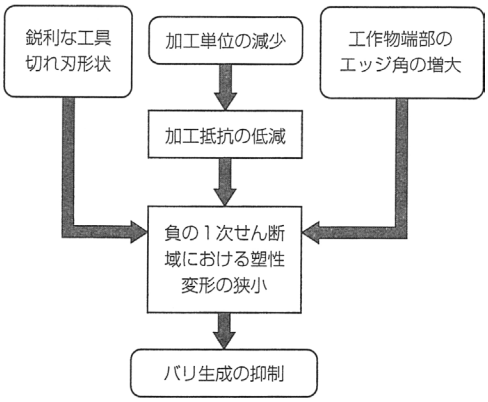


図４　バリ生成抑制の加工原則

これらのバリ生成の抑制対策を十分に講じることにより，バリ取り・エッジ仕上げが容易な形状や大きさのバリを生成させた後に最適なバリ取り・エッジ仕上げ技術を選択すればよいことになる．

4.　バリ取り・エッジ仕上げ技術の実際

さまざまな除去加工によって生成したバリは千差万別であるが，⑴部品の材質，⑵部品の形状・大きさ，⑶部品の生産量，⑷バリの形状・大きさ，⑸バリの生成位置，⑹設計上のエッジ品質，⑺加工コスト，⑻設備コスト，⑼加工能率などの要因を考慮に入れてバリ取り・エッジ仕上げ技術を選択しなければならない．

現在，生産現場で利用されているバリ取り・エッジ仕上げ技術を加工原理でまとめると図５のようになる．これらの技術にはバリ取りだけしかできない破壊法，バリ取りを行いながら同時にエッジ仕上げ

を行う削除法や溶融（燃焼）法に分類されるが，エッジ仕上げが可能なバリ取り技術はエッジ以外の表面をも同時に加工して二次的影響を及ぼすため，十分な注意を要する．同図に示した種々の技術の中で，フルードパワー機器部品の要求にかなうものとしてとくに部品内部に生成したバリの除去，エッジ仕上げあるいは洗浄作用が可能な技術であり，つぎの方法が挙げられる．

⑴　液体ホーニング加工法
⑵　砥粒流動加工法
⑶　化学的除去加工法
⑷　電解加工法
⑸　ウォータージェット（アイスブラスト）加工法
⑹　超音波振動加工法

これらの中で，いくつかの技術を紹介する．

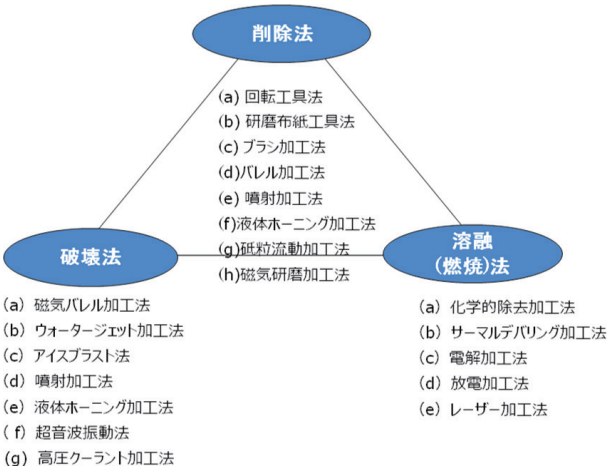


図５　加工原理で分類したバリ取り・エッジ仕上げ技術

4.1　液体ホーニング加工法

液体ホーニング加工は，図６に示すように微粒噴射材と水または加工液（主として0.1％程度の防錆剤を含む水）を一様に混合したスラリーを流動工具として高圧ポンプで圧送し，ノズル内で圧縮空気によって加速した噴流を工作物に噴射する加工方式である．この方式は最大360㎞/hrの噴射速度を得ることができ，その速度調整によって部品のバリ生成状態や材質を選ばず，あらゆるバリ取り・エッジ仕上げ加工に対応できるとともに平滑な梨地状の仕上面が得られ,切りくずの洗浄や表面のクリーニングも同時に行うことができる．湿式加工であるためにエアーブラストやショットブラストのような粉塵の発生を防止できるとともに，微粒研磨材の衝突によりミクロな切削作用，クリーニング作用およびピーニング作用などの諸効果が得られ，切削力のない噴射材の衝突により梨地仕上げ作用も得ることができる．

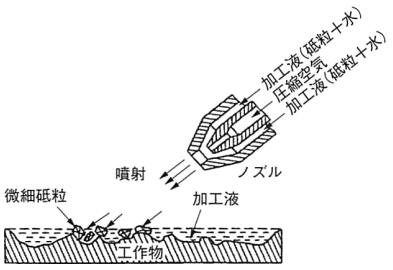


図６　液体ホーニング加工の原理

図７に液体ホーニング加工による自動車部品（アルミニウム合金（ADC）製）のブレーキ制御バルブボディの複雑形状回路のバリ取り・エッジ仕上げ例を示している．

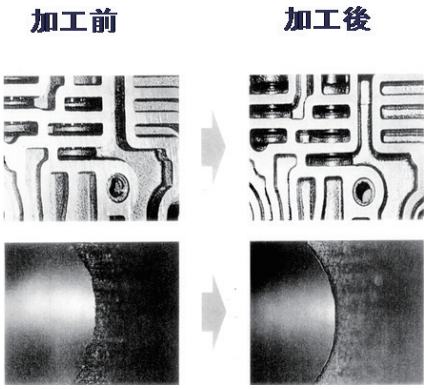


図７　液体ホーニング加工法によるバリ取り・エッジ仕上げ例

4.2　砥粒流動加工法

砥粒流動加工は，ガム状（高粘度）またはオイル状（低粘度）の粘弾性媒体に研磨材を混練した研磨メディアを図８に示すような専用加工機を用いて研磨メディアに圧力を加えて加工部品内部を流動させて交差穴などのバリ取り・エッジ仕上げと部品の内壁・外壁の表面仕上げ加工を行う方法である．

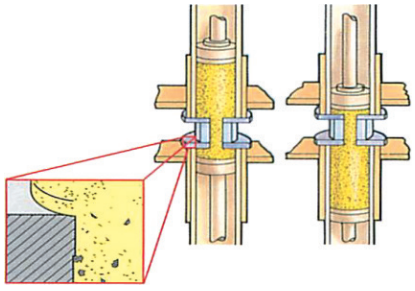


図８　砥粒流動加工法の原理

油圧コントロールブロック内の交差穴部に適用した例を図９に示す．部品内部における穴と穴の交差した個所でのバリ取り・エッジ仕上げは手作業などでは不可能であり，このような部品では切りくずの排除も加工中に十分にできないために穴内壁に圧接・密着し，機器部品として実装した際にそれらが

剥離・脱落して前述したトラブルシュートの原因となる．この加工法によって研磨メディアが部品内部を通過することにより，バリ取り・エッジ仕上げと同時に切りくずをも剥離・排出させることができる．

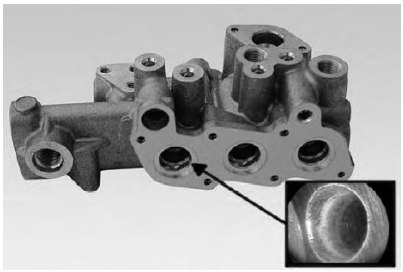


図９　油圧コントロールブロック交差穴への適用

4.3　電解加工法

電解バリ取り加工において，工作物と電極は図10のように対象となるエッジ部周辺を絶縁皮膜でマスキングし，エッジ部以外の表面の溶解を防止してエッジ部に生成したバリだけを溶解・除去する．絶縁皮膜材には樹脂材料が使用され，陰極にはステンレス鋼や銅合金が用いられる．陽極保持部は工作物と同じ（＋）電位となるため，溶解する可能性がある場合にはチタンや白金の金属，溶解の可能性がない場合には銅合金やステンレス鋼が適用される．図11に電解バリ取り加工機の加工槽の外観を示す．

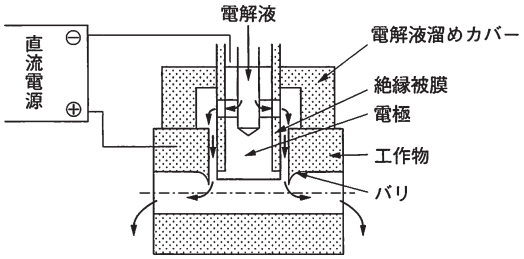


図10　電解加工法によるバリ取り・エッジ仕上げの原理

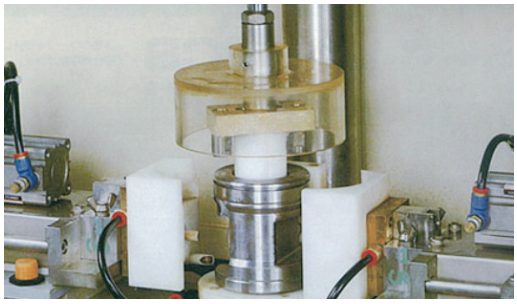


図11　電解バリ取り加工機の加工槽の外観

電解液には，中性塩の硝酸ナトリウム（$NaNO_3$）塩化ナトリウム（NaCl）の20 ～ 40％水溶液を使用する．電解加工を行うと金属の溶解だけでなく，水の電気分解によって陰極からは水素，陽極からは酸素が気泡として多く発生する．硝酸ナトリウムではアンモニア，塩化ナトリウムでは塩素ガスをそれぞれ微量発生するため，電解バリ取り加工機を腐食から守る観点から硝酸ナトリウムが一般に使用される．

4.4　ウォータージェット加工法

ウォータージェット加工は，図12のように加圧した水をノズルから噴射して工作物に衝突させてバリ取り・エッジ仕上げおよび洗浄を行う方法で，特に部品の切削加工で奥深い内部に生成したバリの除去に対して適用される．水の加圧力は10 ～ 100MPaの範囲内で選定され，ノズル口径はφ0.2 ～ 3 ㎜，その材質には超硬合金やダイヤモンドが用いられる．ウォータージェット加工はジェット噴流によって生じる動圧，衝撃力あるいはキャビテーションなどの相乗効果を利用して生成したバリを破壊・除去する方法である．

実際の油空圧製品への適用噴射圧力に対して作用効果と相乗効果をまとめると表１のようになり，バリ取りエッジ仕上げを効率的に行うことができる．自動変速機）用油圧制御部品のバルブボディ（ADC12製）の回路面マイクロバリおよび切りくず除去を30 ～ 50MPaの高圧水で行った事例を図13に示す．

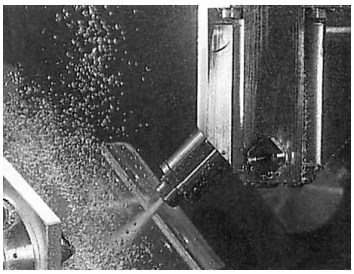
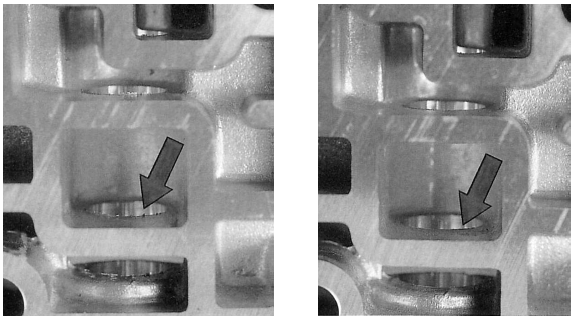


図12　ウォータージェット噴射

表１　ウォータージェットの噴射圧力とその効果

噴射圧力	効　果
3 ～ 15MPa	ゴミや切りくず除去
15 ～ 50MPa	洗浄と微細バリ除去
50 ～ 70MPa	微細バリの完全除去
70MPa以上	硬い材質，強固なバリ除去



(a)　加工前　　(b)　加工後

図13　ウォータージェット加工法のバルブボディへの適用例

5. おわりに

フルードパワー機器コンポーネントに関して，それらの内面および流路管内におけるバリや切りくずの残留コンタミナントは，CO_2排出規制など地球環境負荷の低減を掲げる部品製作工程においてバリ取り・エッジ仕上げ技術や洗浄技術にもっとも留意しなければならない重要なまさに永遠の課題である．

本稿では，そのバリ取り・エッジ仕上げ技術について述べたが，紙数の関係上すべてについて詳説することができなかった．フルードパワーシステムの性能や信頼性向上にお役に立てば幸いである．

参考文献

1）北嶋弘一：バリ取り・エッジ仕上げ大全，日刊工業新聞社，(2014)．

2）安木秀巳：異物による油圧コンポーネントの被害事例，油空圧技術，48，11（2009）7.

（原稿受付：2019年 5 月21日）

解説

油空圧部品の洗浄事例と洗浄技術に関する最新情報

著者紹介

杉田雅幸（すぎた まさゆき）

株式会社パーカーコーポレーション
〒103-8588 東京都中央区日本橋人形町2－22－1
E-mail : kagakuhinhonbu@parkercorp.co.jp

2006年㈱パーカーコーポレーション入社．工業用洗浄剤の技術，開発業務に携わる．対外活動として経済産業省 関東経済産業局の実施する「中小企業等産業公害防止対策調査」において，平成29，30年度の委員を務める．

1. はじめに

油空圧機器は高圧で運用されるため高い気密性が求められ，また一方では微少な隙間を活用するという点において，構造の精密さは勿論，それらを構成する部品の表面清浄度も高いレベルが求められる．使用される部品の製造過程における加工方法は切削，研削が大部分を占める．これらの加工にともない部品表面に付着する汚れは，加工油（水性，油性），加工屑（切粉）であることが多い．それらが組み立ての際に残存していると，組付け不良，完成品のしゅう動部におけるかじり・傷付き，狭窄部での詰り，作動油への混入による潤滑不良や早期劣化，といった種々の不良につながる可能性がある．

製造工程内で行なわれる「洗浄」は，後工程や完成品の運用において阻害因子となり得る，上記のような「汚れ」を除去することが主目的となる．一般的に洗浄は，加工間洗浄（切削→洗浄→切削），仕上げ洗浄（加工→洗浄→組立・出荷），熱処理後洗浄（焼入れ→洗浄→焼戻し）というように，前後の工程により，その洗浄方法や使用される洗浄剤が異なる．これは工程により付着する汚れや，考慮すべき後工程への影響がそれぞれ異なるためである．

本稿では，これらの洗浄工程で多く使用されているアルカリ性水系洗浄剤を論旨とし，洗浄剤の基本構成や，油空圧部品の製造で適用されている洗浄工程の事例，また洗浄業界における近年の技術動向について解説する．

2. 水系洗浄剤

2.1 洗浄剤の種類

金属加工，機械製造加工の分野における洗浄剤として，かつてはトリクロロエチレン（トリクレン）や特定フロンが，その高い洗浄性，乾燥性から多く用いられていたが，トリクレンは発がん性の高さや地下水汚染防止の観点，特定フロンは1989年に発効されたモントリオール議定書による規制というように，溶剤系洗浄剤を取り巻く環境の変化から，非塩素ハロゲン系溶剤，炭化水素系，代替フロンなどの溶剤洗浄剤とともに水系洗浄剤が注目され，各方面で検討されてきた．

現在，水系洗浄剤は取扱いの容易さ，低ランニングコストで運用できるという点で，広く使用されている．

2.2 アルカリ性水系洗浄剤の構成

アルカリ性水系洗浄剤の一般的な構成成分を表1に示す．

表1　アルカリ性水系洗浄剤の構成成分

配合成分		機能	物質例
アルカリビルダー	無機アルカリ 有機アルカリ	ケン化，乳化，分散 一時防錆	水酸化Na，K 珪酸塩，燐酸塩 アルカノールアミン類
界面活性剤	非イオン界面活性剤 陰イオン界面活性剤	乳化，分散 可溶化 起泡，破泡	アルキルエーテル型 硫酸塩型
インヒビター （腐食抑制）	鉄用防錆剤 非鉄用腐食抑制剤	短期防錆 変色防止	脂肪酸アミン塩 硫化物
溶剤	親水性有機溶剤 疎水性有機溶剤	乳化，分散補助 可溶化	アルコール類 グリコールエーテル類
その他添加剤	硬度分封鎖剤 金属エッチング剤	硬度分封鎖 除錆	EDTA グルコン酸ソーダ

成分の大まかな分類として，アルカリビルダー，界面活性剤，インヒビター，溶剤，その他添加剤がある．

アルカリビルダーは，加工油に潤滑成分として含まれる，脂肪酸エステルや油脂・脂肪酸をけん化，中和反応により洗浄するために配合され，無機アルカリビルダーと有機アルカリビルダーに分けられる．無機アルカリビルダーとして，水酸化ナトリウム，カリウムのような水酸化物に加え，珪酸塩，燐酸塩が，

有機アルカリビルダーはアルカノールアミン類が多く使用されている．従来は強い塩基性，分散性を示す無機アルカリビルダーを主成分とする洗浄剤が広く使用されていたが，すすぎ工程のない1段洗浄（ノンリンス）を適用するケースが増えたことや，閉鎖水域におけるリン排出規制などから，有機アルカリビルダーを主体とする構成の洗浄剤が増えている．

界面活性剤は，非イオン界面活性剤，陰イオン界面活性剤が用いられ，それらの持つ親油・親水性，界面張力低下（ぬれ）作用により，洗浄効果を発現する．その洗浄メカニズムはローリングアップ（汚れの巻き上げ），乳化・分散となる．非イオン界面活性剤，陰イオン界面活性剤がよく使用されるが，陰イオン界面活性剤の多くは強い起泡性を示すため，工業用洗浄剤では非イオン界面活性剤を主として使用し，陰イオン界面活性剤は補助的に活用される．

また，界面活性剤の配合目的として可溶化がある．非イオン界面活性剤は，親油性が高い（疎水性である），洗浄液が高pHであるといった場合に，洗浄液中で分離することがある．その場合，親水性の高い非イオン界面活性剤や陰イオン界面活性剤を同時に配合することで，界面活性剤を洗浄液中に留まらせる，つまり可溶化作用をもたらすことができる．

インヒビターは洗浄中，洗浄後から次工程までの作業対象物（ワーク）表面の腐食抑制のために配合される．鉄系素材の場合は，アルカノールアミンや，脂肪酸アミン塩など，吸着皮膜型の防錆成分を使用する．一方で近年は素材の軽量化や高機能化により，アルミニウム系，銅系素材が対象となるケースが増えた．これらの素材は洗浄液のpH，温度条件によっては水素発生をともなうエッチングや変色を引き起こす腐食の懸念があるため，素材表面の保護を目的にそれぞれに適した腐食抑制成分が使用される．

