

# 大型臓器把持のための体腔内吸着ハンド

## Suction Hand for Grasping Large Internal Organs for Laparoscopic Surgery

○正 高山 俊男, 黒田 一樹, 正 小俣 透 (東工大)  
Toshio Takayama, Kazuki Kuroda and Toru Omata (Tokyo Institute of Technology)

In laparoscopic surgery, it is difficult to grasp large internal organs and drag it to make appropriate workspace by using conventional apparatus. Therefore, this paper proposes an assemblable mechanical hand for grasping the end of internal organs. This mechanical hand consists of the several units that can pass through a trocar, and can be assembled into a three fingered hand. Moreover, we developed a suction cup that can actively bend to fit the curved surface of the internal organs. The fingers equipped with the developed suction cups can grasp a pig liver without slippage.

**Key Words** : Laparoscopic surgery, retractor, suction cup

### 1. 緒言

内視鏡下手術は体壁に開けられた小孔に取り付けられたトロカールを通して手術が行われ、トロカールの取付けの際に負う傷が小さいため、患者の負担は小さくなる。しかし、内視鏡下手術で用いる器具はトロカールを通過させるために大きさや機能が制限されてしまう。従来の手術では術野確保のため医師が直接手で進んでいた臓器移動だが、内視鏡下手術専用の器具では把持面積が小さく、力が集中してしまうために臓器を傷つけてしまう、自由度が少ないために臓器操作が困難である、などの問題がある。

本研究室ではこれらの問題に対し、トロカールから挿入可能な部品を体腔内で組み立てることにより、医師の手の代わりになるロボットハンドや[1]、体腔内で三角形に変形、吸着して臓器挙上を行う機器の開発を行った[2]。これまでの組立ハンドは、肝臓などの臓器先端部のみを把持すると滑るため、臓器把持のために全体を覆う必要があり、肝臓などの大型臓器を把持するには大型化してしまう。また、三角形の変形、吸着機器は臓器の比較的平坦な部分に対応する機器であるため、臓器先端部吸着には適していない。そこで本研究では指先に吸盤を搭載することで、肝臓の先端部などの臓器端部を図 1 のように滑ることなく把持し、肝臓や心臓などの大型臓器を移動させることで術野の確保を行う体腔内組立ハンドを開発する。

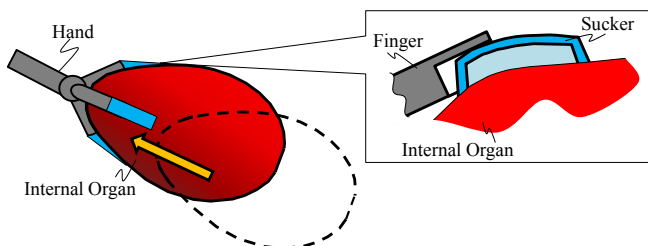


Fig. 1 Grasping the end of an internal organ

### 2. 構成

全体図を図 2 に示す。装置は操作部、本体部および本体部から取り外し可能な三つの指部で構成される。本ハンドは手首関節および指根本関節を有し、図 2 のように指部を開閉することができる。また、指部先端には図 3 に示す臓器形状に合わせて屈曲変形し、臓器曲面に吸着可能な能動屈曲吸盤を搭載し、能動的に屈曲させることが可能である。

能動屈曲吸盤は片側のみ蛇腹状の流路、吸盤部およびその

二つを区切るためのサクシジョンアシストバルブ(以下 SAV)で構成される。なお、市販の SAV は本吸盤に搭載するには大きすぎるため、本研究室で作製した小型の SAV を使用する[2]。

