

空気の熱膨張を用いたゴム空気圧人工筋

立命館大 ○臼井 美和子 立命館大 平井 慎一

Rubber Pneumatic Muscle using Air Thermal Expansion

○Miwako USUI Ritsumeikan Univ. Sinichi HIRAI Ritsumeikan Univ.

Abstract: In this paper, we describe a rubber air muscle using air thermal expansion. First, we show the principle of the air thermal expansion. Second, we show the prototype of rubber air muscle. Finally, we measure the deformation of the proposed rubber air muscle before and after heating.

1 はじめに

現在、軽量で力が強く、エネルギー効率が良く、人との親和性の高いアクチュエータが求められている。そこで、我々はこれまで軽量かつ柔軟で、多様な運動が可能でアクチュエータとして、McKibben 型空気圧人工筋を用いた空気圧群アクチュエータ (Pneumatic Group Actuator) を開発してきた^{1) 2)}。しかし、空気圧を用いる際には空気を圧縮したためおくためにコンプレッサが必要となる。また、アクチュエータを制御するために、アクチュエータ一つ一つに対して圧力制御のできる比例電磁弁が必要となる。我々が今まで研究してきた PGA は、McKibben 型空気圧人工筋を多数組み合わせることによって様々な運動を実現しているため、人工筋の数だけ空気を流す配管が必要となり、装置全体としてみると必然的に大きくなってしまおうという問題があった。現在電磁弁やコンプレッサを小型化、軽量化する研究も行われている³⁾。しかし、配管の問題は解決されないままである。そこでその解決策の一つとして、我々は空気の熱膨張を用いた空気圧ゴム人工筋を提案する。

2 空気の熱膨張

空気の配管を用いることなく空気の圧力を変化させる方法として、アクチュエータ内で熱を発生させる事で、封入してある液体を気体に変えると同時に内部の気体を加熱することにより、体積変化、内圧変化を得る。モデル図を Fig.1 に示す。

ニクロム線に電圧を印加することにより、空気に熱を与える。まずピストン構造を用いて、提案する原理を確認する。ニクロム線をアクリルパイプの底に取り付けて実験した。実験用に作った装置を Fig.2 に示す。ピストンの上部に 5 g のポリエチレン製の円筒形のふたをして密閉空間を作り、ニクロム線に電圧をかけると、内部の空気が膨張することにより持ち上がる。

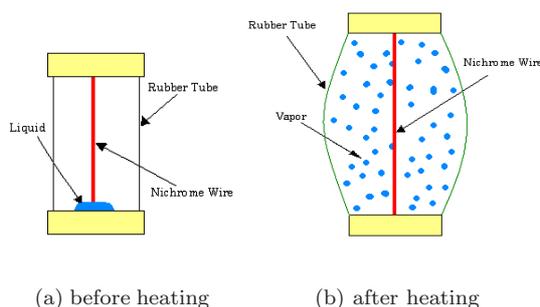
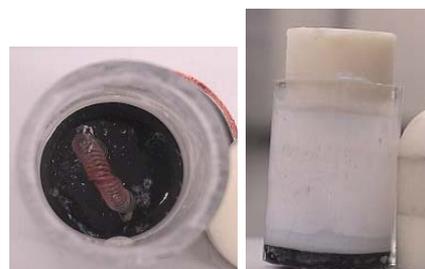


Fig. 1 Principle of pneumatic muscle using air expansion



(a) top view (b) side view
Fig. 2 Piston for model confirmation

3 ゴムチューブにおける熱膨張

空気の熱膨張により体積変化を得ることができるので、ゴムチューブの内部にニクロム線を入れて密閉したアクチュエータを試作した。空気は熱を伝えにくいのために、少量の水を封入し水蒸気を作ることにより、熱せられた水蒸気によってゴムチューブの内部の空気全体を熱する。試作したゴムチューブを Fig.3-(a) に示す。



