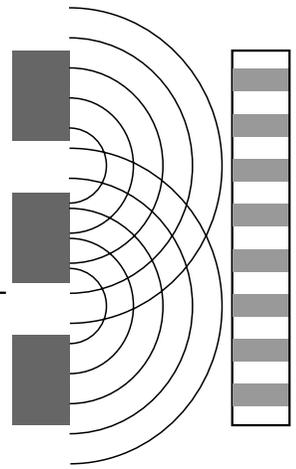


目で見て学ぶ 量子力学

第13回

実験でひもとく量子の不思議



電子の位相で見るミクロの磁力線

干渉電子顕微鏡

外村 彰



13.1 はじめに

電子線ホログラフィーの実用化によって、電子の波面が光の波面として再生できるようになった。電子の像は、舞台をオプティカル・ベンチの上に移して、光の像として3次元的に結像される。電子線ホログラムを撮っておきさえすれば、後から、様々な情報を得ることができる。ピントの合った像であれ、ローレンツ顕微鏡像などのピントをずらした像であれ、電子回折像であれ、光学再生によって得ることができる。再生像の分解能が原子オーダーにまで至ったので、ブラッグ反射による回折波も光で再生できる。

電子線ホログラフィーによって拓かれた可能性は、それだけに止まらない。光再生段階で光の干渉計を組み合わせることによって、位相の等高線を描く“干渉顕微鏡像”が得ることができる。とりわけ、磁場を観察したときには、磁力線そのものが位相の等高線として直接観察できる。隣り合う干渉縞の間には一定の磁束 $\frac{h}{e}$ ($= 4 \times 10^{-15}$ Wb) が流れているので、定量的でもある。さらに、この磁束の測定感度は観察する電子線の加速電圧に依らず、一定である。通常、電子線と場の相互作用は、速い電子線ほど、小さくなるはずである。1980年に、位相の等高線が微小磁束毎の磁力線そのものになることを見出したとき¹⁾、何と素晴らしい関係なのだろうと思い、深い真理を見たような気がして、感銘を覚えた。電子の波と電磁場の相互作用の背後には、“ゲージ原理”と呼ばれる“より深遠な自然の摂理”が隠されており、それがちょうどその頃から明らかになっていく。

今回は、“干渉顕微鏡像”によって、何が見えるのかを基本から考え、特にミクロの磁力線の観察への応用例を紹介しよう。