

## 展 望

## 平成25年度の油圧分野の研究活動の動向\*

風間 俊治\*\*

\*平成26年5月25日原稿受付

\*\*室蘭工業大学大学院，〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1

## 1. はじめに

本展望では、2013年4月から2014年3月までの期間に発表された油圧分野における研究の調査結果を記す。調査対象は、主として国内外の定期学術刊行物ならびに学術講演会とし、特許や製品関連は含まない。前者の刊行物には、日本フルードパワーシステム学会(JFPS)、米国機械学会(ASME)、英国機械学会(IMechE)が発行する論文集、および International Journal of Fluid Power (<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfpsij>) を取り上げる。後者の講演会には、本学会が主催、共催あるいは協力、関係した国内外の学術研究発表会を選び出す。ただし、著者が入手あるいは参加できた文献や講演会は、それらの極一部に限られたために、すべての情報を正確に把握し、また完全に網羅していないことをお断りする。

## 2. 学術刊行物

本学会が発行する「日本フルードパワーシステム学会論文集」の当該年度には、マニピュレータ<sup>1-2)</sup>、パワーステアリング<sup>3)</sup>、サーボシステム<sup>4-5)</sup>、管路流れ<sup>6)</sup>、流量計測<sup>7)</sup>、トライボロジー<sup>8)</sup>などに関する論文が掲載された。また、世界に向けて、オープンアクセス形式で JFPS International Journal of Fluid Power System も公開されているが、英文論文集の該当期間号は Vols. 6, 7 となり、公開時期がやや遅れるために本稿では除く。

海外の学術雑誌に目を向けると、Transactions of ASME の Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Journal of Fluids Engineering, Journal of Tribology ならびに Journal of Fluids Engineering には作動油<sup>9)</sup>、ポンプ<sup>10-12)</sup>、バルブ<sup>13-15)</sup>、回路<sup>16)</sup>、システム<sup>17)</sup>などの論文が、Proceedings of IMechE の Part C: Journal of Mechanical Engineering Science や Part I: Journal of Systems and Control Engineering には、歯車ポンプ<sup>18-19)</sup>、ベーンポンプ<sup>20)</sup>などの油圧ポンプ<sup>21)</sup>やバルブ<sup>22)</sup>や制御<sup>23)</sup>に関する論文が発表された。また、International Journal of Fluid Power の Vol. 14 には機器やポンプ<sup>24-25)</sup>、バルブ<sup>26-28)</sup>、計器<sup>29)</sup>や補器<sup>30-31)</sup>、さまざまなモデリング<sup>32-34)</sup>や最適化<sup>35-36)</sup>に関する論文が掲載された。

## 3. 学術講演会

2013年5月30-31日には、東京において春季フルードパワーシステム講演会<sup>37)</sup>が開催された。機器やシステムの提案や評価に関する研究<sup>38-40)</sup>、ロボット開発<sup>41-42)</sup>、振動騒音<sup>43)</sup>、気泡やキャビテーションの抑制や利用に関する研究<sup>44-46)</sup>、省エネルギー<sup>47)</sup>、さらに電動式との比較<sup>48)</sup>などについての発表があった。また、シミュレーションやモデルについてもシステム<sup>49-51)</sup>や機器から要素<sup>52-54)</sup>に亘る研究が紹介された。

2013年11月7-8日には、兵庫県神戸市において秋季フルードパワーシステム講演会<sup>55)</sup>が開催された。機器や補器の開発や性能<sup>46-59)</sup>、機器<sup>60-61)</sup>や配管<sup>62)</sup>の内部流れ<sup>63)</sup>、制御システムや理論<sup>64-66)</sup>、省エネルギー<sup>67)</sup>などに関する研究が報告された。

そのほか、主な関連学術講演会を開催日の時系列で記す。ICFP2013 (The 8th International Conference on Fluid Power Transmission and Control, 2013.4.9-11, 中国杭州市, <http://sklofp.zju.edu.cn/icfp2013/>)<sup>68)</sup>においては、油圧に関する基調講演から一般講演までの多数の発表があった。日本機械学会(JSME) 機素潤滑設計部門と韓国機械学会との共催であった ICMdT2013 (The 5th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, 2013年5月22-25日, 韓国釜山市, <http://www.jsme.or.jp/mdt/>)<sup>69)</sup>においては、数件の油圧の発表があった。SICFP2013 (The 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power 2013, 2013年6月3-5

