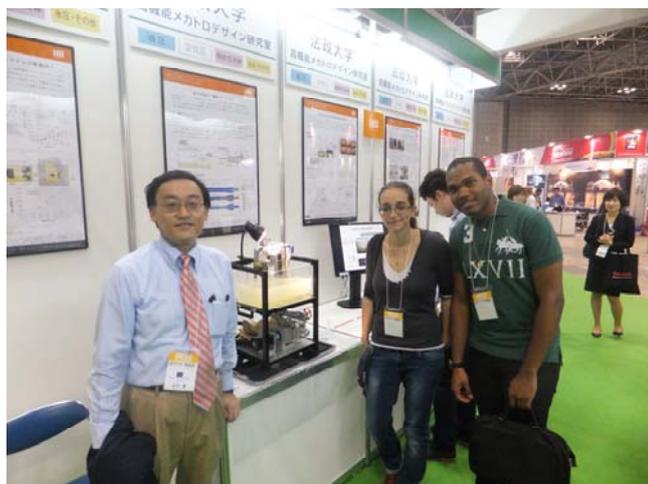
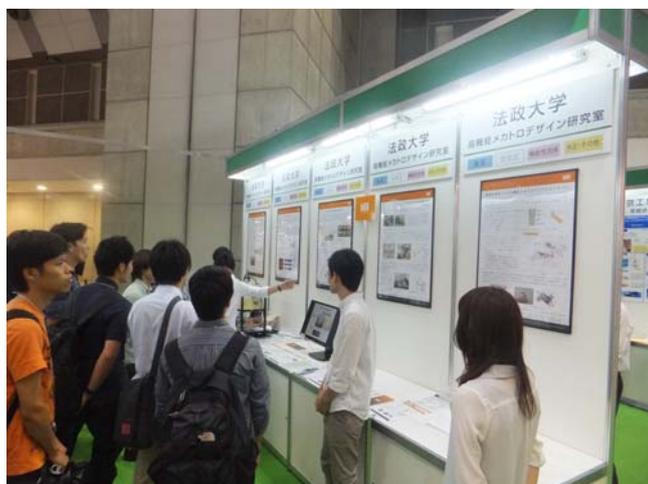


IFPEX2014（フルードパワー国際見本市）



解説

IFPEX2014油圧セミナー「油圧の魅力とその可能性に迫る」

たなか 豊
田中 豊

法政大学デザイン工学部
〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1
E-mail : y_tanaka@hosei.ac.jp

1985年東京工業大学大学院総合理工学研究科修了。その後、東工大精密工学研究所助手を経て、1991年法政大学講師、1992年同助教授、2002年同教授、現在に至る。2014年4月より法政大学情報メディア教育研究センター所長、工学博士（1991年 東京工業大学）



写真1 セミナー会場の様子

1. はじめに

2014年9月17日から19日にかけて東京ビッグサイトにおいて開催されたIFPEX2014（第24回フルードパワー国際見本市）の会期最終日、日本フルードパワーシステム学会主催による油圧セミナー「油圧の魅力とその可能性に迫る！」が会場内のセミナー会場Bにおいて開催された。写真1に示すように、当日は100名ほど着席できる会場が常時満杯の盛況で、後ろには立ち見の参加者も見られた。本稿では、著者の企画と進行で進められたこのセミナーの4件の講演概要について述べる。

2. 油圧の特長と最新事例の紹介

まず著者により、油圧と電動や空気圧などのアクチュエータの性能比較を通して油圧の魅力が紹介され、油圧要素やシステムの最新事例を通してその動向や新たな可能性についての問題提起がなされた。

田中らは市販の油圧（11社474機種）・空気圧（6社477機種）・水圧（2社6機種）のフルードパワー駆動ピストンモータとAC（6社756機種）・DC（3社259機種）の電動駆動モータの性能データを調査し¹⁾、図1に示すモータの自重 m とパワー密度 P_d の最新の調査結果²⁾を紹介した。油圧や水圧の液圧ピストンモータのパワー密度は、電動や空気圧モータに比べ1桁以上大きく、今後、図1の点線領域に相当する自重が100gでパワー密度が5W/g程度の液圧モータが実現できれば、大出力小形ロボットなどへの応用が期待できることが述べられた。さらに応答性を示す尺度であるパワーレート密度でも液圧モータや空気圧モータは

