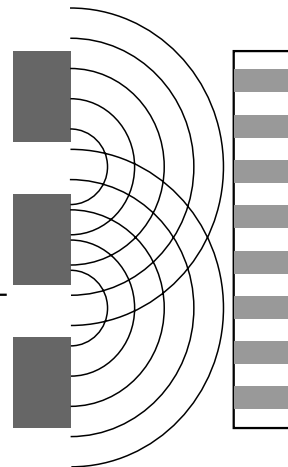


目で見て学ぶ 量子力学

第11回

実験でひもとく量子の不思議



電子線ホログラフィー

光の波面として再現される電子の波面

外村 彰

11.1 はじめに

ホログラフィーは、電子顕微鏡の分解能の壁を破るための2段階の結像法として1949年にD. ガボールによって考案された。

まず、電子線を使って物体のホログラムをフィルムに撮影する。ホログラムとは、“物体で散乱された波”に参照波^{傍注1}を重ねて得られる干渉パターンである。このホログラム・フィルムに、光の参照波を当てると、光は干渉縞によって回折を起こし、回折波の中に電子の波面が光で再現される。電子線と光の波長は10万倍も違うが、再生された光の波面は、波長を単位として見れば電子の波面と同じである。あたかも、そこに物体が存在するかのよう³に3次的に結像される。レンズも使わずに像を結ぶのは不思議だが、波としての最も基本的な性質“干渉と回折”を巧みに利用して結像が行われる。

ガボールは、電子顕微鏡の分解能を制約していた電子レンズの収差を、光学再生段階で光学的に補正して収差のない結像系の実現を狙った。可能性は、それだけに止まらない。光学技術を駆使できるので、電子顕微鏡の中では不可能だった様々な可能性が拓かれる。

こんなうまい話がこれまでなぜ実現されていなかったのか？ 発明当時、光にも電子線にも、干渉性のよい波が存在しなかった。1960年レーザー光の出現によって光ホログラフィーが実用化され、1979年干渉性の良い電界放出電子線の登場によって、電子線ホログラフィーが漸く実用レベルに至った。

11.2 顕微鏡で見える限界

1878年、E. アッペは、どんなに精巧な顕微鏡を作っても、光を使う限り、波長以下の分解能は得られないことを証明した。しかし、光学顕微鏡でも見えな

【傍注1】 平面波や球面波などの波面の分かっている波のことを参照波と言う。波面の分かっている物体波に重ねて干渉パターンを観測すると、物体波の波面が分かる。