

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	流路自動切り替え型自励振動空圧アクチュエータの提案と試作
Title(English)	
著者(和文)	谷晃輔, 難波江 裕之, 山本陽太, 遠藤玄, 鈴森康一
Authors(English)	Kosuke Tani, Hiroyuki Nabae, Yohta Yamamoto, Gen Endo, Koichi Suzumori
出典(和文)	第37回日本ロボット学会学術講演会 予稿集, Vol. , No. , pp.
Citation(English)	Proceedings of the 37th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, Vol. , No. , pp.
発行日 / Pub. date	2019, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

# 流路自動切り替え型自励振動空圧アクチュエータの提案と試作

○谷晃輔（東工大） 難波江裕之（東工大） 山本陽太（東工大）  
遠藤玄（東工大） 鈴森康一（東工大）

## 1. 緒言

ロボットの動力源の1つとして、空気圧の利用が挙げられる。空気はその圧縮性や大気への開放が可能であるという性質から、人間やロボットの動作環境に優しい動力源として注目されている。特に近年、柔軟材料の成形技術の向上に伴い、ソフトロボットの分野でも盛んに利用されている。空気圧を動力源とする空圧駆動ロボットは電動のものに比べて優れた防爆性能を持っており、災害現場などでの安全な運用にも期待されている。

しかし空気圧駆動によるロボットの多くには電磁弁が用いられており、ロボットの大型化や配管の増加、防爆性能の低下などが課題としてあげられる。流路形状の工夫などにより流体を制御する研究 [1][2][3] も行われているが、アクチュエータとしてのロボット応用が難しい。動きを生み出す方法の1つとして、空気による自励振動を用いることが挙げられる。自励振動を利用した空圧アクチュエータは研究例 [4][5] が存在するが、これらは製作工程が煩雑であるという課題も存在する。そこで本研究では3Dプリンティングによる一体成型により、製作工程を大きく削減した、電磁弁を用いずに駆動可能な空圧アクチュエータを提案する。このアクチュエータは流路自動切り替え機構により自励振動を誘発し、ロボットの動作として応用しやすい、往復運動を生み出すことが可能である。また3Dプリント技術の利用により、少ない工程で製作が可能である。

本稿ではまず試作したアクチュエータの動作原理について説明する。その後、実機において動作実験を行い流量と動作周波数の関係を測定した。

## 2. アクチュエータの試作と動作原理

### 2.1 動作原理

本アクチュエータは空圧を印加すると中心に付いた回転自由な管（以下、回転管と呼ぶ）が回転し、流路が切り替わることによって自励振動が誘発される。その動作の模式図を図1に示した。回転管は先端が約90度に曲げられており、流入した空気が曲げられることで回転管にトルクが発生する。発生したトルクにより回転管が反対側に回転するともう一方の管に空気が流入し、同様の原理で先程とは逆向きのトルクが発生する。これを繰り返すことで回転管は往復運動を行う。また回転管の2つの管路からは交互に空気が噴出するため、バルブとしての利用も可能であると考えられる。

### 2.2 試作したアクチュエータの概要

今回試作したアクチュエータを図2に示す。質量は約4.4gであり、中心の管が±10度の回転自由度を持つ。管は内径3mmであり、2つの管路が配列した構

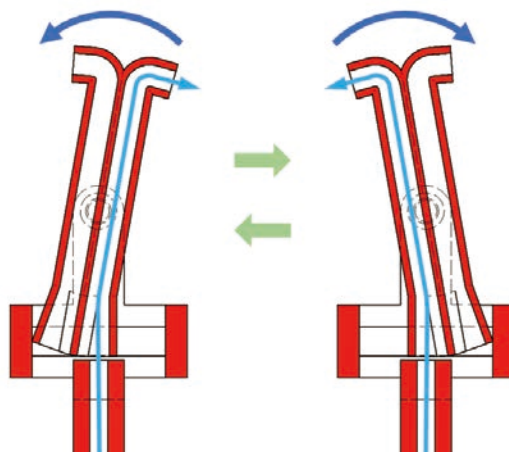


図1 提案するアクチュエータの動作原理

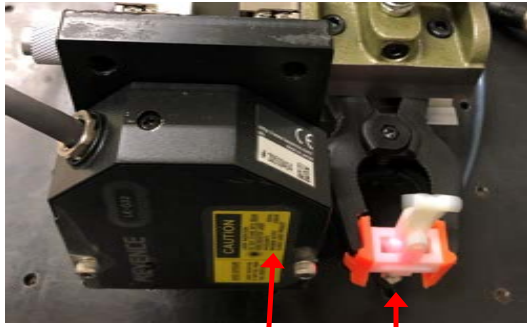


図2 試作したアクチュエータ

造となっている。このアクチュエータはStratasys社の3DプリンタObjet260 Connex3を用いて一体でプリントされており、製作にあたり組み立て工程を必要としない。今回のモデルでは約2時間での造形が可能であった。アクチュエータ下部には空圧チューブの接続穴が付いており、ここから空気を流入させることでアクチュエータを駆動する。

