

マイクロマシンは医学を変えるか

国立大阪病院長・東京大学名誉教授
古川 俊之

医学はマイクロ世界の探検者

微生物の発見は科学思想史に重大な影響を及ぼし、科学のあらゆる領域でマイクロ世界への憧れが高まりました。もちろん分子や原子の存在は思弁的に推定されていましたが、顕微鏡の下で生命体を観察したときの印象には及びません。

今に至るも生物はマイクロ世界の主要な研究対象であります。その重要性を示唆する例を挙げてみましょう。まずは視覚細胞です。視覚細胞は光化学反応物質によって光エネルギーを電位に変換する化学センサーです。視細胞は細長い形で網膜の外側から外節、内節、核部、終足の4部分に分れています。外節は細胞膜が折り畳まれた多重層構造で、そこに感光性の色素が詰まっています。これをエンジニアの眼で素直に見ると、まるで光電子増倍装置です。自然は軍事技術のマイクロ・チャンネル暗視装置と同じ仕掛けを創造したのです。

第二の例は生体の化学的通信技術です。神経の電気信号系は進化の過程で出た新技術で、生物の通信と制御は元来化学物質を介して行われてきました。神経伝達は有線通信と同じく1対1に対応しています。ところが化学物質による通信は、無線通信のように受信側の細胞にレセプターという同調回路相当の装置があり、特定の細胞に向けて送られた通信を正しく検出します。送信路は全身を流れる血液で、電磁波が空間を伝播するように雑多な信号が入り混じっています。例えば、生体細胞は必要な数の同調回路を持ったマイクロマシンです。化学物質による通信は、多細胞生物の体内だけではなく、仲間の認識や通信に使われており、昆虫のフェロモン物質が有名ですが、哺乳類もナワバリ宣言のための臭い付け行動から、交尾期を告げる分泌物まで、さまざまな通信に使っています。将来のマイクロマシン群の通信制御も、まず個体にひとつずつの細胞に相当する自律性を与えるロボット技術に加え、化学物質とレセプターの関係に似た新しい通信システムの開発が必要となるはずで

医学とマイクロ・マシンの関わり

日常お馴染みの注射針はステンレスの細管で、ミリマシンのサイズではありますが、機械式の腕

時計の軸受穴より細い加工技術がなければ作れません。注射針の製造は早くから工業化されましたが、初めは金属の加工は手間ばかりかかって大変で、注射中に針が折れるような事故もありました。その後金属管の連続延伸技術が開発されましたが、これは高度な精密加工技術で、ダイスはダイヤモンドで寿命も短いので、注射針の製造原価は高かったのです。そのため先端を研磨して何回も使用しました。最近になって工作精度もコストも急速に改良され、注射器も注射針もディスプレイが当然になりました。

もうひとつの医療用のミリマシンは歯科治療機械です。歯科治療は対象が小さな歯牙なので、器具も小さくならざるを得ません。切削装置のドリルはまさしくミリサイズに、サブミリ加工で切削用の鑢目を刻んだものです。歯石や齲歯の腐食部分の除去に使うスケーラー、歯髄や軟部組織を処理するエクスカベーターと、すべての道具もサブミリ加工製品です。そして切削用タービンは、駆動装置そのものが腕時計なみの精密なサブミリマシンです。

マイクロマシンは医学を変えるか

医学・医療の世界はマイクロ世界の探検者が群がる領域です。またマイクロとまでは行かなくても、ミリサイズのマシンは日常の医療でお馴染みです。そのため工業技術院の大規模プロジェクトのマイクロマシンの説明資料は、ほとんど医学でのミリマシン応用を外挿した未来像です。それではこの次は、医学がマイクロマシン技術から恩恵を受ける番ではないのでしょうか。単純な外挿的予測でも、半導体マイクロマシン共鳴装置で音の周波数を検出すれば、たちどころに人工内耳の周波数分析用の素子を減らせます。注射針をLIGA加工で作れば、無痛採血や無痛注射が可能になります。

医用工学の研究者としての率直な提言です。純工学的な立場のマイクロマシン研究者に、現実の医療の現場で、ミリサイズからサブミリサイズのマシンがいかに力闘しているか、あるいはいかにムダな原始的環境にあるか、などの実情を見聞して頂きたいと思います。