

ゴムチューブ型アクチュエータの設計・製作とその FEM シミュレーション

Development of rubber-tube pneumatic actuators and their FEM simulation

○ 谷川 博紀 升井 友洋 平井 慎一 (立命館大学)

Hiroki TANIGAWA and Tomohiro MASUI and Shinichi HIRAI

Ritsumeikan University, Noji-higashi 1-1-1, Kusatsu, Shiga 525-8577

In this paper, we will develop pneumatic actuators with bend motion. First, structure of pneumatic actuators for bend motion are proposed. A prototype of a non-coaxial tube actuator is developed in order to realize bend motion. Second, FEM simulation is introduced so that the performance of rubber-tube pneumatic actuator can be evaluated in advance. Validity of the simulation is examined by comparing simulation results and experimental result.

Key Words: pneumatic actuator, bend motion, FEM simulation, rubber tube

1. 緒言

現在、生産現場のみならず、医療・福祉現場や生活環境にもロボットや機械システムが導入されつつある。その中で、スポーツや医療、福祉と行った分野では、軽量かつ人に優しい運動がおこなえる機械システムの実現が求められている。空気圧アクチュエータは、空気の高圧縮性から柔軟な運動が可能である。また、ゴムの変形を利用することによって構造や形状を変えることにより、機構を介することなく様々な運動を生成する可能性を持つ。したがって、空気圧アクチュエータは、求められる多様な運動を直接実現できると考えられ、軽量化が期待できる。そこで本研究では、人間の運動、特に屈曲運動を補助できるような、ゴムの変形を利用した空気圧アクチュエータの設計と製作を目的とする。

2. 屈曲アクチュエータの構造

屈曲運動補助をおこなう駆動源となる 1 方向に屈曲するアクチュエータの設計・製作について述べる。人間の屈曲運動を補助する空気圧アクチュエータに要求される性質として、次のことが考えられる。

1. ゴムの膨張により人体を圧迫しないように、膨張できる限り抑えつつ大きな屈曲角を実現する。
2. 適切な運動補助をできるだけトルクを安定的に出力する。

本研究では、要求 1 を実現する空気圧アクチュエータの開発を行う。実現する方法として、チューブ型のアクチュエータに様々な拘束や構造的な変化を与えることで大きな屈曲角の実現を図る。この拘束や構造的な変化として、比較的容易であると考えられる Fig.1 に示す 4 パターンを考案する。これらの最適な形状、拘束、もしくはこれらの組み合わせによって要求 1 の実現を目指す。

3. アクチュエータの製作、実験

本節では、前節で述べた構造が実現可能かどうかを検証する。そのため、比較的製作の容易である Fig.1-(b) の中心軸をずらすモデルの製作と実験を行う。モデルの外形および寸法を Fig.2 に示す。

ゴム部にはシリコンゴムを用いている。このモデルに $0.008[kgf/mm^2]$ まで空気を加えた。その結果、最大約

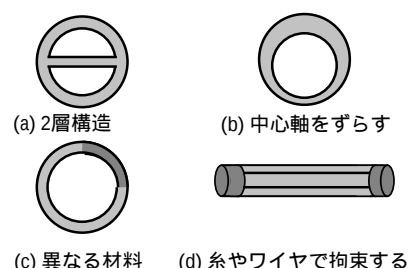


Fig.1 Structure for bend motion

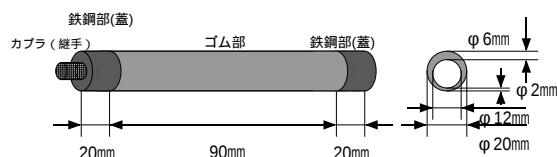


Fig.2 Shape of non-coaxial tube actuator

140 度屈曲した。Fig.3 に、 $0.008[kgf/mm^2]$ 時のモデルの様子を示す。

この結果より、大きな屈曲角が実現できることが示される。しかし、製作や実験に非常に手間と時間がかかり、様々な寸法を有するアクチュエータの評価は困難である。

4. 有限要素法の導入

前節で述べた問題点を解決するために、本研究では有限要素法によるシミュレーションを導入する。これにより設計段階でのモデルの評価が可能になり、時間と労力が削減できる。有限要素法の解析には、市販の有限要素法による解析ソフト MARC を用いる。

5. 基本モデルの有限要素解析

本節では有限要素解析の精度の信頼性を検証する。解析モデルとして、実験との比較が容易な拘束や構造変化のない基本モデルを使用する。その外形および寸法を Fig.4 に示す。

