

はじめに

医療ロボットの活躍の場が広がってきている。従来からある、診断・治療・リハビリテーション・種々の病院内作業といった臨床医療分野だけでなく、医師が手技を習う装置や患者の身代わりにロボットが使われるようになった。介護・福祉分野では、お年寄りや障がい者だけでなく、看護人や介助人を支援するロボットも開発されている。一方、再生医療、移植治療のための基礎研究や人工細胞作りといった基礎医学分野では、マイクロロボット(髪の毛の数十分の1以下の大きさ)への期待が高まっている。

本特集では広範な医療ロボティクスの中から、おもに臨床

医療分野の手術支援ロボットにフォーカスを当てる。今回取り上げるロボットはどれも独創的で、世界で先駆けて開発されたものがほとんどだ。治療法の進化を牽引するような発明も混じっている。しかし、実用化という点では、著名な手術支援ロボット「ダヴィンチ」に大きく水を開けられてしまった。その背景や原因についても、少し触れたい。

後半にはマイクロ・ナノロボットの開発の最前線について述べる。細胞操作の有用なツールとして期待がかかる、この分野のロボットこそ、最も進化的なロボットといえるかもしれない。

Part I 医師の手を拡張する

内視鏡下手術とロボット

内視鏡は「胃カメラ」として、よく知られているが、検査だけでなく、手術を行うときにも用いられる。内視鏡には金属製で、直線状の硬い硬性内視鏡(以下、硬性)とくねくね曲がる樹脂製の軟性内視鏡(以下、軟性)がある。軟性先端部には超小型CCDカメラが付いている。一方、硬性のCCDカメラは体外にあり、軟性に比べ、画像是鮮明だが、見る方向が限られる。各々は使う部位や目的によって使い分けられる。内視鏡の先には鉗子口(チャンネル)が開いており、ここから鉗子やメスなどが出てくる。小さなロボットフィンガ―もここへ装着する。

術者はモニタテレビに映る、体内の内視鏡映像を見ながら、器具を操り、手術を行

う。内視鏡下の手術(図1)では、通常、皮膚に3~4ヶ所の穴(0.5mm~1cmほど)を開け、1つの穴から内視鏡を入れ、他の穴に長い柄のついた手術器具(鉗子、ナイフ、穿刺針など)を入れる。ロボット医療では器具を把持したマニピュレータがこれを代行する。

内視鏡下手術は皮膚を大きく切開する開腹・開胸手術に比べ、患者への負担が小さく、昨今急速に広まっている。しかし、現行では初期の良性疾患の手術などに限られる。また、内視鏡画像是視野が狭く、遠近感がつかみにくい。軟性の先端部は手元のノブ操作で曲げられるが、それほど柔軟な動きはとれない。また、小さな穴を支点に棒状の手術器具を動かすので、操作には高

いスキルが要求される。操作に不慣れた医師が手術を行えば、医療事故にもつながりかねない。

医療ロボットや手術用画像技術は、これらの欠点を補う、医師の新しい、拡張された“手”や“目”となる支援ツールとして、大きな期待がもたれている。

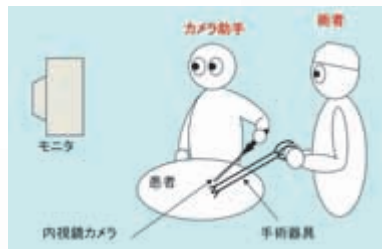


図1 内視鏡下手術(信州大学西川教授)。

内視鏡下手術では、小さな穴から挿入した器具を操作して、さまざまな処置・手術を行う。そのため、手元の操作部が操作しやすい機構になっていること、先端部がフレキシブルな作りになっていることが操作性向上のためには必要だ。そこで、ロボット技術の出番となる。ただ、既存のロボット技術をアレンジして適用するのではなく、斬新な発想で、治療目的に合ったツールを開発すれば、治療法にも新風を吹き込めるだろう。患者に優しく、術者を助ける可能性の高い新ツールの開発事例を次にあげる。

1-1 より巧みな手術を

「多関節マニピュレータで、

細やかな手技を」

現行の多くの手術器具はまっすぐで硬く、使いづらい。そこで、ロボット技術を使って、人間の指のように柔軟に動くエンドエフェクタ(マニピュレータの先端部)が開発されている。現状では、細かい動きを実現するために、ワイヤー駆動で開発されたものが多い。ワイヤーだと切れないという保証はないので、手術には必ずしも向いていない。「少しぐらい力がかかっても、切れたり操作不能にならないように、ステ

ンレスのリンク構造を使った新機構(図2)を考案した」と東京大学土肥健純教授・正宗賢准教授研究室の山下紘正助教が見せてくれたのは、ヘビのようにくねくね動く、

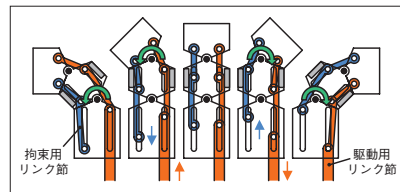


図2 スライダー・リンク機構の原理。このようにさまざまな角度に屈曲できる(東京大学土肥・正宗研究室)。