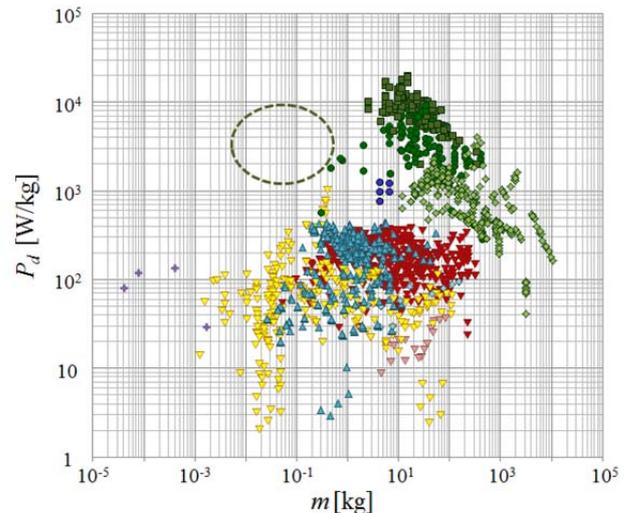


図1 各種アクチュエータのパワー密度の比較

電動モータに比べ優位であり、フルードパワーアクチュエータは電動と競合することなく、大きな出力密度と高応答性を有しており、より一層の小形化が、大きな可能性と新しい分野への展開を期待させることが指摘された。

後半では、材料開発と積層造形技術、エネルギー回生とアキュムレータ技術³⁾、油圧ハイブリッド建機⁴⁾、デジタル油圧変換器⁵⁾、油圧駆動人間型ロボットなどについての革新的な油圧要素とシステムの最新事例が紹介され、油圧の課題に取り組むプロジェクト立案の重要性や産官学による油

圧の特長を活かした FP コンソーシアムの設立や連携強化の重要性が述べられた。

3. 油圧の潤滑の奥義

次の講演は、室蘭工大教授の風間俊治氏により、油圧の特長を支える基盤技術としてのトライボロジー⁶⁾と克服すべき物理現象のひとつであるキャビテーション⁷⁾の観点から、油圧の魅力、奥義、動向が紹介された。

講演の前半では、図2に示すように容積式ポンプである油圧ポンプの圧力と速度の安定作動限界が(1)流体膜形成、(2)強度や変形、(3)発熱や熱平衡、(4)キャビテーション、で決まり、摺動部にはトライボロジー、相変化ではキャビテーションの壁が立ち上がる事が紹介された。またトライボロジーの観点からは、作動流体（作動油）の改良や材料・表面処理の改良、静圧軸受の機構的な改良と最適設計⁸⁾がブレークスルーとなった事が指摘された。

後半では理論⁹⁾や技術開発の最新事例が紹介された。摺動部の圧力や温度による変形や絞り部のキャビテーションなどを考慮した連成モデルによる数値シミュレーション¹⁰⁾や理論・実験解析事例が紹介され、油圧ポンプ・モータ性能の予測が可能となりつつあることや、材料の表面加工としての DLC や微細テクスチャ、キャビテーション壊食の防止策、作動油の低粘度化や高剛性化、気泡の分離除去などの技術開発事例が紹介された。油圧トライボロジーの世界の第一人者として、非常に示唆に富む内容の講演であった。

