

解 説

油空圧機器振興財団顕彰を受賞して*

廣岡 大祐**

* 平成 28 年 6 月 6 日原稿受付

** 関西大学システム理工学部，〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

1. はじめに

このたび、油空圧機器振興財団顕彰をいただきましたこと、まことに光栄なことである。関係者各位に心よりお礼申し上げる。受賞対象論文「微粒子励振型流量制御弁を用いた空気圧シリンダの速度制御」は、著者が学生時代、当時、岡山大学教授であった鈴森康一先生のご指導の下、研究を開始したものである。改めて、鈴森先生をはじめ、お世話になった皆様にお礼申し上げる。本稿では、受賞論文の内容について紹介する。

2. 研究概要

微粒子励振型流量制御弁は筆者らが開発している小型で応答性が高く連続的な流量制御が可能な制御弁である。受賞論文ではこの微粒子励振型流量制御弁を用いて、空気圧シリンダの速度制御を行い、シリンダ高速駆動時の行程端での衝撃緩和の実現を目指したものである。空気圧シリンダの行程端での衝撃緩和には、エアクッション機能を内蔵したシリンダを用いる方法やショックアブソーバを用いる方法が一般的である。また、行程端での衝撃を抑制すべく、シリンダ速度を適切に制御するための流量制御弁や、固定絞りのスピードコントローラを用いたメータアウト/メータイン駆動による速度制御などが行われている。これらの中で、固定絞りのスピードコントローラは弁の開度を変化させることで、容易にシリンダの速度を調整することが可能であり、汎用性も高く、広く使用されている。また固定絞りのスピードコントローラは小型・軽量であり、制御対象であるシリンダの近くで速度を制御することが可能である。しかし、固定絞りのスピードコントローラは、駆動中にシリンダの速度を変更することが出来ない。このスピードコントローラに変わる制御機器を用いて、動作端付近でシリンダの速度を適切な速度まで減速出来れば衝撃緩和のための機構を用いずに高速で駆動できる。現在、一般的なスピードコントローラにかわる流量可変の制御機器として、小型の ON/OFF 弁^{1)~4)}やサーボ弁⁵⁾が開発されている。開発されている ON/OFF 弁を複数組み合わせる⁶⁾、制御システムを開発することにより連続的な流量変化の実現を目指した研究⁷⁾も行われている。著者らが開発している微粒子励振型流量制御弁は、一般的なスピードコントローラと同等のサイズで、電気信号により流量を連続的に調整することが可能である^{8)~10)}。図 1 に開発している制御弁の駆動原理を示す。この流量制御弁はオリフィス板、微粒子、圧電素子から構成されている。オリフィス板には複数のオリフィスが設置されており、管路内部に空気が供給されると、図 1(a)のように、微粒子がオリフィス開口部に押し付けられ空気の流れを塞ぐように設計されている。弁が閉じている状態で、図 1(b)のように、圧電素子による共振を用いて、オリフィス板を振動させ、微粒子に外力を加えることで、オリフィスが開き流量が変化する。開発した制御弁では図 1(b)のようにオリフィス板中心が振動の腹になるモードを使用し、印加電圧により振動振幅を増加させることで、オリフィス板中心付近に設置されたオリフィスより、開口が起これ、印加電圧を制御することで、流量を連続的に制御することが可能である。この動作原理では弁体となる微粒子の位置決め用の機構が必要なく、制御弁の小型化が可能になる。また、制御弁の駆動に圧電素子を用いているので、高い応答性が見込まれる。図 2 に実際に作製した流量制御弁を示す。流量制御弁の寸法は外径 10mm、高さ 9mm、質量は 2.5g である。オリフィス板のフランジ部分には厚さ 0.2mm の圧電素子が電極とともにボルト締めで固定されており、高い振動性能を有する。この流量制御弁では、共振周波数で印加電圧を制御することにより、図 3 のように連続的な流量特性が得られることが確認されている¹⁰⁾。最大流量は 0.7MPa 印加時に最大 50L/min であ

った。開発している微粒子励振型流量制御弁を用いることで、一般的なスピードコントローラにはできない空気圧シリンダの駆動途中の速度変化が可能であり、シリンダの高速駆動と行程端での衝撃緩和が実現できると期待された。

