



## レーザー—2重性の狭間—

室尾 和之†

### LASER -Between the Duality of Light-

Kazuyuki MUROO†

ご存知のように光は自然科学において、常に最も重要な研究対象の一つであり続けてきた。この特筆すべき歴史の要因は、光が波動の性質と粒子の性質を併せ持つ、「2重性」(量子性)にあることに異論はないであろう。もちろん光の特筆すべき点として「質量が0である」という特徴もあり、このことが量子力学と並ぶ現代物理学の転機となる「相対性理論」を生み出すことは周知のことであるが、「光あれ」の宗教の時代からギリシャ哲学を経て自然科学が誕生し、ニュートンの光の粒子説を経てホイヘンスの光の波動説、ヤングの干渉実験、マックスウェルの電磁波理論にいたるまで、光の本質は粒子と波動との狭間で揺れ動いてきた。この議論のはてに両方の性質をもつ対象として、「量子」の概念の導入の契機となったことはご存知の通りである。

「光」が量子力学という自然科学、特に物理学におけるパラダイムシフトを引き起こした後、さらなる基礎物理学の深化と応用分野への発展をもたらしたのは、LASERの発明であると思う。(ちなみに筆者はレーザーと同時期に生まれて還暦を過ぎました。)おもしろいことに、LASERは量子力学を基に動作するデバイスでありながら、生み出されるものは、コヒーレント光、つまり最も古典的な波動である単色電磁波に対応するものである。LASERはご存知のように誘導放出のメカニズムを利用しており、誘導放出過程はLASER媒質中の原子・分子(最近では量子ドット等も含む)だけではなく電磁場も量子力学を用いて初めて理解される。一方単色電磁波は、古典的な波動として古典物理学に含まれる電磁気学で理解され、光よりも周波数の低い電波の領域においてはその発生にはエレクトロニクス回路、アンテナという古典的なデバイス(真空管、トランジスターが全く量子力学を利用していないかどうかという議論は別として)によって可能である。ところが光の周波数の領域では単色電磁波は古典的デバイスではどうしても発生させる事ができず、LASERという量子的デバイスによって初めて発生が可能となった。この意味で、LASERも量子力学と古典物理学の狭間にあるものと言えるだろう。これもまた2重性の一つである。

光が自然科学において、古くから現在に至るまで最も重要な対象であり続けてきたことは、上に述べたような2つの「2重性」の賜物であると思う。量子力学と古典物理学の狭間にあるLASERは、単純なパルス光発生やCW光(単色電磁波)発生の段階から、フェムト秒パルスなどの究極的短パルス光発生、物質や化学反応のコヒーレント制御に用いられる任意波形の光パルス発生を可能とするものに進化している。また、生成する電磁波の波長領域に関しても、可視域を超えた、テラヘルツ領域の電磁波の発生についても発生方法の一つとしてLASERが利用されている。これらの電磁波は、古典的波動の領域ではあるが、古典的なデバイスでは発生不能なものであり、LASERにより初めてその発生が可能となった。LASERはまた、スクイーズド光やエンタングル状態などの光自身が量子的性質を持つ状態を発生させ、量子暗号、量子テレポーテーション、量子コンピューター等の、光自身の粒子と波動の2重性が本質であるような領域での研究に発展している。これらの領域における光は、重ね合わせができるという波動の本質的な性質と、個別に識別できるという粒子の本質的な性質の両方を兼ね備えていなくてはならない。一匹のシュレーディンガーの猫(1光子)は観測した瞬間に、生きている状態(縦偏光)か死んでいる状態(横偏光)かに収束することが古典的な確率現象と本質的に異なる部分である。LASERを用いた光の研究がこれからも最新のトピックスであり続けるにはこれらの2重性を活かすことが重要ではないか。近年のトピックスでも全てが2つの2重性に立脚しているわけではない。2つの2重性に着目した時、なにか新しい展開があるのではないかと思う。

† 東京農工大学(〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16)

† Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-24-16 Naka-cho, Koganei-shi, Tokyo 184-8588