

# 振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁内部におけるポペットの動作計測

○山本紘平（立命館大学） 平井慎一（立命館大学）

下ノ村和弘（立命館大学） 高野保英（近畿大学）

## 1. 緒言

ロボットを、空気圧アクチュエータを用いて駆動させるためには、高出力で、ロボットに内蔵できる程度小型な空気圧弁が必要である。現在、電磁ソレノイド弁という空気圧弁が販売されている。これはサイズが大きく、ロボットに内蔵するには適していない。また、サイズが十分小さいマイクロ空気圧弁がある。しかし、これは流量が少なく、身の周りの機器への実用例が少ない。これらの理由により、小型で、高出力な空気圧弁が必要である。そこで我々は、小型で、流量を十分確保できる弁として、振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁を製作した[1]。この弁は常に安定した流量を確保することはできず、時間によってばらつきが生じる。これは、ポペットと圧電素子の動きの関係により生じた現象であると考えられる。圧電素子とポペットの動作関係が判明すれば、これによる弁の設計変更により、弁の制御性能の改善や、安定した流量の確保が期待される。そのため、本研究では、透明な振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁を製作し、その内部におけるポペットの動作を、ハイスピードカメラを用いて計測する。

## 2. 振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁

振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁は圧電素子が振動することにより駆動する空気圧弁である。以降、本弁を無拘束弁と呼ぶ。本章では無拘束弁の構造と駆動システムについて述べ、その後、特性について述べる。

### 2.1 構造

無拘束弁を図1に示す。無拘束弁は外側からチューブ、ケース、ベース、ポペット、オリフィス、圧電素子から構成されている。また、この無拘束弁

は供給圧力 0.5MPa で 9.0L/min 以上の流量を發揮できる。

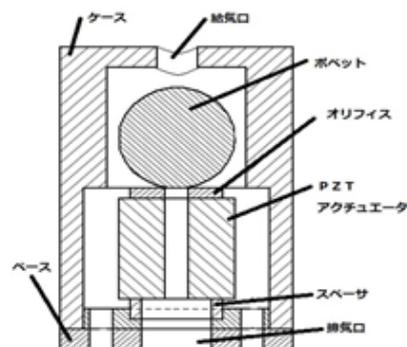


図1 振動駆動式無拘束ポペット空気圧弁の構造

### 2.2 駆動システム

無拘束弁の駆動システムについて説明する。まず、大気中の空気をコンプレッサにより圧縮し、エアタンク内に取り込む。タンク内の空気はフィルタによって不純物が取り除かれ、無拘束弁へ流れ込む。弁とタンクの間には流量計が取り付けられており、弁内に供給された空気量を計測することが可能である。本研究の実験環境はこの駆動システムを用いる。

### 2.3 特性

この弁は常に安定した流量を確保することはできず、周波数による流量制御は難しいとされている。なお、無拘束弁のケースはステンレス鋼により製作されているため、内部のポペットがどのように動作しているかは不明である。

## 3. 透明な無拘束弁

無拘束弁内部のポペットの動きをハイスピードカメラで撮影するために、透明な無拘束弁を製作し、流量を計測した。

### 3.1 構造

透明な無拘束弁に使われるケースは3Dプリンタで製作した形状の両側にガラス板を接着剤で接着し

たものを使用した。なお、ケース以外の部品は従来と同様である。

### 3.2 流量計測

透明な無拘束弁の流量計測の結果を図2に示す。比較のため、無拘束弁の計測も行った。従来の無拘束弁は68kHzで8.7l/min、透明な無拘束弁は38kHzで0.7l/minの最大流量を得た。

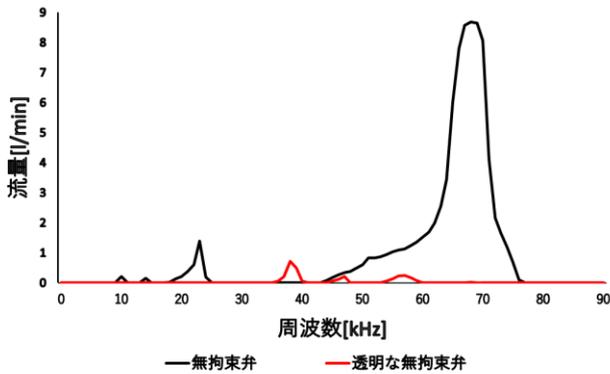


図2 周波数に対する流量の変化

## 4. 弁内部におけるポペットの動作計測

透明な無拘束弁をハイスピードカメラで撮影し、ポペットの動作を画像処理によって確認する。

### 4.1 画像処理

ハイスピードカメラにより出力された画像はまず、計算処理の効率を上げるためにグレースケール変換を行う、次に平滑化を行い、ハフ変換を用いてポペットの中心座標を求める。撮影した画像すべてにこの処理を行うと、ポペットの移動軌跡を求めることができる。

### 4.2 実験結果と考察

撮影した画像に4.1節で述べた処理を行い、透明な無拘束弁のポペットの軌跡を求めた。ポペットの移動軌跡を図3に示す。

従来までの駆動原理では、ポペットは跳躍運動をするとしていた。しかし、今回の撮影で、オリフィスに対してポペットはあまり跳躍せず、水平方向に大きく動いているということが分かった。

この結果は圧電素子の振動により、オリフィスとポペットに隙間が生じ、この隙間を空気が流れることで隙間を埋めようとする力がポペットに発生し、

オリフィスの穴をふさぐという動作を繰り返しているからと考察した。これを確認するにはハイスピードカメラ二台を弁に対して十字となるようにして設置し、同時に弁内を撮影する必要があると考える。

ポペットが跳躍運動をしていないという結果から、ポペットの水平方向の動作を増幅させられるよう、オリフィスやケースの形状を変更すれば、流量の安定化が期待されると考える。

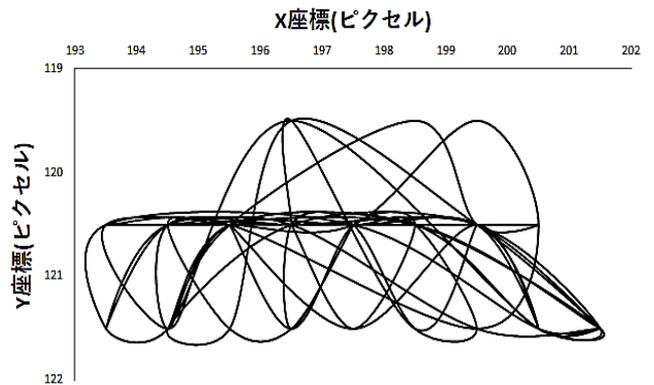


図3 ポペットの移動軌跡

## 5. 結言

本研究では、はじめに、内部をハイスピードカメラで観察できるようにするために透明な無拘束弁の製作を行い、流量の計測を行った。透明な無拘束弁は38kHzで0.7l/minの最大流量を得た。次にこの弁のポペットの動きをハイスピードカメラで撮影し、画像処理を行った。その結果、ポペットはオリフィスに対して水平方向に往復していることが分かった。圧電素子の振動が、ポペットの動きをより増幅させられるように弁の構造を見直し、無拘束弁の性能の向上を今後の展望とする。

### 参考文献

- [1] Shinichi Hirai and Kazuhiro Kato, Micro Pneumatic Valves for Robotic Wearable Systems, The 24th Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2015), 10.1109/ROMAN.2015.7333584, Kobe Int. Conf. Center, Kobe, Japan, Aug. 31 - Sept. 4, 2015