日、スウェーデン王国リンシェーピン市、<http://www.sicfp2013.se/>)<sup>70)</sup>では、基調講演を含めて多くの油圧の発表があった。MOVIC2013(第13回「運動と振動の制御」シンポジウム, 2013年8月27-30日, 福岡市, <http://www.jsme.or.jp/conference/dmconf13/>)<sup>71)</sup>の中でオーガナイズされた「M-OS5 フルードパワーの基礎と応用」<sup>72-74)</sup>ならびに他のセッション<sup>75-76)</sup>においては、JSME主催の講演会としては油圧関連の発表を多く数えた。FPMC2013(ASME/BATH 2013-Symposium on Fluid Power & Motion Control, 2013.10.6-9, アメリカ合衆国フロリダ市, <http://www.asmeconferences.org/FPMC2013/>)<sup>77)</sup>では、Tribology and lubrication, Valves, Actuation and control, System health monitoring and fault detection, Digital hydraulics and digital displacement, Efficiency, Energy applications and energy storage, Pumps and motors, Properties of hydraulic fluids, Modeling and Designのセッションが設けられ、50余件の発表があった。ICHP2013(The 22nd International Conference on Hydraulics and Pneumatics, 2013.10.23-25, チェコ共和国ブラハ市, <http://ichp2013.vsb.cz/>)<sup>78)</sup>でも油圧の発表があった。FLUCOME2013(The 12th International Symposium on Fluid Control, Measurement and Visualization, 2013.11.18-23, 奈良県奈良市, <http://www.k-k.pi.titech.ac.jp/FLUCOME2013/>)<sup>79)</sup>では16件の油圧関連論文が集まり、OS1-01~03の3セッションが設けられた。JSME山梨講演会(2013.10.26, 山梨県甲府市, <http://society.ms.yamanashi.ac.jp/jsme/2013/>)<sup>80)</sup>をはじめ、他学協会においても関連テーマの発表があった。これらの開催概要などについては、すでに学会誌に掲載されている会議報告や参加記などに譲る。そのほか、IFK 2014(9th International Fluid Power Conference Aachen, 2014.3.24-26, <http://www.ifk2014.de/frontend/index.php>), WTC 2013(The 5th World Tribology Congress, 2013.9.8-13, イタリア共和国トリノ, [www.wtc2013.it](http://www.wtc2013.it))なども開催されたが、紙面の都合上、省略する。

#### 4. おわりに

2013年度の油圧に関する研究発表を俯瞰的に調査して概観を記した。紙面の関係で、関連学術雑誌や国際会議、講演会における論文テーマを羅列する形となった。読者の各立場により捉え方は異なると思うが、著者の印象では、国内に関してはシステムや応用に関する研究が健闘しているものの、基礎に関する研究発表数の低迷が垣間見られる。一方で、欧米やアジア諸国においては、応用と均衡して基礎の研究成果が目に残る。我が国の油圧基盤技術研究の相対的な減少に対する将来への不安が、著者の杞憂であることを願わずにはいられない。

#### 参考文献

- 1) 吉灘裕, 武田周, 横田眞一: 大型バイラテラルマニピュレータの研究(第1報, コンセプトの立案と単軸モデル実験), 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.44(2013), pp.55/63.
- 2) 吉灘裕, 武田周, 横田眞一: 大型バイラテラルマニピュレータの研究(第2報, プロトタイプモデルの試作と作業性評価), 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 44(2013), pp.81/86.
- 3) 佐藤恭一, 平野謙一, 田中裕久: パッシブ形電子油圧模擬負荷装置を用いた AC サーボモータ駆動バルブレス油圧パワーステアリングの性能試験, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.44, No.4,(2014), pp.75/80.
- 4) 芦金石, 留滄海, 斉藤理人, 大坂一人, 大場孝一, 北川能: N 圧ハイブリッド油圧源とそれを用いた高応答高効率油圧サーボシステムに関する研究(第2報, システムの応答に関する実験と消費電力), 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.44, No.5,(2013), pp.95/101.
- 5) 芦金石, 留滄海, 斉藤理人, 大坂一人, 大場孝一, 北川能: 出力圧力が高速で変更可能なアキュムレータの開発とその応用, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.45, No.1 ,(2014), pp.1/7.
- 6) 一柳隆義, 栗林哲也, 西海孝夫: 正規化終端インピーダンスの複素パラメータと油圧管路内圧力脈動の定在波の関連性(数値計算による共振モードの遷移の解析), 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.44, No.5, (2013), pp.102/109.
- 7) 中田毅, Y. Zheng, 桜井康雄: AE センサを用いた液体流量計測法(定常流量の計測), 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.44, No.3, (2013), pp.49/54.
- 8) 風間俊治, 鈴木基司, 鈴木健太, 成田幸仁, 桜井茂行: 斜板式アキシアルピストンモータに用いられるスリッパのしゅう動部温度とすきま形状の同時計測, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol.45,

No.2, (2014), pp.22/28.

