

空気圧アクチュエータの設計における 基本モデルの有限要素解析

谷川 博紀 (立命館大学), 平井 慎一 (立命館大学)

FEM Analysis of Basic Model in Design of Pneumatic Actuators

*Hiroki TANIGAWA, Ritsumeikan University, Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

Abstract - In this paper, we will analyze a basic model of pneumatic actuators using an FEM software. Pneumatic actuators are expected to perform various motions directly while their systematic design method has not been established yet. So we will propose a design method of pneumatic actuators using an FEM software. We will analyze the behavior of a basic model according to its various size.

Keyword: pneumatic actuator, FEM, deformation, design

1. はじめに

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。これらの分野で、ロボットや機械システムは、多様な運動の実現を求められている。一方、空気圧アクチュエータは、構造や形状を変えることにより、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る。空気圧アクチュエータは、現在まで様々なものが開発されてきた。しかし、これらの開発は単発的であり、伸縮や回転など電磁アクチュエータと変わらない運動を有するものが多い¹⁾。多様な運動が求められる中で、これでは不十分と考えられる。

そこで本研究では、与えられた運動を実現する空気圧アクチュエータを設計する手法を確立することを目指とする。様々な構造や形状を有する空気圧アクチュエータを、設計段階で評価するために、有限要素法によるコンピュータシミュレーションを導入する。本報告では、柔軟物であるゴムの変形を利用した空気圧アクチュエータの基本モデルを、その寸法、材料の観点から解析する。

2. 有限要素法の導入

従来の空気圧アクチュエータの開発には、モデルの試作とその評価の繰り返しを必要とする。一つのモデルと試作の評価に多くの時間と労力を必要とするため、様々なモデルを検討することが困難である。このことが、空気圧アクチュエータの開発を単発的にしている原因と考えられる。そこで本研究では、試作および解析を、有限要素法によるシミュレーションで行うことにより、モデルの評価を短時間で行う。結果として、様々な構造や形状を持つ空気圧アクチュエータを、評価することが可能であると考えられる。本報告では、市販の汎用非線形有限要素ソフトウェアである MARC を用いる。

3. 基本モデル

本研究では、基本的な形状のモデルとして、円筒形モデルを採用した。その理由を以下に示す。

- 人間の筋肉の代替えとなる空気圧アクチュエータを目標とする
- 試作品が作りやすい

Fig.1に示すチューブ型ゴムアクチュエータを解析する。荷重負荷方法は、 $2[sec]$ の間に $0[N/mm^2]$ から

$2[N/mm^2]$ まで比例的に増加する圧力を負荷する。解析結果の一例を Fig.2に示す。チューブは軸方向にも半径方向にも膨張していることが分かる。チューブ型ゴムアクチュエータの軸方向の時間変位のグラフを Fig.3に示す。この結果より、軸方向変位は二次曲線的であるといえる。次に基本モデルの断面を考え、二次元モデルとして解析する。その結果、軸方向の時間変位は、Fig.3に示す変位と 0.7%程度の誤差しかないことが分かった。

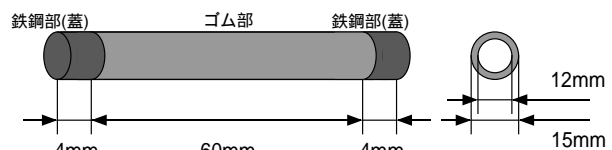


Fig.1: Basic model

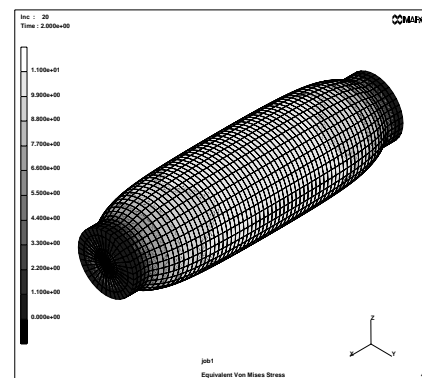


Fig.2: Deformed shape of basic model

4. 基本モデルの解析

基本モデルであるチューブ型ゴムアクチュエータを解析する。まず、チューブの直径と厚さを固定し、ゴムアクチュエータの軸方向の変位を計算する。モデルが軸対称であるので2次元で解析を行う。モデルの直径

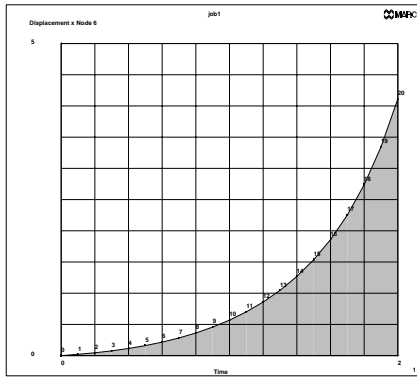


Fig.3: Extension of basic model

は 15[mm] , 厚さは 1.5[mm] である . チューブの一端には固定し , 他端は理想弾性体を接続する . 理想弾性体のバネ定数は 1[N/mm] であり , その伸びからチューブが発生する力を算出することができる . 荷重の負荷方法は , 3 節と同様である . チューブの長さを 12[mm] から 150[mm] に変化させ , 軸方向の変位を計算する . チューブの長さ と理想弾性体の縮み量 , すなわち発生力との関係を Fig.4 に示す . この結果より , チューブの長さ と発生力との関係は , ほぼ比例的であるといえる .

