

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	Flat Ring Tubeを用いた自励振動空気圧バルブの提案
Title(English)	Proposal of Self-excited Pneumatic Valve using Flat Ring Tube
著者(和文)	北村 英悟, 難波江 裕之, 遠藤 玄, 鈴森 康一
Authors(English)	Eigo Kitamura, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Koichi Suzumori
出典(和文)	第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 予稿集, , , pp. 1852-1854
Citation(English)	Proceedings of the 21th SICE System Integration Division Annual Conference, , , pp. 1852-1854
発行日 / Pub. date	2020, 12
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は公益社団法人計測自動制御学会に帰属します。 (c) 2020 The Society of Instrument and Control Engineers

# Flat Ring Tube を用いた自励振動空気圧バルブの提案

○北村 英悟（東工大）, 難波江 裕之（東工大）, 遠藤 玄（東工大）, 鈴森 康一（東工大）

## Proposal of Self-excited Pneumatic Valve using Flat Ring Tube

○Eigo KITAMURA (Tokyo Tech), Hiroyuki NABAE (Tokyo Tech),  
Gen ENDO (Tokyo Tech) and Koichi SUZUMORI (Tokyo Tech)

Abstract : The purpose of this research is to develop a soft mechanism driven by pressure fluctuations in the flat ring tube developed by Tsukagoshi et al. as a valve. A prototype of the proposed valve successfully achieved a self-excited vibration with a pressure difference of 0.26 MPa and a repetitive motion of a thin McKibben muscle.

### 1. 緒言

空気圧駆動ソフトロボットは、設計の容易さ、構造・動作原理の単純さから多くの研究・開発が行われている。しかし、空気圧駆動系を設計する際に、特に多自由度駆動系で問題となるのが、システムの大規模化・複雑化である。多くの空気圧駆動アクチュエータは、同数以上の電磁弁によって制御される複数の空気圧駆動アクチュエータに圧力を加えることによって動作する。このため、自由度を増やすには、圧力供給管や電磁弁の数を増やす必要があり、圧力供給管のねじれや摩擦によるロボットの動きの妨げや、電磁弁の制御の複雑化が発生してしまう。

複数の圧力供給管や電磁弁を使用せずに多自由度化する手法として、自励振動を用いる手法が挙げられる。自励振動は一定の強度の入力により振動を誘発することが可能であり、アクチュエータと駆動系を統一し簡易化を図ることができる。空圧駆動のロボットにおいても、圧力の解放・閉鎖を自励振動によって行うことで、一定圧の空圧印加によって複数の動作が可能となり、圧力供給管や電磁弁の数を増やすことなく空気圧駆動のソフトロボットの多自由度化が可能となることが期待される。現在、空圧による自励振動を用いたものがいくつか存在する [1][2]。これらは電気を使わずに一定圧の空圧印加による自励振動によって動作するが、複数の部材を用いた複雑な構造であることや、構造部材だけでなく磁石等の材料を用いているため、製作コストが高いとともに、完全に柔軟な構造にするのは難しい。

そこで、本研究ではより製作が容易な自励振動を利用した圧力の開放・閉鎖の切り替えを行うソフトロボットの製作を目指す。本稿では、バルブについて説明し、バルブが発生させる圧力の振動波形を測定する。また、試作機を用いて McKibben 型空気圧細径人工筋の動作を行い、ソフトロボットへの適用性を確認する。

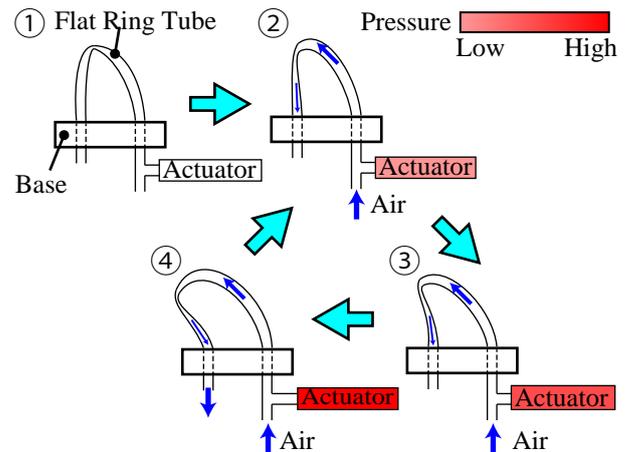


Fig. 1: Principle diagram of the proposed mechanism

### 2. バルブの原理

本研究では、塚越らが開発した Flat Ring Tube (FRT)[3]に着目した。FRT はウレタンチューブを熱加工によって扁平させたものである。このチューブを湾曲させ、流体を流すことでチューブが自励振動現象を起こす。この自励現象は流体の圧力変化とチューブの座屈点の移動によってなっている。原理図を図 1 に示す。塚越らは FRT の振動動作をアクチュエータとして利用していた。本論文では、FRT をアクチュエータとして利用するのではなく、バルブとして圧力の自励振動を取り出すことでアクチュエータを動かすことを考える。空気を流入することで、座屈点の移動とともに圧力が高まり、図 1 の 4 の状態を超えると空気が抜け、圧力が解放される。このように、内部の圧力は、チューブが振動を発生する中で変化している。この内部の圧力の変化をとりだすことでアクチュエータを動作させることを考える。

