

## 解 説

## 平成 14 年度の水圧分野の動向\*

池尾茂\*\*

\* 平成 15 年 7 月 19 日原稿受付

\*\* 上智大学理工学部，〒102-8554 千代田区紀尾井町 7-1

## 1. はじめに

水圧システムは古くから使用され、ヨーロッパでは産業革命以後、石炭による蒸気力でポンプを駆動し、発生させた水圧エネルギーを供給する水力供給会社が設立され、広く用いられていた。その代表的なものは、ロンドンのタワーブリッジの開閉装置、エッフェル塔のエレベーターである。当時の水圧駆動システムは水漏れ、潤滑の悪さ、錆の発生などの問題があったことから、20 世紀はじめからは作動流体として油を使用する油圧システムが主流となった。しかしながら、近年環境に関する意識の高まりに連れて、またセラミックスなどの新材料の開発、表面処理技術の進歩、コンピュータによる高度な解析技術などのハイテク技術により上記の問題点が解決され、再び水圧システムが見直され、水道水を作動流体とするシステムの研究開発が進められている。

## 2. 技術動向

初期の水圧技術と比較して、今日の水圧駆動技術は、新しい材料の開発、加工技術や解析技術、制御技術の進歩に支えられた、初期の水圧とはまったく異なる新しいハイテク水圧技術であり、アクアドライブシステム(ADS)とも呼ばれている。浦田、宮川<sup>(1)</sup>によるこの新しい水圧技術に関する日本語の解説書が平成 14 年 7 月に出版された。水圧駆動の原理、水圧機器、水の管理、応用例などがわかりやすく説明されており、水圧技術の普及に寄与するものであろう。また、本学会の創立 30 周年記念事業の一環として水圧駆動テキストブック<sup>(2)</sup>も出版された。

月刊誌「油空圧技術」の 2003 年 2 月号は水圧駆動システム特集号であり、国内外の研究動向、応用例など 7 編の記事が掲載されている。そのなかで、宮川<sup>(3)</sup>は ADS 機器の現状、他の駆動方式とのすみわけ、環境保全と社会システムとの関連から ADS の応用領域について論じている(図 1 参照)。

日本フルードパワー工業会では、アクアドライブ技術の実用化に関する調査研究委員会を設置し、調査研究を行うとともに、平成 10～12 年度に行った「環境融和型水圧駆動システムに関する調査研究委員会」の成果を含めてアクアドライブシステムの普及のための「アクアドライブシステム - 技術資料」を発行した<sup>(4)</sup>。運転条件が水質にどのような影響を与えるかに関する水質試験とダイカストマシンの簡略化モデル装置を使った予備実験(水圧シリンダを高速駆動する場合の問題点の洗い出し)の結果および国内における水圧機器の取り扱い状況についてのアンケート調査結果が報告書<sup>(5)</sup>に述べられている。

## 3. 研究動向

水道水を作動流体とする水圧駆動技術に関する研究は主として北欧と日本で行われている。ここでは、本学会の論文集と平成 14 年 11 月に開催された第 5 回 JFPS フルードパワー国際シンポジウムで発表された論文を中心に紹介する。

大島ら<sup>(6)</sup>は、水圧ポペット弁内のキャピテーションについて、その発生プロセス及び弁の特性に及ぼす影響は定性的に油圧ポペット弁の場合と同様であるが、流量係数、圧力分布、及びキャピテーションの初生に関しては定量的に大きな差があることを報告し、その原因は水が油に比べて粘度が小さく密度が大きいことであると述べている。

真田ら<sup>(7)</sup>は、樹脂封止プレス用水圧駆動システムの一連の動作を数値シミュレーションするための数学

モデルを構築し、その妥当性を実験結果と比較することにより確認している。荷重の立ち上がり時の波形が実験結果とシミュレーション結果で異なっているがその原因は樹脂の流動状態にあると述べている。また、このシミュレーションモデルを用いたシミュレーションにもつづいて、樹脂封止プレス用水圧駆動システムの荷重制御用のロバストな H コントローラを設計し、その有効性を実験によって確認している<sup>(8),(9)</sup>。

林ら<sup>(10)</sup>は、水圧よりリーフ弁の動特性解析を行い、リーフ弁を安定化させるための効率的な方法として、中間弁室の除去とパイロット弁の軽量化を提案し、さらに排出管路リーフ弁の安定性に及ぼす影響に付いても明らかにしている。

