

Part III 医用ロボットの展開

ここでは、これまで取り上げなかった、医用分野でのロボットや特殊な環境下での医用マニピュレータを紹介する。一つ目は細胞操作を行うマイクロマニピュレータ、

二つ目は OpenMRI 下で使われる強磁界下のマニピュレータだ。最後に、期待を込め、未来型ロボット医療への展望について述べる。

3-1 細胞の低侵襲手術もロボットの手で

昨今、医学・薬学だけでなく、畜産・農業などの分野でも、顕微鏡下で行う細胞操作へのニーズが高まっている。ところが、これまではたとえていうなら、「直径 5cm の球を 100m の竿で動かすような」非常にラフな操作のマニピュレータしかなかった。そこで、生田さん(前出)は細胞サイズの世界最小の遠隔操作型マニピュレータを開発し、顕微鏡下での精密な細胞操作を可能にした。

このマニピュレータはレーザー光で駆動される(図1)。これは「レーザトラッピング」技術として、古くから知られているが、いわば SF によく出てくるレーザトラクターのマイクロバージョンだ。微小物体に赤外線レーザー光を当てると、レーザ焦点の移動に追従するようにその物体が動く。微小物体は透明であることが必要で、生田さんは「マイクロ・ナノ光造形法」の手法や装置を開発し、自身の研究室で、透明な樹脂製のマイクロマシンを作った。この樹脂は紫外線照射で液体から固体に硬化する特殊な樹脂で、最大 0.0001m の分解能で、任意の形の立体物を約 10 分で製造できる。組立作業を行わずに、細胞サイズのギアや軸などの可動機構を一挙に作れる。

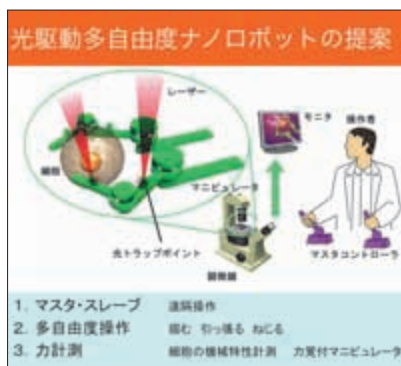


図1 レーザ光で駆動される多自由度の微小マニピュレータ(東京大学生田幸士教授)。

細胞を突っついて、その力を測る

現在、「手術ロボットの99%は臨床医療向けだが、基礎医学に使えるロボットもそれ以上に大切」と生田さんは語る。実際に基礎医学領域では、微小な細胞操作や細胞の力学的特性の計測、あるいは再生医療のための種々の細胞操作などが行われている。そこで、細胞生物学者が光学顕微鏡下で、細やかな操作が行える装置が求められている。それに応えるように、生田さんはさまざまなマイクロロボットを開発してき



写真1 微小マニピュレータの並進、回転、把持動作をマスター側の操縦桿で制御する(東京大学生田幸士教授)。

た(写真1)。

昨今、細胞には力のレセプターがあり、これが重要な働きをしていることがわかってきた。たとえば、赤血球の硬さの変化を病気の診断に使う研究も行われている。このような動向を受けて、細胞に力を加えると、操作側でもその反力が感じられ、その大きさを計測できるマイクロロボットを、生田さんは世界に先駆けて作った(図2)。1秒間に100回の速さで細胞からの反力を測ったり、直径数 μm のイースト細胞や赤血球の弾性率の計測にも成功した。

最近では、細胞からの反力を感じながら細胞を操作でき、細胞の手術ができるシステムも完成している。

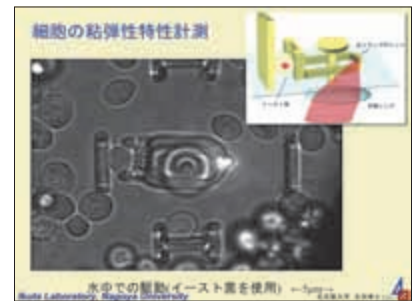


図2 中央の馬蹄形のマシンが左のイースト菌細胞を壁に押し当てている。このときの細胞の粘弾性特性も測定できる(東京大学生田幸士教授)。

3-2 OpenMRI 下のマニピュレータ

Part II で述べたように、MRI で患部を観察しながら手術を行うと、医師が肉眼で見えない部分も含め、手術の状況がリアルタイムに把握でき、より正確な手術を行うことができる。ここでは、MRI 装置の出す強力な磁場空間の中で操作される手術用ロボットについて、述べる。MRI 内でロボットを使うには、よくあるトンネル型ではできないので、開口型の OpenMRI を使う。といっても、ロボットを設置できるスペースは限られているので、ロボットも小型化する必要がある。ダヴィンチのような大きなマニピュレータでは MRI 下の手術はできない。

写真2 OpenMRI 内の狭いスペースに設置される手術用マニピュレータ(実際に手術を行うスレーブ側)。

超音波モータ駆動の

マスタースレーブ型マニピュレータ

MRI は巨大な磁石なので、MRI 画像への影響がないように、また、ロボットが誤動作しないようにロボットの素材も非磁性材料でなくてはならない。九州大学や日立製作所などが開発した、「MR (磁気共鳴診断) 画像誘導下の小型手術用ロボティク

