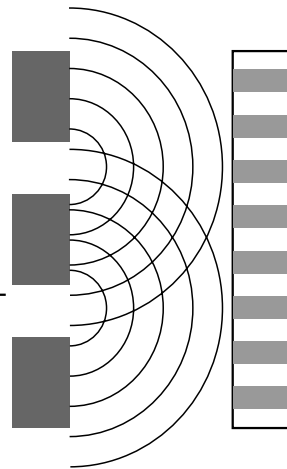


目で見て学ぶ 量子力学

第2回

実験でひもとく量子の不思議



ミクロの世界を探る電子線技術

外村 彰

2.1 はじめに

“電子線で見る量子の世界”の話の連載を始めたものの、本誌の読者の中には、きっと電子線には馴染みのない方が多いと思う。第1回でうんざりしてしまった人もいるかと思う。大学で電子顕微鏡について教わる機会はありません。ここで、17回にわたって出てくる専門用語の解説も兼ねて、電子線の世界の予備知識を紹介したい。専門に近い方には、つまらないかもしれない。

私が東京大学を出た40年前には、物理学科には電子顕微鏡の専門の先生はおられず、こんなに面白いのに何故電子顕微鏡を物理に入れてもらえないのかと思って、ちょっとくやしい思いをした。私が卒業して15年経って、井野正三先生が東北大学から招かれて、電子顕微鏡や電子回折^{傍注1}の講座が生まれ、今は、私の研究室にいたことのある長谷川修司さんがその後を引き継いでいる。

2.2 電子顕微鏡

電子顕微鏡は光学顕微鏡でも見えないミクロの世界を見る道具として誕生した。光学顕微鏡で見える限界は波長で制約され、 $0.2\ \mu\text{m}$ (ミクロン) 止まりである。 $1\ \mu\text{m}$ は $\frac{1}{1000}$ mm. 血液中の白血球や赤血球は数 μm なので光学顕微鏡で見えるが、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下のウイルス^{傍注2}になるとその姿を捉えることはできない。電子線は加速されて高速になるほど波長は短くなり、光の10万分の1以下の波長にすることもできる。このため、電子顕微鏡では、光学顕微鏡で見えないウイルスやバクテリオファージ^{傍注3}の姿を捉えることができる。金属疲労^{傍注4}の原因として飛行機が墜落するたびに問題視される原子の並びの欠陥(格子欠陥)も電子顕微鏡で直接見えるようになった。今では $1\ \mu\text{m}$ の1万分の1の $1\ \text{\AA}$ (オングストローム) まで観察可能である。現在は、nm (ナノメートル)

【傍注1】 電子は波動性を持っているので、物質に当たると原子の並びによって回折(干渉)を起こす。回折パターンから原子の配列を知ることができる。X線に比べ原子との相互作用が強いので、電子線は薄膜、固体表面、気体の構造を調べるのに向いている。電子の波動性が直接証明されたのは、電子回折によってである。

【傍注2】 インフルエンザ、黄熱病などのウイルス(病原菌)は非常に小さくて光学顕微鏡では見えない。

【傍注3】 細菌を溶かすウイルス。ファージは「食べる」という意味。

【傍注4】 金属に繰り返し力を加えることによって、小さな力で破壊が起こることを言う。欠陥の移動によって小さな孔ができることが原因と考えられている。