

講座 マイクロマシンシステムの医療応用〔第4回〕

政策研究院 教授 藤正 巖

生体との情報インターフェイス、 マイクロ電極技術

機械産業はとすると電子系を借り物と考えることがある。しかし生体を考える場合は、複合系として最初から情報系の神経との接点を考えなければならない。基礎技術としての神経回路と外部機器との間に取られるインターフェースの開発技術はマイクロマシンに必須の開発技術となる。最近心臓ペースメーカーの開発で遅れをとったわが国に遅れを取り戻す千載一遇のチャンスが巡ってきた。

人工心臓ペースメーカーはすでに開発開始から40年が経ち、いまやもっともよく使われる人工臓器となった。普及したマイクロマシンの代表例でもあり、複雑な制御ができ、生体との適合性も高い。いままで心臓の徐脈対策に作られていたペースメーカーは、頻脈の治療のための埋め込み型の心除細動装置を組み込んだ装置が使われ始めている。

これに対して他の神経系に対するマイクロマシンの適用は始まったばかりである。さらに心臓の神経系が起こす疾病と大脳系・末梢神経系の神経が起こす疾病には多くの電気信号としての共通点がある。生体機能のうち電氣的に制御が可能な領域は極めて多数あり、工学者もそれに興味を持ってきたが、あるものは生体に対する侵襲性をおそれて生体の外部からマイクロな機器でインターフェースを取ろうとしたため、わが国ではマイクロ電極を生体内に装着する実験のアプローチは残念ながら工学部での動物実験に留まり、臨床の場からの体内へのアプローチの発想は多く提案されたが、それを実用に向けた研究は少なかった。いま神経系の研究者たちは、21世紀が遺伝子ばかりでなく脳の時代でもあることを主張し始めている。神経系は21世紀に残された数少ない研究の聖域でもある。

体内に装着される微小電極の研究は大脳の感覚領野を直接刺激する多チャンネルの針型電極の人体装着が視覚系・聴覚系の2領域で盛んに実行され、聴覚領野についてはある程度の臨床的成果が見られている。感覚器官と大脳間の求心性神経へのアプローチや感覚細胞への直接刺激は更に実現性が強く、聴覚では人工内耳が実用化され、視覚でも視神経への傾斜針電極での刺激実験が繰り返されている。大脳からの信号採取や大脳の機能部位決定には多チャンネルのマイクロセンサーの頭蓋内埋め込みがわが国でも高度先進医療技術に認定され、多数の臨床例が行われ健康保険適用も間近となってきた。

末梢神経へのアプローチはマイクロのスリーブ型電極や神経断端からの神経繊維成長部を電極に取り込む神経成長型電極の開発が多く行われ、体外又は体内の人工の機器との神経インターフェイス形成をめざして研究が行われている。これらのいずれのマイクロ電極や電子装置もマイクロ加工手法や材料の生体組織との適合性、さらに神経成長因子などの内分泌系物質の介在など、医工学にまたがった研究が必要で、新しい研究領域を作り出さなければならない。

微小流体機器は 医療計測用マイクロマシンの基幹技術となる

医学の対象は生体だがその7割が水で構成されていることはよく知られている。多くの医療計測は水溶液或いは細胞の入った液体を使って行われることが多い。オートアナライザーと呼ばれる自動生化学分析装置が作られた最初の発想が卓上の化学プラントの開発にあったことは有名な歴史的事実だ。そこには送液の手法、装置の洗浄の手法、検体の分離の手法、反応の検出の手法が、マイクロに近い寸法で検討され、プラントの超縮小を可能とした。

一方マイクロマシン開発の当初から、種々の微小流体装置の開発が提案されてきたが、いまだにそれは単発の部品としてしか機能していない。多用途を目指すには、すべてのシステム構成要素を再検討し再構築する必要がある。そのためには微小流体系の設計の基礎技術を獲得することから始めなければならない。それには高い粘性、粉体輸送に近い流体挙動を解析する理論、レオロジカルな分析の必要性といった生物の本質に迫る知識をも含んでいるだろう。この技術要素をシステムとして開発したもものが明日の検体検査装置を支配すると言っても過言ではない。マイクロTAS (Total Analysis System) や On-Chip-Lab といった検体微小計測装置が次世代のオートアナライザーとなり医療に役立つには、まだ数多くの機構部品の開発とマイクロシステムとしての検討が必要となる。

現場からのマイクロ化が新しい医療産業を作る

医療の大衆化や在宅化には医療用品を安く小さく作る技術が必要になる。具体的な医療機器のひとつひとつを取り上げ、そのマイクロ化の可能性と意味を探る必要が出てくるだろう。従来の医療機器は、手工業的な一品生産で作られているものが多く、高価なため市場が制限されてきた。そのマイクロ化は工業製品化と価格の低下をもたらし、大きな需要を作り出さう。既に在宅の血糖検査装置は、糖尿病の制御に新しい側面をもたらし、膨大な市場を生み出した。従来の薬剤の投与法に改革を加えたマイクロの在宅注射器や、さらにそれをもう一桁、二桁も小型化した注射採液装置など、これからの治療を根本的に変える可能性を秘めているものもある。いずれの場合も現場に深く関わり、それでいて先入観にとらわれない発想が必要なのは言うまでもない。どのマイクロマシンシステムも一旦使用され市場が形成されれば、一般の人が使用可能なものほどわが国独自の産業となることは、いままでの経験でも明らかだ。その対象は生活習慣病を主体とした一般大衆機器だろう。

マイクロマシンシステムは素子が小さいため、とすると情報系の回路を搭載することが困難のように思われがちである。しかし装置が小さくなり、大量に使われるようになればなるほど、装置や素子の情報処理を自動化することは不可欠となる。マイクロマシンにある一定の分散型の情報処理系を持たせ、これらをシステムとして統合するための研究が行われなければ、マイクロマシンが医療産業の基幹技術となる可能性は少なくなるだろう。