フィンランドでは、3 MPa 程度までを低圧領域と呼び、石油精製プラント、化学プラントなどで用いられている機器を使って水圧駆動システムを構成することに向けた研究が盛んに行われており、第 5 回 JFPS フルードパワー国際シンポジウムにおいてもいくつかの発表がなされた。Virvalo<sup>(11)</sup>は、プラント用の空気圧ポジショナーを水圧シリンダの位置制御に応用した結果について報告し、良好な静特性、動特性が得られるが、ポジショナーが高価であることが問題であると述べている。Linjama ら<sup>(12)</sup>は複数のオンオフ弁を用いて水圧シリンダの位置の PCM 制御を行った結果を、Laamanen ら<sup>(13)</sup>は水圧モータの速度に同じく PCM 制御を適用した結果を報告し、いずれも良好な制御性能が得られたと述べている。Sairiala ら<sup>(14)</sup>は、低圧用の比例流量方向制御弁を用いた場合と方向制御弁と比例絞り弁を組み合わせる場合についてシリンダの速度制御試験実験を行い、前者のほうが良好な制御性能を示すことを報告している。

Terasaka ら<sup>(15)</sup>は、高圧領域(14MPa)で用いられる水圧モータの回転角制御へゲインスケジューリング PI 制御の適用した結果を報告し、良好な性能が得られることを示している。

水圧用の新しい機器に関して、Vuorisalo ら<sup>(16)</sup>は制御弁のパイロット段のアクチュエータとしての形状記憶合金アクチュエータの性能を、Park ら<sup>(17)</sup>は水圧用に開発した高速電磁弁について、Shinoda ら<sup>(18)</sup>は低圧水圧用の平衡形ベーンモータの開発について、Suzuki ら<sup>(19)</sup>は水圧用スプール弁の静圧軸受内の圧力分布についての解析結果を報告している。

この他、水圧駆動システム中における細菌の発生がフィルタの性能に及ぼす影響<sup>(20)</sup>、OHC Sim を用いた低圧水圧駆動システムの動特性シミュレーション<sup>(21)</sup>に関する研究結果が報告されている。

#### 4. おわりに

以上、平成 14 年度における水圧技術に関する文献を紹介した。これらからいえることは、水圧技術はまだ発展途上であり、高価でない機器の開発、水固有の問題(粘度が低いための漏れ、潤滑性が悪いため摩擦など)に対処するための制御手法などまだまだ解決すべき問題が残されているということである。その中で、比較的低い圧力領域で既存の機器を利用して妥当なコストの水圧駆動システムを実現しようとする方向と、比較的高い圧力領域でコストはかかっても従来の油圧が使えなかった分野へ水圧駆動システムを応用しようとする方向の二つの方向に水圧に関する研究が分かれてきているように見受けられる。今後とも、多くの研究者が興味を持ち、解決にむけて取り組まねばならない。

#### 参考文献

- 1) 浦田, 宮川: 水圧駆動技術入門, 日刊工業新聞(2002).
- 2) 日本フルードパワーシステム学会(編): 水圧駆動テキストブック, 日本フルードパワーシステム学会(2003).
- 3) 宮川: アクアドライブシステム(ADS)を展望する, 油空圧技術, Vol.42, No.2, (2003), pp. 12/19.
- 4) 日本フルードパワー工業会(編): アクアドライブシステム - 技術資料 2, 日本フルードパワー工業会(2003).
- 5) 平成 14 年度アクアドライブシステムの実用化に関する調査研究報告書, 日本フルードパワー工業会(2003).
- 6) S.Oshima et.al.: Experimental Study on Cavitation in Water Hydraulic Poppet Valve, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 33, No. 2, (2002), pp. 29/35.
- 7) 真田他 6 名: 樹脂封止プレス用水圧駆動システムのシミュレーションに関する研究, 日本フルード