次に , チューブの長さ と厚さを固定したときのゴムアクチュエータの軸方向の変位の様子を解析する . モデルの長さは 60[mm] , 厚さは 1.5[mm] である . その他の解析条件は , 上記の解析と同じである . このときのチューブの直径を 3[mm] から 14[mm] に変化させたとき , チューブの直径 と発生力との関係を Fig.5 に示す . 直径がさらに大きくなると , 変位量が大きくなり , 剛性マトリクスが特異あるいは非正定になり解析できなかった . この結果より , チューブの長さ と発生力との関係は , 二次曲線的であるといえる . また , 長さより大きな影響があることが分かる .

最後に , チューブの長さ と内径を固定したときのゴムアクチュエータの軸方向の変位を解析する . モデルの長さは 60[mm] , 内径は 12[mm] である . その他の解析条件は , 上記の解析と同じである . チューブの厚さを 1.3[mm] から 6[mm] に変化させたとき , チューブの厚さと発生力との関係を Fig.6 に示す . 厚みがさらに小さいときは変位量が大きくなるため , 解が収束しなかった . この結果より , チューブの厚み と発生力との関係は , 反比例的であることが分かる .

5. 異なる材料からなる基本モデル

本研究では , 空気圧アクチュエータの材料についても注目する . 本研究で使用しているシミュレーションソフトは , 様々な材料を表現できる . これを利用して , モデルの材料を変化させたときの様子を解析する . その一例を Fig.7 に示す . これは , 基本モデルのゴム部の 4 分の 1 を , 堅い材料にした時の解析結果である .

6. あとがき

本報告では , 汎用非線形有限要素法プログラムである MARC を用いて , 空気圧アクチュエータの基本モデルを解析した . 今後の課題としては , 実際のモデルを製作することで , MARC の精度を確認すること , 基本モデルの解析を基礎として , 複雑な構造や形状を有する空気圧アクチュエータを解析することが挙げられる .

【参考文献】

- 1) 則次 俊郎 : 空気圧アクチュエータ , 日本ロボット学会誌 , Vol.15, No.3, pp355-359, 1997

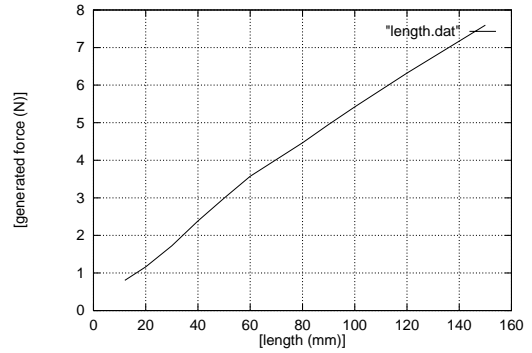


Fig.4: Relationship between tube length and force

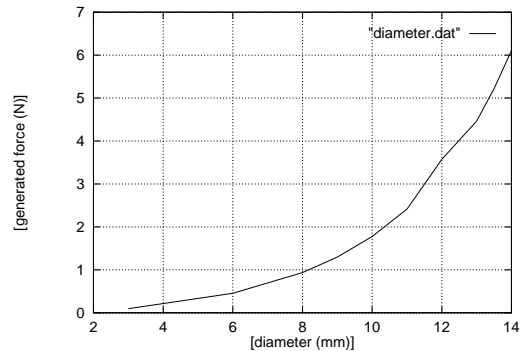


Fig.5: Relationship between tube diameter and force

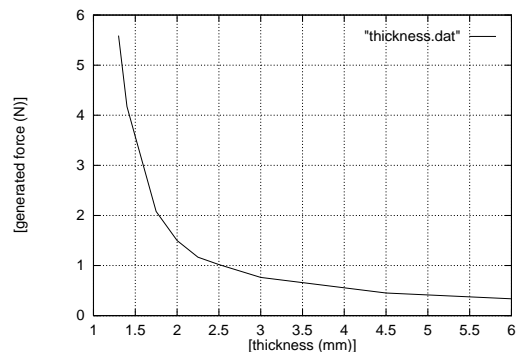


Fig.6: Relationship between tube thickness and force

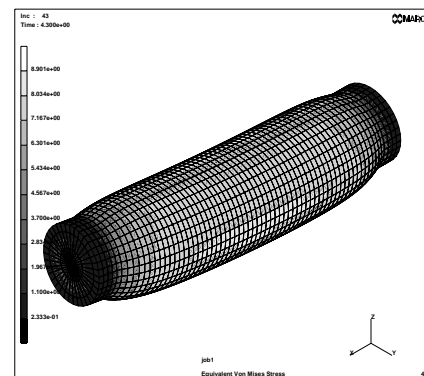


Fig.7: Basic model composed of two materials