

カテーテル型ステント融着マニピュレータに関する開発研究

Development of catheter type stent adhesion manipulator

04T1034X 河野 貴宏

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言 近年、動脈血管の一部が拡大する大動脈瘤疾患が増加している。代表的な治療方法のひとつにステントグラフト内挿術がある。カテーテルでステントグラフトを留置し、大動脈瘤内への血液の流入を止め、破裂を防ぐ方法である。しかし、適切なステントグラフトの固定方法が無い場合、ステントグラフトが患部から外れたり、動脈瘤内へ血液が漏れるエンドリークによる動脈瘤の再発の恐れがある。そこで本研究では、ステントグラフトと大動脈を融着してステントグラフトを固定するためのカテーテル型ステント融着マニピュレータの考案と開発を行った。

2. 方法 融着は振動、熱、圧力の3つのエネルギーを与えることによって行う。Fig.1のように、ステントグラフトとマニピュレータを患部まで移動する。そしてSMA(Shape Memory Alloy: 形状記憶合金)を通电加熱することにより展開させ、融着面に荷重と熱を与え、BLT(Bolt clamped Langevin type longitudinal Transducer: ボルト締めランジュバン式振動子)により融着面に振動を与えてステントグラフトと動脈を融着する方法を考案した。目標の性能を温度130℃、圧力0.75 MPa、振動振幅0.5 μm とした。

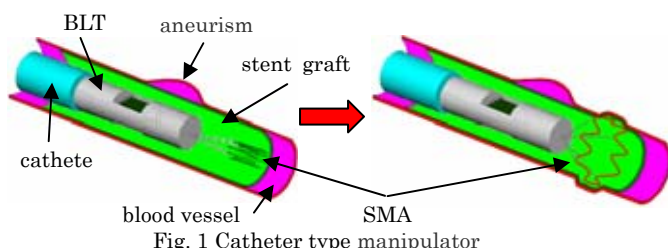


Fig. 1 Catheter type manipulator

【SMAの通电加熱による形状回復力計測実験】 SMAで与えられる圧力として、形状回復力を計測した。SMAは線径により形状回復力が異なるため、 $\phi 0.5\text{ mm}$ 、 $\phi 1.0\text{ mm}$ のSMAについて計測を行った。使用するSMAにはFig.2のような蛇腹状に形状記憶させた。SMAを径方向に縮まるように変形させて、SMAをFig.3のように内部にチューブを配置した円筒の内側で形状回復させ、そのときのチューブ内の圧力の変化から形状回復力を計測した。計測した形状回復力はチューブの弾性力を含んでいるため、その補正式を予備実験によって求めた。また、通电加熱によるSMAの温度を評価するために、SMA通电時温度をサーモグラフィで計測した。

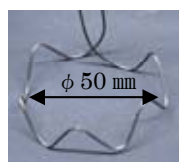


Fig. 2 Test piece

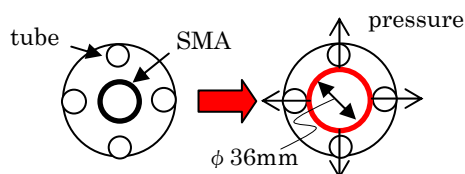


Fig. 3 Shape restoration

【BLTの振動解析と設計、評価実験】 有限要素法による振動解析を行い、Fig.4に示すBLTを設計した。振動子type1は超音波領域に共振周波数をもつように設計し、振動子type2は可聴域に共振周波数を持つように設計した。BLTを製作し、振動周波数を1~32 kHzに変化させたときの振動振幅を静電容量変位計によって計測した。

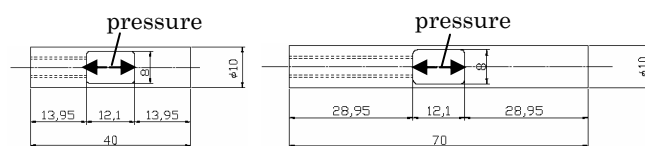
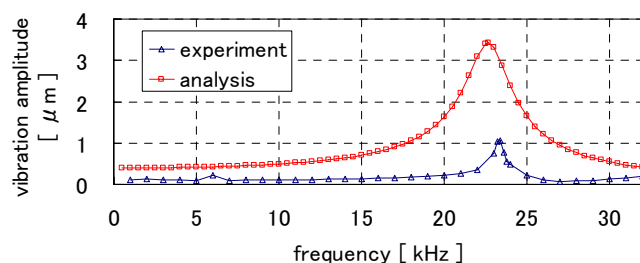


Fig. 4 BLT(left: type1, right: type2)

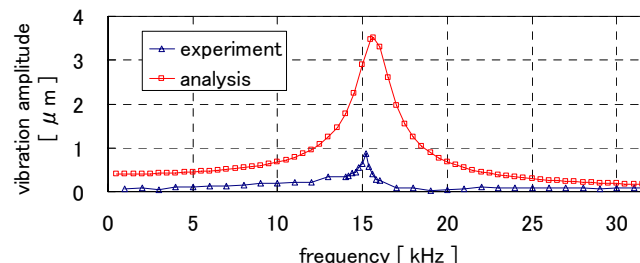
3. 結果および考察

【SMAの通电加熱による形状回復力計測実験】 $\phi 1.0\text{ mm}$ のSMAの形状回復力は0.27 MPaであった。SMAの形状回復力は、変形量が多いほど強くなり、回復開始時に発生する回復力が大きくなる。このことから、SMAをより小さくたたむようにし、回復開始直後に形状回復力を負荷できるような形状にすることで、目標圧力を負荷することが可能と考える。また、 $\phi 1.0\text{ mm}$ のSMAに4.0 Aの電流を通电したとき132℃の発熱を確認した。これより、 $\phi 1.0\text{ mm}$ のSMAを使用することで目標の圧力と熱を負荷することが可能と考える。

【BLTの振動解析と振動振幅計測実験】 振動振幅の周波数応答の解析結果と実験結果をFig.5に示す。製作したBLTの共振周波数の解析値と実験値の差は最大3.5%となり、有限要素法によるBLTの設計は有用であった。BLTの振動振幅の最大値は1.1 μm であり、融着に必要な振動振幅を与えることが可能と考える。



(a) type1



(b) type2

4. 結言 大動脈瘤治療のため、カテーテル型ステント融着マニピュレータの開発を行った。SMAを利用し132℃の熱、0.27 MPaの圧力の付加が可能であることを確認した。有限要素法による解析により設計、製作したBLTの振動振幅の最大値は1.1 μm であった。本研究により、エンドリークを防止するカテーテル型ステント融着マニピュレータの基本設計が行い得た。