

## 腹壁迂回構造を内蔵する単孔式内視鏡手術用鉗子の開発

## Laparoscopic bypass forceps for Single port surgery

○ 島田修弥 (立命館大学) 野方誠 (立命館大学)

Shuuya SHIMADA, Ritsumeikan University  
Makoto NOKATA, Ritsumeikan University

**Abstract:** Single port endoscope surgery has such problems that forceps crush each other and gripper direction doesn't matched the controller one. Purpose of this study is to create the structure that make a detour to avoid abdominal wall. This structure can make forceps that insert the navel and be state insert to any place at abdominal in surgery. At this report, we make a model that structure makes a detour avoid abdominal wall and verify the movement of it. As a result, movable range of simulation doesn't agree with movable range of macro. In the future study, we design parts for solving the problem.

**Key Words:** Endoscope surgery, Life Support, Parallel link

## 1. 背景

患者の負担が少ない低侵襲治療の1つとして単孔式腹腔鏡下手術が近年、注目されている。この手術は臍部に1か所穴を開け、そこに鉗子などの術具を挿入して行う手術である。既存の鉗子を用いて手術を行う場合、挿入方法が平行法とクロス法の2種類あり、平行法は鉗子や内視鏡を平行に挿入して対象物に対して手術を行う方法で利点は操作しやすい事、欠点は対象物に対してアプローチできる範囲が狭い事である。この平行法の問題点を解決するためにクロス法が編み出された。クロス法の利点は鉗子をクロスさせて挿入するため対象物に対してアプローチできる範囲が広い。しかしクロス法の欠点は鉗子同士の接触や把持方向と操作する方向が同一直線状にない問題点がある。そこで新しい鉗子の開発が望まれている。

## 2. 目的

本研究の目的は、鉗子の操作方向と把持方向が同一直線状にあり操作性がよく、鉗子同士の干渉を無くすことが可能な屈曲機構の開発である。

## 3. 開発する鉗子屈曲機構の仕様

挿入は単孔となる臍部から行うが、手術時は腹部の任意の場所から挿入した状態になる腹壁迂回構造を考案した。機構を Fig. 1 に示す。

また、機構図を基にユニバーサルアームを使用したモデル図を Fig. 2 に示す。この腹壁迂回構造には、平行リンク機構を3ヶ所(Fig. 3 中の青、緑、黄)に使用している。平行リンク機構とは、向き合うリンクの長さが等しく平行である事が条件で、あるリンクが揺動する時、対するリンクが同じ角度で揺動する機構である。Fig. 4 に示すように、それぞれのリンクは駆動力のもととなる駆動リンク、それと対するリンクを従動リンク、固定するリンクを固定リンク、残る1つを中間リンクとする。

