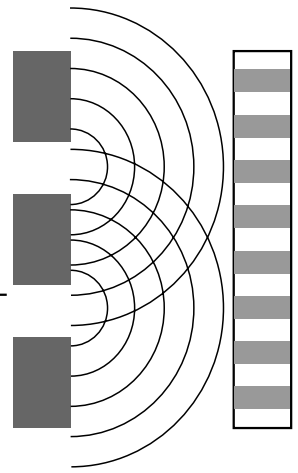


目で見て学ぶ 量子力学

第10回

実験でひもとく量子の不思議



アハラノフ・ボーム効果その後

外村 彰



10.1 はじめに

アハラノフ・ボーム (AB) 効果は、電子波にとって最も重要な“波動関数の位相”を決める原理であり、まさに量子力学の基本である。それ故、量子力学が支配するすべての分野に顔を出し得る。実際 1975 年、ゲージ場の実在を実証する実験として C.N. ヤンが取り挙げたのは、“陽子と中性子の相互作用を決めるアイソスピンの空間で陽子線や中性子線が示す AB 効果”であった^{傍注1}。この論文によって AB 効果が広く素粒子分野にまで知れわたるようになった。さらに、“重力場の AB 効果”や“結晶格子中の自由電子が示す AB 効果”など広い分野で議論されている。今後、AB 効果は物理学に止まらず、化学、生物学などにも姿を表す可能性を秘めている。

今回は、電子線の AB 効果が実証された 1986 年以降に現れた話題に触れてみたい。



10.2 固体中の電子が示す AB 効果

AB 効果は、物性分野においても大きな役割を果たすようになる。それは、1980 年代に始まった。ISQM (International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics in the Light of New Technology) が道を拓き、急速に数を増しつつあった“量子力学の基礎と先端技術を議論する学会”の中から誕生した。当初、「固体内の電子も、干渉現象を起こし AB 効果を示すのではないか?」という議論がわき起こった。R. ランダウアー、M. ビュティカー、Y. イムリーなどといった IBM の理論家を中心だった。ところが、間をおかず IBM の R.A. ウェップが、ナノ構造を有する金属中の電子が AB 効果を示すことを見出した¹⁾。ウェップは、初期の ISQM の常連の一人で、この実験結果を 1985

[傍注 1] 中性子は、陽子とともに原子核を構成する粒子である。電磁気における AB 効果は、電子などの電荷をもっている粒子に対してのみ生じる現象なので、電荷のない中性子に対して AB 効果は生じないと思われることと思う。T.T. ウーと C.N. ヤンは、*Phys. Rev. D* **12** (1975) 3845 の論文で、中性子と陽子を同一の粒子の異なった 2 つの状態と見なし、その状態を区分するアイソスピンのゲージ場の存在を証明する実験として AB 効果を提案したのであった。