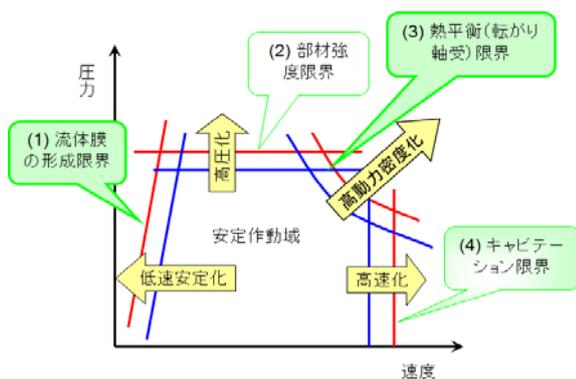


図2 油圧ポンプの安定作動域

4. 油圧ポンプ／モータの最新技術動向

3つ目の講演は、大見技術士事務所代表の大見康生氏により、油圧駆動システムの中心にあって重要機器である油圧ポンプ／モータの技術動向についての紹介があった。大見氏は長年、油圧機器

メーカーで油圧ポンプ・モータの研究開発に携わってきた技術者で、その知識と経験に裏打ちされた油圧ポンプ・モータの性能の動向が解説された。

まず油圧ポンプ・モータ形式の分類と特徴、改良の要点が述べられた。油圧ポンプ・モータの出力は定格圧力と押しつけ容積（容量）、回転数の積で決まるため、高出力密度なポンプ・モータを開発するためには、高圧化、高傾転角度化（大容量化）、高速化、軽量化の技術課題を克服することが必要であることが指摘された¹¹⁾。

次にこれらの技術課題は、材料や表面改質技術による耐焼付き性の向上、部品寸法精度の向上、油圧バランスの最適設計、球面バルブプレートによる自吸性能の向上、斜板支持構造の改良などの対策の結果が大きいことが指摘された。またこれらの改良により、これまで開発に携わった斜板ポンプの性能は、30年間で定格圧力が2.5倍、容量が1.5倍となり、出力密度は3.75倍に向上していることが紹介された。

さらに高効率化の観点からは、構成部品の諸元などからポンプ効率の予測がある程度可能となり、斜板式ポンプの最高効率は93%に達することなどが紹介された。また騒音の計測方法や振動測定方法が高度化し、筐体も含めた構造全体の振動シミュレーションが可能となったことが低騒音化に大きく寄与していることなどが紹介された。

最後に、油圧技術は歴史も古く、成熟した技術と言われているが、超小形ポンプ・モータなど新発想による新製品も生まれつつあり、油圧の本質を掘り下げ、計測や制御・解析技術を駆使してハイブリッド化することで、更なる付加価値の創造が期待できることが指摘された。

5. 油圧作動油の最新動向

本セミナー最後の講演は、出光興産株式会社営業研究所主任研究員の藤浪行敏氏により、油圧作動油が油圧動力を伝える流体としての機能に加え、省エネ・生分解・難燃性など様々な特性が付与された製品が登場していることを踏まえて、油圧作動油の最新技術動向の紹介が行われた。

最初に、油圧作動油の動向として油圧システムの高圧化・コンパクト化などにより油の使用環境が過酷になる中、耐摩耗剤として配合される亜鉛系の極圧添加剤（ジアルキルジチオリン酸亜鉛：ZnDTP）を原因とするスラッジや銅合金の腐食が問題視されてきたことが指摘された。図3にZnDTPのスラッジ発生の影響要因¹²⁾を示す。これらの対策として、スラッジの発生が非常に少な

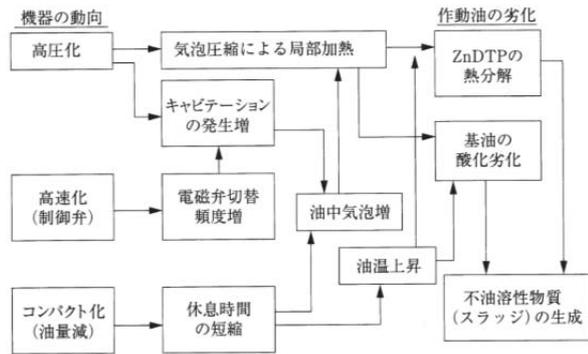


図3 亜鉛系作動油のスラッジ生成に対する影響因子

い非亜鉛系の耐摩耗型油圧作動油が開発されたことが紹介された、日本の作動油市場では、この非亜鉛系作動油の比率が増えつつあり、今後、世界でも使用が拡大していくことが予想されることが指摘された。