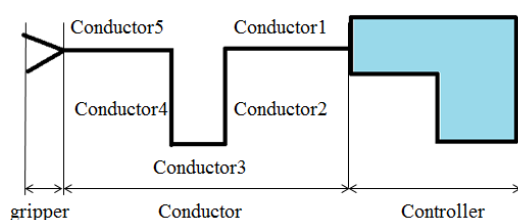


Fig.1 Organization chart

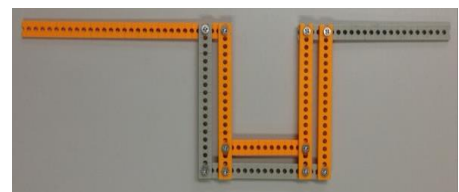


Fig.2 Model figure

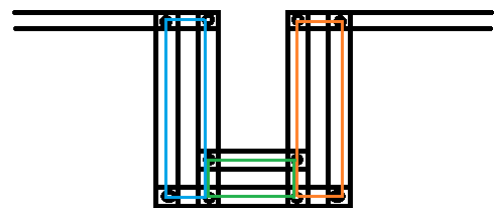


Fig.3 Parallel link use point

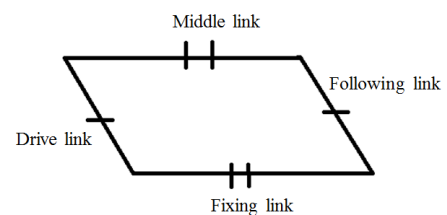


Fig.4 Parallel link

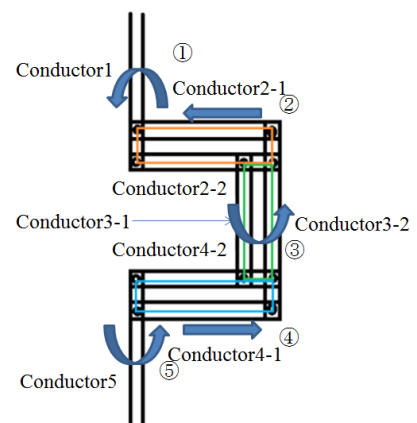


Fig.5 Behavior order

腹壁迂回構造の動作手順について、Fig.5を用いて説明する。前提条件として平行リンク機構を維持するために固定するリンクが必要となるため、導管部 2-2 を固定する。

- ①導管部 1 を回転動作させる。
- ②導管部 2-1 が導管部 2-2 に対して平行移動する。
- ③導管部 3-1 と 3-2 が回転動作する。
- ④導管部 4-1 と 4-2 が平行移動する。
- ⑤導管部 5 が回転動作する。

1 連の動作によって、導管部 1 と導管部 5 は常に同 1 直線状に位置する。

導管部を構成する部品は既存の鉗子と同様に把持部を操作するワイヤを通すため、中空にする必要があり、パイプを用いる。パイプを分割して腹壁迂回構造を持つ導管部を作成する。この時、通常の平行リンク機構を用いると導管部 2-1 と導管部 2-2、導管部 3-1 と導管部 3-2、導管部 4-1 と導管部 4-2 間の距離が増減し隙間が生じ、手術する時、肉壁を挟んでしまう恐れがある。そこで、Fig.6 で示すように、通常の平行リンク機構の駆動リンクと従動リンクの長さは不変であるが、変化できるようにすることにより、中間リンクと固定リンク間の距離を不変にした。

分割したパイプ、組み合わせた状態を Fig.7(a),(b)に示す。

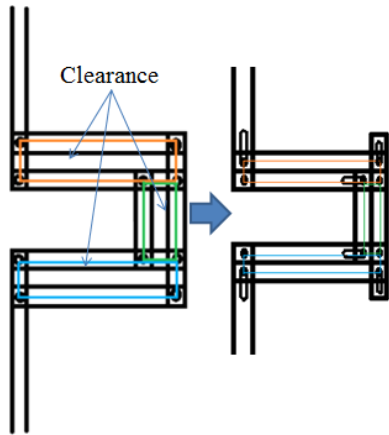
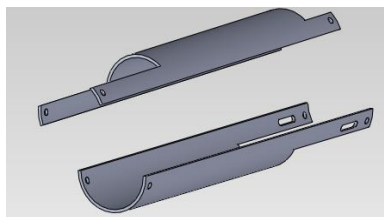
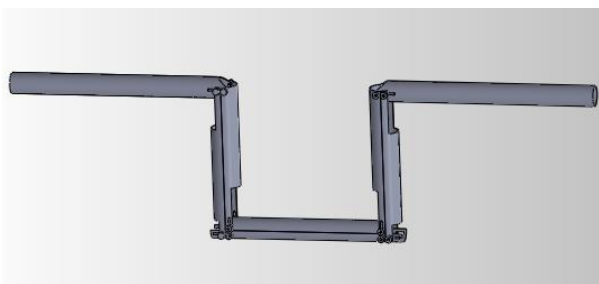


