

マイクロマシン技術の 省エネルギー効果と課題



湘南工科大学
教授 北原 時雄

ダウンサイジングという用語は、当初会社などの組織のスリム化を指していたそうですが、最近では機械システムの小型化にも使われています。東通工（現：ソニー）が開発した最初の携帯型テープレコーダは重さが8kgで、そのメカニズムの駆動源はゼンマイでした。NHKの記者はこれをデンスケと呼んで肩に担ぎ、全国を取材して廻ったそうです。現在のカセットテープレコーダは電源込みでも200g程度ですから、これはデンスケの1/40です。

ICの開発を契機に、音響・情報通信機器はダウンサイジングされ、今では携帯型が主流です。デンスケは頻りにハンドルを回して動力をチャージする必要がありましたが、最近のカセットテープレコーダは単3電池1本で10時間近くも動きます。これは主としてメカニズム構成部品がcmサイズからmmサイズになったことによるもので、ダウンサイジングの省エネルギー効果を如実に示しています。

マイクロマシンは小さい軽いなどを特徴としていることから、これを製作・運用する技術（マイクロマシン技術）は広範な産業分野で活用されるという期待を担って登場しました。これまでのR&Dの成果として、様々なマイクロ加工法や多様なマイクロデバイスが生まれました。これらはすでに私たちの目に触れないところで使われ始めています。（財）マイクロマシンセンターは、その生産規模が現在すでに年間1兆円に達していると試算し、今後も急速に拡大すると予測しています。

技術開発の目的は豊かで安全な生活を実現させることにあります。しかし、これはエネルギー消費量を増やしてしまいます。マイクロマシン技術は従来の機械に比べて3桁程度小さいマシンを実現させる技術です。その省エネルギー効果は極めて大きいのですが、この点はあまり強調されていません。機械システムの消費動力はその寸法のおよそ2～3乗に比例するはずですが、以前に開発したマイクロ旋盤と実用旋盤との比較では、ほぼ1.5乗に比例するという結果になりました。このダウンサイジングによる省エネルギーは期待した値ほどには小さくなりませんでした。これまでに開発された様々なマイクロメカニカルデバイスの場合も同じような結果になっているようです。

その主な原因はマイクロ加工にあると思われます。在来機械のメカニズムにおける動力損失は大まかに見積もって10～30%程度です。これは主として形状精度を要素寸法の $10^{-3\sim-4}$ にすることで達成される値です。これをマイクロマシンに当てはめると、要素寸法が1 μm の場合には1nm～1 μm の精度が必要になります。しかし、現在のところ多くのマイクロ加工法は精度が100nmに留まっており、これは要素寸法の $10^{-1\sim-2}$ です。ミクロな世界で顕著になる物理現象もありますが、その積極的活用や影響の除去にも、nmレベルのピンポイント加工制御などが必要です。マイクロマシン技術の一層の高度化にはナノテクノロジーが欠かせないということです。これによってマイクロメカニカルデバイスの動力損失は大幅に減少します。（財）マイクロマシンセンターが省エネルギーという観点から、ナノテクノロジーを取り込んだマイクロマシン技術の高度化に取り組むことを期待します。