

解 説

平成 15 年度の水圧分野の研究活動の動向

眞田一志**

* 平成 16 年 7 月 8 日原稿受付

** 横浜国立大学大学院工学研究院，〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

1 はじめに

本稿では、平成 15 年度における水圧分野の研究活動の動向について、本学会の論文集と講演論文集などをもとに調査した結果を報告する。

2. 本学会論文集にみる研究動向

水圧用ピストンポンプは水圧システムの要となる機器である。水圧システムを駆動制御用に用いるとき、多くの場合斜板式ピストンポンプが採用される。斜板式ピストンポンプには、回転部としてシリンダブロックがあり、静止した弁板に対するシリンダブロックの運動を解明することが本質的な課題である。山口ら¹⁾はこの課題に取り組み、貴重な研究成果を得ている。すなわち、作動流体が水道水であることから、薄くても安定な流体膜の構成、ステンレス鋼と PEEK 材等のプラスチックを組み合わせた摺動面の採用を考慮しながら、慣性項を含めた数値解析を実施している。シリンダブロックの運動方程式の導出にあたり、弁板・シリンダブロック間の摺動面における潤滑状態を無限小幅軸受のレイノルズ方程式をもとにモデル化している。外周ジャーナル軸受については、動圧軸受の特性を非定常特性まで含めて考慮している。ポンプ駆動軸については、スプライン端部における駆動軸とシリンダの接触を考え、駆動軸両端における軸受特性に起因した両端支持、一端固定支持、両端固定支持の場合分けにもとづいて扱っている。シリンダブロックに作用する荷重として、シリンダ内圧力にもとづく力とモーメント及びピストン機構上生じる力とモーメントを考慮している。これらの要因を考慮した上で、シリンダブロックの運動方程式を立て、数値解析を実施している。その結果として、弁板とシリンダブロック間の流体膜形状が収束するまでの過程と、各諸元がその過程に与える影響が把握できることを示している。この研究により、水圧システム用斜板式ピストンポンプのトライボロジー面の設計法がまとめられ、設計指針を得ることができた。

一方、水圧システムでは水道水を用いることから、摺動部の材料とその摩擦特性に注意を払う必要がある。山口ら²⁾は、斜板式ピストンポンプに多く用いられている摺動部材のひとつである PEEK 材に着目し、その摩擦特性を実験的に明らかにした。試験装置として、ビン・オン・ディスク試験機を用い、面圧、速度、水温、水質をパラメータとして、PEEK-EXL-6 の特性を調べ、さらに潤滑モデルを導出した。摺動部に作用する荷重は、静圧効果・動圧効果にもとづく軸受作用に加えて、摺動面の固体接触によっても分担支持される。この研究では、固体表面の粗さを構成する突起部の存在に起因する潤滑特性を対象としている。実験パラメータとして、水質のちがう水道水、フィルター水、硬水、脱イオン水を取り上げ、水温は 28 度と 50 度とし、面圧を変えて実験を行い、さまざまな条件における摩擦係数を軸受パラメータの関数として整理して示した。このようなデータは、測定・公開されることはまれであり、非常に貴重な研究成果である。

もうひとつの研究論文は、著者自身のものなので書きにくいですが、簡略に紹介する。半導体製造工程のひとつに、ウェハ表面に作成された回路を保護するため、その表面を薄い樹脂の皮膜で被うプレス工程がある。このプレスを水圧駆動で実現するために実施した、荷重制御器の設計手法に関する研究成果を眞田³⁾が発表している。本研究は、最大荷重 100 トンの水圧駆動によるプレス（図 1）を共同研究プロジェクトにより試作研究する一環として行ったものである。その制御手法の開発のために、出力 2 トンの小型水圧シリンダによるプレス実験装置（図 2、図 3）を製作し、この装置を対象に荷重制御系の設計について検討した。プレス荷重を受ける樹脂や構造体の弾性変形、水圧サーボ弁の流量・圧力制御特性などを考慮して H_{∞} 制御理論