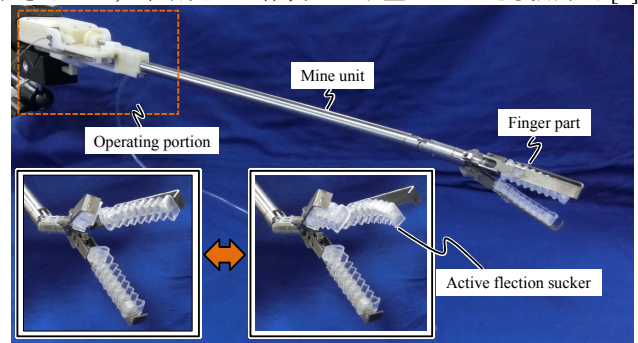


Fig. 2 Assemblable suction hand

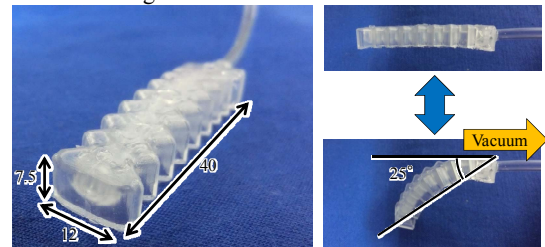


Fig. 3 Active flexion sucker

図 4 に吸盤の屈曲原理を示す。吸盤部分が臓器に密着していない状態で吸引を行うと(図 4(a)), SAV 上流の蛇腹状の流路内部のみが真空圧となり、吸盤が屈曲する(図 4(b)). その後、吸盤部分が臓器に密着することにより SAV が機能し、流路がつながるため、吸盤部内部も真空圧となり臓器吸着を行うことができる(図 4(c)). 吸盤は吸引圧力によって屈曲角度が変わる。重力の影響を受けないように水平方向に屈曲させた場合、-40kPa で吸引を行うと吸盤は 25° 屈曲した。

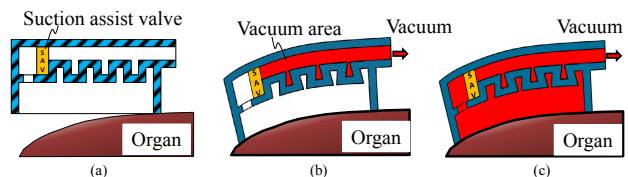


Fig. 4 Operation of the sucker bending

in vivo 実験において垂直方向および水平方向について吸盤の吸着力の実験を行った。吸盤を-41kPa でブタの肝臓に吸着させ、力センサで垂直、水平のそれぞれの方向に吸盤を引き、吸盤が臓器から離れた時の力を計測した。実験は 5 回行い、

その平均値を実験値としている。結果を図 5 に示す。この結果から、垂直方向よりも水平方向に吸盤を引く方が吸盤の吸着力がより強いことが確認できた。本ハンドでは図 1 に示すように臓器を横から包み込んで把持し、吸盤の水平方向の吸着力を使用して臓器を操作するため、この吸盤特性は本ハンドに適しているといえる。

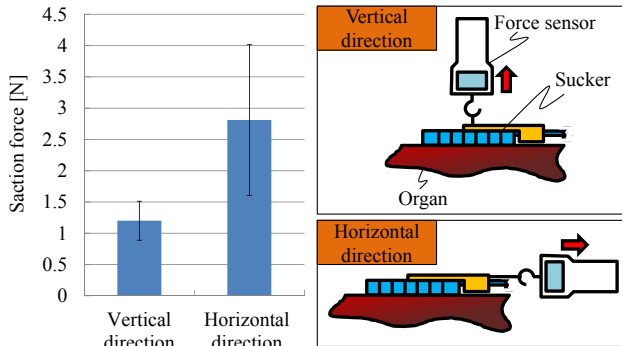


Fig. 5 Result of the in vivo experiment

指根本関節は指先端部品、指根本部品およびスライダで構成されている。スライダは指根本部品上を平行移動するように拘束されている。指先端部品は回転軸により指根本部品に、スロット内に挿入されるピンによりスライダにそれぞれ拘束されている。また、指部には図 6 のようにワイヤが通っている。ワイヤはスライダおよび操作部のプーリに固定されており、操作部のプーリを回転させることにより、スライダが平行移動する。これにより指先端部品のスロット内部でスライダに固定されたピンが移動して指先端部の角度が変化する。使用中に指が動かないように、操作部ではワイヤにブレーキをかける。指の角度は 90° まで曲げることができる。

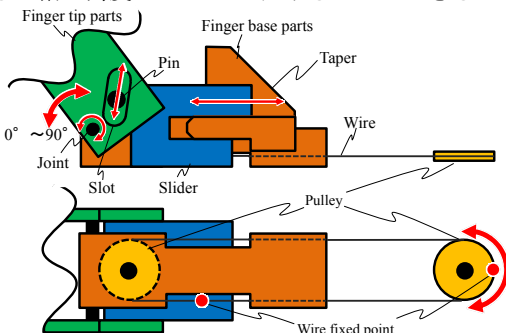


Fig. 6 Schematic diagram of the finger operation

手首関節はリンクに固定されているロッドをスライダで移動させ、手首の内側と外側の経路長の差をつくることにより手首の角度を変える。手首関節は 90 度まで曲げることができる。また、使用中に手首関節が動かないように、スライダはノブでねじを回すことによって駆動させる。