溶剤としてグリコールエーテル類が多く使用される．グリコールエーテルとは，アルキレングリコールにエチレンオキサイドやプロピレンオキサイドがエーテル結合により付加されたものであり，親油性と親水性をあわせ持つ．準水系洗浄剤のように原液もしくはそれに近い濃度で運用される場合は，成分単体での洗浄効果が十分発揮されるが，水系洗浄剤のように低濃度に希釈して使用すると効果は得られない．グリコールエーテルは水系洗浄剤において，界面活性剤の機能の補助や，可溶化作用による洗浄液全体の安定性向上を目的に使用される．

その他の添加剤として，界面活性剤の作用を阻害する硬度分の封鎖，鉄さびや酸化皮膜の除去といった目的で，各錯イオン形成に適したキレート剤を使用する．

3. アルカリ性水系洗浄剤の使用事例

3.1　加工間洗浄

ワークの切削，研削といった機械加工においては，加工接触面の潤滑，加工工具の冷却などを目的として油性もしくは水性の加工油が使用され，加工後のワーク表面には加工油のほか，切粉が残留する．これらの汚れが残留すると，後工程にさらに加工工程がある場合，潤滑不良やワークへの傷付きの原因となるため，加工間に洗浄工程が設けられる．このような洗浄工程は，加工間洗浄，もしくは中間洗浄と呼ばれる．加工間洗浄工程の例を表2に示す．

表2　加工間洗浄工程の例

洗浄段数	—（前工程）	1（洗浄）	2（乾燥）	—（後工程）
方法	加工（切削）	スプレー	ブロー	加工（切削）
温度		50℃	RT	
濃度		3%	—	
時間		10sec	5sec	

加工間洗浄の対象となる加工油は比較的ウェットな状態でワークに付着し洗浄工程に持ち込まれるため，その洗浄難度は比較的低く，また求められる清浄度も低いことが多い．そのため洗浄を短時間で1回通したのち，すぐに乾燥するといった簡易的な工程が多く採用されている．ここでの洗浄方式はスプレーが適用され，その物理力のみで求められる清浄度は一定程度得られる．よって洗浄剤への要求性能は，洗浄性能の優先度は低く，次工程までの短期防錆性や，リンスなしでの洗浄工程（ノンリンス）で要求される低残さ性，運用上阻害となる泡を抑える，低発泡性が挙げられる．

ここで使用される洗浄剤は，アルカリビルダーを主体とし，脂肪酸アミン塩などの添加剤を含有した防錆性重視の構成が適用される．またアルカリビルダーはノンリンスで使用することを考慮し，アルカノールアミンなど，低残さである有機アルカリビルダーを使用する．

対象となる加工油が水溶性の場合は，洗浄が容易である一方，使用にともない洗浄液中に多く混入し，洗浄性の低下や腐敗を引き起こす要因となる．よって洗浄液の管理として，濃度測定・調整を日常的に実施するとともに，定期的な混入油分・腐敗度の測定および洗浄液の更新といった対応が必要となる．

3.2　仕上げ洗浄

ワークの出荷，組立のように，製造の最終工程の直前に行なわれる洗浄は，仕上げ洗浄や最終洗浄と呼ばれる．洗浄不良にともない発生する不具合として，切粉などのきょう雑物が残存することによる

しゅう動部における破損，狭さく部への侵入による動作不良，油分が残ることによる組付けトルク異常，作動油への混入による潤滑不良などが想定される．仕上げ洗浄は，これらのように最終製品において想定される，不具合の要因を除去する目的で実施され，その求められる表面清浄度はほかの洗浄工程より高い．表３に仕上げ洗浄工程の例を示す．

表３　仕上げ洗浄工程の例

洗浄段数	—（前工程）	1（洗浄）	2（リンス）	3（乾燥）	—（後工程）
方法	加工（切削）	スプレー	スプレー	ブロー	組立
温度		40℃	60℃	RT	
濃度		3%	1%	—	
時間		40sec	20sec	60sec	

仕上げ洗浄では，洗浄工程で汚れを十分に除去した後，リンス工程では汚れの混入の少ない洗浄液を流しかけて仕上げるというように，表面に汚れを残さない工夫が必要となる．洗浄剤成分自体も後工程においては汚れとなり得るため，性能に影響を及ぼさない程度の低い濃度で運用される．また温度について，例ではリンス工程の温度が洗浄温度より高く設定されている．これは，ワーク表面温度を高めることで乾燥性を向上することを目的としており，乾燥を常温ブローでなく，熱風ブローとすることでさらなる向上が期待できる．

求められる表面清浄度がきわめて高い場合，さらに洗浄段数を増やした工程も採用されている．一例として，エアコンや冷蔵庫に搭載されるコンプレッサー部品について，汚れの残留は冷凍機サイクルにおけるキャピラリ−チューブの閉塞，冷凍機油の酸化にともなう潤滑不良といった，完成品の故障に直結する不具合を引き起こす恐れがあるため，洗浄後ワーク清浄度規格要件は厳しく設定されている．コンプレッサー部品の組立前洗浄では，例として洗浄が３段，リンスが４段，最終リンス温度を70℃に設定してワーク表面温度を上げて乾燥性を向上させた上で，乾燥を熱風ブローで20分行い水分を十分に除去するという洗浄工程が組まれている．使用される洗浄剤も，洗浄後ワーク表面に残留することを考慮し，シールドチューブテストに代表される冷凍機油の安定性確認試験に洗浄剤因子を混入して影響のないことを確認し，運用上問題のないものを選定する．油圧機器においても，新規洗浄剤を導入する際は作動油との相溶性確認が実施されており，洗浄剤と混合した時のスカムの発生がないこと，酸価が上昇しないこと，といった確認項目が設けられている．

ここまで前工程が切削，研削工程の洗浄について述べたが，その他の加工，特にプレス加工後の洗浄工程は，その加工油のワークへの付着状態がまったく異なるため，洗浄の考え方が異なる．表４にプレス後洗浄工程の例を示す．

表４　プレス後洗浄工程の例

洗浄段数	—（前工程）	1（洗浄）	2（リンス）	3（乾燥）	—（後工程）
薬剤	加工（プレス）	無機アルカリタイプ	防錆剤	—	塗装
方法		浸漬	浸漬	ブロー	
温度		60℃	70℃	RT	
濃度		3%	1%	—	
時間		180sec	60sec	15sec	

プレス油はワーク表面に金型との強い摩擦により，潤滑成分がしゅう動部に刷り込まれ，焼付いた状態で付着している．これを除去するには無機アルカリビルダーによるけん化作用，界面活性剤による乳化作用が有効であり，洗浄方法としては，これらの作用を十分発揮できる浸漬洗浄，あるいは，超音波を併用した方法が適用される．このような洗浄剤を使用する場合は無機アルカリビルダーの残さが懸念されるため，洗浄後に防錆剤を使用したリンス工程を置くことが推奨される．また，表４の例のように後工程が塗装の場合は，汚れ残り，洗浄剤・硬度分残さがある場合は塗装不良につながる可能性があるため，リンス工程で用いる防錆剤は低残さ性のものを使用，さらに希釈水には脱イオン水を用い，リンス液の電導度などによる汚染度管理を日常的に実施し，品質を保持する必要がある．

3.3　熱処理前・後洗浄

鉄鋼素材の部品の硬度や強度を高める目的で，表面の熱処理が行われ，油圧機器においては，アクチュエーターに作動油を供給するためのギヤポンプの歯車部などに適用される．熱処理は素材をある雰囲気下で加熱後に冷却（焼入れ）することで実施され，その冷却剤として，焼入れ用に調製された油剤（熱処理油）が多く利用されている．熱処理前・後洗浄は，他工程で適用される洗浄工程と留意すべき点が異なるため，工業用洗浄の中でも独立した一分野として考える必要がある．

熱処理前洗浄で対象となる汚れは，前述の洗浄工程と同様，加工油，切粉が主となる．熱処理の際，表面に異物が残留していると，残留部位に局所的な処理不良が発生するため，高い清浄度が求められる．また，無機アルカリビルダーの残さのあるワークが熱処理炉に導入されると，炉の破損につながるため，洗浄剤は無機化合物を含まない，有機化合物主体で構成されたものを使用する．

熱処理後洗浄では，焼入れ工程で使用される熱処理油が洗浄対象であり，その付着量は他の加工後の

ものなどと比較してきわめて多い．洗浄液に混入してくる油の量もその分多いため，乳化性の高い洗浄剤は短期間で十分な洗浄性が得られなくなる．よって，洗浄剤には高い油水分離性が求められる．ただし，洗浄剤の脱脂性と油水分離性は相反する（脱脂性が高い＝乳化性が高い）性能のため，洗浄剤選定の際は，このバランスについて，実使用に沿った検討を行なう．また洗浄後には焼戻し（テンパー）処理が行われる．この処理は200℃前後での処理となるため，有機防錆成分として使用される脂肪酸塩などは，焦げ染みを起こし外観不良とされることがあり，また熱処理前洗浄と同様，無機アルカリビルダーは炉の損傷に寄与する可能性がある．よって，洗浄剤に求める性能は，適度な脱脂性，低残さ性，高い油水分離性であり，成分構成は有機アルカリビルダー主体とし，界面活性剤を極力含まないものとなる．洗浄工程は少なくとも２槽を洗浄用とリンス用に分け，リンス槽は洗浄槽作業液の持ち込みを極力抑えつつ，また濃度は防錆性に必要な最低限に設定することで，焼戻し後の焦げ染みなく，発錆のない仕上がりとすることができる．

4. 洗浄剤の技術動向

現在，市場に出ている工業用洗浄剤はリンス工程を必要としない，ノンリンス型の洗浄剤が主流となっている．以前は無機アルカリビルダー，高乳化性を有する界面活性剤を配合した洗浄剤で脱脂し，水溶性防錆剤でリンスするといった工程が組まれていた．しかし，ワークとともに洗浄作業液がリンス槽に持ち込まれ，無機分が蓄積することでワーク表面に析出するといった不具合が発生するため，リンス液は無機分蓄積の管理のために常時給排水や短期での液更新が必要となっていた．ノンリンス型洗浄剤は低残さ性の有機物主体で構成されており，その性能も洗浄剤の脱脂性と防錆剤の機能を兼ね備えたものとなっている．そのため，旧来の洗浄・防錆と分けていた洗浄剤を１つの薬剤で統一でき，かつリンス槽に持ち込まれる洗浄剤作業液はリンス液と同じ組成であるため，リンス液の管理が簡便となり，液更新の周期を延長することが可能となる．また液更新の際も，洗浄槽の作業液のみ排液し，比較的清浄なリンス槽の作業液は洗浄槽に移槽し再利用するという，前段送りによる液更新ができるため，給排水量低減が可能となっている．このように，ノンリンス型の特長である給排水量低減は，水質汚濁防止の観点から有効とされ，採用事例が増えている．

近年ではノンリンスに加え，常温で使用できる洗浄剤のニーズが増大している．これは，2011年の東日本大震災にともなう電力危機の影響で，各製造業において節電対策が喫緊の課題となり，洗浄槽のヒートレス化の要望が増えたことによる[1)]．現在に至っても電力削減によるCO_2排出量低減やヒーティングコスト低減を目的とした常温型洗浄剤の導入検討が行われている．洗浄業界においても，日本産業洗浄協議会の選定する「産業洗浄優秀新製品賞」に，常温型洗浄剤は過去３製品が受賞し，注目される分野となっている．

常温型洗浄剤の設計にあたり，大きな技術的課題は洗浄性となる．洗浄温度は対象となる油剤の軟硬化と洗浄速度に寄与する．特に洗浄速度について，加温をしている洗浄工程において，決定された洗浄時間で最低限の清浄度を得ている場合は，常温化した場合はその洗浄性を満足しない．常温型洗浄剤は，このような洗浄工程において十分な洗浄性を得るために，洗浄速度向上のための工夫がなされている．たとえば，通常，界面活性剤成分が対象の油分を洗浄するプロセスにおいて，界面活性剤の疎水基が油分に吸着し，ローリングアップによる引き剥がし効果が起こり，洗浄液中に徐々に分散し，洗浄される．常温型洗浄剤では新たな界面活性剤の採用，また特定の成分を添加することで，油分を細分化しつつ分散するというように，洗浄プロセスを短縮し，洗浄速度を向上するといった手法が試みられている[2)]．一方で，常温化に伴いワーク表面温度は低下するため，乾燥性は低下する．常温洗浄工程を導入する場合は，ブローノズルの噴き付け方向やエア圧，乾燥時間といった乾燥方法の再検討を同時に実施することを推奨する．

5. おわりに

本稿において，アルカリ性水系洗浄剤を論旨として，洗浄剤の構成成分，油空圧機器の部品洗浄で適用される洗浄事例，洗浄剤の技術動向に関する解説を行なった．

油空圧機器の製造技術や品質評価技術の向上に付随し，洗浄剤，洗浄工程もその機能を向上する必要があると考えている．本稿が新しい洗浄工程の導入における参考のひとつとなることを願う．

参考文献

1）関東経済産業局：製造業の生産現場における環境負荷低減に向けた取組と技術動向に関する調査報告書，p. 20（2018）

2）杉田雅幸：自動車用部品洗浄の最新情報，表面技術，Vol. 69，No. 9，p. 26-30（2018）

（原稿受付：2019年６月20日）

解説

HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドの開発

著者紹介

井関利幸（いせきとしゆき）
コマツ生産本部生産技術開発センタ
〒573-1011 大阪府枚方市上野３－１－１
E-mail : toshiyuki_iseki@global.komatsu

2003年横浜国立大学大学院工学府博士前期課程修了．2003年コマツ入社，現在に至る．主に油圧部品，エンジン部品のしゅう動や耐摩耗材料に関する要素技術の研究に従事．

1. はじめに

近年，建設・鉱山機械において，特に塩害による腐食環境下で稼働している現場をターゲットとして，油圧シリンダにおけるシリンダロッドの腐食に起因する油もれを抑制することで，マシンのダウンタイム低減を図ることが求められている．

前記油もれの原因となり，かつ油圧シリンダの寿命を決定する重要部品の一つであるシリンダロッドしゅう動部の耐食性の向上を目指し，HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドを開発した．

2. 塩害地域の稼動現場

過酷な腐食環境下で稼動している現場の一例としてオーストラリアがある（図１）．この現場は土砂中に多量の塩化物イオンを含み，湖水と混ざって金属を腐食させる．

実際にオーストラリアで稼動したシリンダロッドしゅう動部の発錆が図２である．通常，10,000時間以上の稼動でも腐食しないしゅう動部が，わずか1,000時間で発錆し，油もれに至るケースがある．これにより，ユーザのマシンを休車せざるを得ず，生産性が悪化してしまう．

図１　塩害地域で稼働するダンプトラック

図２　シリンダロッド発錆

3. HVOF溶射法の特長

HVOF溶射（図３）とはジェットエンジンの理論を用いた高速フレーム（High Velocity Oxygen Fuel）溶射であり，金属またはセラミックを含む混合粉末を溶射流に投入，飛行させ，基材に衝突して積層することで皮膜となる．HVOF溶射の一般的な特長は他の溶射法と比較して，①低温のため材料を変質させない，②超音速による高密度な皮膜が形成可能である（図４）．

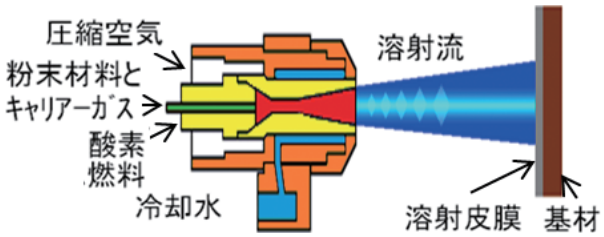


図３　HVOF溶射原理図

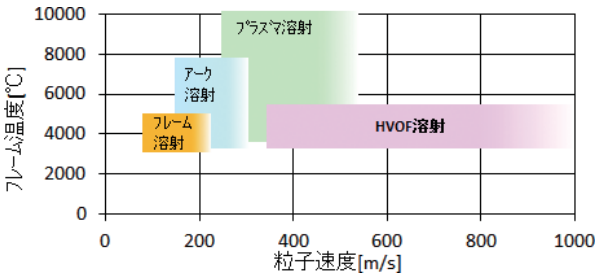


図４　溶射法の比較

本開発に用いた溶射粉末は炭化物と金属（バインダー）からなり，適正な成分，配合比，粒径，粒度分布を有する材料を選定した（図５）．あわせて，最適な溶射条件（酸素量，燃料量，溶射距離，粉末供給量，速度など）を制御し，皮膜を高密度化することに成功した．その一例となるHVOF溶射皮膜の断面組織を図６に示す．

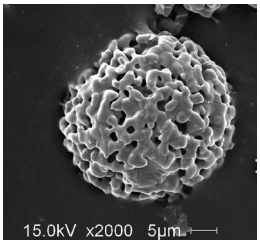


図５　溶射粉末

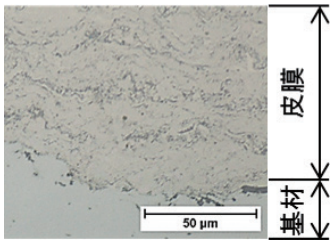


図６　HVOF溶射皮膜の断面組織

4. HVOF溶射皮膜の特性

本項では，一般的な硬質Crメッキと比較しながら，HVOF溶射皮膜の基本特性を評価した結果について述べる．

4.1　耐 食 性

耐食性評価方法は，JISZ2371の中で特にpHの厳しいキャス試験を採用した．試験後の評価は，規格に準じ，腐食面積率を表現したレイティングナンバーにより発錆までの時間を相対的に比較評価した．

図７に試験結果を示したが，硬質Crメッキ材は48H，HVOF溶射コーティング材は96Hでいずれも発錆が認められた．上記からHVOF溶射コーティング材の耐食性は約２倍になると言え，塩害地域向けには期待できる結果となった．

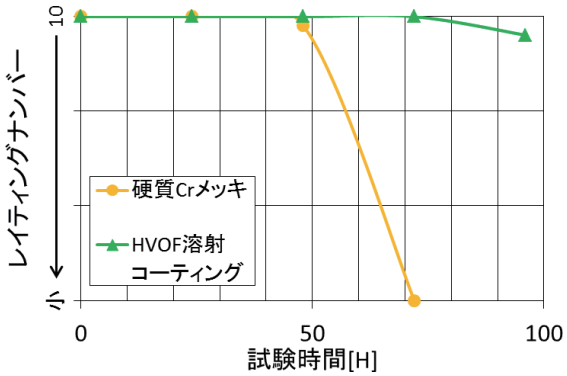


図７　腐食試験結果

4.2　耐摩耗性

シリンダロッドとシールの接触部に土砂が混入することを模してしゅう動試験を実施した．試験条件は表１，図８，図９のとおりであるが，先端R曲面に硬質CrメッキもしくはHVOF溶射コーティングしたサンプルとNBRプレートを組み合わせた試験である．