微粒子励振型流量制御弁を用いた空気圧シリンダの速度制御システムを図 4 に示す。システムの構成要素は、シリンダ、シリンダ駆動用バルブ (Valve1, Valve2)、圧力計、流量計である。シリンダには、光学式の直行エンコーダが搭載されており、シリンダの位置情報、速度情報を取得することが可能である。このシリンダのストロークは 200mm、内径は 40mm、駆動部の質量は 1.14kg である。このシステムでは Valve2 の排出側に流量制御弁を取り付け、ピストンが図中右側に動く際に、メータアウト回路としシリンダを駆動した際のピストンの位置情報、速度情報を取得した。排出側の有効断面積を求めるために、Valve2 側に圧力計と流量計を設置している。また、行程端での衝撃をシリンダに発生する振動の加速度を測定することで比較した。振動加速度の測定にはレーザードップラ振動計を用いた。実験ではシリンダの速度を高速駆動時 (有効断面積 0.60mm^2)、低速駆動時 (有効断面積 0.26mm^2)、高速から低速に切り替えた際のシリンダの位置情報の推移を測定した。測定した結果を図 5 に示す。実験の結果より、有効断面積を切り替えることで、シリンダ速度を高速から低速に切り替えることに成功した。速度の切り替えに要した時間は 0.2s であった。位置情報の推移の比較より、速度を行程端付近で切り替えることで、シリンダの駆動時間を高速駆動時と同等に、行程端での速度を低速駆動時と同様に切り替え得ることが出来た。ここで、シリンダの行程端での衝撃を図 6 に示す。図 6 より速度を切り替えることにより、行程端での衝撃をシリンダ低速駆動時と同様の値まで低下していることが確認できた。以上の結果より、微粒子励振型流量制御弁を用いてシリンダ速度を切り替えることで、シリンダの駆動を高速化し、行程端での衝撃を低減することに成功した。この方法を用いることで、シリンダの駆動時間を短縮し、駆動の効率を高めることが可能である。

3. おわりに

この研究を通じ、空気圧シリンダを有するシステムの更なる効率化の可能性を示すことが出来た。現状、用いたシステムは実験段階であり、駆動条件の最適化、制御システムの構築など課題が残っている。空気圧機器の効率化を目指し、今後とも研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) S. Jien, S. Hirai, and K. Honda : Miniaturization Design of Piezoelectric Vibration-Driven Pneumatic Unconstrained Valves, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.22, No.1, P91-99, (2010)
- 2) T. Akagi, S. Dohta and S. Katayama : Development of Small-sized Flexible Control Valve Using Vibration Motor, *Proc.7th JFPS International Symposium on Fluid Power*, TOYMA, P2-25 (2008)
- 3) S. Yun, K. Lee, H. Kimb, H. Sob : Development of the pneumatic valve with bimorph type PZT actuator, *Materials Chemistry and Physics* 97, P1-4 (2006)
- 4) K.-P. Fritz, V. Mayer, T. Steffens, H. Kuck : Switching Valve with Isolated Impact Actuator, *Actuator 2010 12th International Conference on New Actuator*, B1.3, P242-245 (2010)
- 5) A. Nasir, T. Akagi, S. Dohta, and A. Ono, "Analysis of Low-cost Wearable Servo Valve Using Buckled Tubes for Optimal Arrangement of Tubes" 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 831-835 (2015)
- 6) T. Akagi, S. Dohta, H. Ueda: Development of Small-sized Fluid Control valve with Self-holding Function Using Permanent Magnet, *Journal of System Design and Dynamics*, Vol. 4, No. 4, p.552-563 (2010)
- 7) 泉沢和宏, 平井慎一: 16.0x7.0x17.5mm のサイズで 0.5MPa を制御できる三方向無拘束ポペット弁の開発, *日本ロボット学会第 30 回記念講演会論文集*, RSJ2012AC2I2-2(2012)
- 8) D. Hirooka, K. Suzumori, T. Kanda : Flow control valve for pneumatic actuators using particle excitation by PZT vibrator, *Sensors and Actuators A155*, p.285-289 (2009)
- 9) D. Hirooka, K. Suzumori, T. Kanda : Design and Evaluation of Orifice Arrangement for Particle-Excitation Flow Control Valve, *Sensors and Actuators A171* P283-291 (2011)

- 10) 廣岡大祐, 鈴木康一, 神田岳文: 微粒子励振型空気流量制御弁の非線形性保障による流量制御, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 43, No. 5, p.117-121(2012)

著者紹介



ひろおか だいすけ

廣岡 大祐君

1983年8月24日生まれ。

2012年岡山大学大学院博士課程後期修了。同年関西大学システム理工学部助教, 現在に至る。空気圧アクチュエータ, 流量制御弁, 空気圧機器の制御などの研究に従事。日本フルードパワーシステム学会, 日本機械学会, 精密工学会などの会員。博士(工学)。