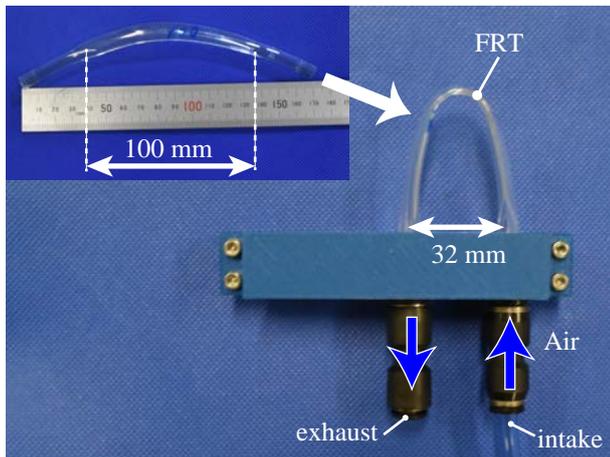


Fig. 2: FRT used in the experiment

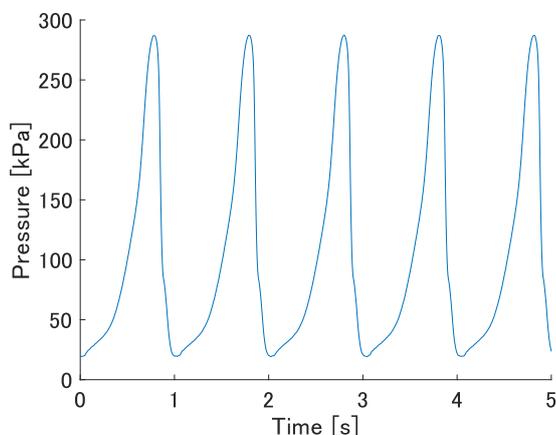


Fig. 3: Pressure waveform changing due to vibration of FRT

### 3. バルブの圧力測定

本章では、提案する原理によってアクチュエータを動かすことのできる圧力を発揮することができることを示す。使用した試作機を図 2 に、測定した圧力のグラフを図 3 に示す。この時の流量は、15 L/min である。図 3 に示すように、圧力が振動していることがわかる。また、1 周期内での圧力の最小が約 0.021 MPa、最大が約 0.287 MPa であり、多くの空圧アクチュエータを動かすのに十分な圧力差が発生していることがわかる。

### 4. 細径人工筋の動作実験

本章では、前章で説明したバルブにアクチュエータを取り付けることで、ソフトロボットへの適用性を検証する。McKibben 型空気圧細径人工筋 [4] を試作機に取り付け、動作の様子を確認した。この人工筋は 0.4 MPa 以下で動作

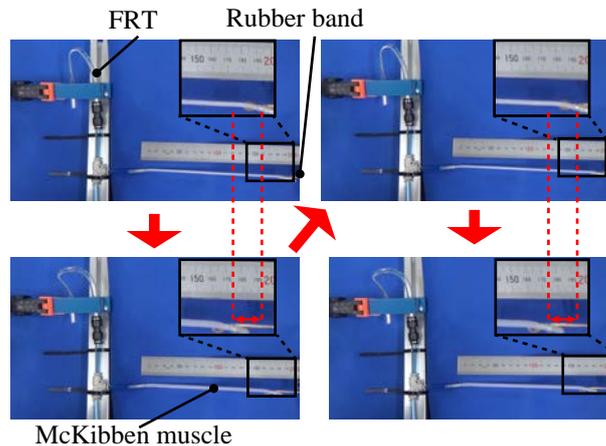


Fig. 4: Thin McKibben drives by pressure vibration of FRT

するため、前章で得られた圧力変化の範囲で動作する。実験の様子を図 4 に示す。図 4 からわかるように、人工筋が圧力変化によって 1 割ほど収縮を行っていることが確認できた。

### 5. 結論

本研究では Flat Ring Tube を用いたバルブを提案した。提案する原理に基づいた試作機を製作し、圧力が約 0.021 MPa から約 0.287 MPa で振動していることを確認し、その圧力差がアクチュエータを動かすことができるのに十分であることを確認した。また、アクチュエータとして多くのロボットに应用されている McKibben 型空気圧細径人工筋を使用し、動作を確認した。このことから、ロボットへの応用可能性を示した。今後、実際に動作を行うロボットの製作を行う。

### 謝辞

Flat Ring Tube 製作にあたり、東京工業大学工学院システム制御系の塚越秀行准教授にご助力いただきましたことをここに感謝いたします。

### 参考文献

- [1] DongWook Kim, Jae In Kim, and Yong-Lae Park. A simple tripod mobile robot using soft membrane vibration actuators. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 4, No. 3, pp. 2289–2295, 2019.
- [2] Yuji Miyaki and Hideyuki Tsukagoshi. Soft simple compact valve inducing self-excited vibration aimed for mobile robots unnecessary for electricity. In *2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, pp. 670–675. IEEE, 2018.

- [3] Hideyuki Tsukagoshi, Ato Kitagawa, Keisuke Tambo, and Hiyoyuki Chiba. A fluid self-excited oscillation peculiar to flat ring tube and its application to wearable robots. In *Proceedings 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 3138–3139. IEEE, 2007.
- [4] Shunichi Kurumaya, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabaе, and Shuichi Wakimoto. Musculoskeletal lower-limb robot driven by multifilament muscles. *Robomech Journal*, Vol. 3, No. 1, p. 18, 2016.