- 9) J. Zhou, A. Vacca, and B. Manhartgruber: A Novel Approach for the Prediction of Dynamic Features of Air Release and Absorption in Hydraulic Oils, *Journal of Fluids Engineering, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 091305.
- 10) N. P. Mandal, R. Saha, S. Mookherjee, and D. Sanyal: Pressure Compensator Design for a Swash Plate Axial Piston Pump, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.136 (2013), 021001.
- 11) M. Pelosi and M. Ivantysynova: Heat Transfer and Thermal Elastic Deformation Analysis on the Piston/Cylinder Interface of Axial Piston Machines, *Journal of Tribology, Transactions of ASME*, Vol.134 (2012), 041101.
- 12) E. Mucchi, G. Cremonini, S. Delvecchio, and G. Dalpiaz: On the Pressure Ripple Measurement in Variable Displacement Vane Pumps, *Journal of Fluids Engineering, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 091103.
- 13) A. Steinboeck, W. Kemmetmuller, C. Lassl, and A. Kugi: Model-Based Condition Monitoring of an Electro-Hydraulic Valve, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.135, 061010 (2013).
- 14) O. Gad: Bond Graph Modeling of a Two-Stage Pressure Relief Valve, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 041001.
- 15) S. Zhang: The Impact of Return Orifices on the Stability of a Four-Way Valve-Controlled Double-Acting Actuator, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 041010.
- 16) L. Wang and W. J. Book: Using Leakage to Stabilize a Hydraulic Circuit for Pump Controlled Actuators, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 061007.
- 17) M. H. Toufighi, S. H. Sadati, F. Najafi, and A. A. Jafari: Simulation and Experimentation of a Precise Nonlinear Tracking Control Algorithm for a Rotary Servo-Hydraulic System With Minimum Sensors, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Transactions of ASME*, Vol.135 (2013), 061004.
- 18) H. Zhou and W. Song: Theoretical Flowrate Characteristics of the Conjugated Involute Internal Gear Pump, *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of IMechE*, Vol.227 (2013), pp.730/743.
- 19) H.L. Zhu, P. Ning, M. Zou, X. Qin, and J. Pan: A Gear Pump Based on Harmonic Gear Drive, *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of IMechE*, Vol.227 (2013), pp.2844/2848.
- 20) Y. Inaguma and K. Nakamura: Influence of Leakage Flow Variation on Delivery Pressure Ripple in a Vane Pump, *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of IMechE*, Vol.228 (2014), pp.342/357.
- 21) Y. Inaguma: A Practical Approach for Analysis of Leakage Flow Characteristics in Hydraulic Pumps, *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of IMechE*, Vol.227 (2013), pp.980/991.
- 22) E. Urata: Lateral Forces on Tapered Pistons—An Overview, *Journal of Mechanical Engineering Science, Proceedings of IMechE*, Vol.227 (2013), pp.961/979.
- 23) M. Pan, N. Johnston, A. Plummer, S. Kudzma, and A. Hillis: Theoretical and Experimental Studies of a Switched Inertance Hydraulic System, *Journal of Systems and Control Engineering, Proceedings of IMechE*, Vol.228, No.1 (2014), pp.12/25.
- 24) E. Busquets and M. Ivantysynova: Temperature Prediction of Displacement Controlled Multi-Actuator Machines, *International Journal of Fluid Power*, Vol.14 (2013).
- 25) M. Pelosi and M. Ivantysynova: The Impact of Axial Piston Machines Mechanical Parts Constraint Conditions on the Thermo-Elastohydrodynamic Lubrication Analysis of the Fluid Film Interfaces, *ibid.*
- 26) S. Kajiwara: Experimental Observations of the Fluid Flow within the L-Shaped Check Valve, *ibid.*
- 27) M. Dalla Vedova, P. Maggiore, L. Pace, A. Caimano, M. Ferro, and F. Fraternali: Comparative Analysis of a Hydraulic Servo-Valve, *ibid.*
- 28) A. Posa, P. Oresta, and A. Lippolis: Influence of the Spool Velocity on the Performance of a Directional Hydraulic Valve, *ibid.*
- 29) T. Ichiyonagi and T. Nishiumi: CFD Analysis and Improvement of Torque Detected Type Flow Meter, *ibid.*
- 30) J. M. Tucker and E. J. Barth: Design, Fabrication, and Evaluation of a Distributed Piston Strain-Energy Accumulator, *ibid.*
- 31) K. A. Marek, E. R. Gruber, and K. A. Cunefare: Linear Multimodal Model for a Pressurized Gas Bladder Style