(a) before heating (b) after heating

Fig. 3 Rubber Tube contain the Nichrome Wire

Fig.3-(a) の内部に通してあるニクロム線に 30V の電圧を印加したとき，ゴムチューブは Fig.3-(b) に示すように変形した．スケールとノギスによって初期状態とニクロム線に電圧を加えた状態を測定した．結果を Table 1 に示す．

Table 1 Measured deformation of rubber actuator

	diameter[mm]	length[mm]
before heating	16	30
after heating	25	32

初期状態の体積は 4.6 cm^3 である．初期状態の体積と熱を加えた状態の体積の差は， 8.7 cm^3 である．初期の状態での内圧を大気圧である 0.1 MPa であると仮定すると，ボイルの法則より熱を加えた状態でのゴムチューブの内圧は 0.03 MPa と概算することができる．

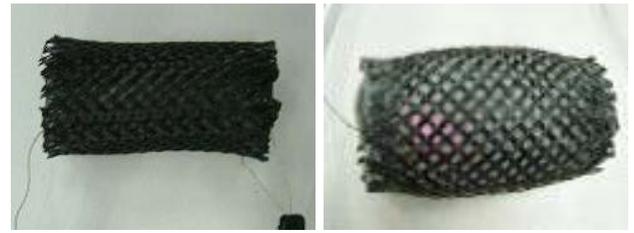
4 空気の熱膨張を用いた空気圧ゴム人工筋

ニクロム線を中心に配置した熱膨張ゴムチューブに空気と水を封入し，スリーブで覆い，両端を固定することにより，熱膨張を用いた McKibben 型空気圧ゴム人工筋を試作した．試作したゴム人工筋内部のニクロム線に 30V の電圧を印加した．電圧を印加後 20 s で，Fig.4-(a) に示す状態から Fig.4-(b) に示すように縮む．スケールとノギスによって初期状態とニクロム線に電圧を加えた状態を測定した結果を，Table 2 に示す．

Table 2 Measured deformation of McKibben rubber actuator

	diameter[mm]	length[mm]
before heating	17	41
after heating	22	36

初期状態の体積は 6.3 cm^3 である．初期状態の体積と熱



(a) before heating (b) after heating

Fig. 4 McKibben Heat Rubber Actuator

を加えた状態の体積の差は， 3.9 cm^3 である．スリーブをかけていないチューブと同様の計算をするとボイルの法則より，熱を加えた状態でのゴムチューブの内圧は 0.06 MPa と概算することができる．

5 おわりに

本稿では，空気の熱膨張を用いた空気圧ゴム人工筋を提案した．最初にシリコンゴムチューブ内にニクロム線を通したゴムチューブを試作し，そのゴムチューブの体積の変化を調べた．次にそのチューブの周りをスリーブで覆うことにより縮み変位を得ることのできる，ゴム人工筋を試作した．そのゴム人工筋がどの程度の縮み率を得ることができるか測定した．熱膨張を用いることにより無配管であるアクチュエータを作ることが可能となるので，今までの空気圧アクチュエータよりも装置がより小型で軽量とできる．今後は，熱膨張を用いた空気圧ゴム人工筋を複数本組み合わせ，大きな力と変位を得られる群アクチュエータを製作する．

参考文献

- [1] 平井慎一，升井友洋，川村貞夫：複数の単一チューブから構成される空気圧群アクチュエータの開発，日本ロボット学会誌 Vol.20, No.3, pp.299-306, 2002.
- [2] 臼井美和子，清水清人，平井慎一，川村貞夫，McKibben 型空気圧人工筋を用いた空気圧群アクチュエータの試作と運動制御，ロボティクス・メカトロニクス講演会 2003 予稿集，2003.
- [3] 上原正太，平井慎一，空気圧アクチュエータ用小型電空比例弁の開発，フルードパワーシステム講演会，2004．
- [4] 清水清人，臼井美和子，平井慎一，川村貞夫，空気圧群アクチュエータの 3 次元運動制御，計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会予稿集，Vol.3, pp.73-74, 2002.