

内視鏡下手術支援ロボットの開発

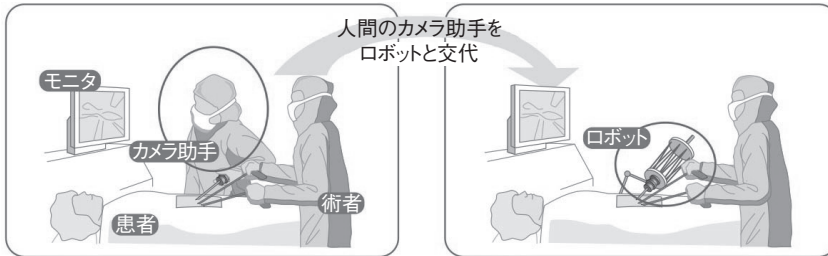


図1 内視鏡下手術と内視鏡下手術支援ロボット

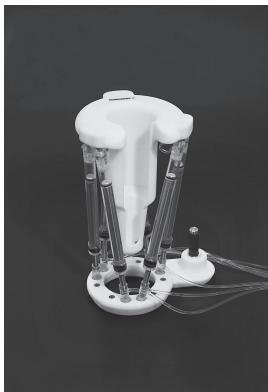


図2 内視鏡下手術支援ロボットの試作機（マニピュレータ部）



図3 試作機が内視鏡を把持位置決めしている様子

1. はじめに

内視鏡下手術は、患者の腹部や胸部に開けられた小さな数個の穴から挿入したカメラ（内視鏡）と鉗子などの手術器具を用いて行う外科的処置であり、開腹、開胸手術に比べ低侵襲で手術後の痛みが少なく、美容面でも優位なため、急速に普及している。内視鏡下手術は、手術野の観察を肉眼ではなく内視鏡を通してモニターに映し出された画像を見て行うことに最も大きな特徴がある。内視鏡がいかにか手術操作に適した視野を描出するかが、手術を安全かつ円滑に行えるかを左右する重要な要素といえる。

内視鏡の操作は一般にカメラ助手（外科医）が手で持って行う。カメラ助手は、単に手術に必要な部位にカメラを向けるのではなく、手術操作に応じた視野角度、遠近などを細かく調整する必要があり、執刀医の指示によって内視鏡を操作することもあるが、次々に行われる手術操作に合わせて操作するためには、どうしてもカメラ助手自身が執刀医の意図をくみ取って自己の判断で操作する必要がある。そのためにカメラ助手にも執刀医同様の内視鏡下手術に対する知識と熟練が求められる。実際、カメラ助手が経験不足的確な視野を執刀医に提供できず、

手術の進行に支障をきたすこともある。単純に手術時間が長くなるだけでカメラ助手の疲労により安定した視野が提供できなくなる。また、近年医師不足が叫ばれているが、高度な内視鏡下手術に熟練した外科医も不足している。そういった問題への解決策として、人間のカメラ助手に代わって内視鏡を把持位置決めする内視鏡下手術支援ロボットを研究開発している（図1）。

内視鏡下手術支援ロボット研究開発は、大阪大学大学院基礎工学研究科機能創成専攻（宮崎研究室）と大阪大学大学院医学系研究科外科系臨床医学専攻（消化器外科）に、大阪商工会議所、（財）大阪産業振興機構（大阪 TLO）の仲介で大研医器（株）商品開発研究所が参加し、医工連携、産学官連携体制で進めている。

2. コンセプト

内視鏡下手術支援ロボットと産業用ロボットの要求仕様の考え方は大きく異なっていると考えている。産業用ロボットは高出力、高速、高精度が重要視されるが、内視鏡下手術支援ロボットは安全、清潔、使いやすさが要求される。われわれが開発している内視鏡下手術支援ロボットの基本コンセプトは次のように定めている。①内視鏡下手術支援ロボットが患者や医師に何ら

かの事情で危害を加えようとした場合、構造的にその力を逃がす仕組みを備える（安全）。②清潔野内で稼働する部分はディスプレイ（1回限りの使用）とする。滅菌済みで医療機関に提供することで確実な清潔性を提供し、品質保証を行うことができ、医療機関でのメンテナンスは不要となる（安全、清潔、使いやすさ）。③小型軽量とする。セットアップなどが行いやすいだけでなく、執刀医の邪魔にならないことも重要である（使いやすさ）。

3. 内視鏡下手術支援ロボットの構成と機構

われわれが開発した内視鏡下手術支援ロボットは、ジョイスティックインタフェース部、制御装置部、ディスプレイとしたマニピュレータ部で構成されている。われわれの定めたコンセプトを実現する具体的な方法として、マニピュレータ部を6自由度パラレルメカニズムで構成し、アクチュエータには、特別に開発した滅菌可能な水圧駆動型リニアアクチュエータを用いた（図2, 3）。パラレルメカニズムは、万が一アクチュエータの一つが暴走した場合でも、他のアクチュエータによりその動きを抑制することができ安全である。また、人の腹部などの限られた狭い空間で操作する場合、シリアルメカニズムに比べ占有面積が小さく、機構も小型、軽量、シンプルにでき、邪魔にもならない。アクチュエータは、チューブを通じて清潔野外に設置したシリンダやポンプから送られる水量によって駆動量を制御する。清潔野での漏電の可能性がなく、モータなども使用していないため、安全で安価である。これらは医薬品を高精度で患者に投与する医療機器である注射筒輸液ポンプの機構を応用したものである。その他、ショックアブソーバや最大3個の緊急停止スイッチを用意した。インタフェース部はジョイスティックのほか音声認識、液晶タッチパネルを試作しているが、さらに自動操縦についても検討している。

4. おわりに

内視鏡下手術支援ロボットは医療機器であるので高い安全性が求められている。さらに検討を進め実用化に近づけたいと考えている。

（原稿受付 2008年9月25日）

〔小林武治 大研医器（株）〕