

軟性内視鏡手術に用いる直径2ミリ高把持力鉗子

Development of  $\phi 2\text{mm}$  Forceps with high grasping force for flexible endoscopic surgery

○ 國佐英生 (立命館大大学院)      野方 誠 (立命館大)

Hideo KUNISA, Graduate School of Engineering, Ritsumeikan University  
Makoto NOKATA, Department of Robotics, Ritsumeikan University

**Abstract:** In recent years, the flexible endoscopic surgery using grasping forceps attracts attention as one of the minimally invasive surgery. However, ready-made forceps has a problem that the holding part is opened by lifting the substance of large mass. Therefore, we designed a  $\phi 2\text{mm}$  forceps mounted a novel pull-in mechanism with big aperture angle. This paper presents the operational verification by using of macro model, and the stress analysis of a new mechanism.

**Key Words:** Grasping forceps, Minimally invasive surgery

1. はじめに

大腸のポリープや虫垂の低侵襲切除に、軟性内視鏡を用いた低侵襲な治療がある。従来の開腹手術に比べ、術後の回復が早いといった長所がある。

その治療用器具の1つに、生体物質を掴む把持鉗子がある。

既存の把持鉗子は質量の大きな臓器を掴んで持ち上げる際、その機構上、把持部が閉じるに伴い把持力が小さくなり、臓器の重みで鉗子の把持部が開いてしまう。

本研究室では、高把持の鉗子が多数開発されている<sup>(1),(2),(3)</sup>。把持力および把持性能は高いといった長所があるが、その反面、最大開口角は、既製鉗子よりも約70degも小さいといった短所があり、大質量の臓器を掴んで持ち上げることは困難である。

そこで、本研究の目的は、新機構を搭載することで、大きな開口角と把持力を有する把持鉗子の開発とする。

2. 新機構の考案

Fig. 1に既製鉗子のリンク機構を、Fig. 2に考案した鉗子のリンク機構を示す。

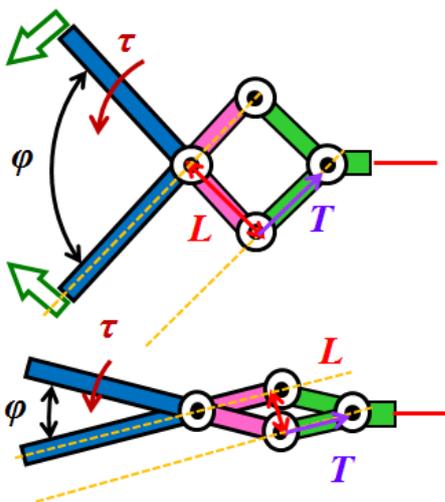


Fig. 1 Linkage mechanism of ready-made forceps

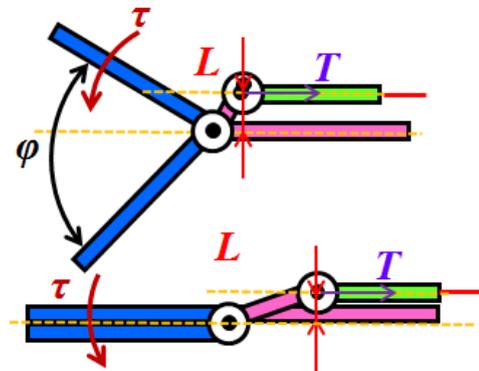


Fig. 2 Devised linkage mechanism

ここで、トルクを $\tau$ 、張力を $T$ 、支点-力点間距離を $L$ とする。既知の通り、トルクは式(1)で求めることができる。

$$\tau = T \times L \tag{1}$$

既製把持鉗子は開口角(Fig.1の $\Phi$ )が減少するに伴い、支点-力点間距離 $L$ も小さくなり、徐々に把持力 $\tau$ が小さくなる。対する考案した鉗子は、開口角度(Fig.2の $\Phi$ )の大小に関係なく、支点-力点間距離をほぼ一定に保ち、把持部が閉じてても、把持力を一定に維持できる機構となっている。

3. 高把持力を有する把持鉗子の設計

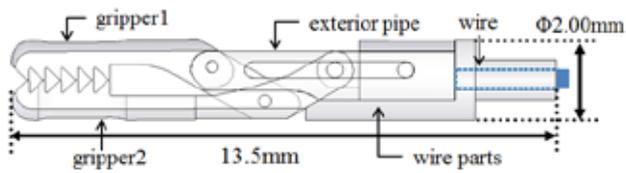
Fig. 2に示すリンク機構をもとに、CADソフトを用いて設計した開発鉗子の全体図をFig. 3(a),(b)に示す。

本把持鉗子は gripper1, gripper2, exterior pipe, wire parts の計4パーツから構成されおり、直径2.0mmのコイルチューブに搭載するために最外径2.0mm、全長13.5mmである。最大開口角度は91.2deg、開口幅は7.69mmである。