解析に用いるシリコンゴムの材料定数を求めるために材料試験を行い、材料定数を決定した。解析モデルは軸対

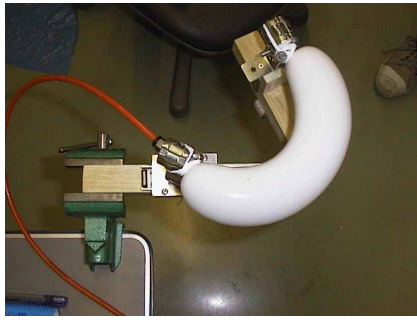


Fig.3 Deformed shape of non-axial tube actuator (pressure $0.008[\text{kgf}/\text{mm}^2]$)

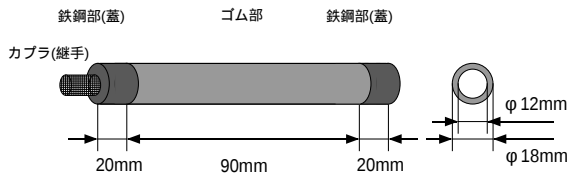


Fig.4 Shape of basic model

称かつ各軸方向に対しても対称なので，2次元の4分の1モデルとする．この基本モデルに0から $0.01[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ まで圧力を与える．圧力 $0.008[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ を加えた時の解析結果をFig.5に示す．モデルは，軸方向にも半径方向にも膨張することがわかる．

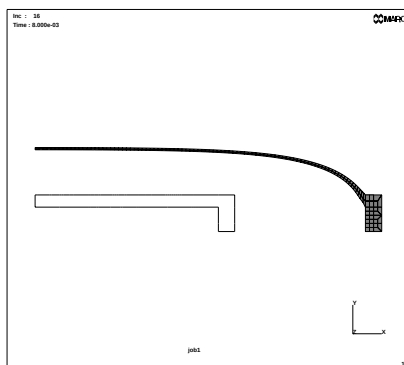


Fig.5 Result of simulation(Pressure $0.008[\text{kgf}/\text{mm}^2]$)

6. 基本モデルの実験および検証

シミュレーションの精度を確認するために，基本モデルの製作と実験，検証を行う．基本モデルにシミュレーションと同様の空気圧を与え，軸方向長さおよび中央部の直径を計測した．2つのサンプルに対して計測を行う．Fig.6に，サンプル1に空気圧 $0.01[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ を加えた時の形状を示す．モデルは軸方向にも半径方向にも膨張した．

シミュレーションの解析結果と実験結果との比較，検証を行う．今回の検証ではモデルの形状変化を，実験と解析の比較する対象とする．圧力に対する軸方向の長さとモデル中央部の直径を比較をする．Fig.7に圧力と軸方向長さの関係，Fig.8に圧力と直径の関係を示す．軸方向，半径方向ともに， $0.007[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ を越えるとシミュレーションの変形量が，実験結果のそれより大きくなっていく．



Fig.6 Deformed shape of sample 1 (Pressure $0.01[\text{kgf}/\text{mm}^2]$)

る．すなわち，空気圧に対する変形量が非常に大きな状態において，シミュレーションの精度が低かったことを示す．逆に，荷重に対する変形量の小さい状態においては高い精度を得られている．

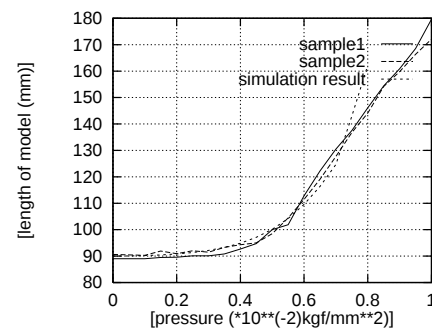


Fig.7 Relationship between tube length and pressure

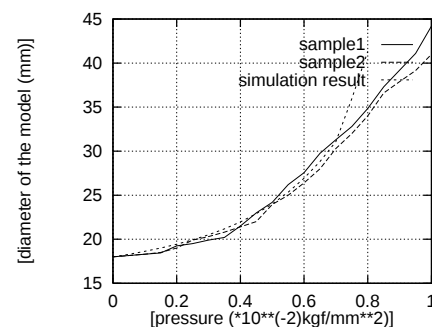


Fig.8 Relationship between diameter and pressure

7. 結言

本報告では，屈曲運動を実現するための空気圧アクチュエータについて述べた．さらに，有限要素法によるシミュレーションを導入し，その精度の検証を行った．今後の課題は，シミュレーションでの屈曲するモデルの解析である．また，様々な解析を行うことにより，屈曲運動補助に適したアクチュエータの形状を見つけたいと考えている．

【参考文献】

- (1) 鈴森 康一, 前田 敏博, 渡辺 浩志, 久田 俊明: 有限要素法によるファイバレスFMAの最適設計, 日本機械学会論文集(C編), 第63巻, 609号, pp.1610-1615 1997