次に低温で粘度の増加を抑え始動時のエネルギーロスを低減したり、摺動部の摩擦係数を低減させたりする添加剤を配合した、省エネルギー型油圧作動油¹³⁾の市場が拡大していることが紹介された。

また2002年の消防法改正により、250°C以上の引火点を有する潤滑油が危険物（第4類第四石油類）から除外され、貯蔵や取扱いが容易になったことから、最近、高引火点型油圧作動油が開発されているとのことである。さらに生分解性油圧作動油の拡大や高剛性作動油などの今後の動向にも注視する必要があることなどが指摘された。

作動油は油圧システムの動力伝達媒体として、また摺動部の潤滑媒体として、その役割は大きい。油圧機器やシステムの研究者や技術者と作動油メーカーとのより一層の密な連携が必要である。

6. おわりに

本稿ではIFPEX2014の会場で開催された学会主催の油圧セミナー「油圧の魅力とその可能性に迫る！」の内容について紹介した。IFPEX2014の全体テーマである「超える技術、価値ある未来のものづくり。」を今後、日本が世界に先駆け持続的に発展させ、実現させていくにあたり、このセミナーの盛会は、本企画に携わった学会関係者として非常にうれしいことであるとともに、今後も学会が継続して、このような油圧セミナーを企画することが重要であることを痛感した。

参考文献

- 1) Tanaka, Y., Sakama, S., Nakano, K., Kosodo, H., Comparative Study on Dynamic Characteristics of Hydraulic, Pneumatic, and Electric Motors, Proc. ASME/BATH 2013 Symposium on Fluid Power & Motion Control, FPMC2013-4459 (2013).
- 2) Tanaka, Y., Sakama, S., Yokota, S., Nakano, K., Comparative Study on Performance of Fluid Power and Electric Actuators, Proc. 3rd China-Japan Joint Workshop on Fluid Power, pp.53-57(2014).
- 3) K. G. Strohmaier, P. M. Cronk, A. L. Knutson, J. D. Van de Ven, Experimental Studies of Viscous Loss in a Hydraulic Flywheel Accumulator Experimental Studies of Viscous Loss in a Hydraulic Flywheel Accumulator, Proc. IFPE2014 Technical Conference, No.6-1 (2014).
- 4) J. Zhang, Hydraulic Hybrid System for Swing Energy Recover and Reuse, Proc. IFPE2014 Technical Conference, No.19-2 (2014).
- 5) <http://digitalhydraulic.com/technology.html>
- 6) 山口惇: 油圧機器の潤滑, 潤滑, Vol.31, No.10, p.658-690 (1986)
- 7) 加藤洋治: キャビテーション, 槇書店 (2000)
- 8) 風間俊治: 静圧軸受の最適設計, フルードパワーシステム, Vol.33, No.4, p.210-215 (2002)
- 9) 風間俊治: フルードパワー機器のトライボロジーに関する理論の現状と研究の動向, フルードパワーシステム, Vol.40, No.4, p.193-196 (2009)
- 10) Pelosi, M., Ivantysynova, M.: The Impact of Axial Piston Machines Mechanical Parts Constraint Conditions on the Thermo-Elastohydrodynamic Lubrication Analysis of the Fluid Film Interfaces, International Journal of Fluid Power, Vol.14 (2013)
- 11) 大見康生, 建設機械用油圧ポンプの高出力密度化, 油空圧技術, Vol.47, No.7 (2008)
- 12) 松山雄一: 油圧作動油からのランニングコスト低減, 出光トライボレビュー, No.27, p.12 (2004)
- 13) 白神善隆: 油圧作動油による省エネルギー, 出光トライボレビュー, No.27, p.12 (2007)

(原稿受付: 20XX年X月XX日)