- Hydraulic Noise Suppressor, *ibid.*
- 32) C. von Grabe, C. Riedel, C. Stammen, and H. Murrenhoff: An Analytic Thermodynamic Model for Hydraulic Resistances Based on CFD Flow Parameters, *ibid.*
  - 33) S. Stubkier, H. C. Pedersen, and T. O. Andersen: Design and Experimental Validation of Hydraulic Yaw System for Multi MW Wind Turbine, *ibid.*
  - 34) A. Y. Goharrizi and N. Sepehri: Application of Fast Fourier and Wavelet Transforms Towards Actuator Leakage Diagnosis: A Comparative Study, *ibid.*
  - 35) E. R. Gruber, K. A. Cunefare, P. W. Danzl, K. A. Marek and M. A. Beyer: Optimization of Single and Dual Suppressors Under Varying Load and Pressure Conditions, *ibid.*
  - 36) M. K. Bak and M. R. Hansen: Model Based Design Optimization of Operational Reliability in Offshore Boom Cranes, *ibid.*
  - 37) 和田重伸：平成25年春季講演会併設セミナー開催報告「自動車技術とフルードパワー」、フルードパワーシステム, Vol.44, No. 5, (2013), pp.311/313.
  - 38) 玄相昊, 野田史男, 森悦宏, 小曾戸博, 水井晴次：新しい純油圧ハイブリッドサーボ（第1報）：原理と油圧プレスへの適用, 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, (2013).
  - 39) 糟谷修史, 大田真平, 野中謙一郎, 鈴木勝正, 田村裕之, 杉村健：アキュムレータを用いたエンジン再起動によるアイドルングストップ方式油圧源, *ibid.*
  - 40) 金澤恵里, 五十嵐大貴, 阿部修, 築地徹浩, 安永和敏：マニホールドブロック内の圧力損失, *ibid.*
  - 41) 末若大輔, 石田浩基, 玄相昊：油圧式軽量2足歩行ロボットの開発（第1報）：機構設計, *ibid.*
  - 42) 米田知生, 細山貴弘, 玄相昊：油圧式軽量2足歩行ロボットの開発（第2報）：カサゴ駆動試験, *ibid.*
  - 43) 佐藤健, 山崎徹, 小嶋英一：統計的エネルギー解析（SEA）法を用いた油圧システムの騒音・振動解析（第1報, SEAの適用可能性と入力同定法の妥当性の検討）, *ibid.*
  - 44) 坂間清子, 田中豊, 鈴木隆司：気泡除去装置の性能評価（スパイラル係数による評価）, *ibid.*
  - 45) 風間俊治, 秋山恭佑, 熊谷賢人, 成田幸仁：噴流衝突式によるキャビテーション壊食に関する研究（噴流衝突面のねじ形状ならびに傾斜角度の影響）, *ibid.*
  - 46) 渡邊慧, 中川莉奈, 築地徹浩, 渡邊摩理子, 斎藤啓司, 矢加部新司：マイクロバブルの洗浄効果に関する研究, *ibid.*
  - 47) 大塚正和, 小曾戸博：油圧作動油の省エネルギー効果の評価方法（第2報）－省エネルギー効果の内訳－, *ibid.*
  - 48) 田中豊, 坂間清子, 中野和夫：油圧・空気圧と電気モータの特性比較に関する調査研究, *ibid.*
  - 49) 桜井康雄, 田中和博, 中田毅, 幸田武久：油圧回路設計・動特性解析用シミュレーションパッケージOHC-Sim, *ibid.*
  - 50) 鈴木勝也：ボンドグラフによるモデリング, *ibid.*
  - 51) 鎌田正雄：OpenModelicaのBondGraphシミュレーション, *ibid.*
  - 52) 加藤弘毅, 松本大輔, 鈴木淳：油圧モータ斜板レギュレータのロバスト設計, *ibid.*
  - 53) 菊池一志, 眞田一志, 高松秀樹, 鳥谷和史：状態遷移による自動変速機のモデリング, *ibid.*
  - 54) 柴田優, 中田毅, 田中和博：穴を持つ衝突する噴流の渦流れ, *ibid.*
  - 55) 竹村研治郎：平成25年秋季フルードパワーシステム講演会開催報告, フルードパワーシステム, Vol.45, No.3 (2014), pp.137/138.
  - 56) 増田精鋭：MORE ELECTRIC ENGINE 用定容積型燃料ブーストポンプの検討, 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.
  - 57) 栗林哲也, 長山拓史, 一柳隆義, 西海孝夫：扁平形状を有するヘルムホルツ型油圧サイレンサの減衰特性, *ibid.*
  - 58) 鈴木淳也, 大内英俊, 浅川賢一：海洋観測機用油圧浮力調整装置の試作と効率測定, *ibid.*
  - 59) 坂間清子, 田中豊, 鈴木隆司：気泡除去装置の形状パラメータの選定法の提案, *ibid.*
  - 60) 五十嵐大貴, 金澤恵里, 築地徹浩, 安永和敏：マニホールドブロック内の圧力損失の測定, *ibid.*
  - 61) 石川 優, 桜井康雄, 饗庭健一, 兵藤訓一：漏れに起因する圧力低下抑制素子, *ibid.*
  - 62) 一柳隆義, 栗林哲也, 西海孝夫：油圧管路に発生する圧力脈動の定在波（正規化終端インピーダンスによる共振特性の考察）, *ibid.*