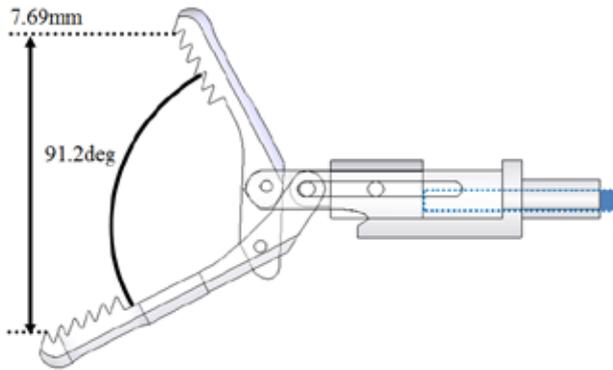
4. 応力解析

把持鉗子に最も負荷がかかる動作は、対象物を把持するときである。そこで、把持鉗子を閉じるためのワイヤ張力を0.0Nから5.0Nまで1.0Nずつ増やし、各パーツの応力解析を行った。鉗子の材料は、生体適合性のあるSUS304とした<sup>(4),(6)</sup>。

Fig. 4に各パーツの解析結果を示す。抽出した値は各ワイヤ張力における最大応力値である。なお、wire partsの解析を除く。



(a) Closed state



(b) Opened state

Fig. 3 Designed forceps

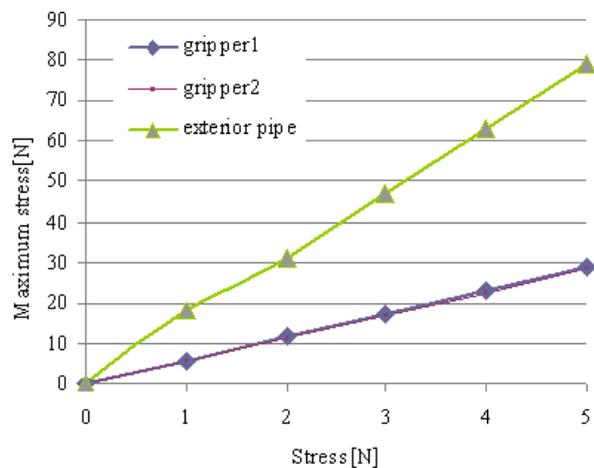


Fig. 4 Results of Stress Analysis

SUS304 における降伏応力は 206MPa だが、5.0N における応力値は最大で 80MPa である。よって、実際の通常使用で、破損しないと言える。

### 5. マクロモデルの製作と動作検証

3次元形状樹脂成型機(uPrint, 丸紅情報システムズ株式会社製)を用いて、CADで設計した開発鉗子の10倍サイズのマクロモデルを作成した。結果を Fig. 5 に示す。



Fig. 5 Macro model

本把持鉗子は、gripper1 と gripper2 を連結する。同時に、wire parts と exterior pipe を連結する。その後、別々に連結させた二つのパーツを組み合わせる。

製作したマクロモデルを組み立て、動作検証を行った。その結果、wire parts を押し引きすることで、特異点状態にならずスムーズに動作することが確認できた。よって、実サイズにおいてもスムーズに動作すると考える。

### 6. おわりに

本研究では、把持鉗子の新たな開閉機構を考案し、CAD設計、応力解析、マクロモデルによる動作検証を行った。その結果、スムーズな開閉動作を確認できた。

今後は、設計した把持鉗子を実際に製作し、動作検証、軟性物質を用いた把持性能実験、センサを用いて既製鉗子との把持力比較検証実験を行うことで、開発した把持鉗子の性能評価を行う。

### 参考文献

- (1) 橋本 雄介, 野方 誠, 外径1mm 把持鉗子の設計と製作と血管カテーテルへの実装, 日本コンピュータ外科学会誌, vol. 11, no. 4, pp. 435-455, 2009.
- (2) 大林 巧, 橋本 雄介, 野方 誠, 軟性内視鏡手術用極細径生検鉗子の設計製作, 日本コンピュータ外科学会誌, vol. 12, no. 3, pp. 294-295, 2010.
- (3) 野方 誠, 小型手術機器の挑戦と実用化の課題, 日本コンピュータ外科学会誌, vol. 13, no. 3, pp. 158-159, 2011.
- (4) 大林 巧, 軟性内視鏡のための大把持力を有する把持鉗子の開発, 立命館大学大学院修士論文, 2011.
- (5) 佐藤 伶香, 野方 誠, 血管カテーテルに搭載する一体構造型把持鉗子の開発, 日本コンピュータ外科学会誌, vol. 13, no. 3, pp. 300-301, 2011.