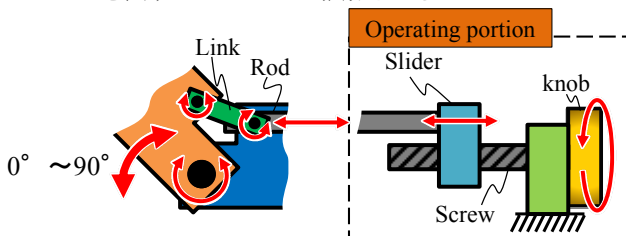


Fig. 7 Schematic diagram of the wrist operation

組み立ては本体部とワイヤで接続されている指部を一つずつトロカールから挿入し(図 8(a, b)), すべての指を挿入後、ワイヤを引くことにより(図 8(c))容易に組み立てが可能である(図 8(d)). 組み立てに用いるワイヤは指根本関節駆動の際に用

いるワイヤであり、新たなワイヤを必要としない。また、ワイヤには外管として、適度な剛性を有し、絡まりづらいつ特性を持つテフロンチューブを使用することで、組み立ての際にワイヤ同士が絡まることを防止する。

分解の際には、組立時に引いていたワイヤを緩め、指部を本体部から外し(図 8(c)), 本体部を引くことによってトロカールから取り出す(図 8(a, b)). この際、図 4 に示すような指部後部に設けられたテーパによりトロカールの淵に引っかかることを抑制している。

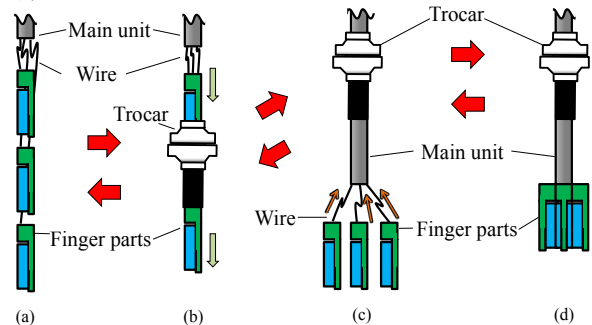


Fig. 8 Assembly/disassembly procedure

### 3. 実験

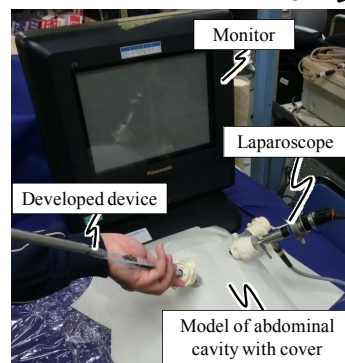


Fig. 9 Assembly and disassembly experiment

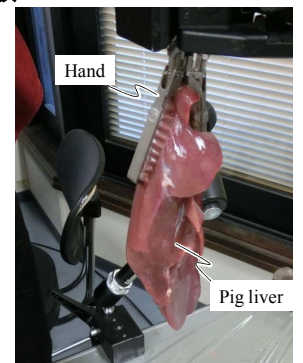


Fig. 10 Suction of a pig liver

図 9 のように腹腔を模した実験装置の内部を内視鏡で撮影し、モニタに映し出された映像をもとに組立・分解の時間の測定を行った。実験は 4 人の被験者に対して 5 回ずつ行い、その平均値を実験値としている。なお、被験者は実験の前に 1,2 回の組立・分解の練習を行っている。実験の結果は組立が平均 41.5s, 分解が 38.6s であった。

ハンドの組立後、-40kPa で吸盤を吸引した際に図 10 のようにブタの肝臓を吸着把持できることを確認した。肝臓の重さを増していき、400g まで吸着把持できることを確認した。

### 4. 結言

能動屈曲吸盤を有した体腔内組立吸着ハンドの開発を行い、体腔を模した実験装置内での組立、分解、動作の確認を行った。今後の予定としては in vivo での動作実験、薄い臓器や平面な臓器に対応するための指の配置の調整があげられる。

### 文献

- [1] R.Ohshima, T.Takayama, T.Omata, K.Kojima, K.Takase and N.Tanaka : " Assemblable Three-fingered Nine-Degrees-of-Freedom Hand for Laparoscopic Surgery," Trans. Of IEEE/ASME Mechatronics, Vol.15, No.6, pp.862-870, 2010
- [2] 宮本寛之, 高山俊男, 小俣透, 大泉弘幸 : "胸腔鏡化手術に用いる吸引式肺ポジションの柔軟シリコンゴムを用いた開発" フルードパワーシステム講演会論文集, pp.4-6, 2013