超弾性合金を用いた多自由度屈曲鉗子マニピュレータ機構の改良

Improvement of Multi-DOF Bending Forceps Manipulator Mechanism using Superelastic Alloy

○芦田 秀一*, 蓮尾 健*, 青木 英祐*, 鈴木 孝司*, 小林 英津子*, 神保 泰彦*, 佐久間 一郎**

*東京大学大学院新領域創成科学研究科, **東京大学大学院工学系研究科

S.Ashida*, T.Hasuo*, E.Aoki*, T.Suzuki*, E.Kobayashi*, Y.Jinbo*, I.Sakuma**

*Graduate School of Frontier Sciences, **Graduate School of Engineering, The University of Tokyo.

1. はじめに

低侵襲治療の一つである腹腔鏡下手術は患者にはメリットが多いが、医師にとっては熟練した技術を要する困難な手術法である。この原因の一つに、長鉗子の自由度の低さがある。そこで、先端に把持の機能しか持たない長鉗子に、屈曲の自由度を持たせた先端多自由度屈曲鉗子が研究されている。先端多自由度屈曲鉗子の多くはワイヤ駆動だが、清潔確保や小型化など要求仕様が厳しく、低出力、ワイヤ破断、低い動作精度と応答性等の多くの課題を抱えている。

先行研究の問題点として、ワイヤ経路中に樹脂ワイヤを使用していたために超弾性を発揮する前に超弾性合金との接合部の破断が起きていた¹⁾。本研究では、超弾性合金を用いたワイヤ破断防止を目的とし、本報では、その張力リミット実験の結果を報告する。

2. 現状の問題点と解決方法

滅菌のため鉗子先端にはセンサ等導入することが難しい。そこで、本研究では機構的に把持力のリミットとワイヤ破断防止のために超弾性合金ロッドを鉗子内部に導入する。超弾性合金は弾性域を超えて変形させても除荷することで、もとの状態に戻る性質と、その降伏応力が線材によって決まる性質を持つ金属である²⁾。

ワイヤとの接合部破断防止のためにワイヤにステンレス撚線を使用し、その接合方法には異種金属と超弾性合金の溶接技術を用いる³⁾。ステンレス撚線と超弾性合金を直接接合しても十分な接合強度が得られないため、十分な強度を得るために、中間部材としてステンレスロッドを用いた。これにより、鉗子長軸部に超弾性を持つステンレス撚線-ステンレスロッド-超弾性合金の一体型ワイヤ(Fig.1)を導入することができた。

そして、一体型ワイヤを導入するために先端多自由度屈曲鉗子の2次試作機を製作した。

3. 評価実験

製作した2次試作機に関して、超弾性による張力リミット実現のため、把持力の測定を行った。把持力は鉗子を固定した状態で、把持ブレードを20[deg]ずつ屈曲するような角度を入力した場合の発生力を測定した。その結果をFig.2に示す。入力角100[deg]程度のところから把持力が6[N]で一定値になっていることがわかった。

4. 考察

内部に導入した超弾性合金の超弾性によって、張力のリミットが実現できていることが確認できた。しかし、一体型ワイヤの超弾性の特性を発生させるまでに約100[deg]と大きなモータ入力が必要である。これは、制御性を考え

た上で、バックラッシュの増加を促し、動作性能や制御性能の低下の原因になる可能性がある。この原因としては、内部に導入した一体型ワイヤのほとんどを超弾性合金が占めるためであると考えられる。超弾性合金は超弾性による張力リミットが可能になるが、ステンレスなどに比べヤング率が小さく、伸びを抑えることができない。そこで、一体型ワイヤのステンレスロッドの割合を増やすことで超弾性合金に起因する伸びを抑えつつ、Fig.2における把持力増加の勾配が急になると考えられ、一定の把持力を実現するまでの締め込み量を少なくすることできると考えられる。

5. まとめ

ワイヤ駆動先端多自由度屈曲鉗子に対して、ワイヤ張力リミット実現のための一体型ワイヤを搭載した2次試作機を製作し、張力リミットによる一定の把持力の実現を確認した。今後は一体型ワイヤの適正な金属ロッド長を求めることで、ワイヤ経路長のバックラッシュを抑制できると考えられる。また、本研究の一部は厚生労働科学研究費補助金身体機能解析・補助・代替機器開発研究事業による。

Fig.1 Integrated wire

Fig.2 Grip force result

参考文献

- 1) 蓮尾 健他:超弾性合金のワイヤ駆動先端多自由度屈曲鉗子への応用,日本機械学会 ROBOMECH2005, 2A1-N-127
- 2) 古川 NT 合金について:古川テクノマテリアル技術資料
- 3) 中村 雅之他:Ni-Ti 系合金と異種金属の接合部及び接合方法. 特許番号 2737817 号