表１　試験条件

荷重	10kgf
速度	0.5m/s
ストローク	60㎜
油温	室温
ケイ砂粒径	10㎛
試験時間	12H

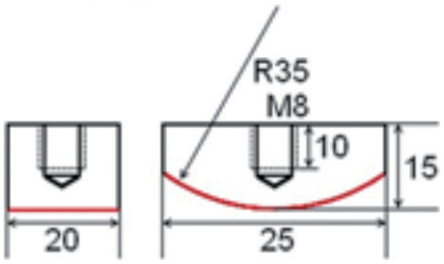


図８　試験片形状

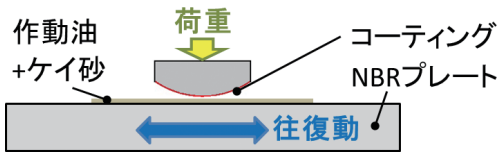


図９　試験方法

図10に試験結果を示したが，土砂が混入する過酷な環境でもHVOF溶射コーティング材は硬質Crメッキ材の1.4倍と優れた耐摩耗性を有している．

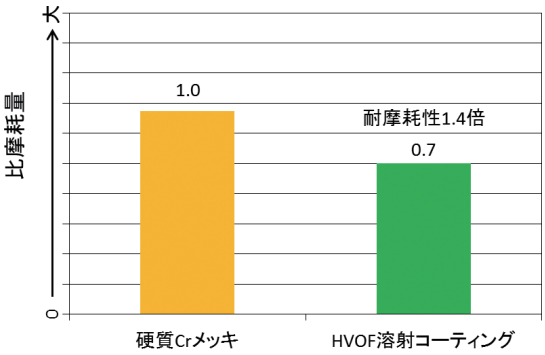


図10　摩耗試験結果

4.3　耐衝撃性

油圧シリンダは車両の稼働中に砂塵や石が飛来して，シリンダロッドしゅう動部にしばしば当たるため，コーティング材の耐衝撃性も要求される．そこで，溶射皮膜の耐衝撃性を落重試験で検証した．

試験方法は鋼球を45度傾けた試験片に落下させ，コーティングの亀裂または凹みの発生有無により，その限界高さを相対的に評価した（図11）．図12に試験結果を示したが，HVOF溶射コーティング材の限界高さは，硬質Crメッキ材の９倍以上を有する．

5. 実 機 試 験

5.1　シール類への攻撃性試験

油圧シリンダロッドがシール材を過剰にアタックしないことが必要である．試験方法の模式図を次頁の図13に示した．油圧シリンダのストローク軸を床面に平行に固定し，所定のストローク，速度，試験時間にてしゅう動させて評価した．

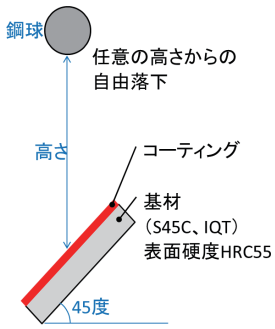


図11　落重試験方法

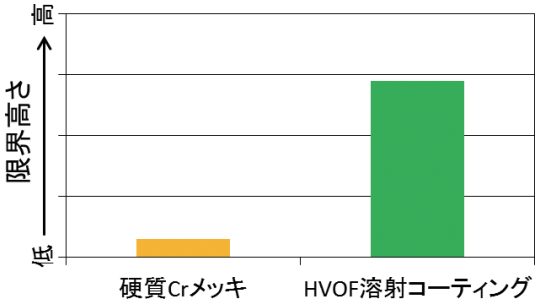


図12　落重試験結果

HVOF溶射コーティング材がシールを攻撃しないよう研削加工で所定の面粗さに表面を仕上げたシリンダロッドを本評価に供試した．図14に試験結果を示したが，シールの締め代は維持できていることがわかる．また，しゅう動中の不具合や試験後の異常な寸法変化・変色なども見受けられなかった．

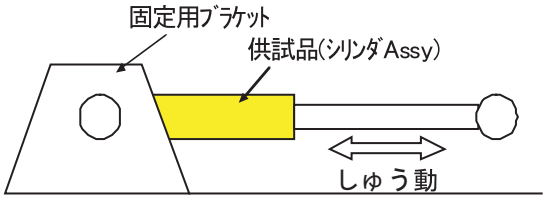


図13　シール攻撃性試験方法

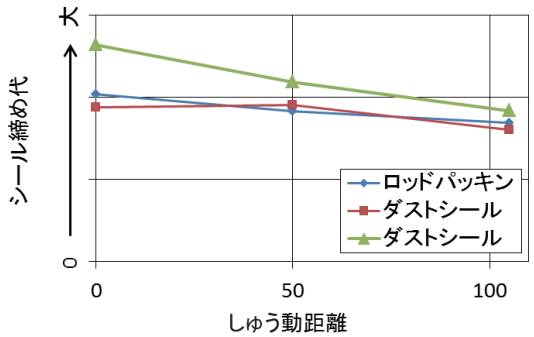


図14　シール締め代推移

5.2　稼働現場における実車試験

HVOF溶射シリンダロッドを大型ダンプトラックのステアリングシリンダに車載し，塩害地域でその耐久性を評価した．評価は３台分の車両（１台につき各２本の合計６本）に搭載した．オーストラリアにおけるその車載状況を図15に示したが，写真下側は塩を多量に含んだ砂塵であり，非常に過酷な現場とわかる．

図15　HVOF溶射シリンダロッド車載状況

油もれに至るまでの稼働時間を寿命と定義し，前記稼働現場で車載評価した結果を図16に示す．便宜上，硬質Crメッキ材が油もれに至る稼働時間を１（比較基準）とした場合，バラツキはあるもののHVOF溶射コーティング材の寿命比はいずれも６倍以上であり，優れた耐食性を有する結果が得られた．

現在，オーストラリアを主とした塩害地域で使用されるユーザ向けに本HVOF溶射シリンダロッドが活用されている．

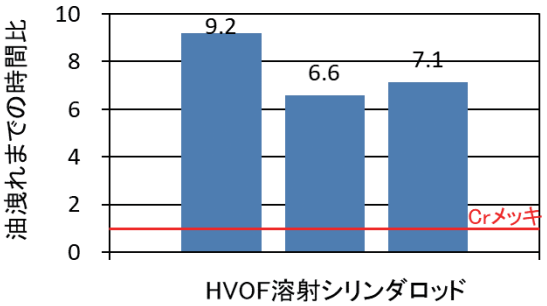


図16　HVOF溶射シリンダロッド寿命比

参考文献
1）井関利幸，天野昌春，高武志：HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドの開発，Komatsu Technical Report，Vol. 62，No. 169，p. 17–20（2016）

（原稿受付：2019年６月３日）

解説

電解加工と精密電解加工の特徴と加工事例

著者紹介

松尾敏幸（まつおとしゆき）

APCエアロスペシャルティ株式会社
岐阜工場　生産事業部
〒509-0145 岐阜県各務原市鵜沼朝日町4－26
E-mail : t-matsuo@apc-aero.co.jp

1985年　APCエアロスペシャルティ株式会社（旧名　航空規格工業株式会社）に入社，電解加工機および電解加工機用治具の設計，製作，開発に従事．所属学会　電気加工学会

1. はじめに

電解加工は，金属を電気化学的に溶解させることを，生産加工に応用した加工技術である．

その加工特性から，航空機部品や自動車部品などの部品製作に用いられているが，国内においては海外に比べてその知名度は低く，また他の電気加工方法と混同されがちである．

本稿では，電解加工と精密電解加工の基本原理と特徴および実際の加工事例を紹介する．

2. 電解加工の概要と基礎原理

電気化学反応は，電解研磨，電気メッキ，放電加工などの加工方法に用いられているが，電解加工は，酸化還元反応を利用した電気化学的溶解作用にて所要の形状に金属材料を加工する技術である．

電解液中に陽極と陰極を非接触にて，加工間隙を保持するよう対置し，両極間に電圧を印加することで，陽極側の被加工物表面の原子から電子を引き出し，原子イオンとして電解液中に溶出させる．

この電解反応により，陰極工具の形状に従い，被加工物材料が溶出，加工されていく．

また，陰極側では工具表面から水素ガスが発生する．

実際の電解加工は図1に示すように，工具電極内部から電解液を吹き出し，加工電圧を印加しながら，工作物に工具電極を送り込み，加工面全体で所要する形状に加工してゆく．

加工電流は工具電極と工作物との間の全面に流れるが，電流密度は極間距離が短いほど高くなるため，

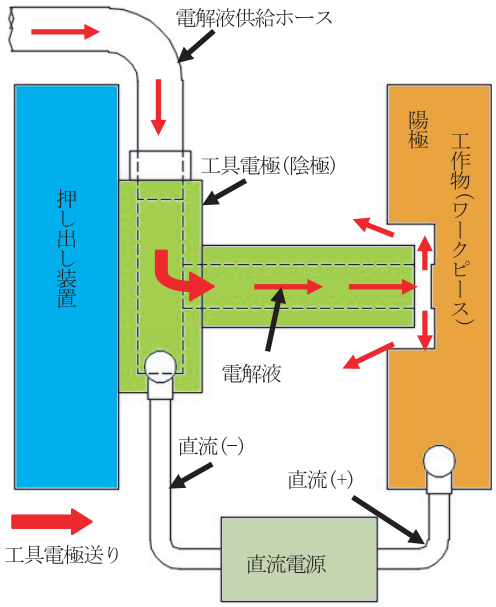


図1　電解加工の概略図

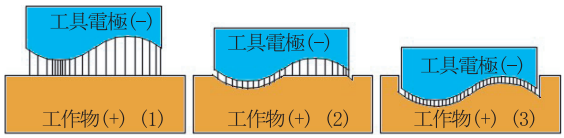


図2　電解加工における形状加工の模式図[1)]

その部分の加工量は他の箇所よりも大きくなる[1)]．加工の様子を図2の模式図に示す．

加工の進行にともない工具電極を工作物に送り込めば，電流密度は最後には加工面全面で均一になる傾向があり，工具電極の形状が工作物に反転転写される[1)]．このように工具電極形状を工作物に反転転写することで所要する形状にする加工方法であるが，工作物の最終的な形状は工具電極の形状を完全に転写するものではなく，加工条件などに左右されるため，トライアンドエラーによる加工条件出しと工具電極の作り込みが必要となる[2)]．

このような電解加工の主な特徴を表1に示す．

硬い金属を加工する方法として放電加工が広く知られているが，加工原理は根本的に異なっており，また基本原理は同じである電解研磨とよく混同され

表１　電解加工の特徴[1)]

長所	短所
・金属材料の機械特性に関係無く加工出来るので，難削材の加工に適している	・加工間隙が大きいため，精度が悪い
・陰極（工具電極）は原理的に消耗しない	・加工状態，極間距離の検出と制御が難しい
・加工速度が速い	・電解生成物に毒性を持つ場合がある
・加工変質層を生じない	・周辺機械の耐食性対策が必要
・加工物に熱応力や機械応力がかからない，バリが出ない	・電極の作り込みが必要

表２　電解加工，電解研磨および放電加工の違い[1)]

	電解加工	電解研磨	放電加工
加工方法	電気化学的加工（電気分解） 電気化学反応による陽極材料の溶出	電気化学的加工（電気分解） 電気化学反応による陽極材料の溶出	熱的加工 スパークの熱による材料の溶融・蒸発
加工液	導電性のある電解液 NaCl，$NaNO_3$などの水溶液	導電性のある電解液 硫酸，リン酸，クロム酸など	絶縁性の液体又は気体 油，脱イオン水，空気
加工電源	直流・パルス	直流・パルス	パルス
加工範囲	電解液と接触している範囲に加工電流が流れて陽極材料の溶出が生じる 加工エネルギーが分散	電解液と接触している範囲に加工電流が流れて陽極材料の溶出が生じる 加工エネルギーが分散	絶縁破壊は１か所で放電電流が集中して流れる 加工エネルギーが集中
電極の消耗	基本的に消耗することがない	基本的に消耗することがない	消耗する

るため，その違いを表２にまとめる．

精密電解加工は，電解加工の短所である加工精度の向上を目的とし，従来の電解加工では加工が難しい，1/100㎜～1/1000㎜単位（素材による）での加工と加工表面の光沢仕上げを可能にする技術である．

固定された電極を振動させて，振動に合わせてパルス電源からの電圧印加のタイミングをリンクさせる．

ワークを下から近づけて電極の加工間隙を少なくし，電極の形状を1/100㎜単位で転写するように加工する技術である．精密電解加工の概略を図３に示す．

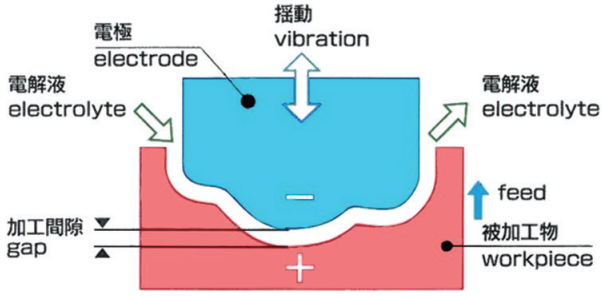
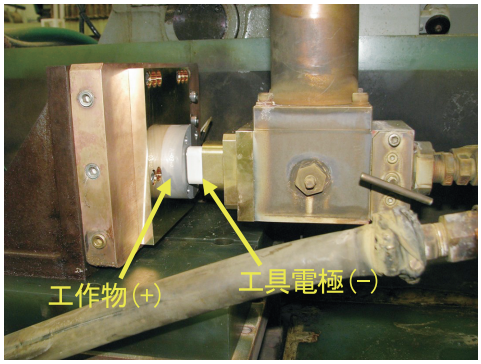


図３　精密電解加工の概略図

3. 電解加工と精密電解加工の加工事例

図４は実際に電解加工機にて加工された工作物の加工の様子と事例である．



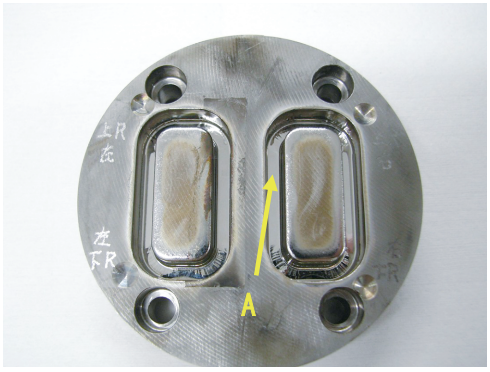


図４　電解加工の様子と加工事例

工作物の材質は硬度HRC45前後のCo-Cr-Mo合金で加工部のデータは以下のとおりである．

加工時間：５分52秒　　加工深さ：7.18㎜
表面粗さ：Ra0.07　　加工質量：20.98g
加工体積：2.49㎤　　（写真A部）

このように短時間で硬い材料を加工することが可能である．

実際の製品製作としては，先にも述べたように航空機部品の製作に使われており，三次元的な形状の加工に用いられている．加工された製品を図５に示す．

図５　航空部品の電解加工事例
（三次元形状部品の内側外側加工）

また電解加工の技術を応用し，機械加工で生じたバリを取り除く事も可能である．

精密電解加工による加工は，図６で示すように従来の電解加工に比べて，微細な加工が可能である．

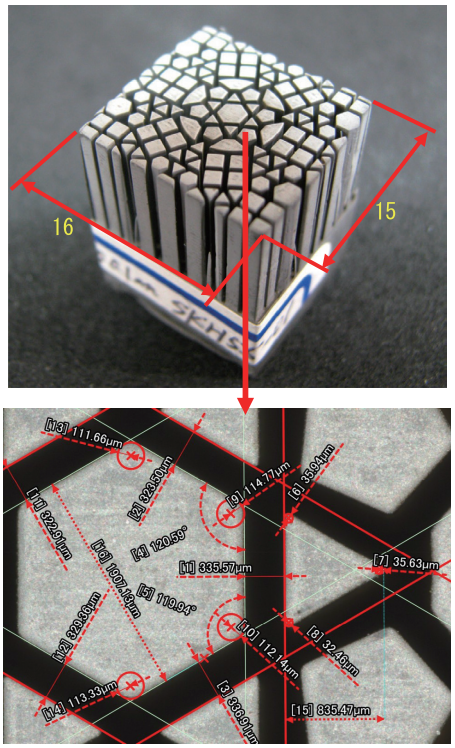


図６　精密電解加工の微細加工事例

工作物の材質は16㎜×15㎜×20㎜のSKH55で硬度はHRC64以上であり，加工部のデータは以下のとおりである．

加工時間：４時間６分50秒

加工深さ：約10㎜　　加工質量：10.58g

加工体積：1.3㎤

非常に硬いハイス鋼であるが，加工安定性に問題が残るものの，このような微細加工が可能である．

加工面に光沢を施す加工としては図７のように，材質SUS304の表面への光沢加工をすることが可能

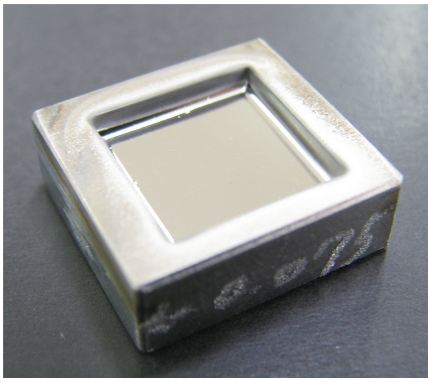


図７　光沢加工事例（SUS304）

であり，また面仕上げを施す加工としては図８のように，材質SUS316Lの三次元的形状にRa0.05～Ra0.11の仕上げ加工を施すことができる．

加工時間は１分28秒である．

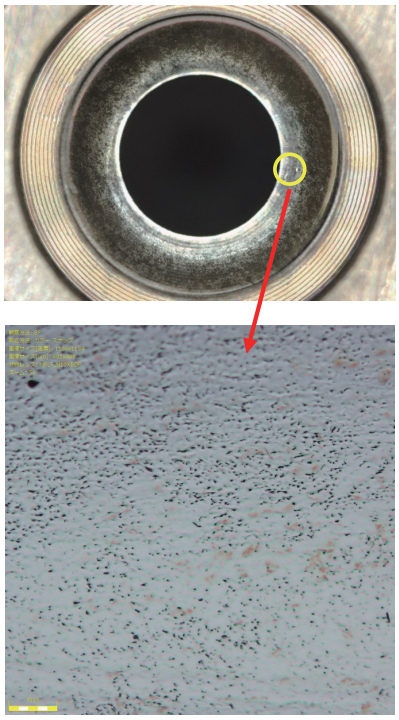


図８　面仕上げ加工事例（SUS316L）

4. おわりに

電解加工はその優れた加工特性を持ちながら，加工精度の悪さ，加工制御の難しさ，加工物の材質によっては電解生成物に毒性を持つことなどから，生産加工においては敬遠されがちな加工方法ではあるが，近年では欧州を中心に精密電解加工の研究や生産加工が盛んに行われている．

日本国内のおいても各大学などでの研究が進んでおり，弊社でも現在は微細加工をはじめとしてほかの分野でもその有用性が実証できるよう，新たな工具電極の開発や各種金属材料に適したさまざまな加工条件の最適化に取り組んでいる．

しかしながら国内の生産現場において，その知名度は低いままであり，本稿にてこのような加工方法があることを知っていただければ幸いである．

参考文献

1）東京農工大学大学院教授　夏　亘先生，『電解加工の基礎理論と実際』精密工学会誌，Vol. 81，No. 4，p. 317–322（2015）

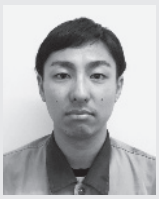
2）佐藤敏一著，電解加工と科学加工　朝倉書店（1970）．

（原稿受付：2019年５月23日）

解説

高圧ホースおよびホースアセンブリの製造技術

著者紹介



西村　建太朗（にしむら　けんたろう）
横浜ゴム㈱
〒254-8601 神奈川県平塚市追分２番１号
E-mail：kentaro.nishimura@y-yokohama.com

2015年 横浜ゴム㈱入社,2016年 同社茨城工場配属, 2017年 同社ホース配管技術部配属,現在に至る. ホースアセンブリの開発に従事.

