

マイクロマシンの拓く世界

東京大学人工物工学研究センター長
工学部産業機械工学科教授

中島 尚正

1. はじめに

人間には昔から大きい機械と小さい機械を求め
る本能のようなものがあつたのではないかと思
う。

大きい、小さいというのは人間と比較しての話
である。人間よりも大きい機械は自然の猛威に
対抗する上で強い味方になるし、小さい機械は
何でも言うことを聞いてくれる忠実な分身に
なる。

それでは、つくる上でどちらが容易かとい
うと、常識的な考えでは小さい機械の方であ
らう。しかし、なぜか技術の歴史では大きい
機械ばかりが目立つ。ローマ時代にヴィトル
ヴィウスが発明した水車も、中世の風車も、
ワットの蒸気機関も、復元模型をみると威
圧されるほど大きい。一方、小さいものは
ほとんどが道具の類である。小さい機械が
つくりやすいなら、色々なものが残ってい
てよさそうであるが、近代までは銃や時計
を除いては機械らしいものはほとんどない。

ということは、小さい機械の方がつくる
のが難しかったといえるのではないか。もち
ろん、単に機械を小さく作ることが難しい
ということではなく、人間にとって意味の
ある小さな機械を発明することが難しかった
、ということである。

これにたいして、小さな機械は欲してい
なかつたのではないか、と言う反論もあり
うるが、そうすると最近のように手のひら
サイズのメカトロニクス製品がもてはや
される理由が説明しにくい。

小さな機械が実現しにくかつたのは、
小さな精密な部品をつくるのが非常に難
しかったためである。

2. なぜ今、マイクロマシンか

小さな機械を極めるマイクロマシンの
夢が「ミクロの決死圏」によつてはじめて
具体的に描かれたのは、今から27年前
の66年である。その頃すでに、半導
体の微細加工の研究は始まつていた。だ
から、その当時でも半導体微細加工によ
つて微細

なメカニズムをつくることは、その気
さえあればできたはずである。だが、半
導体微細加工による静電モーターや歯
車が登場したのは今から5、6年前であ
つたから、20年以上も待たされたこと
になる。

なぜ、微細加工とマイクロマシンの
夢はもっと早く結びつかなかつたのか。
当時の日本は高度成長の途上であつた
から、マイクロマシンを考えるような
余裕はなかつたかも知れない。しかし、
米国にはこのような余裕があつたはず
だ。70年頃までの米国はアポロ計画
に代表されるように、夢を叶えるため
には、気前よく技術開発を推進したも
のである。したがつて、マイクロマシ
ンにもっと早く目を向けていてもよ
さそうな気がするが、そうではなかつ
た。

この理由はつぎのように考えることが
できる。すなわち、マイクロマシンの
実現に必要な技術には微細加工の他に
、材料、計測、制御、エネルギー、情
報処理、設計など沢山の技術がある。
したがつて、マイクロマシンの研究開
発に着手できるようになるには、ここ
にあげた全ての技術がある水準に達し
ている必要があつた。つまり、この
総合的な技術の水準がある臨界点に
到達している必要があつたが、20
年前はまだその段階ではなかつたの
である。

「ミクロの決死圏」以来、約20年
経過してからようやくマイクロマシ
ンのための技術の水準が臨界点に達
した。その時期に、半導体微細加工
によるミクロなモーターや歯車が登
場して、これがマイクロマシンの研
究開発のトリガーとなつた。

5、6年前からのマイクロマシンブ
ームはこのように解釈できるだろう。

3. マイクロマシンは優しい機械

これから開発が期待されるマイクロ
マシンは、今までの機械とどこが異
なり、また、自然や人との関係にど
のような変化をもたらすだろうか。

まず、マイクロマシンの特質は何かということ
を改めて考えてみると、もちろん小さいことである。小さいことを活かして今までの機械にできなかった画期的な方法で仕事をする。つまり、対象や環境にたいしての影響が少ない。優しく仕事をするのである。この点はこれまでの機械と本質的に違うところだ。