- パワーシステム学会論文集 , Vol. 33, No. 4, (2002), pp. 99/106.
- 8) K. Sanada : A method of designing a robust force controller of a water-hydraulic servo system, Proc.Instn.Mech.Engrs., Vol.216 Part I, pp. 135/141.
  - 9) K. Sanada and T. Seki : A Method of Designing a Robust Force Controller of a Water-Hydraulic Servo System, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 567/572.
  - 10) 林他 3 名 : 水圧用リリーフ弁の動特性解析 , 日本フルードパワーシステム学会論文集 , Vol. 33, No. 7, (2002), pp. 149/155.
  - 11) T. Virvalo : Feasibility Study of a Water Hydraulic Positioning System in Process Valves, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 131/136.
  - 12) M. Linjama, K.T. Koskinen and M. Vilenius : Pseudo-Proportional Position Control of Water Hydraulic Cylinder Using ON/OFF Valves, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 155/160.
  - 13) A. Laamanen, J. Tammisto, K.T. Koskinen and M. Vilenius : Velocity Control of Water Hydraulic Motor, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 167/172.
  - 14) H. Sairiala, M. Linjama, K.T. Koskinen and M. Vilenius : Proportional Velocity Control of Low-Pressure Water Hydraulic Cylinder Drive, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 181/186.
  - 15) D. Terasaka, K. Ito and S. Ikeo : PID-Control of Water Hydraulic Servomotor System, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 143/148.
  - 16) M. Vuorisalo and T. Virvalo : Use of Shape Memory Alloy for a Pilot Stage Actuator of a Water Hydraulic Control Valve, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 149/154.
  - 17) S.-H. Park and A. Kitagawa : A Development of Water Hydraulic High Speed Solenoid Valve, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 137/142.
  - 18) M. Shinoda, C. Yamashina and S. Oshima : Development of a Low-Pressure Water Hydraulic Motor, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 187/192.
  - 19) K. Suzuki and E. Urata : Experimental Study on Hydrostatic Supports of Water Hydraulic Valves, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 177/180.
  - 20) H. Ripinen et.al. : Effects of Microbial Growth and Particles on Filtration in Water Hydraulic System, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 173/176.
  - 21) Y. Yata, T. Nakad and Y. Sakurai : Dynamic Characteristics of Low-Pressure Water Hydraulic System, Proc. of 5<sup>th</sup> JFPS International Symposium on Fluid Power, (2002), pp. 161/166.

#### 著者紹介



いけおしげる

池尾茂君

1943 年 4 月 1 日生まれ .

1971 年上智大学大学院博士課程課程満期退学 .1972 年上智大学理工学部助手 . 講師 , 助教授を経て , 1991 年同教授 , 現在に至る . 流体機械 , 流体制御の研究に従事 . 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 . 工学博士 .