1. はじめに

油圧配管に求められる特性としては，「流体の移送」，または「圧力の伝達」である．この油圧配管の中でも，本稿で述べるホースアセンブリは，「柔軟性」を有することから，パイプ配管では不可能な振動・移動・回転などをともなう場所での配管が容易である．従い，工場などの一般油圧配管はもとより，建機の駆動部など幅広く使用されている．このホースアセンブリは，図１のとおり「ホース本体」に「金具」を装着し，「加締め」を行うことで，初めて油圧配管として使用できる．本稿では，この「ホース本体」，「金具」，「加締め」に関する一般的な製造技術について説明する．

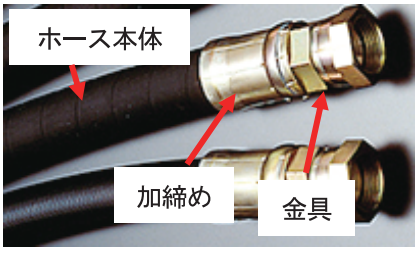
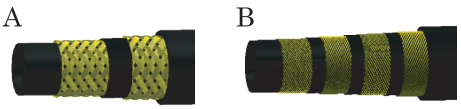


図１　油圧ホースの外観

2. ホース本体

2.1　高圧ホースの構造

高圧ホースの一般的な構造として，図２のとおり２種に大別される．これらの構造は図３のとおり使用圧力とホース内径により使い分けされている．



A：ブレード構造　B：スパイラル構造

図２　高圧ホースの補強層構造

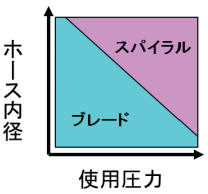


図３　高圧ホースの補強層構造の使い分け

2.2　ホース本体の製造方法

ホース本体は，「内面層押出し」→「編組」→「外面層押出し」→「被覆」→「加硫」→「被覆材のはく離・芯体抜き」の順で製造される．次項から，各工程について説明する．

⑴　内面層押出し

鉄や樹脂製の芯体の上に，押出機を通してゴムを被覆することで内面層を成形する．

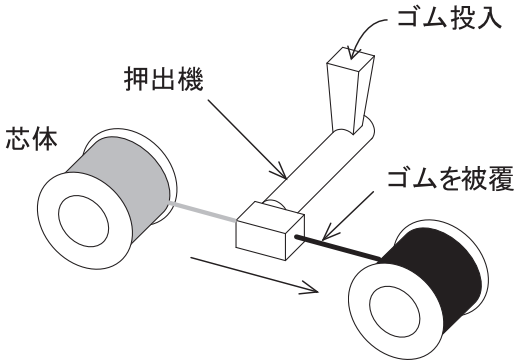
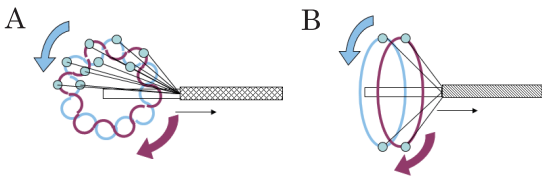


図４　内面層押出しの概要

⑵　編組

補強材（スチールワイヤー or 繊維）を巻き取ったボビンを専用機器に取り付け，ボビンを回転させて編組（編みこみ）することで内面層の上に補強層を成形する．この編組方法は2.1項で述べた補強層

構造により異なり，ブレード構造の場合は図５A，スパイラル構造の場合は図５Bのようにボビンが回転することで各構造を成形する．多層構造の場合，層間にゴムを挿入することもある．



A：ブレード構造　B：スパイラル構造

図5　高圧ホースの補強層構造

⑶　外面層押出し

この工程は内面層押出しと同じ方法を実施している．補強層の上にゴムを被覆することで外面層を成形する．

⑷　被覆

外面層押出しまで完了したホースは，ホース同士の接着を防止する目的で外面を被覆する．高圧ホースの製造では，下記２種類の方法を実施している．

・樹脂被覆

内面・外面層押出しと同じように，押出機によってホース外面に樹脂を被覆する．この方法で被覆することで，加硫後のホース表面はスムースになる．

・布被覆（ラッピング）

図６の通り，ホース表面に一定の間隔で布をスパイラル状に巻きつける．この方法で被覆することで，ホース表面は布目が転写された状態になる．

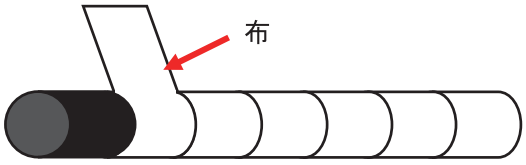


図６　布被覆（ラッピング）

⑸　加硫

被覆されたホースを加硫缶に投入し，高温水蒸気や高温空気で一定時間加温する．ゴムの種類により温度・加温時間が異なる．

⑹　被覆材のはく離・芯体抜き

加硫後，被覆材をはがす．その後，圧力をかける，または機械の力で芯体を引き抜くことで，ホース本体が完成する．

3. 金　　具

3.1 概　　要

金具は，種々の相手機器とホースとを結合させ，流体を漏らさず輸送するための継手である．図７に示す通り，①種々の相手機器と接続し，ねじやメタルシールなどにより流体を漏らさず輸送する役割を持つ口金，②ホース内部に挿入されることで金具とホースを一体化する役割を持つ芯管，③芯管を挿入したホースの外側に被せることでホースが離脱しないよう外側から押さえる役割を持つ外筒の３つの部分から構成される．

各部の形状は，組み合わせるホースや相手機器との接続方法によってさまざまであり，金属を切削・成形・接合することで形成される．

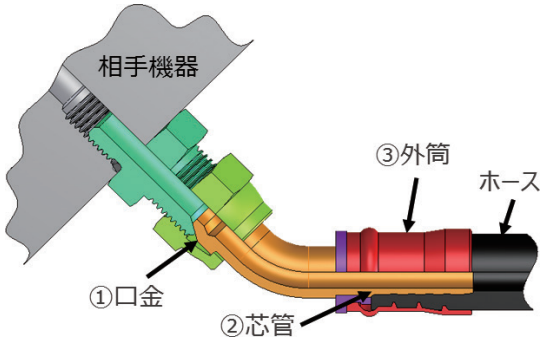


図７　金具の構成

3.2 口金部の種類

口金部の形状は，相手機器との接続方法と，それに応じた流体の密封方法（シール方法）で決定される．ここでは，代表的な口金について簡単に紹介する．

⑴　管用テーパーおねじ継手（図８）

接続は相手機器のめねじ部にテーパーおねじをねじ込んで行い，シールはシールテープを巻きつけて行う．取付けは易しいが，繰返しの着脱には不向きであり，振動によってゆるみが生じることもある．工作機械や油圧工具類などに使用される．

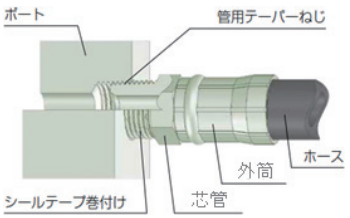


図８　管用テーパーおねじ継手

⑵　メタルシール継手（図９）

特定の角度を有する２つの金属面の接触によってシールする．相手機器との接続はねじによって行い，管用平行ねじやUNFねじ，メートルねじを使い分ける．取り付け・取り外しが容易であるが，強く締付けすぎると金属面が割れたり，歪んだりすることが

ある．建設機械や工作機械などの油圧機器全般に使用される．

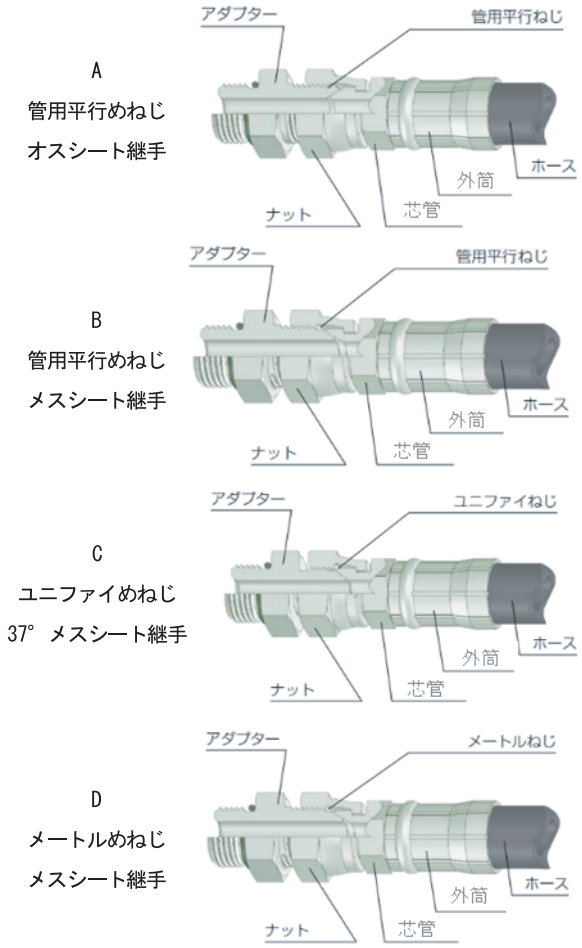


図9　メタルシール継手

⑶　フランジ継手（図10）

シール材にOリングやガスケットを使用し，フランジを利用して接続する．シールが確実で安全性が高いが，先にあげたねじ継手やメタルシール継手に比べて配管スペースが大きい．主に製鉄所や建設機械などに使用される．

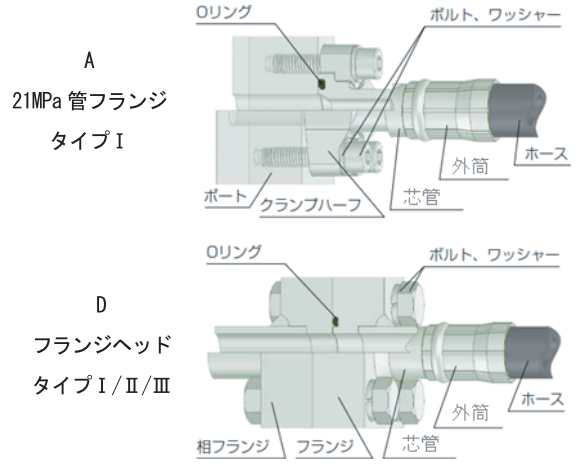


図10　フランジヘッド継手

4. 加　締　め

上記のホース本体と金具を結合するために，「加締め」を行う必要がある．この役割は，「ホースの抜け防止」および「結合部からの流体の漏れ防止」である．本項では，高圧ホースの一般的な加締め方法と締め部の種類を述べる．

4.1　加締め方法

加締めは，「ホース切断」→「外面層除去（スカイブ）」→「金具挿入」→「加締め」の順で実施される．次項から各工程について説明する．

⑴　外面層除去（スカイブ）

規定の長さに切断されたホースの外面層を，マーキングした外面層除去長さまで切除し，補強層を露出させる（図11）．品種によっては，外面層を除去しない仕様（ノンスカイブ）も存在する．

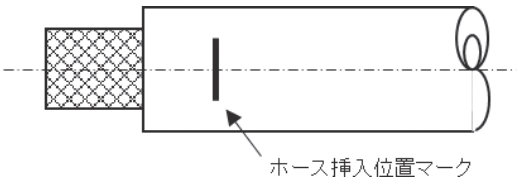


図11　外面層除去

⑵　金具挿入

図11に示したホース位置マーキングまで金具を挿入する．挿入は手挿入が一般的であるが，ホースや金具芯管部構造により，手挿入が困難な場合は，専用機器により挿入することもある．

⑶　加締め

加締めは，一般的に「八方締め」で実施される．この方法では，専用機器に金属の爪を取りつけ，8方向から金具を押し当て，塑性変形させることでホース本体を締め込む（図12）．

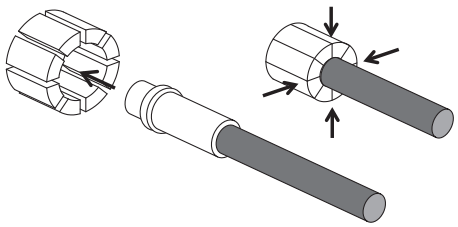


図12　八方締め

加締め部形状（上記塑性変形後の金具の形状）の代表例をつぎに示す．

・フラット締め（図13）

図13　フラット締め

外筒内側にホース本体への食い込み部（図13の□部）がある金具に対して，平らな爪を押し当てて成形する．

・ウェーブ締め（図14）

外筒がパイプ状になっている金具に対して，突起部（図14の□部）がついている爪を押し当てることで成形する．

図14　ウェーブ締め

また，塑性変形を伴わない加締めもある．一例を下記に示す．

・ねじ込み方式（図15）

ホースを差込んだ外筒に金具をねじ込み，ホース端部を押し広げて加締める．

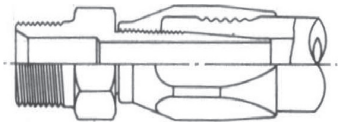


図15　ねじ込み方式加締め

・クランプ方式（図16）

金具をホースに挿入し，ホース外周を外筒で挟み込み，ボルト締めして加締める．

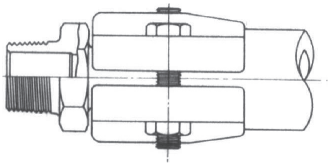


図16　クランプ方式加締め

5. おわりに

本稿では，高圧ホースアセンブリの製造に必要な「ホース本体」，「金具」，「加締め」について述べた．これが油圧配管として使用されるときには完成品の状態なので，どのように製造されているかは知らない読者が多いと思われる．本稿は，そのような方々の知識の蓄えになることを期待している．

（原稿受付：2019年 7 月16日）

解説

リリーフバルブ組立作業自動化技術の開発

著者紹介

瀧口真樹（たきぐちまさき）
KYB株式会社技術本部生産技術研究所第二研究室
〒509-0206 岐阜県可児市土田60
E-mail : takiguchi-mas@kyb.co.jp

2008年KYB株式会社に入社，主に自動化技術の研究に従事．

1. はじめに

建設機械には油圧シリンダや油圧モータなどのアクチュエータが取り付けられており，これらのアクチュエータをコントロールバルブ（図１）で制御している．このコントロールバルブには各アクチュエータを保護する目的で油の圧力とその流量を制限するオーバーロードリリーフバルブ（以下RV，図１）が組み込まれている．RVは金属部品とシール部品（Oリングとバックアップリング（以下BUリング））にて構成され，複数のしゅう動部を有し，部品点数も多い．このRVの組立は手作業で行っており，自動組立技術を開発・実用化することで，作業者への負担を軽減することができ，さらに生産性や組付品質の向上が期待できる．本稿では，RV組立作業の自動化技術を開発したので解説する．

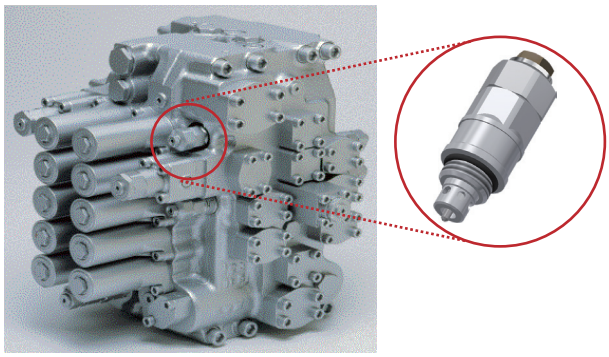


図１　対象製品外観図

2. リリーフバルブの概要

図２に作動原理図を示す．高圧ポート圧が上昇してプラグ内部のパイロットスプリングより大きな力に達すると，パイロットポペットが開き，タンクポートに流れる．流れによりメインポペット前後に圧力差が生じてメインポペットが開き，高圧ポート油をタンクポートに流すことで圧力と流量を低下させ，アクチュエータへの過負荷を防止する．

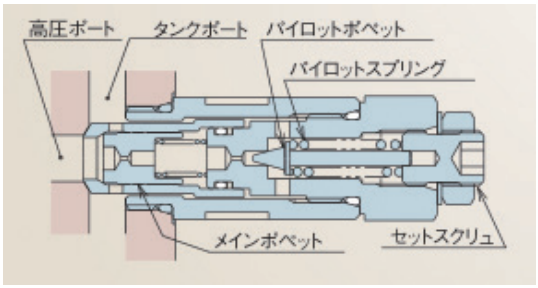


図２　作動原理図

3. 組立作業の概要

これまでRVの組立は手作業で行ってきた．構成する部品点数が多いこと，部品間のクリアランスが小さい組付がある，変形しやすいシール部品の組付があるなど人手による作業の特徴であるカンコツや器用さを利用するためである．また，その組付部品はどれも製品機能に大きな影響を及ぼすため，視覚や触覚など人の五感に頼りながらの組立作業となる．

4. 開発した設備の概要

図３に今回製作した量産設備外観を示す．設備は作業員が部品を設備に供給するための部品屋台，金属部品にシール部品を組付するためのシール部品自動組立機，金属部品を組付・締付するためのRV自動組立機から構成される．各自動機には天吊りタイプの４軸多関節ロボットが配置されており，本設備はこのロボットと各種装置を融合させた構成としている．

設備の主な特徴は以下の通りである．

①設備前面と背面に大型扉を配置することによるメンテナンス性の確保と視認性の向上
②スペースの有効活用と省スペース化のために制御盤を設備下部に設置
③本設備への部品供給を担当する作業員の作業性向上を狙い，設備作業員と反対の設備背面側に部品の供給か所を集約

