

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	内視鏡外科手術のための柔軟要素を用いた流体利用臓器圧排挙上機器の開発
Title(English)	
著者(和文)	宮本寛之
Author(English)	Hiroyuki Miyamoto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9537号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小侯 透,香川 利春,吉岡 勇人,只野 耕太郎,高山 俊男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9537号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		宮本 寛之	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	小俣 透	教授	審査員	只野耕太郎	准教授
	審査員	高山俊男	講師			
		香川利春	教授			
		吉岡勇人	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「内視鏡外科手術のための柔軟要素を用いた流体利用臓器圧排挙上機器の開発」と題し、以下の5章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景と位置付けについて述べている。患者に対し低侵襲である胸腔鏡手術、腹腔鏡手術などの内視鏡外科手術が、技術の進歩とともに急速に発展しているが、術者はポートを通過可能な細長い形状の器具を用いて手術を行うことが求められるため、術者の負担が増加していることを指摘している。ロボット工学による術者支援の研究開発が盛んに行われ、視野、作業空間を確保するための重要な手技である臓器の圧排、挙上に対しては、これまでに体腔内で組立、変形を行うことにより、広面積、多関節を構成する機器が開発されていることを指摘している。本論文の目的は、これらの体腔内で組立、変形を行う圧排、挙上機器に流体の利用と柔軟要素の導入により、性能や機能を向上させること、ディスプレイ化のために構造の簡素化を達成することであると述べている。

第2章「水圧駆動腹腔内組立式ハンド」では、指先関節を水圧で駆動する3指3自由度の組立式ハンドを提案している。これまでにワイヤ駆動の3指3自由度組立式圧排ハンドが開発され、広面積、多関節を構成することにより大型臓器の圧排に有利であることが示されていた。それに対し、本研究では三か所の指先関節を水圧で駆動することとし、その利点として、つぎを指摘し実験により検証している。1) 3指を同一の圧力源で駆動することにより、簡易に指先部の連動駆動が行える。2) 高伝達効率での力の伝達が可能であり、実験により約80%の高伝達効率を確認している。3) 計測した水圧値より負荷の推定が可能である(ただし、不感帯が存在する)。4) 指先関節を曲がり切った状態で与える水圧である予圧の設定により、指先関節が逃げ始めるトルクの設定が可能である。5) 流路に膨張する部分を装着し、その長さを変えることで、指先関節のコンプライアンスが調節可能である。開発したハンドでは、柔軟なシリコンゴムチューブの長さを変えることで、関節のコンプライアンスを調節可能なことを検証している。さらに、in vivo 実験では予圧を適切に設定することにより、三か所の指先関節を臓器になじませて圧排が可能であることを確認している。

第3章「ベローズ駆動指部」では、第2章で開発した3指3自由度組立式ハンドの指先関節部にはOリングで水密にしたピストンがあるため、滅菌および摩擦の問題点があることを指摘し、それをディスプレイ化可能なシリコンゴム製ベローズアクチュエータに置き換えることを提案し

ている。プラスチック製の型を切削加工により製作し、成形によりシリコンゴム製ベローズを開発し、さらにベローズ断面積を大きくとるように工夫している。円筒形ケース付ベローズを着脱可能に取り付けた着脱型ベローズ駆動指部、および、より簡素な構造であるベローズを直接関節部に取り付けた埋込型ベローズ駆動指部の2種類の指部を開発している。

着脱型ベローズ駆動指部については、ベローズとケースの摺動面における摩擦があるものの、ベローズがケースに囲まれているため十分な耐圧性があり、ディスポーザブル化を達成している。埋込型ベローズ駆動指部については、摩擦の影響が低減され、他の指部と比較するとヒステリシスが10分の1程度に改善されていることを確認している。ただし、耐圧性の観点からは、ベローズを柔軟なシリコンゴム等でカバーするなどの対策が必要であると述べている。

第4章「吸着変形式ポジショナ」では、対象臓器を胸腔鏡手術における脱気した肺、腹腔鏡手術における肝臓として、簡素な構造で十分な吸着力を有する吸着変形式臓器ポジショナを開発している。これまでに胸腔内変形式肺ポジショナが開発されていたが、生体に対する吸着力が十分でないこと、および、吸着部がディスポーザブル化に不向きな複雑な構造であることを指摘している。本研究では、吸着面を曲面に対応させて吸着力を得るために、ベローズ形状の吸盤を多数配置している。さらに吸着部をディスポーザブルな簡易な構造とするため、シリコンゴム製のバルブや流路を構成するベローズ、ポリプロピレン製のリンクやヒンジ関節を要素として開発し、それらを導入したポジショナを開発している。

開発したポジショナは豚の肝臓(食用)510gを挙上可能であること、および、豚を用いたin vivo実験では、脱気した肺の横隔膜側、肝臓に吸着し挙上可能であることを確認している。ただし、肺の横隔膜側以外は吸着できず、また吸着した肝臓に血腫が認められたので、これらの改善策について言及している。

第5章「結論」では、本研究を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上要するに本論文は、流体の利用と柔軟要素の導入により、体腔内で組立・変形により大型の臓器を圧排、挙上するための手術機器を開発し、実験により有効性を確認しており、工学上、工業上貢献が大きい。よって、博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。