- 63) 柴田優, 田中和博, 中田毅: 穴を持つ壁に衝突する噴流の渦流れ (第2報), *ibid.*
- 64) 酒井悟, 前島祐三: 多関節油圧マニピュレータのパラメータ同定法とモデル検証, *ibid.*
- 65) 眞田一志: DDVC を用いた船用ディーゼルエンジンの燃料噴射量制御, *ibid.*
- 66) 村松良祐, 大内英俊: 油圧6軸モーションベースにおける入力信号操作による軌跡追従性の確保, *ibid.*
- 67) 井野口力也, 伊藤和寿, 池尾茂, 高橋浩爾: 回生エネルギーの有効利用によるシリンダ駆動システムの省エネルギー化, *ibid.*
- 68) 田中豊: ICFP2013におけるフルードパワー技術研究の動向, フルードパワーシステム, Vol.44, No.5, (2013), pp.293/295.
- 69) オム祥仁: ICMDT2013におけるフルードパワー技術研究の動向, フルードパワーシステム, Vol.44, No.6, (2013), pp.353/354.
- 70) 大木孝利: 第13回スカンジナビアフルードパワー国際会議 (SICFP2013) に見る欧米の研究技術動向, フルードパワーシステム, Vol.44, No.6, (2013), pp.355/357.
- 71) 村山栄治: 第13回「運動と振動の制御」シンポジウム (MOVIC2013) 報告, フルードパワーシステム, Vol.45, No.1 (2014), pp.34/35.
- 72) 金澤恵里, 阿部修, 五十嵐大貴, 築地徹浩, 安永和敏: 油圧用マニホールドブロック内の流動解析, 第13回「運動と振動の制御」シンポジウム USB 論文集 (D&D 2013/MOVIC 2013), C27.
- 73) 風間俊治: 油圧ベーンポンプの熱潤滑実験に関する一考察, *ibid.*, C28.
- 74) 高松秀樹, 鳥谷和史, 菊池一志, 眞田一志: 非干渉化制御を用いた自動変速機の変速制御, *ibid.*, C31.
- 75) 吉田達哉, 小泉孝之, 辻内伸好, 蔣仲謀, 中本洋造: 動力学モデル用いた油圧ショベルの掘削作業解析, *ibid.*, A16.
- 76) 青木保夫, 木村太一, 和地天平, 梶原浩一, 田川泰敬: 電子装置を用いない高信頼性油圧アクティブ免震システム実用化の提案, *ibid.*, D14.
- 77) 田中豊: ASME/BATH FPMC2013 会議におけるフルードパワー技術研究動向, フルードパワーシステム, Vol.45, No.2, (2014), pp.74/75.
- 78) 坂間清子: ICHP2013 におけるフルードパワー技術研究動向, フルードパワーシステム, Vol.45, No.2, (2014), pp.76/77.
- 79) 香川利春, 菅野貴皓: FLUCOME2013 奈良開催報告, フルードパワーシステム, Vol.45, No.3, (2014), pp.127/130.
- 80) 川上幸男: 山梨講演会 2013 におけるフルードパワー技術研究動向, フルードパワーシステム, Vol. 45, No.2, (2014), pp.78/79.

#### 著者紹介



かざま としはる

風間 俊治君

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

E-mail: kazama@mmm.muroran-it.ac.jp