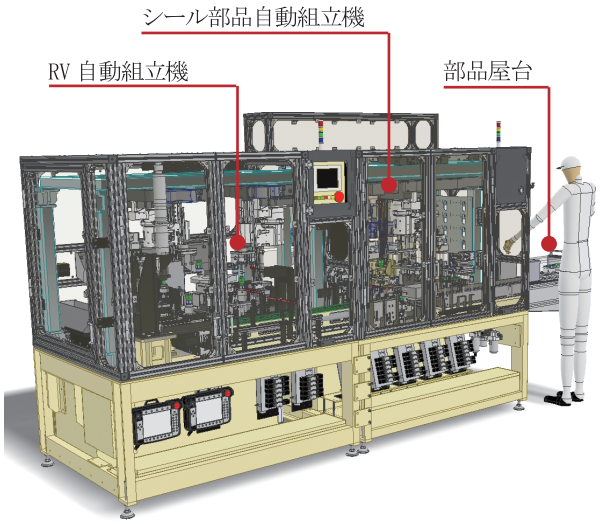


図３　量産設備外観図

5. 開発技術の概要

5.1　組付工法の開発

組付作業を自動化するにあたり，作業者の作業内容を分析した．その結果，両手を巧みに利用できる特性を活かし，部品の姿勢変更を繰返しながら作業を進めていることがわかった．人手による作業では部品の姿勢変更は容易であるが，それを機械に置き換えようとした場合，専用の機構が必要となり，設備が複雑化してしまう．

しかし，シール部品と金属部品で組付を層別することにより，それぞれ一方向からの組付が可能となることが判明した（図４）．そこで今回は，部品の姿勢変更を排除するために，シール部品組付とその部品を含めた金属部品組付の２つに分別した設備による組付方策を採用した．これにより，設備構成がシンプルになり，かつ，マシンサイクルタイムの中で組付作業に利用できる時間の割合を増やすことができるなどのメリットが生まれた．

5.2　狭クリアランス部品の自動組付

今回の組付作業自動化には，繰返し動作が得意，かつ，繰返し位置決め精度が高いロボットを利用している．しかし，図５に示すメインポペットとピストンやシール部品の挿入か所などしゅう動部に関わるクリアランスは，ロボットの繰返し位置決め精度

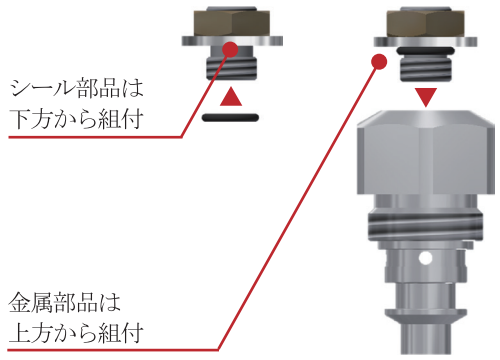


図４　部品別組付方向の違い

より小さく，単純な位置制御だけでは安定した組付が困難であることが予想される．一般的には，画像処理装置や力センサを利用するなど位置や力を監視・補正する方法が考えられるが，そのためには検出機器を設置するなどの処置が必要となる．

そこで今回は，設備構成を極力シンプルにするために，ロボットのソフトウェアに工夫を凝らし，組付動作時の速度最適化とコンプライアンス制御を組合せることで狭クリアランス組付を実現した．また，組付時のロボット各軸の電流負荷率を監視することにより，組付時に発生する部品同士のかじり検出を行い，組付不良品の流出防止を図っている．

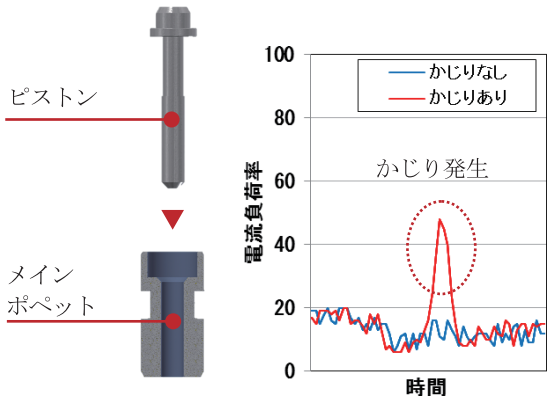


図５　狭クリアランス組付時の電流負荷率推移

5.3　シール部品の自動組付

シール部品を対象とした自動組付技術について説明する．自動化に際し，考慮しなければならない事項は以下のとおりである．

①柔軟性があるため変形しやすい
（BUリングはバイアスカット式を採用）
②装着部分が一体溝形状になっているため，組付時にはシール部品内径を拡大する必要がある
③OリングとBUリングを重ねて組付するか所が数か所ある

既存ラインで利用されているシール部品組付の補助用ジグを参考に，上記事項に対応するガイドジグ

を考案した（図６）．その特徴を以下に示す．

①ストレート部外径寸法をシール部品内径寸法より大きくし，シール部品の緊迫力を利用した把持が可能

②部品装着部にむけてテーパ形状にすることで，シール部品を拡大

③部品装着部に被組付部品をかん合（挿入）状態から組付することで，シール部品組付部以外には触れることなくシール部品組付が可能となり，部品，シール共に傷付きを防止

④複数個のシール部品を保持することで，OリングとBUリングを同時組付

図６のガイドジグを利用したシール部品組付方法を図７に示す．ガイドジグに対象となるシール部品を挿入し，シール部品押上げ用爪がガイドジグ形状に倣いながらシール部品を押し上げることで，シール部品が狙いの組付位置へ組付けられる．

また，シール部品組付後の弾性変形による外径寸法変化量を管理するため以下の処置を施し，品質安定化を図った．

①温調機による設備内温度管理

②シール部品組付後にBUリングの外径を矯正

③電流負荷率によるかじり保証（5.2参照）

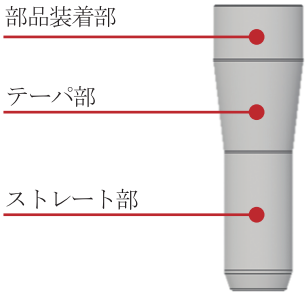


図６　ガイドジグ

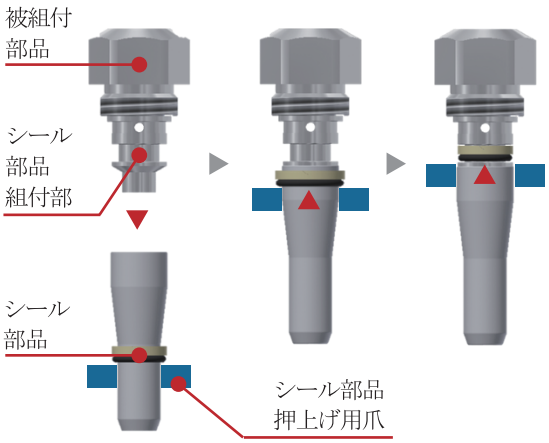


図７　シール部品組付方法

5.4　キャップ締付時の変形対策

キャップはコントロールバルブへの搭載性と他内蔵部品の収容性を両立すべく肉厚に関する寸法が制限されるが，そのキャップにプラグを締付する際，ねじれ変形により締付トルクが低下しないよう固定する必要がある．

そこで今回は，以下の特徴を有するクランプ機能を考案し，締付装置の機能や構成を削ぐことなく，キャップ全周を固定できるようになり，結果として安定した締付を実現した（図８，９）．

①ナットランナの上下動作と連動したくさび方式のクランプ

②４軸多関節ロボットのチャックにて装置投入時にキャップ６角位相を保証

③キャップ６角部全周をクランプして締結時の周り止めと変形を抑制

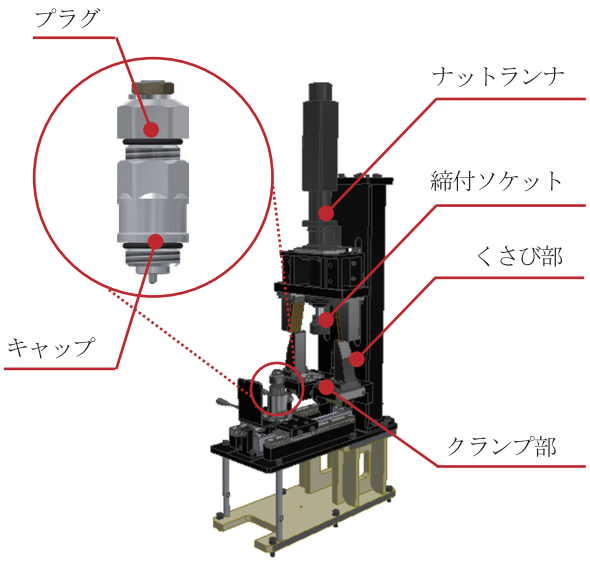


図８　締付装置外観図

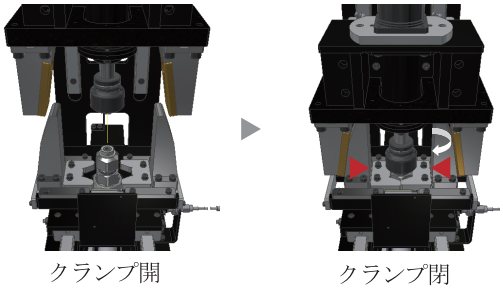


図９　クランプ開閉

6. おわりに

最後に，今回の開発・導入に至るまでに多大なご支援をいただきました社内関係者各位にこの場をお借りして深く感謝の意を表します．

（原稿受付：2019年６月５日）

会議報告

ICMDT2019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（たけむら）　研治郎（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．東京工業大学助手・助教，慶應義塾大学理工学部専任講師，准教授を経て2019年より教授，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

The 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology（ICMDT2019） が2019年４月24 ～ 27日に鹿児島にて開催された．本国際会議は，隔年で日本機械学会（JSME）と韓国機械学会（KSME）が共同開催する国際会議であり，本年は東京農工大学の安藤泰久先生を大会委員長として開催された．会期中は，４件の基調講演に加えて，約300件の口頭発表およびポスター発表が行われた．本稿では，これらの発表のうち，基調講演ならびにフルードパワーに関連する研究発表を中心に研究動向を紹介する．

2. 基調講演

４月25日および26日の午前中に合計４件の基調講演が行われた．

４月25日には名古屋大学の梅原徳次先生が「In-situ Observation of Friction Surface with Reflectance Spectroscopy」[1] と題して講演された．機械要素において重要な摩擦表面の*in situ*観察という課題に対する最新の研究成果が紹介された．フルードパワーシステムに限らず多くの機械システムで頻繁に生じる摩擦問題に関して，反射分光法を用いたその場観察の方法と事例が紹介された．続いて，Gwangju Institute of Science & TechnologyのProf. Sun-Kyu Leeから「Highly Efficient Machining of Digital Image on the Mold Surface using an Electromagnetically Suspended Air Spindle」[2] と題した講演が行われた．近年，光学やトライボロジー，伝熱，感性感覚などの分野で注目を集めているマイクロパターニングに密接に関連する微細加工技術の最新の研究動向が紹介された．特に，最新のスピンドルを用いた微細な機械加工によって生成されるマイクロパターンが紹介され，フルードパワーシステムにも関連する空気軸受の有用性が説明された．

４月26日にはYonsei UniversityのProf. Soo-Hong Leeによる「How Fast a World Changes!」[3] と題した講演が行われた．特定分野の最新の研究動向の紹介ではなく，我々が利用し得る研究環境，つまり，コンピュータ，マイコン，機械学習などが，いかに急速に発展し，周辺研究が進展しているかを多くの事例や動画を交えて講演された．こうした研究環境のパラダイムシフトを認識し，いかに自身の研究に取り入れていくかを考えるきっかけになったと感じた．また，Xiborg Inc.のCEOでソニーコンピュータサイエンス研究所に所属する遠藤謙氏からは「Extreme Human Centered Engineering」[4] と題した講演があった．遠藤氏自身が手がける電動義足やアスリート用義足の研究や社会実装の経験を中心に，ヒトを中心に据えたもの作りの重要性が伝えられた．社会実装を目指す上での製品開発の戦略など，工学者が最終的に目指すべき方向性を考えさせられる講演であった．

3. 一般講演

本国際会議の一般講演は口頭発表およびポスター発表で行われた．口頭発表は５室のパラレルセッションで行われたため，すべての講演を網羅することはできなかったが，筆者が参加したセッションを中心にフルードパワーシステムに関連する研究動向を以下に紹介する．

フルードパワーシステムに関連する研究発表は主にActuator Systemsと題したセッション（合計３セッション，発表17件）の中で行われた．日韓の機械学会が共同開催した本国際会議では，両国からの発表が多数を占めたが，フルードパワーシステム

に関する口頭発表は日本の研究グループが大勢を占めていたのが特徴的であった．筆者の主観であるが，関連する研究発表を以下の３つのカテゴリーに分けて紹介する．

3.1　要素技術

Matsushitaらは形状記憶ポリマー（Shape Memory Polymer, SMP）を用いたマッキベン型人工筋の製造プロセスについて発表した[5]．一般的なマッキベン型人工筋とは異なり，形状記憶ポリマーの繊維を利用する人工筋の提案であり，空気圧駆動アクチェータの新たな方法論として期待できる．

Yamamotoらは圧電振動子を利用した油圧システムのための小型三方弁に関する研究成果を紹介した[6]．バルブに配置した圧電振動子の振動によって孔を塞ぐ小球を駆動する三方弁を構成した．これによって小型なバルブを実現している．

3.2　自律フルードパワーシステム

Tamanoiらは流体慣性を利用したマイクロポンプを実装した管内移動ロボットを開発した[7]．流体慣性を利用することにより，小型でパワー密度の高いポンプを実現でき，管内移動ロボットのようなマイクロ機械システムの駆動に有効である．

3.3　人間親和システム

Takedaらは車椅子からの転落を防止する空気圧駆動のアシスト装具について発表した[8]．ヒトと直接接触するようなアシスト装具では柔軟な空気圧アクチュエータが有効であり，近年注目を集めるソフトロボットの適用対象として今後の発展が期待される．

Matsuiらは手首や指の硬直を是正するために空気圧駆動のリハビリテーション装置を開発した[9]．空気圧駆動の柔軟性を生かしたリハビリテーション装置であり，特に，単一の装置で手首および指の屈伸動作のリハビリが行えることが特徴である．

Takemotoらは小型マッキベン型人工筋を用いた小児用義手を開発した[10]．小型のマッキベン型人工筋を利用することで小型軽量に義手を実現することができる．

4. おわりに

フルードパワーシステムは油圧，空気圧，水圧，機能性流体などを利用した機械システムである．本稿で取り上げた口頭発表での一般講演を見ると，空気圧システムに関する研究が半数以上を占めていることがわかる．これは，近年注目を集めているソフロボティクスと空気圧システムの親和性の高さによるところが大きいと考えられる．特に，3.3節に紹介したように，ヒトと関わる機械システムにおいては，空気圧駆動システムへの期待が高まっていると感じられた．

参考文献

1）Umehara, Noritsugu: In-situ Observation of Friction Surface with Reflectance Spectroscopy, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, PL-1 (2019)
2）Lee, Sun-Kyu, Kim, JongHyun, Kim, Minsu: Highly Efficient Machining of Digital Image on the Mold Surface using an Electromagnetically Suspended Air Spindle, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, PL-2 (2019)
3）Lee, Soo-Hong: How Fast a World Changes!, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, PL-3 (2019)
4）Endo, Ken: Extreme Human Centered Engineering, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, PL-4 (2019)
5）Matsushita, Koya, Wakimoto, Shuichi, Yahara, Shigeyoshi, Kanda, Takefumi: Fabrication Process of a McKibben Artificial Muscle with SMP fibers by a Braider Machine, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-1-1 (2019)
6）Yamamoto, Hikaru, Kanda, Kakefumi, Wakimoto, Shuichi, Hashimoto, Kou, Takami, Haruto, Seno, Norihisa, Suzumori, Koichi, Ukida, Takehiro, Nabae, Hiyoruki: Evaluation of a Small Three-way Valve driven by a Single Piezoelectric Vibrator for Hydraulic Actuator System, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-1-2 (2019)
7）Tamanoi, Yuki, Horai, Ryota, Eom, Sang In, Kim, Joon-wan: A Study on an In-Pipe Mobile Micromachine habing a Fluid Inertia Micropump, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-1-3 (2019)
8）Takeda, Makoto, Ishida, Kan, Wakimoto, Shuichi, Ueda, Takeji, Kanda, Takefumi: Development of Mobile Pneumatic Assist Wear System for Preventing Fall Accidents from Wheel Chairs, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-1-5 (2019)
9）Matsui, Yasuko, Hosomi, Daiki, Takaiwa, Masahiro: Development of Pneumatic Finger-Wrist Extension Rehabilitation Device, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-1-6 (2019)
10）Takemoto, Nobuo, Taniguchi Hironari, Wakimoto, Shuichi, Asano, Kouyou, Morinaga, Kousuke, Kanda, Takefumi: Development of an Externally Powered Prosthetic Hand for Children using Miniature McKibben Soft Actuators, Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-D-2-2 (2019)

（原稿受付：2019年６月５日）

トピックス

学生さんへ，先輩が語る
―油圧機器の開発業務を通じて―

著者紹介

黒田（くろだ）　裕一朗（ゆういちろう）

川崎重工業株式会社
〒651-2239 兵庫県神戸市西区櫨谷町松本234
E-mail : kuroda_yuichiro@khi.co.jp

2009年鳥取大学大学院応用数理工学専攻修士課程修了，同年川崎重工株式会社に入社，現在に至る．主に油圧モータの開発に従事．

1. はじめに

1.1　自己紹介

私は兵庫県の高砂市で生まれ，高校卒業まで同じ土地で過ごした．その後は，子供の頃からの飛行機好きがきっかけで流体力学に興味を持ち，鳥取大学・大学院に進学して流体力学を学んだ．卒業後は川崎重工業㈱に入社し，現在は油圧モータの開発業務に従事している．

1.2　企業紹介

川崎重工業㈱は船舶・鉄道車両・航空機・モーターサイクル・ガスタービン・ガスエンジン・産業プラント・油圧機器・ロボットなどの多彩な事業を展開する総合エンジニアリングメーカーである．その中で私は建設機械，産業機械や船舶用に用いられる油圧機械の設計開発から製造を行っている精密機械ビジネスセンターで勤務している．

1.3　職場のおすすめスポット

私は神戸市西区にある西神戸工場にて勤務しており，当工場は東経135°上に位置している．当工場のおすすめスポットとしては東経135°の直下を通る主要幹線道路である．普段は，主要道路として工場内の流通の幹となっているが，昼休みになればランニングをする人々や写真1のように輪投げ大会などのさまざまな催し物の会場となる．