を用いた設計方法を検討した。さらに、サーボ弁とシリンダ間を接続する高圧ホースの長さの違いに対するロバスト性を明らかにした。

3．本学会講演会にみる研究動向

次に春季及び秋季講演会で講演発表された内容から研究動向について整理する。平成 15 年度春季講演会では、基調講演として池尾⁴⁾が水圧システムの水圧駆動システムの特徴と期待される応用分野について講演されている。水圧駆動の応用分野は、その圧力範囲で分類して考えられている。もっとも普及している中圧範囲は 14MPa 定格の機器を使用したもので、臨海・河川に係る土木作業機械や水門などの可動構造物の駆動用への応用がある。水道圧力を利用した低压領域では、プールサイドのリフトへの応用や、ドアの開閉装置への応用がある。その他、さまざまな分野における応用事例が紹介されており、水圧駆動の応用に関する現状が把握できる絶好の文献である。

また、同講演会では、水圧をテーマとしたオーガナイズドセッションが企画され、4 件の講演発表がなされている。田中ら⁵⁾は、アミューズメントロボットに使われるアクチュエータに水圧を使用するメリットを、実験をもとに示している。アミューズメントロボットは、クリーンな環境で使われることから、空気圧が利用されてきたが、ロボット動作の制御、特に停止時の振動を制御するのが難しいとされてきた。アクチュエータとして水圧用シリンダを使用すれば、簡便なメータアウト制御によって、停止時も含めてロボットの動作を自在に制御できることを示された。朴ら⁶⁾は、水圧用の高速電磁弁の開発を行っている。比例ポペットを主弁として使用した水圧用高速電磁弁の構造と作動原理を提案し、試作した電磁弁を PWM 駆動した際の制御特性を実験によって明らかにした。風間⁷⁾は、軸受機構の観点から、水圧ポンプ・モータのトライボロジーに関する基本的な考え方を整理して示した。特に、軸受特性について、水道水を使用した場合と油圧作動油を使用した場合の比較考察は簡明に整理されており、貴重な資料である。大島⁸⁾は、海外における研究動向を、滞在経験を踏まえて整理されている。フィンランドではタンペレ工科大学について、デンマークではデンマーク工科大学を取り上げ、イギリスではハル大学及びバース大学での研究成果を紹介されている。また、ドイツのアーヘン工科大学やハンブルグ・ハーブルグ工科大学及びドレスデン工科大学、アメリカのブリュー大学、中国の華中科技大学と浙江大学について紹介している。海外、特に欧米と中国では水圧に関する研究が盛んに行われているが、それらの要所を網羅した優れたサーベイである。

平成 15 年秋季フルードパワーシステム講演会では、2 件の講演発表がなされた。信田⁹⁾らは、水圧駆動を利用した鶏胸肉自動脱骨装置の紹介を行っている。このような食品機械は、安全・衛生管理に対する積極的な取り組みが求められているため、耐洗浄性、保守管理、信頼性が求められている。この点で、水圧駆動は他の駆動方式に比べて優れている。この装置では、新たに開発された水圧ベーンモータが採用された。最大吐出圧力 2.0MPa、最大流量 40L/min の水圧ユニットが用いられている。朴ら¹⁰⁾は、開発中の水圧用高速電磁弁の特性解析を目的として数学モデルを導出し、実験結果との比較を実施している。

4．JFPS 及び JFPA における研究動向

本学会（JFPS）では、水圧駆動推進研究委員会（委員長 池尾 茂）が設置され、工場見学などを交えた調査研究活動を実施している。また、（社）日本フルードパワー工業会（JFPA）では、アクアドライブ技術と称し、実用化に関する調査研究を実施した。平成 16 年 3 月に報告書¹¹⁾を発行している。また、技術資料の改訂を行い、同じく平成 16 年 3 月に「アクアドライブシステム - 技術資料 3」を発行¹²⁾している。これらは、実用を念頭に置いた実験・調査研究をまとめたものであり、貴重である。

5．おわりに

平成 15 年度における水圧に関する研究活動の動向を、本会の論文集及び講演会論文集をもとに調査した。材料、機器、システム、応用及びサーベイに関する多様な研究成果が得られた。最後に、水圧の応用分野は広く、特に低压領域の分野では私たちの手の届くところへの応用が期待されている。より多くの皆様に水圧分野の研究に参加されることを期待しつつ、筆をおく。

