



低侵襲外科手術を支援する 内視鏡保持ロボット

東京工業大学

只野耕太郎

リバーフィールド株式会社

原口大輔

東京医科歯科大学

川嶋健嗣

1. はじめに

低侵襲外科手術は、患者の体表にいくつか孔（ポート）を開け、それらのポートから細い筒を介して鉗子類を体内に入れ、別のポートから挿入した硬性内視鏡（以下内視鏡）の映像をモニターで観察しながら体内で剥離や縫合などの手技を行うものである。体内の空間を確保するため、二酸化炭素で気腹して実施される。開腹手術より傷口が小さいことから、患者の痛みの低減、入院期間の短縮や傷跡の縮小など患者の QOL（Quality of Life）が高い。日本内視鏡外科学会の調査では、1997 年では 4 万件弱であった症例数が、2015 年にはアンケート回答率 50%弱において約 21 万件となっており、毎年右肩上がりで伸びている¹⁾。特に腹部外科領域と産婦人科領域の手術件数が多い。

低侵襲外科手術においては、執刀医の他に内視鏡を保持する医師（スコピスト）が必要となる。執刀医の目を他の医師が担当することから、両者の意思疎通が不可欠である。近年、4K や 8K などの高精細な 3D 内視鏡が市販されている。手術では奥行がわかる必要があり 3D は必須である。また、蛍光物質を投与し近赤外線の波長を持つ光を照射して、腫瘍転移の可視化などの機能を実装したものもある。最近は 4K 内視鏡の普及がはじまり、従来にはない鮮明な画像によって、より緻密な手技が可能となっている。8K 内視鏡は実用化されたが、まだ高額であり普及はこれからである。これらの内視鏡を用いた手術においては、手振れの影響を回避することが望まれる。また、若手医師の育成の観点からスコピストの業務は重要である一方、医師不足の点からも内視鏡を保持するロボットの必要性が高まっている。本稿では、空気圧駆動を用いた内視鏡保持ロボットの実用例を紹介する。

2. 内視鏡保持ロボットの開発動向

内視鏡保持操作するロボットは以前から研究開発が行われている。海外では 1994 年に米国では AESOP（Computer Motion 社）と呼ばれる内視鏡保持ロボットが実用化された²⁾。現在は販売されていないが、国内でも現役で使われている。音声認識などによって、執刀医の意図した操作が可能である。AESOP 以外にも FreeHand（FreeHand2010 社）³⁾、Viky（Trumpf Medical 社）⁴⁾、Soloassist（AktorMed 社）⁵⁾、AutoLap（MST 社）⁶⁾などの内視鏡保持ロボットが実用化されている。

国内では、2002 年に内視鏡を保持操作するロボット製品名 Naviot（日立ハイブリッドネットワーク（株））が実用化された⁷⁾。医師の操作に追従して動作するロボットアームである。当時はまだ低侵襲外科手術が今ほど普及しておらず、また専用の内視鏡が必要で高価だったことから、広く普及するまでには至らなかったが、その有効性は複数の臨床で実証された。

一般に内視鏡保持ロボットは、内視鏡挿入ポートの位置を中心として前後（ズームイン、アウト）、左右および上下の 3つの自由度を有している。上述したシステムはいずれも電動駆動を採用している。ロボットの動作はいずれもほぼ同じであるが、その操作方法はバラエティに富んでいる。医師は両手に鉗子を持っていることから、その状態でなるべく容易に内視鏡保持ロボットを操作するインタフェースが望まれる。FreeHand では、頭部につけたセンサで方向を決めて、フットペダルで移動量を操作