2. 学生時代を振り返って

2.1　学生時代の研究内容紹介

学生時代は，微生物運動の研究と騒音抑制構造の開発を扱う研究室に所属し，そこで物体の表面性状による流体騒音の低減に関する研究を行った．

写真1　輪投げ大会の様子

研究内容について簡単に紹介すると自動車や航空機，鉄道車両などの輸送機では高速化や高性能化が進められている．しかし，高速化を進めることで発生する流体音が増大するため，それを低減することが求められるようになっている．これまでは物体の形状を流線形にすることで流れの剥離を抑制するなどの手法が主流であったが，輸送機の機器仕様などさまざまな制限によっては形状が変更できない場合がある．そこで物体形状ではなく，表面性状の変更によって流体音を抑制する方法を研究した．在学中には，基礎研究として円柱の表面に設置した多層の網によって流体音が低減することを試験および数値解析から確認することができた．

現在の業務は油圧であり，空力騒音の研究内容とは直接つながる内容ではない．しかし，研究を進める上での取り組む姿勢や課題へのアプローチ方法，さらには学会やポスターセッションでの発表などの経験は現在の業務においても充分活きており，学生時代に真摯に研究に取り組むことは今後の社会人生活の基礎として非常に大切であったと感じている．

2.2　学生時代にしておくとよい内容

私が学生の時には働く上で今の知識だけで良いのか，または専攻とは別に学んでおくべきことがあるのかなどの不安を感じていたことから，社会人とな

りこれまでの自身の経験や周囲の意見から，学生時代にしておけばよかったと考えることについて以下に述べる．

まず，社会人になると学生時代の自由時間の多さは改めて貴重な時間であったと感じるようになる．そのため，学生時代には学業はもちろんのことだが，それ以外のサークル活動やアルバイト，海外旅行などさまざまな新しいことを積極的に経験しておくことが非常に大切だと考える．そう考える背景には，業務における課題を解決するのに業務とはまったく関係のない学生時代のアルバイト経験が解決への思わぬ糸口になったことがあるからである．しかし，この話の難しいポイントは将来どのような課題と直面し，その時にどのような経験があればその助けになるのかを今の時点で推測することが不可能な点である．そのため，学生時代の間にさまざまなことにチャレンジし，少しでも多くの種類の経験を積むことが将来何らかの課題に直面した時に必ず活きてくると考える．

また，勉強については入社する企業によって必要になる知識はさまざまだが，数学や力学などの基礎をしっかりと身に付けておくことが重要であると考える．業務に必要な知識は入社後の研修によって学ぶことができるため，その時に土台となる基礎さえしっかりと身についていれば問題ないと考える．その他の機械 4 力学（機械力学・材料力学・熱力学・流体力学）や電気工学などの科目については，専攻科目以外の知識も広く持っていることは大切であるが，それ以上に自身の研究内容と真摯に向き合い専念することでひとつの分野を深掘りし，これなら負けないという自分の武器を作り上げておくことが技術者として働くに当たっては強い支えになると考える．

3. 社会人の仕事紹介とやりがい

3.1　仕事紹介

私は油圧ポンプ・モータの設計・開発部門に所属しており，油圧モータの開発業務を行っている．開発業務の内容としては，最初に基本設計として概略形状の計画を行い，つぎに詳細設計として仕様や強度に問題ないか解析などを用いて検討する．問題ないことを確認した後に試作し，試験によって計画した性能や強度を有しているか評価を行う．すべての評価結果に問題なければ量産に移行するための準備を進める．これら基本設計→詳細設計→試作・評価→量産の各ステップの間には関係部門によるレビューがあり，そのレビューにて承認されることでつぎのステップへ進むことができる．これが基本的な開発業務の流れである．

入社した当時，従来製品から仕様を大幅に向上させた油圧モータ開発の計画があり，私はその開発チームに加わることができた．このモータの開発では，仕様を向上させるために主要部品の形状変更や材料見直しなど何らかの改良が必要であった．そのため，さまざまな改良案を検討し，試作と評価試験を何度も繰り返した．改良案の検討に苦慮している時には先輩から「家に帰って，お風呂に入っていれば良いアイデアが出てくる」と助言をいただいた．この真意としては，良いアイデアは簡単には出てこないため，焦らずにリフレッシュして別の視点から考えることも大切であるということであった．しかし，当時の私は真意がわからずに言葉を鵜呑みにして，お風呂で長湯しながら業務のことを考えていた思い出がある．製品開発時に何らかの改良案を検討する時は，悩み抜いた先にすべての性能を満足するような答えがあるのかわからなくなり精神的につらくなる時もあるが，寝る前に良いアイデアが思い浮かんだ時は早く会社に行って試したくてウズウズするなど，技術者として非常に楽しい仕事だと考える．

また，開発を行う上で製品によってはその製品に使われる部品ごとに開発チームが分かれる場合があるが，担当製品ではすべての開発をひとつのチームで担当することができる．これは大きな労力と強い責任が生じることになるが，その責任感が「少しでも良い製品をつくりたい」，「世界が驚く技術を生み出したい」という想いとなり，これが製品開発の原動力となる．

3.2　自慢できる成果

私の自慢できる成果は，上記で述べたモータの開発が日本フルードパワーシステム学会の2018年度技術開発賞を受賞したことである（写真２）．今回の受賞のように純粋に開発した技術が評価されたことは上記で述べた開発の苦労が報われたように感じ，

写真２　技術開発賞の受賞（筆者：左側）

社会人になってもっとも嬉しい出来事であった．

3.3　入社して変化した考え方

学生時代と大きく変化したことは工数を削減し，生産性を高めるという意識である．工数とはある仕事が完了するまでにかかる時間のことであり，仕事をしている時間は会社のお金が使われている．そのため，試作品評価としてデータ計測を試験作業者に依頼する場合，効率良く評価できる方法や手順を事前に検討しておくことで試験作業者の工数を削減することができる．また，別の例として，５人集めて１時間の打合せを実施する場合，その打合せには自身も含めた６人×１時間分の工数がかかるため，その工数以上のアウトプットを出せるようにする必要がある．これらに共通していることは，短時間でより多くの成果を上げることであり，そのためには事前にどれだけの準備ができているかが非常に大切であると考える．

3.4　職場でのコミュニケーション

入社するまでは設計や開発の業務はPCと向き合いながらひとりで進めていくようなイメージがあったが，実際は真逆であり，さまざまな部門と密に連携を取りながら業務を進めていくため，コミュニケーションは非常に重要となる．たとえば試作品を設計する段階から生産性を考慮するため製造部と協議を重ねたり，試作品の手配を調達部に依頼し，生産性などのフィードバックをもらうために協議したり，さまざまな場面で関連部門と連携を図る必要がある．また，開発も４～５人のチームにて行っているため，各々で仕事を分担しており，チーム内での情報共有や上司に対する報告・連絡・相談が円滑に業務を進める上で非常に重要となる．

このように働く上で技術的な能力と同じ位コミュニケーションは重要となるため，周囲や関連部門の人から信頼を得られ，良好な人間関係を築きあげるといった“自分が仕事を行いやすい環境を作り出せるかどうか”が社会人として大切なスキルになる．特に１年目は周囲から注目されているため，明るく元気よく活発に振る舞い周囲に名前と顔を知ってもらうことでその後の業務の行いやすさに差が出てくる．

また，コミュニケーションの活性化のため，所属している部門では年度末の懇親会や忘年会に加えて春には花見，夏にはBBQ（写真３）などのイベントが開催されており，息抜きの場にもなっている．

写真３　BBQの様子

4. ま　と　め

4.1　今後の抱負

入社当時から開発に携わった製品が量産され，今では広く世界中で使用していただいており，その中のお客様から“性能の高さに驚いた”や“今までよりかなり低騒音だ”などのコメントを聞くことが何よりの喜びである．今後も初心を忘れず，より良い製品づくりに励みたいと考える．

4.2　学生へのメッセージ

大学では流体力学を専攻していたが，油圧や加工技術，図面の見方などは勉強していなかったため，入社当時は周囲との知識の差に焦りを感じた．しかし，入社後の社内研修や先輩社員から指導いただくことで業務に必要な知識を身に付けることができた．このように同じ新人でもどのような勉強をしてきたかで入社後の必要な努力量は変わってくるが，学生の間に土台となる基礎をしっかりと構築できていれば問題ないと考えるので、頑張っていただきたいと考える．

（原稿受付：2019年６月20日）

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

第11回　ベトナムから日本に留学して

著者紹介

ハータムファン
Ha Tham PHAN
横浜国立大学　大学院
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79－5
E-mail : ha-phan-dz@ynu.jp

2010年，ベトナムの建設機械を専門とするNational University of Civil Engineering（NUCE）を卒業．2013年にNUCEで修士課程を修了．2011年からNUCEで建設機械の駆動伝達システムに関する教育研究に参加中．2018年10月から横浜国立大学（YNU）博士課程後期に在籍，現在に至る．日本フルードパワーシステム学会の会員．

1. はじめに

自己紹介：

私はベトナムのハノイで生まれ育ちました．私の趣味はサッカーと歌を歌うことです．National University of Civil Engineering（NUCE）で6年間講師をしたのち，現在は横浜国立大学（Yokohama National University-YNU）で国際的な博士課程の学術支援プログラム（Global Doctoral Program for Academic Career Support-GDACS）の学生としてPhDプログラムを専攻しています．

来日の理由：

日本が私の研究分野である水力発電システムを含む，機械製品の製造において主導的な国だからです．私はベトナムに最適な水力発電システムを導入するために，この分野の高度な知識を学びたいと思っています．また，私は日本の文化や伝統にとても感銘を受けており，この国でたくさんのことを学びたいと思っています．

現在の所属機関とその研究/仕事内容：

現在，私はYNUの大学院理工学府の佐藤研究室に所属しています．私の研究テーマは，建設機械や工作機械などに使用されている電動油圧駆動システムの高効率・高応答化です．対象とする油圧システムは可変容量ポンプをサーボモータで駆動させるシステムです．可変容量ポンプの応答時間を短縮する制御システムの研究と，油圧機械の異なる作業条件に対して常に最高効率で駆動するサーボモータと可変容量ピストンポンプの運転点の組み合わせを研究し，それによって全体の伝達効率を改善することを目指します．写真1は留学後に参加した国際会議での様子です．

2. 日本の印象

2.1　来日直後の第一印象

来日直後の日本の第一印象は？：

私の日本に対する第一印象は，公共の場での新鮮な空気と人々のマナーのよさです．羽田空港に着陸するとすぐに，ベトナムの都市とは違う新鮮な空気を感じました．それに加えて，長い仕事を終えた人々が家に帰るためにバス停や駅のホームで綺麗に列を成してバスや電車を待っているのを見て，日本人のマナー意識の高さを感じました．日本で一週間過ごしたのち，以前インターネットの記事で読んだ「日本人は親切で思いやりがある」ということが本当なのだと実感しました．特に役所では英語だけでなくベトナム語に対応した資料が用意されており，各種手続きを簡単に済ませることができました．

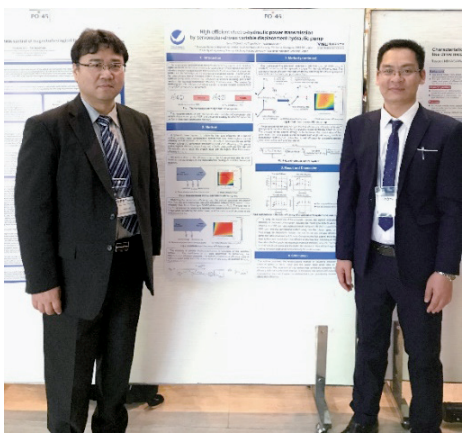


写真1　鹿児島の学会に出席した際に私の先生と一緒に撮った写真

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：

長期的な研究計画を学期のはじめに設定することに驚きました．これにより，研究室に所属するすべての人が他の人のスケジュールに従って作業計画を調整することが可能になります．その結果，全員の作業が効率化され，作業の大部分は期限内または期限前に完了することができます．これは，日本が常に世界のテクノロジーをリードする国のひとつであることの秘訣だと思います．

日本に滞在中に自分が最も変わった点は？：

私の人生における規律と責任に対する考え方が変わりました．タスクには真剣に取り組まなければいけないし，遅刻もすることはできません．また，他人のプライバシーを尊重するとともに他人の助けを借りることを最小限に済ませるように心がけるようになりました．

2.3　生活に関して

日本の生活で困ったことは？：

私は日本に住んでいる間，日本人の学生とコミュニケーションを取れるように，また，日本語で書かれた論文などを読めるように日本語をマスターしたいと思っています．ただ，英語やベトナム語の概念にはない，日本語特有の「漢字」を習得するのが非常に難しいです．ひらがなとカタカナで書かれた文章なら読むことはできますが，それが漢字で書かれてしまうと途端に読解が難しくなります．そこで，私はYNUの漢字を習う授業に参加し，毎日漢字の勉強をしています．なるべく早く漢字を習得することを目指しています．写真２は日本人の研究室の仲間とサッカーをしたときの写真です．

写真２　研究室の仲間とサッカーをしたときの写真

日本の生活でよかったことは？：

日本の子供たちは幼稚園の支援を受けることができます．幼稚園に通う子供は運動と自立の練習をすることができます．私が日本に留学して二週間後に，ベトナムに住む２歳になる息子は服を着たり，靴を履いたりするときに私や妻の助けが必要だったということに気づきました．日本の幼稚園の費用は政府からの財政援助を受けられるため，両親の収入に比べて非常に少ないです．これは，子供を産みたい低所得層の若いカップルにとって非常に重要であり，また，日本に住んでいる途上国の外国人にとっては特に重要です．

最も興味がある日本の文化：

私は日本のコミュニケーション文化にとても関心があります．日本人は相手との関係によっては体を前方に折り曲げる「お辞儀」をします．これは相手に敬意を示すための重要なサインです．また，名刺交換にも関心を持ちました．企業への訪問，または会議のたびに名刺交換の場が設けられ，手書きではなくしっかりと印刷された名刺を丁寧に両手で受け取ります．さらに，話す相手によって使い分ける「敬語」と呼ばれる日本語の複雑なシステムにも興味があります．

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？：

YNUの博士課程を修了した後は，当初の予定どおりベトナムに戻り，引き続き講師としてNUCEで働くつもりです．私は私の同僚と学生からなる研究チームを立ち上げるつもりです．このグループは，ベトナムで広く使用されている建設機械，農業機械だけでなく，産業ロボットなどの機械の駆動伝達システムにおける省エネルギーの分野の研究にも焦点を当てます．また，日本で学んだ研究方法，技術的解決策，そして日本人から学んだ文化的知識を含む私の知識をNUCEの同僚や学生に共有します．また，ベトナムの建設や農業などの分野で効果的に役立つ新しい機械製品を開発するために，ベトナムにある

写真３　横浜のみなとみらいで撮った家族写真

日本企業と協力したいと思います．

日本人へのメッセージ：

現在，日本の企業に勤める若者の多くは仕事に精一杯で結婚は後回しになっています．彼らは時折訪れる人生の困難の際に，その困難を共有できる家族を持っていません．私の場合，困ったときには私の家族（写真３）が一番の励ましの源でした．ですから，私は日本の若者に，幸せをもたらしすべてを分かち合うことのできる幸せな家族を手に入れて欲しいというメッセージを送ります．私は家族があなたの人生において最高なものになると信じています．

（原稿受付：2019年６月４日）

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 （８月10日現在）	906	14	124	130
差引き増減	−2	±0	＋9	−1

正会員の内訳　名誉員15名・シニア員46名・ジュニア員136名・その他正会員708名

〈新入会員〉

正会員

Sun Shuaishuai（東北大学）
前原　美彦
Yang Jian （東北大学）
大島　雅之（SMC株式会社）

学生会員

先崎翔太郎（早稲田大学）
横山　雄大（芝浦工業大学）
泉　　遼介（芝浦工業大学）
篠田　寛信（芝浦工業大学）
陳　　粒（福岡工業大学）
野田　晃平（芝浦工業大学）
渡辺　享聖（芝浦工業大学）
佐々木滉介（芝浦工業大学）
冨田　昇吾（芝浦工業大学）
田中　智博（福岡工業大学）

研究室紹介

岡山大学　システム構成学研究室　（神田・脇元研究室）

著者紹介

脇元（わきもと）　修一（しゅういち）

岡山大学大学院自然科学研究科
〒700-8530 岡山県岡山市中区津島中３－１－１
E-mail : wakimoto@okayama-u.ac.jp

2007年岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了．同大学助教を経て，2011年同大学准教授，現在に至る．空気圧ソフトアクチュエータの開発とその応用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

岡山大学は11学部・８研究科・３研究所からなる総合大学である．メインキャンパスの津島キャンパスと鹿田キャンパスは，どちらも岡山市の中心部にあり利便性が良い．また，瀬戸内海式気候で，「晴れの国」とも呼ばれているほど基本的には岡山県は気候が穏やかである*．このような恵まれた環境の中で約20,000人の学生，留学生，教職員が勉学・教育・研究に取り組んでいる．

工学部は市街地北部に位置する津島キャンパスにある．昭和35年に機械工学科，工業化学科の２学科によって発足して以降，さまざまな変遷を経て，現在は，機械システム系学科，電気通信系学科，情報系学科，化学生命系学科の４学科となっている．本研究室が属する機械システム系学科は１学年に約160名の学生が在籍している．２回生の途中から機械工学コースとシステム工学コースに半数ずつ分かれ，コース別のカリキュラムが行われ，４回生から研究室へ配属となる．

2. 研究室の概要

本研究室は津島キャンパス内の自然科学系総合研究科棟（図１）にある．博士後期課程としては自然科学研究科産業創成工学専攻，博士前期（修士）課程としては自然科学研究科機械システム工学専攻，学部としては工学部機械システム系学科システム工学コースに属する．研究室は2001年に鈴森康一教授（現・東京工業大学教授）の着任とともに学部生７名が配属され発足した．現在（2019年６月），神田岳文教授と筆者の２名の教員，１名の技術補佐員，１名の非常勤教員，33名の学生（１名の博士後期課程学生，19名の博士前期（修士）課程学生，13名の学部学生）が研究室に所属している（図２）．

図１　岡山大学自然科学系総合研究棟

図２　研究室の集合写真

3. 研究テーマの紹介

「アクチュエータを中心とした機能デバイスの開発と，それらを用いたシステム構築」を研究室全体の課題とし，さまざまな原理のアクチュエータとその応用システムに関する研究を行ってきた．現在は空気圧ソフトアクチュエータや圧電アクチュエータに関する研究内容が多い．前者は当然ながら，後者の圧電アクチュエータ関連においても，「フルードパワー」と密接に関わる研究を実施している．