Fig.6 Change parallel link



(a) Cut up pipe



(b) Combination  
Fig.7 Design

4. 迂回構造のマクロモデル

4-1 設計

迂回構造である平行リンク機構を内蔵した鉗子のマクロモデルの製作を行うため、目標の鉗子の 2 倍の大きさを Solid works で設計した。

4-2 シミュレーションの動作検証

Solid works motion を用いて動作検証を行った。導管部 1 に 5[rpm]、Z 軸(+, -)方向に交互に回転するようにして、図 1 の導管部 1 と導管部 5 の動きが連動状態かを検証した。その時の解析環境を Fig.8 に示す。

解析した結果を Fig.9 に示す。導管部 1 と導管部 5 の動きが連動し、可動域は 29~151[deg]となった。

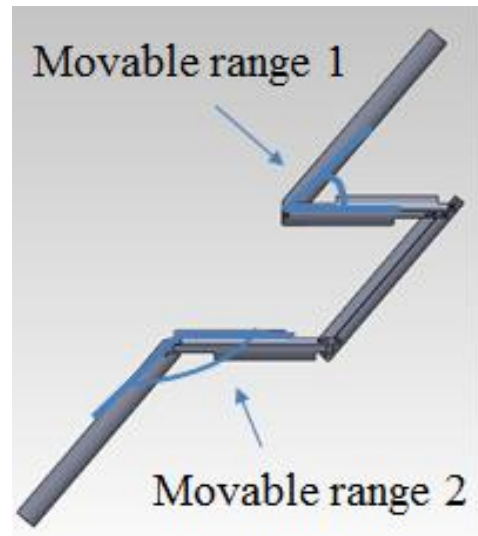


Fig.8 Angle setting

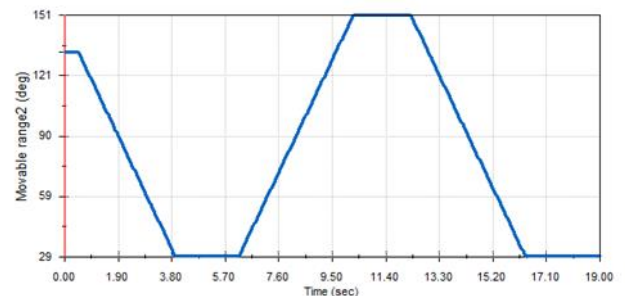
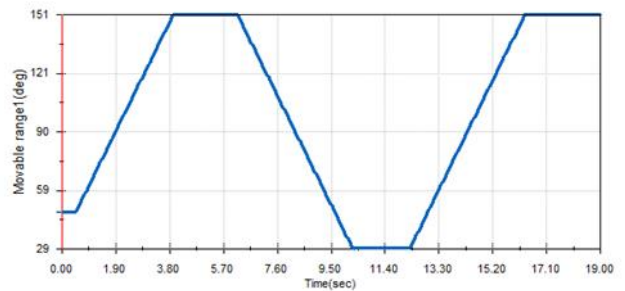


Fig.9 Consequence

4-3 マクロモデルの動作検証

マクロモデルの製作に用いた材料はアルミパイプ(63S) 直径 19mm と 25mm で導管部を組み合わせるための軸はステンレス丸棒(SUS304)を使用した。マクロモデルの機構を Fig.10 (a), (b) に示す。

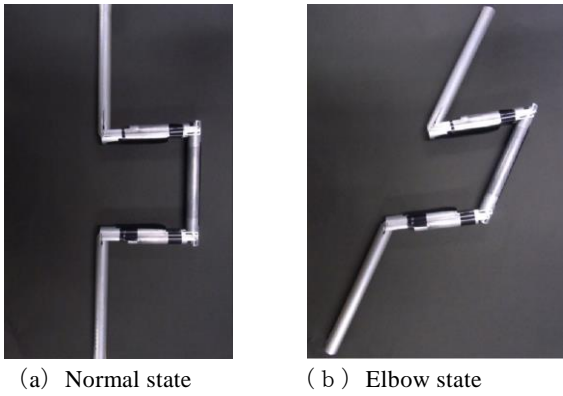


Fig.10 Macro model

シミュレーションの時と同様に、動作させ検証実験を行い、比較したところシミュレーション時の角度変位の範囲に対しマクロモデルの範囲は48~128[deg]となり、可動域が狭かった。