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

URL: http://reynolds.ifs.tohoku.ac.jp

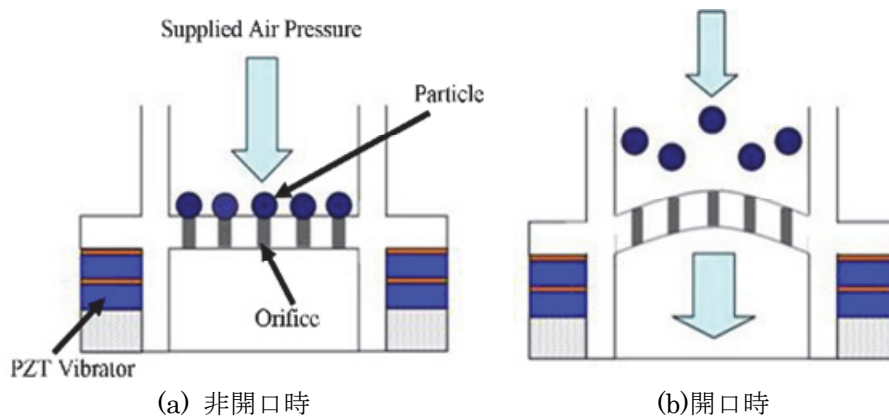


図1 微粒子励振型流量制御弁原理図

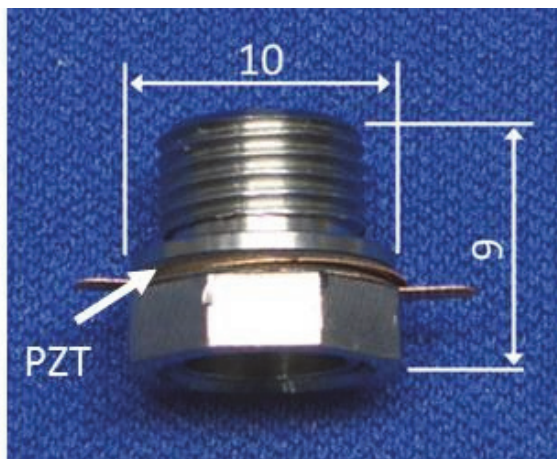


図2 微粒子励振型流量制御弁

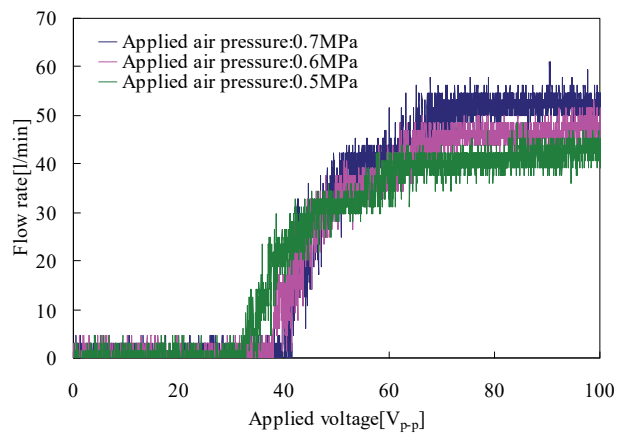


図3 流量制御弁流量特性

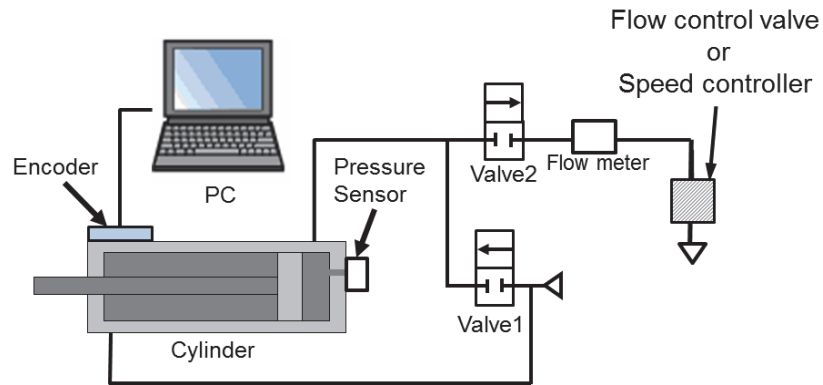


図4 実験システム概略

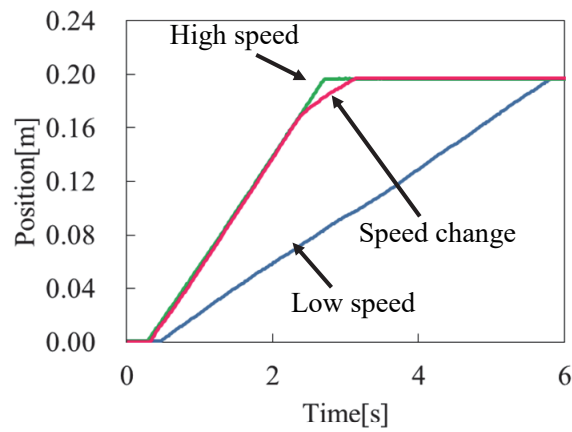


図5 シリンダ速度変化実験

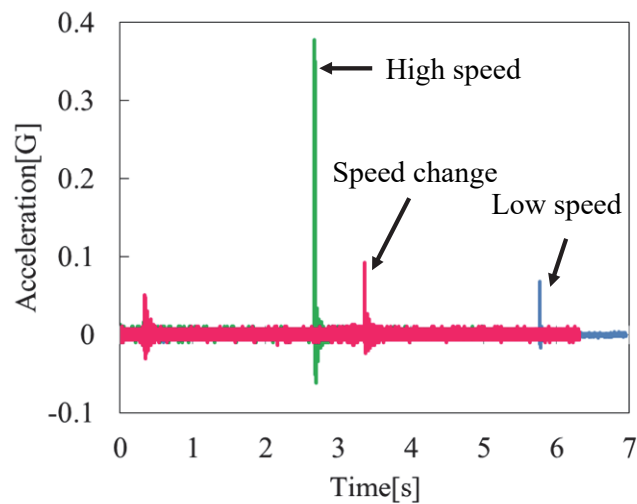


図6 シリンダ衝撃評価