## 3. アクチュエータの動作実験

アクチュエータに空気を流入させ、動作周波数を測定した。使用した実験装置を図3に示す。実験では回転管の変位をKeyence社のレーザー変位計LK-G32を用いて計測し、得られた波形の周期から周波数を導出した。アクチュエータに流入した空気の流量はKeyence社の流量センサFD-A250を用いて測定した。実験の結果得られた代表時刻でのアクチュエータの変位を図4に示した。また実験で得られた流量と動作周波数の関



レーザー変位計 アクチュエータ

図3 変位計測のための実験装置

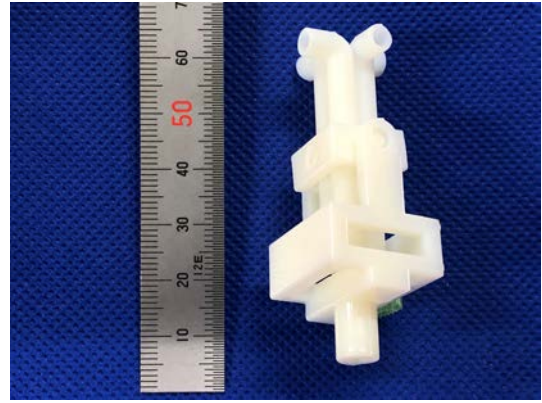


図6 4管路モデル

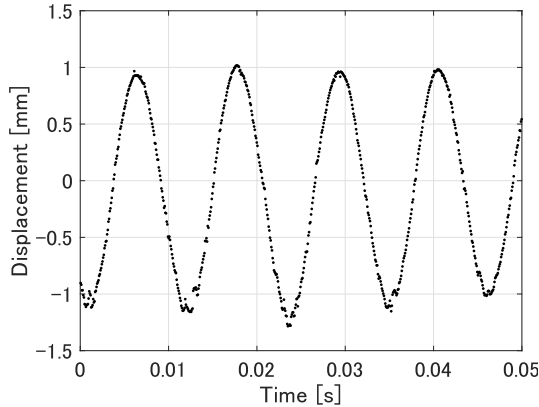


図4 代表的な時刻での変位

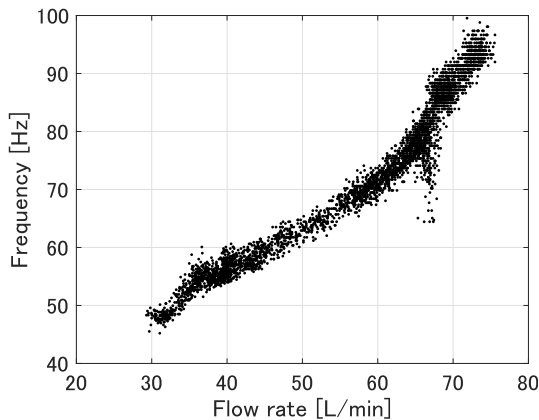


図5 流量と動作周波数の関係

係を図5に示した。

実験値の流量と動作周波数の関係はおおよそ線形となった。これは動作原理と比較しても妥当な結果であるといえる。また今回の実験では流量が約30L/minを下回ると動作が停止してしまった。これは空気による発生トルクが、回転管と壁面の摩擦などによる力に対して十分小さくなり振動が減衰してしまったと考えられる。

#### 4. 安定性の向上

前章までで試作したアクチュエータは1次元の動きであり、動作軌道中に力学的な安定点(回転管が中心軸上に来る位置)を含んでいた。そのため少しでも外乱が加わると動作が停止してしまい、アクチュエータとしては不安定なものであった。本アクチュエータを同様の原理で2次元運動に拡張し、安定点を動作軌道に含まないことで安定化を図った。動作安定化を目的とし、図6の回転管を4管路としたアクチュエータを試作した。

このアクチュエータに空気を流入させたところ、多少の外乱であれば止まることなく動き、先の2管路モデルに比べて安定した動作を確認した。これにより、ロボット応用への可能性が示された。

#### 5. 結言

本研究では自励振動を誘発する流路切り替え機構を用いた、一体成型可能な空圧アクチュエータを提案した。試作したアクチュエータの動作実験により、流入流量と動作周波数の関係を測定した。またアクチュエータの動作安定化を図った4管路モデルの試作も行い、その動作を確認した。本モデルにより、ロボット応用への可能性を示した。

今後はアクチュエータの理論モデルを構築し、本アクチュエータの設計手法の確立を行う。またアプリケーションの一例として、ロボットへの応用も検討する。

#### 参考文献

- [1] (社)日本油空圧学会編(1989)『油空圧便覧』オーム社
- [2] 原田正一・尾崎省太郎編(1969)『流子工学』養賢堂
- [3] Woszidlo, Rene, Ostermann, Florian, Nayeri, C. N., Paschereit, C. O.: "The timeresolved natural flow field of a fluidic oscillator", Experiments in Fluids, vol. 56, p. 125, 2015.
- [4] 飯田侑美, 塚越秀行: "自励振動を活用した小型流体圧アクチュエータ", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, vol. 2019, p. 1P1-K10, 2019.
- [5] 高山俊男, 角悠介: "多重チューブ推進機構のための自励式空圧流路切り替え装置", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, vol. 2016, p. 2A2-08b2, 2016.