4-4 考察

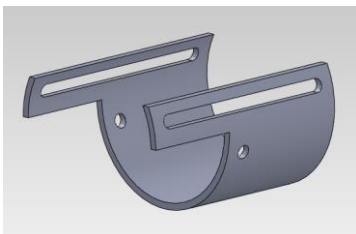
マクロモデルがシミュレーション時よりも可動域が狭かった原因は、導管部全体が傾いていくにつれて、平行リンク機構を担っている部分の片側に隙間が生じ、もう片側に摩擦が大きく発生する。この現象が平行リンク機構を担っている3ヶ所に発生しているため、導管部全体が重くなる。

5. 拘束構造を持つ部品

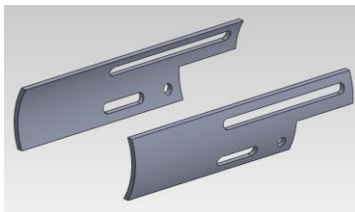
5-1 設計

スライド溝の軸と軸穴の軸のY軸方向の軸間距離を不変にする拘束構造を持つ部品をSolid worksで設計した。

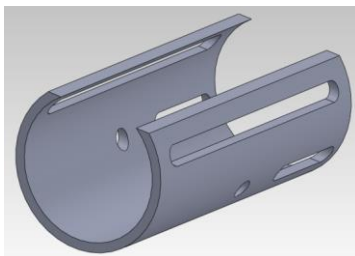
拘束構造を持つ部品を以下に示す。それぞれ装着部品1, 2は導管部2-2と導管部4-2の外側、装着部品3(Fig.11(a),(b),(c))は、導管部3-2の内側に装着する。また装着した状態の導管部をFig.12に示す。



(a) Equipment parts1



(b) Equipment parts2



(c) Equipment parts3

Fig.11 Equipment parts



Fig.12 Equipped parts with conductors

5-2 シミュレーションの動作検証

条件は4.2同様で検証した。解析した結果をFig.13に示す。拘束構造を持つ部品が動きを阻害する事無く導管部1と導管部5の動きが連動し、可動域は4-2同様29~151[deg]となった。

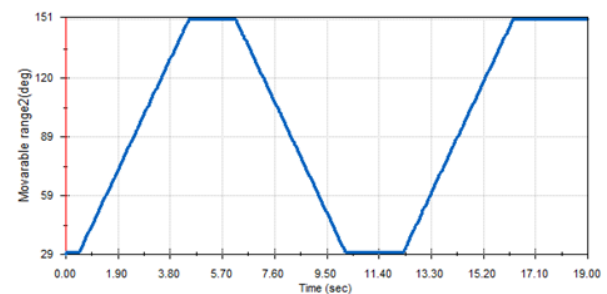
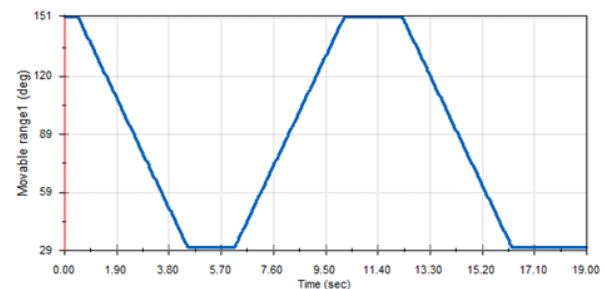


Fig.13 Consequence

6. 展望

シミュレーションで拘束構造を持つ部品を装着した導管部の動作は問題ないが、可動域内を導管部が動作する時、導管部又は装着部が発生する応力に耐えられるか、どの部分に応力が大きく発生するのかを計測するため応力解析をSolid worksを用いて行う。

現在の形状で導管部が動作する際、発生する応力に耐えられることが確認できたら部品の製作発注を行い、部品を装着し動作検証を行う。