参考文献

- 1) 山口 惇、汪 雄鷹、水圧システム用斜板式ピストンポンプの摺動部設計法について、日本フルードパワーシステム学会論文集、第 34 巻第 4 号、p.92/98、2003.
- 2) 山口 惇、岡元義尚、汪 雄鷹、水圧システム機器に用いる摺動部材 P E E K の摩擦特性について、日本フルードパワーシステム学会論文集、第 34 巻第 2 号、p.40/45、2003.
- 3) 眞田一志、水圧駆動樹脂封止プレスのロバスト荷重制御器の設計手法に関する研究、日本フルードパワーシステム学会論文集、第 34 巻第 3 号、p.72/78、2003.
- 4) 池尾 茂、水圧システムへの期待、平成 15 年春季フルードパワーシステム講演会論文集、p.21/24、2003.
- 5) 田中 豊、石橋純平、伊藤富英、メータアウト方式による空気圧駆動と水圧駆動の比較、平成 15 年春季フルードパワーシステム講演会論文集、p.35/37、2003.
- 6) 朴 聖煥、北川 能、川島正人、李 珍杰、呉 平東、水圧用高速電磁弁の流量特性改善に関する研究、平成 15 年春季フルードパワーシステム講演会論文集、p.38/40、2003.
- 7) 風間俊治、水圧ポンプ・モータのトライボロジーについて、平成 15 年春季フルードパワーシステム講演会論文集、p.41/43、2003.
- 8) 大島 茂、海外における水圧駆動技術の研究動向、平成 15 年春季フルードパワーシステム講演会論文集、p.44/46、2003.
- 9) 信田昌男、菅原 博、食品機械用アクアドライブシステムの開発、平成 15 年秋季フルードパワーシステム講演会論文集、p.177/178、2003.
- 10) 朴 聖煥、北川 能、李 珍杰、川島正人、水圧用高速電磁弁の特性解析、平成 15 年秋季フルードパワーシステム講演会論文集、p.179/180、2003.
- 11) (社) 日本フルードパワー工業会、平成 15 年度アクアドライブ技術の実用化に関する調査研究報告、平成 16 年 3 月.
- 12) (社) 日本フルードパワー工業会、アクアドライブシステム - 技術資料 3、平成 16 年 3 月.

著者紹介



さなだ かずし

眞田一志君

横浜国立大学大学院工学研究院助教授．制御工学の教育研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，計測自動制御学会などの会員．工学博士．

email:sanada@post.me.ynu.ac.jp

URL: <http://www.sana.me.ynu.ac.jp>



図 1 水圧駆動樹脂封止プレス試作機の概観



図 2 モデル実験用水圧駆動シリンダ制御装置の概観

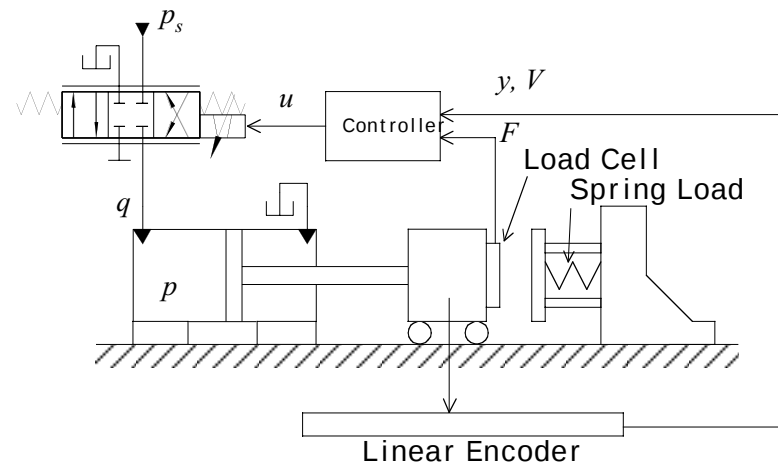


図 3 実験装置のシステム構成