本稿ではフルードパワーに関係する研究テーマとして，①圧電アクチュエータを用いた微粒子励振型

制御弁，②空気圧人工筋を用いたソフトロボットアーム，③大腸内視鏡挿入支援用ソフトアクチュエータの３テーマの概要を紹介させていただく．

3.1　微粒子励振型制御弁

圧電アクチュエータを利用した微粒子励振型制御弁と呼ばれる小型の流体制御弁の研究を行っている．基本原理を図３に示す．本制御弁は複数の小径オリフィスを有するオリフィス板，圧電振動子，微粒子から構成される．流体が制御弁内に供給されると，微粒子が各オリフィスに押し付けられて流体の流れを塞ぎ，制御弁は閉じた状態となる．オリフィス板にたわみ振動が生じるよう圧電振動子に交流電圧を印加する。この振動によってオリフィス板上にある微粒子が励振され，オリフィスから離れ流体が流れる．振動させた際，オリフィス板中央の加速度がもっとも大きく，中央から離れるとともに加速度が低下する．そのため，圧電振動子への印加電圧が低い場合は，中央のオリフィスのみが開となり，電圧を高めていくにつれ開となるオリフィス数が増加していく．このため，印加電圧を可変にすることにより連続的な流量制御が行える．

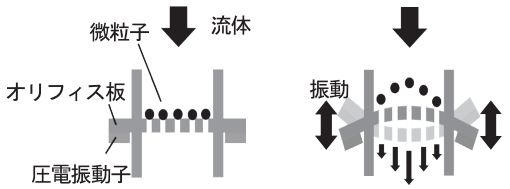


図３　微粒子励振型制御弁の駆動原理

現在は，三方弁への展開を行っている（図４）．三方弁では微粒子励振型制御弁がインレット側とアウトレット側にそれぞれ設けられている．インレット側とアウトレット側で固有振動数が異なるよう設計しているため，圧電振動子への入力電圧の周波数をそれぞれの共振周波数となるよう切り替えることで単一の圧電振動子ながらアウトレット側，インレット側を独立して制御することが可能となっている[1]．

また，微粒子励振型制御弁をパイロット弁として利用することで，小型で軽量な水圧・油圧用制御弁の開発も行っており，現状で5MPaの油圧の制御を確認している[2]．

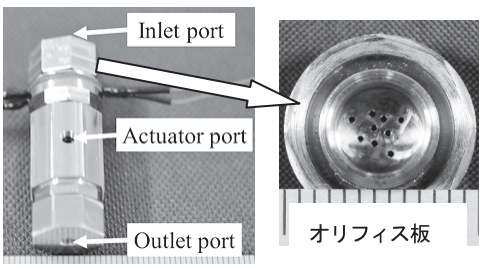


図４　微粒子励振型三方弁

3.2　空気圧人工筋を用いたソフトロボットアーム

近年，ソフトロボットの研究が盛んに行われてきている中で，空気圧人工筋を応用したロボットの開発も活発に行われている．

この研究テーマでは，ゴムチューブと繊維から構成される細径の空気圧人工筋を用いてソフトロボットアームを開発している．使用している人工筋は外径が2.0 ～ 2.5mmと小径で，空気圧の印加によって軸方向に収縮する（図５）．

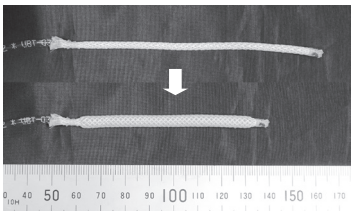


図５　細径人工筋

ソフトロボットアームは，タコの腕の筋肉配置を参考にして本人工筋を集積することで湾曲動作やねじれ動作を実現する．図６はソフトロボットアームの構造と製作したアームの湾曲動作を示しており，柔らかく滑らかな動作を実現している[3]．

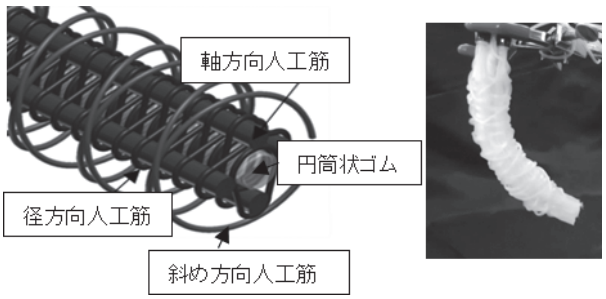


図６　ソフトロボットアーム

操作者の腕をマスター機として，ソフトロボットアームをスレーブ機として用いるマスタースレーブ方式を本ロボットアームの制御手法の一つとして採用している[4]．柔軟ひずみセンサを複合したアームカバーによって操作者の前腕のねじり動作，手首の曲げ動作を測定し，これに連動したソフトロボットアームの動作が可能となっている．

このほか，ソフトロボットの駆動性能を高めるための取り組みとして，人工筋自体のスマート化に関する研究を行っている．人工筋を構成する繊維を導電性繊維や光ファイバとすることで，センサ機能付

き人工筋を開発している[5]．

3.3　大腸内視鏡挿入支援用ソフトアクチュエータ

ソフトアクチュエータは，その柔軟性から高いバックドライバビリティをもつため，安全性が高く，医療用デバイスへの応用が期待できる．本研究室では，大腸内視鏡の挿入支援を目指した空気圧駆動のソフトアクチュエータの開発を行っている[6]．

開発したアクチュエータはチューブ状であり，その断面は図７に示すように三つに区分されている．各室に空気圧を印加すると，加圧された部屋が膨張変形を行う．そのため，各室を順に加圧すれば，アクチュエータ上端部のフィンの先端は円状の軌跡を描く．したがって，内視鏡に複数本のアクチュエータを螺旋状に巻きつけて位相差をつけて駆動すれば全体として進行波が生成され内視鏡に推進力を付加することが可能となる．

図８は大腸モデルへの挿入実験の様子である．２本のアクチュエータを内視鏡に巻き付けて駆動させながら挿入することで腸壁への負荷が低減されることが確認できている．

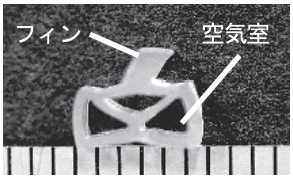


図７　内視鏡挿入支援ソフトアクチュエータの断面

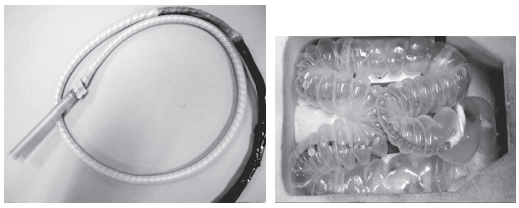


図８　内視鏡挿入支援アクチュエータを用いた大腸モデル実験

4. おわりに

本稿では岡山大学システム構成学研究室（神田・脇元研究室）の概要とフルードパワーに関連する研究課題の一部を紹介させていただいた．本研究室では，新規アクチュエータの開発とその応用システムの実現を目指した研究活動を実施しており，企業や研究機関との連携が重要であると考えている．本研究室の活動にご興味がある方はホームページにアクセスしていただけると幸いである[7]．

学生には研究の実施に加えて，共同研究の打ち合わせや学会参加・発表など対外的な活動にも積極的に参加してもらっている．忙しいながらも充実した日々となっていること，研究室での経験が社会に出てからの活躍に役立っていることを切に願っている．

参考文献

1）山本陽光，神田岳文，尾崎隼人，脇元修一，橋本航，高見春人，妹尾典久，鈴森康一，浮田貴宏，難波江裕之：単一の圧電振動子によって駆動する微粒子励振型三方弁の特性評価，精密工学会秋季大会，p. 469-470 (2018)

2）山本陽光，橋本航，神田岳文，脇元修一，妹尾典久，森重佳久，高見春人，鈴森康一，浮田貴宏，難波江裕之：高圧人工筋用微粒子励振型制御弁の試作・評価，日本機械学会　ロボティクスメカトロニクス講演会，2P1-E09 (2019)

3）T. Doi, S. Wakimoto, K. Suzumori：Proposal of Flexible robotic arm with thin McKibben actuators mimicking octopus arm structure, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, p. 5503-5508 (2016)

4）萩原弘貴，脇元修一，神田岳文，古川匠太：柔軟歪みセンサを用いたソフトマニピュレータ用　ウェアラブルインタフェースの試作，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，p. 2781-2783.

5）脇元修一，大村健人，神田岳文，小川草太：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，日本機械学会　ロボティクスメカトロニクス講演会，1P1-G10 (2019)

6）尾崎健，脇元修一，鈴森康一：大腸内視鏡誘導ラバーアクチュエータの新断面形状の導出と基礎実験，日本ロボット学会学術講演会，2010.

7）システム構成学：http://www.act.sys.okayama-u.ac.jp

（原稿受付：2019年６月24日）

＊2018年は豪雨による甚大な被害が発生しました．被災された方々に心よりお見舞い申し上げます．

企画行事

2019年春季講演会併設セミナー「ロボットに役立つフルードパワーの要素技術」

著者紹介

清水（しみず）　自由理（じゅり）
株式会社 日立製作所
〒312-0034 茨城県ひたちなか市堀口832-2
E-mail : juri.shimizu.fx @hitachi.com

2009年早稲田大学大学院創造理工学研究科博士前期課程修了，同年日立製作所入社，2017年より早稲田大学大学院先進理工学研究科博士後期課程入学，現在に至る．油圧システムの研究・開発に従事，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．

1. はじめに

2019年春季講演会併設セミナー「ロボットに役立つフルードパワーの要素技術」が，2019年５月30日（木）９時30分から12時25分にかけて，24名の参加者を得て機械振興会館において開催された．昨年度に引き続き，春季講演会の参加者が本セミナーに参加しやすいようにするため，春季講演会の初日の午前中に開催した．

春季講演会併設セミナーは，学会の企画事業を担当する企画委員会と学会誌の制作を担当する編集委員会との合同企画事業である．本年度は編集委員会が主導で特集号を作成し，セミナーの実施は企画委員会が担当した．本セミナーは，先に学会誌で同じテーマで特集を組み，執筆された方々の中から数名の講師をお招きしている．セミナーでこの学会誌をテキストとして講演していただくことで，解説記事を深く理解する機会としている．これが，本セミナーが他のセミナー（オータムセミナー，ウィンターセミナー）と異なる点である．なお本年度は，幅広い会員に興味を持っていただけるように油圧，空気圧，および機能性流体に関連するテーマから，４名の執筆者に講演を行っていただいた．

ここでは，本セミナーの趣旨および当日の講演の概要について報告する．

2. 開催趣旨

医療・介護など身近な生活環境や，保守点検・災害現場など過酷な動作環境で人間の代わりに作業を行うロボットのニーズが高まりつつある．それらのロボットを実現するには，対象物に損傷を与えず安全にハンドリングする技術や，高出力に対応可能で高精度に力や位置を制御可能な技術が必要となる．これを実現する手段として，フルードパワーシステムが有効であるが，ロボット研究者にはその要素技術が充分に知られていない．

そこで本セミナーでは，ロボットに有効な，あるいはこれから役に立つと期待されるフルードパワーの各要素技術に対して，新しいアイディアで挑まれている研究者に，そのユニークな解決方法をご紹介いただき，フルードパワーの新たな可能性を模索する機会を設けた．

写真１　田中先生の講演

3. セミナーの概要

3.1 油圧ロボットに役立つ油圧要素技術[1)]

はじめに，法政大学の田中豊先生より「油圧ロボットに役立つ油圧要素技術」について講演いただいた（写真１）．

田中先生からは，油圧駆動ロボットの歴史から，油圧システムをロボットに適用する利点と，その実現に向けた課題について解説していただいた．

まず日本最初の産業用ロボットが油圧駆動であったこと，また初期の２足歩行ロボットの研究でも油圧駆動が利用されていたことが紹介された．

つぎに，定置型と移動型という観点からのロボットシステムの比較が説明された．定置型とは，産業用ロボットに代表される工場のなどに設置されるロボットである．定置型ロボットは，パワーリソース

写真２　金先生の講演

写真３　佐々木先生の講演

を外部から容易に得られる環境に設置されるため，取扱いや価格の点で，電磁式か空気圧式アクチュエータが用いられている．また，定置型で電磁モータ使用時のパワーリソースから最終出力までの効率が80％であるのに対して，油圧モータでは60％であることも紹介された．移動型とは，建設機械のようにパワー源も自らのシステムに実装したロボットである．エンジンを駆動源にする移動型で効率を比較する場合，発電機などの効率を含むため，電磁モータと油圧モータは同等の効率になることが紹介された．しかし，油圧アクチュエータは質量に対する最大推力比率が高いものの，軽量なものがなくロボット研究者から選ばれていなかった．これに対して，ImPACTのタフ・ロボティクス・チャレンジで小型軽量低しゅう動油圧シリンダやマッキベン型油圧人工筋肉が開発され，優れた性能が示されたことが紹介された．

最後に，今後の油圧ロボットに必要な開発項目として，①小型で静音・低振動な圧力源，②軽量で高出力可能な油圧アクチュエータ，③小型で低リークなサーボ弁，④センサ等の計測技術，および⑤システム全体の軽量・高剛化技術が提案された．

3.2　マイクロロボットに有効な機能性流体[2)]

つぎに，東京工業大学の金俊完先生より「マイクロロボットに有効な機能性流体」について講演いただいた（写真２）．

フルードパワーシステムで駆動するソフトロボットにおいて，コンプレッサが小型化の課題となる．その有効な解決手段として，電界共役流体（electro-conjugate fluid, ECF ）を用いたマイクロポンプが期待されている．ここでは，金先生が開発された高出力パワー密度を実現する電極形状と，その応用事例としてマイクロソフトロボットを紹介いただいた．

高い吐出圧力を実現できる電極形状として，針–リング形電極対があるが，組立が困難で，性能がばらつくという課題がある．これに対して金先生が提案している，針–リング形の特徴を生かしつつ，MEMS加工が可能な三角柱–スリット形状を紹介いただいた．MEMS加工を行うことで高精度・高密度な製造が可能となり，性能の再現性も高くできる．また，電極には直列化することで吐出圧が増加し，並列化することで流量が増加する特徴がある．MEMS加工を活用することで，要求性能に応じて，最適な電極配置にしたマイクロポンプを製造可能になることが期待できる．金先生は，単に形状の検討のみならずMEMSの製作プロセスも含めて提案されている．特に，すべての電極が完璧に製造できないと性能が出ないことから，製作プロセスの改善に挑み，歩留まり100％を達成したということである．

最後に，ECFマイクロポンプを圧力源とするマイクロソフトロボットの事例が３つ紹介された．事例のひとつでは，3Dプリンタを活用することで，製造と同時に組立可能な新たな方法も提案されていた．紹介いただいたポンプは数100kPaまでの吐出圧を実現しており，応用の幅が広がることが期待されることから，現在は大量生産技術も研究されているということであった．

3.3　回生機構を持つ空気圧供給システム[3)]

香川大学の佐々木大輔先生からは，「回生機構を持つ空気圧供給システム」について講演いただいた（写真３）．

ウェアラブルパワーアシストロボットを実現するには，携帯可能な圧力源が必要になる．圧力源を構成するコンプレッサ本体の小型化には限界があるため，佐々木先生は回生機構を備えることで圧力源の小型化を実現している．本講演では，この回生機構を実現するために開発した容積可変タンクの構造およびその特性と，回生機構に適用した際の省エネルギー効果について紹介いただいた．

まず，回生機構を備えた小型空気圧供給システムの構成について解説いただいた．開発されたシステムは，コンプレッサ，２つの制御弁と供給タンクからなる供給機構，および２つの制御弁と回収タンクからなる回生機構で構成される．このうち，コンプレッサについては，出力の低下を招くため大幅な小型化は期待できない．そこで，佐々木先生は，アクチュエータから排気される圧縮空気を回収する回生機構を設け，コンプレッサの出力を補助する構成を実現している．さらに高効率なシステムとするために，供給機構と回生機構のタンク特性に着目した．

写真４　平井先生の講演

一般的なタンクは，タンクの容積が変化しない容積固定タイプであり，入力する空気圧エネルギーに応じてタンク圧力が変動する特性がある．これに対して，供給機構のタンクには，入力する空気圧エネルギーに対して，圧力変動が小さい特性が求められる．この特性によりコンプレッサの消費電力を低減できる．これを実現するためにゴムチューブを織りゴムで覆った構造のタンクを開発し，空気圧エネルギーをゴム材料の弾性エネルギーに変換して蓄えることにより，圧力変動を抑制できる特性を得たということであった．また，回生機構のタンクにも同様の特性が求められるが，排気特性を一定に保つために，供給機構のタンクよりも圧力変動が小さい特性が求められる．そこで，ゴム風船をアルミフィルムで覆うことで過度な膨張を抑制可能な構造を採用したということであった．

実験により，提案システムの省エネ効果をコンプレッサの消費電力で評価した結果，提案システムのタンクとして固定容積タンクを使用した場合でも12％の低減，さらに提案した可変容積タンクを使用することで29％低減できることが示された．さらに講演では容積可変タンクのひずみエネルギーを考慮した球殻モデルを用いることで，事前に性能が予測できることも紹介された．このモデルは２つのパラメータからなる非常に簡易なモデルということであった．

3.4　振動駆動マイクロ空気圧弁[4)]

立命館大学の平井真一先生からは，「振動駆動マイクロ空気圧弁」について講演いただいた（写真４）．

多自由度の空気圧駆動のロボットハンドを実現するには，個々のアクチュエータを駆動するために独立した弁が必要となる．ロボットマニピュレータの先端にロボットハンドを装着する場合，制御用の弁をベース側に設置すると，空気圧を供給するチューブの本数が増え，マニピュレータの運動を妨げる．これを解決するひとつの方策は，制御用の弁を小型化し，ロボットハンド側に設置することである．これにより，空気圧供給のチューブの本数を減らし，さらに弁とアクチュエータの距離が近づくことで制御性の向上も期待できる．本講演では，これを実現するのに有効な小型軽量な弁として，振動駆動式無拘束ポペット弁について紹介していただいた．

まず，振動駆動式無拘束ポペットの構造について解説いただいた．本弁は，平井先生の研究室で空気圧式マッキベンアクチュエータを駆動する際に，仕様に合う小型の既製品がなかったため開発された．一般的なスプールやポペットを使用した弁では，小型化にともない内部の駆動部品の熱膨張が問題になる．これを解決するため，平井先生の研究室では，ポペットをピエゾアクチュエータで振動させ開閉する方式を開発されたということである．講演では，バイブレーション機能により，携帯電話が机の上を滑って動いたところから本方式の弁を着想したという裏話まで紹介いただいた．

開発された弁は，直径７㎜，高さ９㎜で非常に小型であり，差圧0.5MPaで，最大で８～10L/minの流量が制御できることが示された．さらに，固有振動数で最大流量になることから，個々の弁の固有振動数をずらすことで，３方弁として使用できる可能性もある．さらにPWMにより開閉の割合を制御することにより流量制御できることも実験で示された．

