

産業基盤技術としての マイクロマシンへの期待

中央大学理工学部 精密機械工学科
教授 佐藤 壽 芳



工作機械の剛性と精度の関連に関心を抱き、研究に従事してきた筆者にとって、マイクロな世界との具体的な接点は表面粗さによってであった。生産工学の世界に触れた時、切削に伴う自励振動の安定限界判別と構造の振動特性同定が学会の主要な課題であった。一方、筆者が触れてきた振動、制御の分野では、入出力の関係から系の動特性を同定することが話題であった。考慮の末、振動と表面粗さの関係が指摘されながらも具体的ではないことに注目し、これを一つの課題とした。

1967年、米国マサチューセッツ工大に滞留中に、研究室で使える機材を動員して、旋盤構造の振動と表面粗さの関連を求める測定を試みたが結果は失敗であった。振動が高速現象であるのに、表面粗さの測定は低速、丹念に表面をなぞる手法が基礎であり、振動と同時に表面粗さを測定する手法の開発自体に課題のあることが明確となった。

その後の研究の展開は、現慶応義塾大学三井公之教授との共同による高速表面粗さ測定法の開発をすすめ、表面粗さに影響を与える構造振動の特性、工具・被削材間の相対変位と表面粗さの伝達特性等が明確にされた。これらは従来の常識を明確にする一方、論議されてきた課題に定量的な見通しを与えたものであった。

高速で表面粗さを測定する方法は、光学顕微鏡の系に電荷結合素子 (CCD) を逸早く巧みに利用していたが、測定分解能は $1\mu\text{m}$ を切るところが限界であった。時恰も、コンパクトディスク (CD) の表面形状評価、磁気ディスク鏡面の超精密切削加工法等が関心事であり、これらの微細表面形状を nm 台で評価することが新たな課題であった。

ビーニッヒ等の開発によるトンネル顕微鏡 (STM) は、一気に原子レベルの形状を可視化する画期的な手法であった。一方、筆者等は光学顕微鏡に比して高い分解能が期待される電子顕微鏡による解決策を探った。その結果、走査電子顕微鏡の反射電子画像の画像信号を積分する簡潔な処理で、表面微細形状が求められることを示した。STMの画期性には及ぶべくもないが、画像と対応して形状が求められること、倍率に対応して、 $0.01\mu\text{m}$ 台から、 $100\mu\text{m}$ 台に互って形状の評価が可能なこと等、いわゆるミリマシンの微細表面形状評価にはそれなりの特徴があることを指摘した。

これらの流れの中で、半導体微細加工を利用して、機械動作を実現するマイクロマシンの可能性が提示された。機械に対する動作力として電磁力よりも静電気力が主要な役割を果たすことに見るように、機械の構成法とその動作環境についてマシンに新たな概念を与えた点で画期的であった。

STMと言ひ、マイクロマシンと言ひ、画期的な概念の提示の多くが、残念ながら欧米諸国から生まれている。一方、数値制御 (NC) 工作機械の概念は米国で生まれたが、漸進的な努力を要する育ての親はわが国と称されている。

第二次大戦後のわが国産業復興と成長の軌跡は、高品質の製品を廉価に大量に生産、供給可能としたものであり、これは、製品に工夫を加え、生産技術を磨く、精緻化を図る、漸進的な努力の成果であった。先進国からも称揚されたトータル品質管理 (TQC)、ジャストインタイム (JIT)、コンカレントエンジニアリング等はその一端であろう。

今後の努力は、わが国が得意とする方向性に加えて、マイクロマシンの当初の概念のような、画期的な成果を生み出すことに意を払うことが望まれる。しかし、これは手をこまねいてなるものではなく、漸進的な努力を続ける中で醸成されることに留意すべきである。

このような状況と背景を考えると、マイクロマシンの研究開発は、個々に革新性を意図しつつも、漸進的、多様な展開を図るべき時期であり、半導体技術から生まれた当初の概念に留まることなく、時計技術、超精密加工等に基礎を置く展開、在来機械の中へのセンサー技術の融合、医療技術への応用等、論議、探索が重ねられている。既に実績も挙げられつつあるが、将来の産業技術の基盤として整えられることが期待される。

筆者自身はマシンに到達せず、形状評価技術の一点でマイクロ世界につながっている状況である。思いがけなく身を置いている位置であるが、転換期を迎えている時期にあつて、新しい産業の基盤を創る研究開発の努力は必須であり、(財)マイクロマシンセンターのご努力、ご尽力と共に、大いなる成果が生まれることを切に期待する。