この特質がもっとも期待されているのが医療分野であろう。診断にしても、治療にしても、これまでの方法が大きく変わり、「ミクロの決死圏」の再現が夢ではなくなるかも知れない。マイクロマシンが優しく体内に入って処置ができるようになれば、痛い手術からも、また、胃カメラによる検診の苦しみからも解放されるであろう。そればかりでなく、マイクロマシンによって、医療設備の大型化にストップがかかれれば、医療技術の巨大化と錯綜化の歯止めとなって、国民医療費高騰の深刻な問題の解決につながることも期待できる。

機械の保守にたいしても、マイクロマシンは機械に優しい。エンジンやプラントに潜り込んで分解することなく点検・修理ができるからである。複雑な機械になればなるほど、分解・組立によって機械の調子が狂いやすい。おまけに、最近では分解・組立時の人為的なミスが目立っている。機械にとって分解なしに済むならそれに越したことはない。機械の運転を止めずに保守ができればなおよい。止めたり動かしたりを繰り返すと、熱膨張による過大な力などで機械の傷みが早くなるからである。

このようなマイクロマシンの優しいという利点は、裏返して言えば対象や環境に逆らうことができないほど弱いということである。これは、ミクロなもの宿命でもある。

例えば、魚は流れにさからってスイスイと泳ぐことができるのに、小さなプランクトンはそのようなことができない。これは物理法則によることなのでどうしようもないのだ。しかし、それでもプランクトンは自然環境と適合して支障なく生育している。

マイクロマシンと自然の関係は、これまでの機械のように自然と対抗し自然を制するような関係ではなく、自然に合わせて自然を巧みに利用するような関係であろう。例えば、マイクロマシンが流れにさからえないならば流れに乗る方法を考えればよいし、そうすることによって障害物との衝

突を自然に回避することもできるのである。

4. 変わる機械観

機械が人にとって使いやすいということは非常に重要なことだ。古来、技術者はこのような機械を目標にしてきたし、簡単そうに見える古典的な機械にも使いやすさの工夫の跡が見られる。

例えば、ワットの蒸気機関にガバナーと呼ぶ速度調節機構がついているのは有名な話であるが、これより前の中世の風車にも回転速度が過大になるのを防ぐ自動ブレーキが付いていたという。回転が上がり過ぎると粉ひきの回転石臼が浮き上がり能率が下がるので、これを避けるために必要とされたらしい。

機械に使いやすさを求めると一般に機構が増えるので、それを機械の空間にうまく詰め込む工夫がいる。上に述べた機械は大型なので制御機構の組み込みは別に問題にはならなかったと思うが、小型の機械の場合は簡単には解決できない。

小さい機械がなかなか実現できなかった理由の一つにこのような問題も指摘できるであろう。

機械に新たな機構を詰め込む空間がなくなると、そのしわ寄せが部品のサイズにやってきて、部品を小さくすることが求められる。しかし、現状の生産技術で実用的に加工できる最小の部品の大きさは、ふつうは約1mmが限度であるし、生産性や経済性を重視すると限界はもっと上になる。

機械の使いやすさを高めるには部品の集積度を上げる必要がある。そのためには現状の部品サイズを飛躍的に下げなくてはならないが、これを可能にするのがマイクロマシン技術である。マイクロマシン技術によって部品サイズは現状の百分の1から千分の1に下げることができるであろう。それによって、一般の機械も今までよりはるかに気の利いた便利なものになるに違いない。

マイクロマシン技術はマイクロマシンを実現するために不可欠であるが、一般の機械を一層便利なものにする上でも不可欠な技術なのだ。

マイクロマシンによって優しい機械が出現し、マイクロマシン技術によって一般の機械も今よりもはるかに便利なものになれば、われわれの機械観も変わったものになるに違いない。ひいては、現代の機械文明を望ましい方向に発展させることにも、マイクロマシンの拓く世界は寄与するのではないだろうか。