



## 卷頭言

### 光による測長・位置決めの限界を巡って

服部秀三\*

私どもが物理学を習いだした頃は、光を用いた測長精度は光の波長の程度と教えられたものだった。しかしいまではレーザーの利用によって光検出信号の S/N 比が上がった結果、 $10^{-2}$  波長程度までは比較的容易に位置決めできるようになった。この意味での位置決め精度の限界  $\Delta$  は、干渉測長（縦型）の場合

$$\Delta = (\lambda/\pi)(N/S)$$

であって、 $N/S$  は  $10^{-6}$  程度と考えられるから、 $\Delta$  は  $0.2 \text{ pm}$  となる。光路が変位方向に対して垂直な横型測長の場合もほぼ同様な結果が得られる。実際に実現できる測長の精度限界は室内温度揺らぎによって決まるところになる。

室内振動が特性振動数  $10 \text{ Hz}$ 、平均振幅  $10 \mu\text{m}$  の  $f^{-1}$  振動であるとして、干渉光路差に変化を与える振動モードの固有振動数を  $10 \text{ kHz}$  にすることができるれば、振動測長限界  $\Delta_v$  は  $10 \text{ nm}$  となる。しかしながら滑らかに微小変位を発生させることと移動部分の変位に垂直な方向の剛性を高くすることとは常に矛盾する訳で、その理由でばねヒンジステージや摩擦支持力の高いボールガイドと圧電アクチュエータの組合せが用いられている。干渉光路を互いに平行に近接して置くことにより、光路差に及ぼす温度揺らぎを室温変化の  $10^{-2}$  程度にすることができ、室温変化  $1^\circ\text{C}$ 、変位  $10 \text{ mm}$  に対する熱的測長限界  $\Delta_t$  を  $1 \text{ nm}$  程度にすることができる。

光を用いた測長の限界を越えるためには結晶格子を尺度の基準とする試みがなされている。X線干渉計やトンネル電子像は  $10^2$  程度の S/N 比を与えるから、原子的尺度基準による、測長精度の限界は  $2 \text{ pm}$  に達するはずである。これらの原子的位置信号を測長・位置決めに用いるようにするためには  $0.3 \text{ nm}$  程度の平行移動度と位置決め精度を備えたステージが必要になる。それも実用的見地からすれば、 $10 \text{ nm}$  程度の移動量が望ましい。このようなステージは固体の弾性変形のみを用いては実現し難いので、摩擦転動を併用し光による測長によって制御、修正して初めて到達しうるのではないかと考えている。

また、 $10 \text{ nm}$  程度の周期性をもつ人工の原子的尺度を作り出す材料工学的なアプローチも魅力がある。多くの優れた研究者によって、光を用いた測長・位置決めの限界が破られていくのは、きっと近い将来のことであろう。

---

\* 名古屋産業科学研究所 〒460 名古屋市栄 2-10-19