

「光の物理」

特別講師 久米 健次

光の本性は何かの探求には長い歴史がある。17世紀に近代科学が形作られつつある中、力学の開祖であるニュートンは光についても多くの実験と考察を行った。ニュートンは力学的な世界観があったからか、光は粒子だと考え、その性質を説明しようとした。

これに対して、フックやホイヘンスは光は波動であると考えていた。双方の議論に決定打はなく、ヤングの登場となる。18世紀初頭に医学や語学にも才能を発揮した異才トマス・ヤングが光には「干渉する」という波動の性質があることを示した・・・しかし、ニュートンの権威は大きく直ちに認められたわけではなかった。その後、フレネルの実験などで徐々に認められるようになる。しかし、波動だとすると振動している媒質は何か、その伝播速度はどのくらいかなどの問題は残った。

一方、レーマー、フィゾー、フーコーによって光の速さが秒速30万キロと測定された。

19世紀半ばになって電磁気現象の解明が進み、マクスウエルによって電磁気学が出来上がった。電磁気の方程式から、電磁波の存在が予言され、その伝播速度が何と30万km/秒と計算され、マクスウエルは「光は電磁波であろう」と推察した。その後、ヘルツにより実験的にも電磁波の存在が確認され、長らくの謎であった光は「電磁波である」という、今では小学生でも知っていることが明らかになった。

大きな謎がついに解かれたが、これが次の新たな混沌の始まりでもあった。19世紀の終わり頃から物質のミクロ世界の探査が進む中、光の放出吸収や黒体輻射の研究の中から光の粒子性が認識されるようになり、アインシュタインは1905年に光量子仮説を提唱した。一方で、原子の安定性の議論や電子の波動性の確認などから、紆余曲折を経た後に「すべての物質には粒子と波動の二重性」があることがわかり、それを記述する非相対論的な量子論がその確率解釈とともに1920年代後半に一応の完成を見た。量子論の発展に重要な寄与をしたアインシュタインやシュレディンガーがこの量子論に深い疑義を抱いたのは皮肉なことである。

その後、量子論の相対論化や粒子の発生消滅を記述する理論として場の量子論が発展し、その中の摂動計算に現れる発散の適切除去も繰込み理論として完成し、自然科学中の最精密理論として量子電磁気学が完成した。これを以て、基礎理論としての光と電子の理論である量子電磁気学は完成し、今なおその実験理論両面からの検証は続いており、一方物質と光の相互作用を取扱う量子光学へとつながっている。

量子論の根本的な疑問に対しては1964年にベルが古典論と量子論の根本的な差異を際立たせ、かつ実験可能なベルの不等式を提唱し、その後のアスペ達の実験で量子論の正しさが示された。しかし、その不等式のより深い意味（局所性の問題）や、量子論が提示する重ね合わせの原理を巨視世界に敷衍した際の奇妙さ（シュレディンガーの猫）など観測問題は未解決の問題として残っている。

一方で、観測問題は脇に置き、量子論の奇妙さを情報工学的な「機能に活用しよう」という量子情報論が20世紀の後半から興ることになり、量子並列計算や量子暗号通信の基礎と応用の研究が急展開しているが、その中でも、光は中心的な役割を果たしている。