email:s\_ikeo@sophia.ac.jp

URL: <http://www.me.sophia.ac.jp/fluid/ikeo.htm>

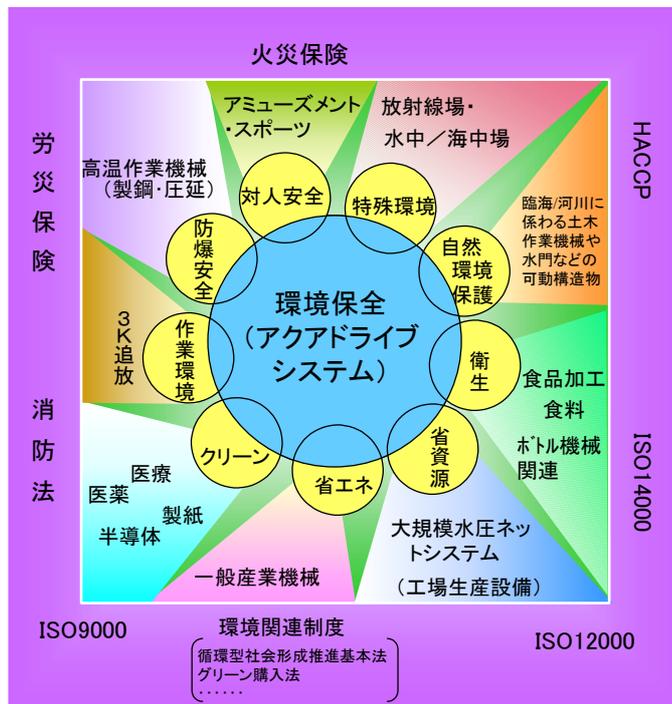


図 1 アクアドライブシステムの応用領域<sup>(3)</sup>

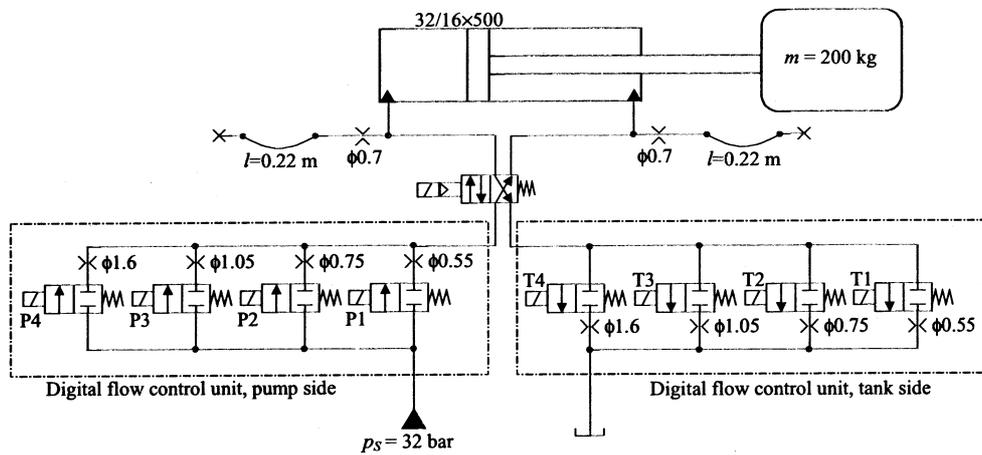


図 2 水圧シリンダの PCM 制御<sup>(1,2)</sup>

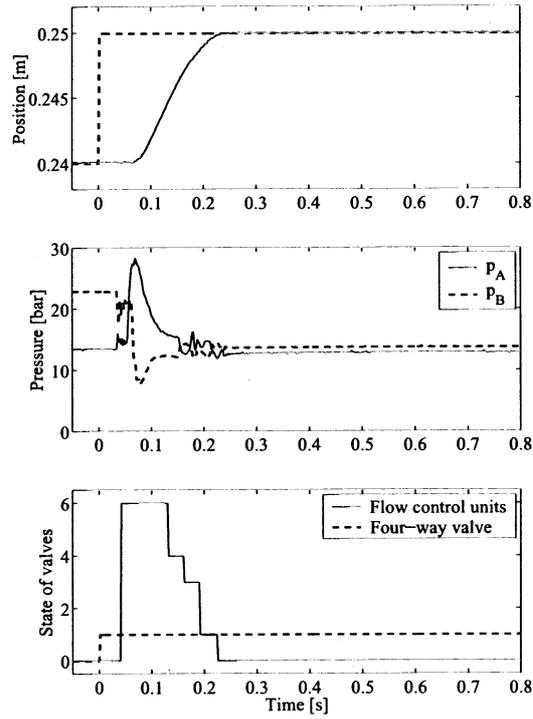


図 3 水圧シリンダの位置制御実験結果 (12)

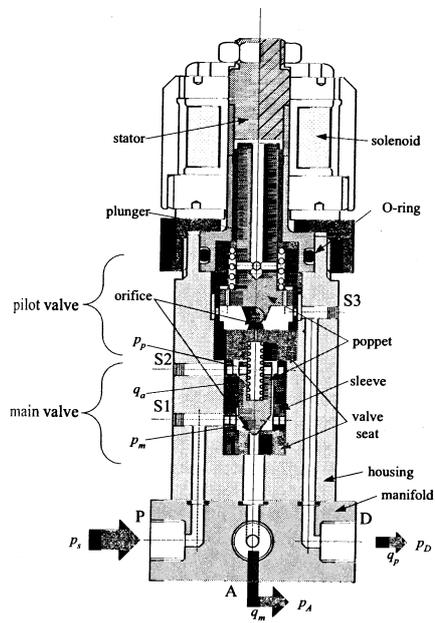


図 4 水圧用高速電磁弁 (17)

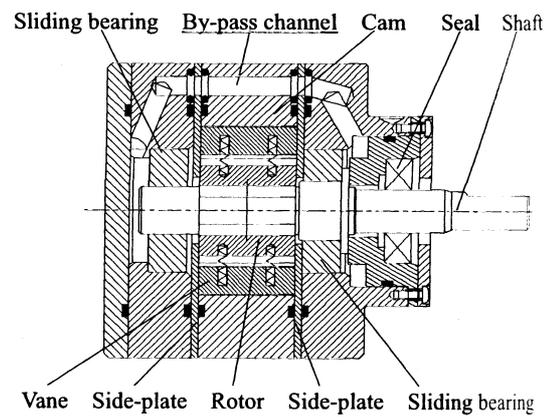


図 5 水圧用低圧ベーンモータ (18)