最後に，紹介いただいた弁の課題として，製造方法や価格，モデル化が困難であるという点が示された．また，空気以外のほかの作動流体への応用について質問があったが，水などでは絶縁対策が課題になるということであった．

4. おわりに

本稿では2019年春季講演会併設セミナーの概要について報告した．

講演では，一般的にロボットの駆動システムで課題となる実装性や省エネ性などの課題に対して，油圧，機能性流体，および空気圧を活用した解決策が紹介され，大変興味深い内容であった．参加者の方々からの活発な質疑応答の様子から，講演いただいたテーマへの関心の高さがうかがわれ，令和の幕開けにふさわしいすばらしいセミナーとなった．

最後に，本セミナーで貴重な講演をいただいた講師の皆様，本セミナーの事業に携わっていただいた編集委員，企画委委員および学会事務局の皆様に深く感謝申し上げます．

参考文献

1）田中　豊：油圧駆動ロボットに役立つ油圧要素技術，フルードパワーシステム，Vol. 50，No. 2，p. 5-8（2019）
2）金俊　完：マイクロロボットに有効な機能性流体，フルードパワーシステム，Vol. 50，No. 2，p. 22-25（2019）
3）佐々木大輔:回生機構を持つ空気圧供給システム，フルードパワーシステム，Vol. 50，No. 2，p. 15-17（2019）

4）平井慎一：振動駆動式マイクロ空気弁，フルードパワーシステム，Vol. 50，No. 2，p. 9–11（2019）

（原稿受付：2019年 7 月22日）

会　告

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
・11月22日(金)午後：
　招待講演，特別講演，技術懇談会

2019年秋季フルードパワーシステム講演会　テクニカルツアーのご案内

開催日時：2019年11月20日(水)13時～ 18時

2019年秋季フルードパワーシステム講演会では，テクニカルツアーとして富山県高岡市の伝統産業である高岡銅器のメーカ「㈱能作」の工場見学と鋳物製作体験を企画しております．本テクニカルツアーへの参加をご希望の方は，学会事務局へ電子メールにて申し込みください．詳しくは学会ホームページをご覧ください．

・集合：11月20日(水)13時 富山駅（詳細はツアー参加の方にご案内致します．）
・実施会場：㈱能作
　（富山県高岡市オフィスパーク8-1）
・ツアー参加費：5,000円
・定員：30名（先着順とさせて頂きます．）
・参加申込締切：2019年11月7日(木)

会　告

〈理事会・委員会日程〉

7月23日	基盤強化委員会
7月31日	理事会
8月 6日	編集委員会
8月29日	企画委員会

〈理事会報告〉

2019年度第２回理事会

7月31日　15：00～17：00

機械振興会館　地下3階　B3-6　(出席者16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年度フェロー募集

4）2019年春季講演会最優秀講演賞の受賞者推薦

5）2019年度学会賞各賞の選考

6）2019年秋季講演会の開催準備状況

7）研究委員会の新規設置

8）論文投稿規程の改訂

9）会員の推移

10）各委員会からの報告

11）その他

〈委員会報告〉

2019年度第１回基盤強化委員会

7月23日　15：00～17：00

機械振興会館　地下3階　B3-7（出席者9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）基盤研究委員会について

6）その他

2019年度第２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15名）

1）会誌特集号の現状と企画

・Vol.50 No.E1「緑陰特集」

・Vol.50 No.5「フルードパワーを支える製造・加工技術」

・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（仮)」

・Vol.51 No.2「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)」

2）その他

・会議報告

・表紙デザインコンペ結果

・今後の特集について

2019年度第２回企画委員会

8月29日　15：00～17：00

機械振興会館 地下3階 B3-3　(出席者16名)

1）2019年度実施の事業に関する報告・審議事項

⑴　2019年度オータムセミナー

⑵　2019年秋季フルードパワーシステム講演会

⑶　2019年度ウインターセミナー

2）その他審議・確認事項

⑴　2020年春季フルードパワーシステム講演会・総会

⑵　参加登録料の改訂

⑶　その他

会　告

学会創立50周年特別会費（賛助金）の受付状況

2019年9月3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

［賛助会員］　50音順（敬称略）

イナバゴム㈱
SMC中国㈱
㈱神崎高級工機製作所
㈱阪上製作所
勝美印刷㈱
大生工業㈱
東京計器㈱
豊興工業㈱
日本クエーカー・ケミカル㈱
(一社）日本フルードパワー工業会
㈱日立建機ティエラ
マックス㈱
油研工業㈱
㈱インターナショナル･サーボ・データー
川崎重工業㈱
KYB㈱
㈱ジェイテクト
住友重機械工業㈱
㈱TAIYO
東京計器パワーシステム㈱
ナブテスコ㈱
フジサンケイ ビジネスアイ
日本ムーグ㈱
㈱不二越
三菱電線工業㈱
㈱ユーテック
SMC㈱
川重商事㈱
㈱小松製作所
CKD㈱
ダイキン・ザウアーダンフォス㈱
㈱都筑製作所
TOHTO㈱
日本機材㈱
日本精器㈱
日立建機㈱
㈱増田製作所
ヤマシンフィルタ㈱
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	井上　淳	上嶋　優矢	大内　英俊	大信田文司
大科　守雄	大橋　彰	大見　康生	小笠原文男	小木曽太郎	小澤　忠彦
落合　正巳	小山　紀	香川　利春	柿山　稜	風間　俊治	神倉　一
加藤　友規	川上　幸男	川島　正人	川嶋　健嗣	神田　国夫	木原　和幸
玄　相昊	小嶋　英一	小曽戸　博	斉藤　賢治	齋藤　直樹	桜井　康雄
佐々木政彰	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
竹村研治郎	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	仲宗根隆志	中田　毅	永田　精一	中野　政身
中野　和夫	中山　晃	成田　晋	西股　健一	則次　俊郎	土師野　正
張本　護平	肥田　一雄	広田　善晴	藤田　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	山口　惇	山田　宏尚	横田　眞一	吉田　和弘	吉田　清久
吉田　伸実	吉松　英昭	吉満　俊拓	レア・ルコント		

特別会費振込先：りそな銀行　新橋支店（普）0898726　または　郵便振替00110-3-133690
名義：シャ）ニホンフルードパワーシステムガッカイ
募集期間：2020年5月31日まで

会　告

学会誌表紙デザインコンペ結果のお知らせ

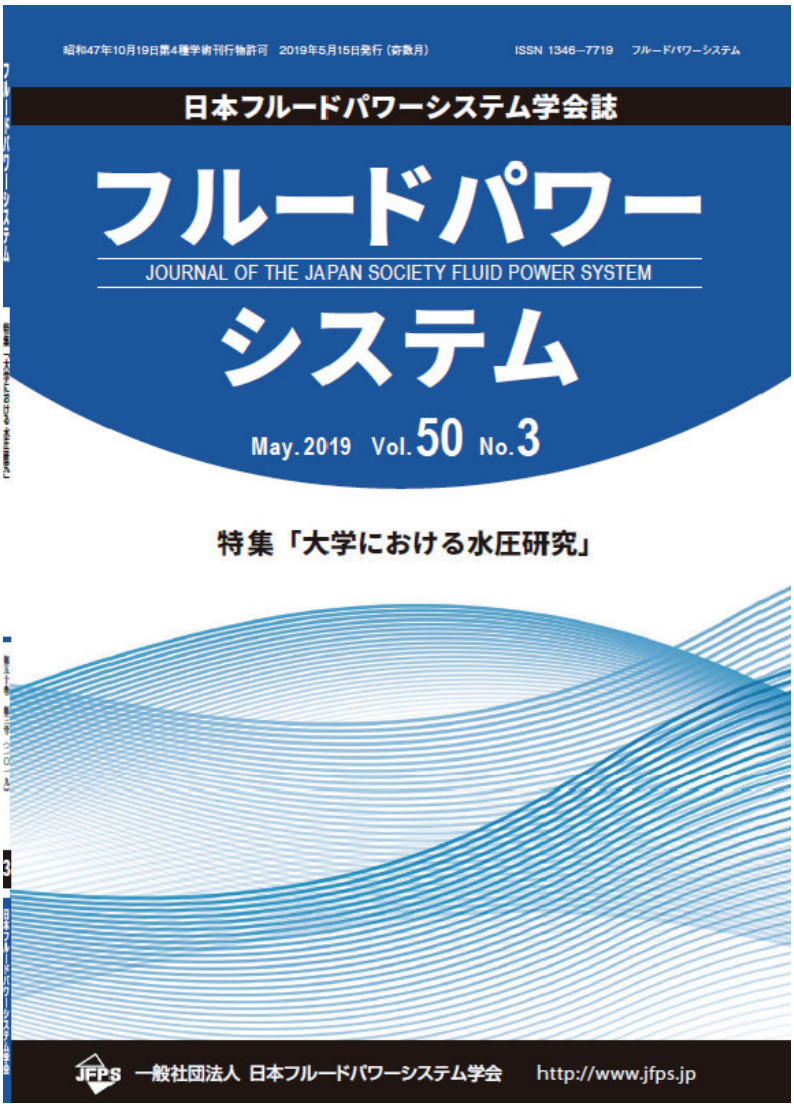
編集委員会委員長　塚越秀行

学会創立50周年記念事業の一環として公募しました，日本フルードパワーシステム学会の学会誌「フルードパワーシステム」の表紙デザイン刷新にともなうデザインコンペの結果をお知らせいたします．

募集した学会誌表紙デザインのデザインコンセプトは，「安全・安心な社会に貢献するフルードパワーシステム」というもので，このデザインコンセプトに沿ったデザイン案として，６件の応募がありました．

応募いただいた作品を，厳正かつ慎重に選考させていただいた結果，以下のデザインが新しい表紙のデザインとして採択されました．

新しい表紙デザインは，2020年１月号（Vol. 51 No.1）から採用される予定です．ご期待ください．



デザイン：浅賀美希　　勝美印刷㈱

デザインコンセプト：

穏やかな曲線はフルードパワーシステムによって作られた安心・安全な流体を可視化させたデザインになっています．また，この曲線は半永久的に続く模様であるためフルードパワーシステムが使用されている機械やモノの安心・安全，そして発展がいつまでも続いて欲しいという願いも込めています．

会　告

（一社）日本フルードパワーシステム学会
賛助会員一覧表

㈱IHI
アイシン・エィ・ダブリュ㈱
㈱明石合銅
㈱曙ブレーキ中央技術研究所
アズビル㈱藤沢テクノセンター
アズビルTACO㈱
㈱アドヴィックス
アネスト岩田㈱
イートン㈱
出光興産㈱
イナバゴム㈱
イハラサイエンス㈱
㈱インターナショナル・
　サーボ・データー
㈱打江精機
SMC㈱
SMC㈱中国
㈱NF1
㈱荏原製作所
㈱大阪ジャッキ製作所
大瀧ジャッキ㈱
鹿島通商㈱
㈱桂精機製作所
神威産業㈱
川崎重工業㈱精密機械・
　ロボットカンパニー
川崎油工㈱
川重商事㈱
㈱神崎高級工機製作所
キャタピラージャパン㈾
協和シール工業㈱
旭東ダイカスト㈱
㈱クボタ
㈱クレアクト・インターナショナル
クロダニューマティクス㈱
KYB㈱
KYBエンジニアリング
　アンドサービス㈱
KYB-YS㈱
㈱工苑
甲南電機㈱
㈱古河製作所
㈱コガネイ
コスモ石油ルブリカンツ㈱
㈱小松製作所
㈱小松製作所試験センタ
㈱小松製作所開発本部
㈱小松製作所油機開発センタ
㈱阪上製作所
㈱鷺宮製作所
佐藤金属㈱
三輪精機㈱
三和テッキ㈱
JXTGエネルギー㈱
㈱ジェイテクト奈良
㈱ジェイテクト刈谷
CKD㈱
㈱島津製作所
勝美印刷㈱
ジヤトコ㈱
住友建機㈱
住友重機械建機クレーン㈱
住友重機械工業㈱
住友精密工業㈱
制御機材㈱
千住金属工業㈱
第一電気㈱
ダイキン工業㈱
ダイキン･ザウアーダンフォス㈱
大生工業㈱
㈱TAIYO
タイヨーインタナショナル㈱
ダイワ㈱
㈱タカコ
㈱タダノ
調和工業㈱
㈱都筑製作所
TMCシステム㈱
東京計器㈱
東京計器パワーシステム㈱
東京メータ㈱
東北特殊鋼㈱
東明工業㈱
同和発條㈱
特許機器㈱
特許庁
TOHTO㈱
豊興工業㈱
㈱豊田自動織機
長津工業㈱
中西商事㈱
長野計器㈱
中村工機㈱㈱
㈱NaNaデザインワークス
ナブテスコ㈱
㈱南武
日新濾器工業㈱
ニッタ㈱
日本アキュムレータ㈱
日本機材㈱
日本クエーカー・ケミカル㈱
日本工業出版㈱
日本精器㈱
日本製鉄㈱交通産機品カンパニー
日本電産トーソク㈱
（一社）日本フルードパワー工業会
日本ムーグ㈱
㈱野村商店
㈱ハイダック
日立建機㈱
㈱日立建機ティエラ
㈱日立製作所
廣瀬バルブ工業㈱
フエスト㈱
㈱フクダ
㈱不二越
フジサンケイビジネスアイ
二見屋工業㈱
ボッシュ・レックスロス㈱
昌富工業㈱
マサモト㈱
㈱増田製作所
マックス㈱
松巳鉄工㈱
三菱電線工業㈱
ヤマシンフイルタ㈱
ヤマハモーターハイドロリック
　システム㈱
油研工業㈱
㈱ユーテック
理研精機㈱
リバーフィールド㈱
㈱レンタルのニッケン
ワールドインシュアランス
　ブローカーズ㈱

会　告

共催・協賛行事のお知らせ

協賛行事

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）
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：2019年9月15日(日)「上級アナリスト」認定試験（固体力学分野・振動分野）
　　2019年9月22日(日)「上級アナリスト」認定試験（熱流体力学分野）
　　2019年12月7日(土)「1・2級」認定試験
会　　場：下記HPを確認ください
U R L：https://www.jsme.or.jp/cee/

No.19-9 第32回計算力学講演会（CMD2019）
企　　画：一般社団法人 日本機械学会　計算力学部門
開 催 日：2019年9月16日(月)～18日(水)
会　　場：東洋大学川越キャンパス（埼玉県川越市鯨井2100）
U R L：https://www.jsme.or.jp/cmd/conference/cmdconf19/

SICEセミナー「モデルベースト制御系設計～モデリングから制御系設計までを系統的に学ぶ」2019
企　　画：公益社団法人 計測自動制御学会　制御部門
開 催 日：2019年9月18日(水)～19日(木)
会　　場：東京理科大学森戸記念会館第1フォーラム（東京都新宿区神楽坂4-2-2）
U R L：http://www.sice-ctrl.jp/jp/wiki.cgi/c/semi?page=design2019

2019年度教育講座「流体関連振動のプロアクティブ・デザイン ～ 振動・騒音の基礎から予見的設計手法まで」
主　　催：地方独立行政法人 神奈川県立産業技術総合研究所
開 催 日：2019年10月23日(水)～24日(木)
会　　場：かながわサイエンスパーク会議室（神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1）
U R L：https://www.kanagawa-iri.jp/human_res_devl/res_human_devl/edu_h31/ed31_seminar_12/

第62回 自動制御連合講演会
主　　催：日本機械学会，計測自動制御学会，システム制御情報学会，化学工学会，精密工学会，日本航空宇宙学会，電気学会
開 催 日：2019年11月8日(金)～10日(日)
会　　場：札幌コンベンションセンター（北海道札幌市白石区東札幌6条1丁目1-1）
U R L：http://www.jsme.or.jp/conference/rengo62/

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
企　　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）

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
企　　画：一般社団法人 日本機械学会　機素潤滑設計部門
開 催 日：2019年11月19日(火)
会　　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）
U R L：https://www.jsme.or.jp/event/2019-42553/

EcoDesign 2019（第11回環境調和型設計とインバースマニュファクチャリングに関する国際シンポジウム）
主　　催：エコデザイン学会連合，産業技術総合研究所
開 催 日：2019年11月25日(月)～27日(水)
会　　場：パシフィコ横浜（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)
会　　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）
U R L：http://www.jsme.or.jp/conference/movic2019/index.html

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）
U R L：https://www.sice-si.org/conf/si2019

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/

会　告　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 ―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
会　　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．

編 集 室

次号予告

――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
〔解　説〕高水圧下における微細切削加工　吉野　雅彦
食品用高圧処理装置　前川　明紀
超高圧水による塑性加工を用いた拡管装置（Aquozu®）の紹介　河原　直也
食品製造のための高水圧技術　重松　亨
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
〔会議報告〕SICFP19参加記　伊藤　和寿
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関連技術の研究動向　吉田　和弘
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
FPM2019におけるフルードパワー関連技術の研究動向　飯尾昭一郎
〔トピックス〕トピックス学生さんへ，先輩が語る―〇〇〇〇〇―　小笠原憲一
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
〔研究室紹介〕中央大学中村研究室紹介　萩原　大輝，眞野　雄貴
〔企画行事〕春季講演会　中尾　光博

2019年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長　塚　越　秀　行（東京工業大学）
副委員長　村　松　久　巳（沼津工業高等専門学校）
委　員　飯　尾　昭一郎（信州大学）
伊　藤　雅　則（東京海洋大学）
上　野　朝　嗣（CKD（株））
梅　村　哲　郎（KYB㈱）
加　藤　友　規（福岡工業大学）
北　村　　剛（油研工業㈱）
栗　林　直　樹（川崎重工業）
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）
委　員　妹　尾　　満（SMC㈱）
中　野　政　身（東北大学）
中　山　　晃（日立建機㈱）
藤　田　壽　憲（東京電機大学）
丸　田　和　弘（㈱コマツ）
矢　島　丈　夫（㈱コガネイ）
柳　田　秀　記（豊橋技術科学大学）
山　田　真の介（㈱TAIYO）
山　田　宏　尚（岐阜大学）
吉　満　俊　拓（神奈川工科大学）
担当理事　伊　藤　和　巳（KYBエンジニアリングアンドサービス㈱）
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.50 No.5

昭和47年10月19日第４種学術刊行物認可
2019年９月15日発行　　（奇数月）

〒105―0011
東京都港区芝公園三丁目五―二二　電話（〇三）三四三二―八四四一　FAX（〇三）三四三二―八四四二
編集兼発行人　一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会　振替口座　東京〇〇一一〇―三―一三三六九〇

東京都文京区白山一―一三―七　アクア白山ビル五階
印刷所　勝美印刷株式会社

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