

医療研究★最前線 未来医療を拓く



国産手術支援ロボットの開発に向け  
内視鏡ホルダーを実用化

生体材料工学研究所  
生体機能修復研究部門 バイオメカニクス分野  
川嶋健嗣 教授

患者への負担が少ない低侵襲な治療法として、近年、適応範囲が広がりつつある内視鏡手術。内視鏡カメラと鉗子を入れる小さな穴を体に数カ所開けるだけで手術が可能で、開腹手術に比べて傷口が小さく、術後の回復も早い。そのため、入院期間が短くて済み、医療費を抑制できるというメリットもある。

内視鏡手術を行う際は、スコピストと呼ばれるカメラ係が内視鏡を持ち、鉗子を操る術者の指示に従って術野がよく見えるようにコントロールする。スコピストと術者の円滑な意思の疎通が大変重要で、これがうまくいかないと手術にも影響を及ぼしてしまう。

一方、手術支援ロボットでは、内視鏡カメラで患者体内をモニターしながら、数本のロボットアームを操って手術を行う。術者が手で鉗子を持って操作する時のような手ぶれがなく、立体的な画像モニターが可能

になるなど、従来の内視鏡手術よりもさらに精度の高い治療が行える。手術支援ロボットの代名詞ともいえるのは、米国インテュイティブ・サージカル社のダヴィンチ。日本でも2012年4月から前立腺がん手術で保険適用になり、医療機関への導入も進むと考えられている。

一方で、日本の国産手術支援ロボットはなかなか実用化に至っていない。薬事承認などの障壁が高く、優れた研究開発も目の目を見ずにいるのが現状だ。

頭の動きに応じて  
内視鏡カメラを操作

そのような国内の現状に一石を投じる研究開発が生体材料工学研究所で進められている。同研究所の川嶋健嗣教授の内視鏡カメラによる手術支援ロボットだ。川嶋教授は、前職の東京工業大学時代から国産手術支援ロボットの実用化を目指して研究



頭の動きで操作できるモーター駆動型内視鏡ホルダー「エアロビジョン(仮)」。動作検証に来ていた外科医は、基本的な動作の完成度を高く評価したうえで「あともう少し動きが滑らかになると、トラブル時のリスクマネジメントがしっかりしていれば実用化できる」と太鼓判を押す。

を行っており、その研究成果の一つである内視鏡ホルダー「エアロビジョン(仮)」が、2012年11月に一般医療機器として薬事承認を受け、実用化に向けて大きく一歩を踏

み出したところだ。この内視鏡ホルダーは、術者の頭に装着したヘッドセットのジャイロセンサーが、前後、上下、左右の動きを検出。頭の動きで内視鏡カメ

ラを操作する仕組みとなっている。さらに胸ポケットに入れたジャイロセンサーが術者の頭が前後する動きを捉えて、映し出す画像の拡大や縮小を操作できる。足下のフットペダルで各ジャイロセンサーの切り替えも可能だ。

「内視鏡カメラを動かすマニピュレーター」の位置制御には、空気圧駆動方式を採用。電気的なオン、オフの動きではなく、空気圧特有の「ふわりとした動き」が可能で、生体内で動くうえでの安全性も高まりました。

オペションのヘッドマウントディスプレイと組み合わせれば、目の前に表示される3D画像を見ながら手を動かすことができる。このホルダー

ーを使えば、両手が塞がった状態でも内視鏡カメラを動かすことができるので、スコピストがいなくても術者自身で手術することが可能となる。

これまでに、泌尿器科で計3回の臨床試験を実施。2014年の実用化に向けて調整を行っている段階だという。

「製品化に向けては、技術面よりも運用面での課題をどう解消するかが鍵です。スコピストが手で持って固定している内視鏡カメラを手術台に固定するわけですが、手術台周辺は医師や看護師、麻酔科医などが動き回るため、妨げにならないよう固定するとなると、その場所決めがとても難しい。移動できる独立式の固定用アームなどを含め、様々な可能性を検討しています」

力加減を伝える  
空気圧駆動ロボット

川嶋教授はさらに、エアロビジョンの「本体」ともいえる鉗子を操作するロボットアームも開発中だ。「ダヴィンチをしのぐ国産手術支援ロボットになり得る」と自信を覗かせる。

川嶋教授が専門とする空気による計測制御技術を使い、従来の手術支援ロボットが苦手としてきた力加減(力覚)を伝えるロボットを作り出

した。鉗子は空気圧駆動により動き、内視鏡ホルダー同様にくわりのした力覚を持つ。鉗子先端が多臓器などに接触した場合には、力センサーを用いることなく、接触力を空気圧シリンダーの差圧から推測して、操作する医師に伝えることができる。

例えば、ダヴィンチは、高感度な内視鏡カメラの視覚情報により、立体画像と広い視野で体内を捉えた手術を実現しようとする。ただし、視覚に頼ったこのやり方では力加減(力覚)が伝わりにくい。過度な力が加わったり、死角となる術野の裏側などに鉗子が触れて傷を負う危険もある。空気圧駆動は、こうした危険回避に役立つと考えている。

「止めたい時にビタリと止まり、動く時には滑らかという精密な動きを追求した結果、辿り着いたのが空気圧駆動でした。それでいて、臓器の一部を切除したり、縫合した糸を引っ張るなど、外科手術で求められる力も発揮できるのです」

川嶋教授は、限られた手術室内の広さも考慮し手術支援ロボットを開発している。一般の手術支援ロボットは大きく、手術室の改修が必要に行っており、その研究成果の一つである内視鏡ホルダー「エアロビジョン(仮)」が、2012年11月に一般医療機器として薬事承認を受け、実用化に向けて大きく一歩を踏

中小病院でも導入可能な  
省スペース・省エネ設計

川嶋教授は、限られた手術室内の広さも考慮し手術支援ロボットを開発している。一般の手術支援ロボットは大きく、手術室の改修が必要に行っており、その研究成果の一つである内視鏡ホルダー「エアロビジョン(仮)」が、2012年11月に一般医療機器として薬事承認を受け、実用化に向けて大きく一歩を踏

なるほどだが、川嶋教授の手術支援ロボットはできるだけコンパクトにすることを目指している。既存の手術台周辺にセットして使用できるばかりか、車に積んで運べるサイズにもこだわった。また、大型の手術支援ロボットに比べて消費電力も極めて少ないので、医療機関の規模を問わずに導入できる。

開発にあたっては、医学部附属病院の外科、泌尿器科、低侵襲医療センターなどの協力を得ており、実際の手術現場にも数多く立ち会ってきた。まずは内視鏡ホルダーが先行して実用化されるが、ロボットアームについても4年後を目標に実用化を目指している。

ネットワークを介した遠隔手術の研究も進んでおり、数千キロメートル離れた場所でも、スカイプを使って手術できる。

「今は腹部と泌尿器で検証を行っています。いずれはほかの臓器や歯科でも使えるようにしていきたい。究極は、お腹を開けて手を入れるような感覚で手術できる手術支援ロボットを作ること。また、医療や介護現場で役立つパワーアシスト装置など、空気圧制御による医療機器も開発しています」

川嶋教授の研究成果が国内の手術支援ロボットを先導しつつある。



ロボットアームの先端についている鉗子は、体外に4個、体内に2個、計6個の関節がある。通常は外側4個の関節だけで、体内では軸を中心に回転させることしかできないが、体内部分にも関節があるので手首のように曲げることができる。