

位相共役鏡

黒田和男

(東京大学生産技術研究所)

フォトリフラクティブ材料や過飽和色素などの縮退2光波混合や4光波混合材料は、光が当たると屈折率や吸収率が変化する材料である。要するに、光の照射によって物質の光学定数が変化するだけのことで、機能としては実に単純である。が、これに良質の光増幅器を組み合わせるだけで、さまざまな光情報処理機能が実現できる。

なかでもフォトリフラクティブ材料は、増幅効果も併せもち、三次元的な拡がりの中で光と物質が相互作用し、その結果、大変面白い現象が生じる。その最たるものは、自己励起型位相共役鏡、いわゆる猫型と呼ばれる位相共役鏡であろう。チタン酸バリウムを使った場合、応答が秒オーダーとわれわれが観察するにはちょうどよい速度であることもあって、フォトリフラクティブ材料の中で位相共役鏡が形成されていく過程を直接観察することができる。レーザー光を入射させると、ビームファニングによって散乱光が次第に増大し、結晶全体が光り輝くようになる。やがてそれが収まると、結晶のコーナーに向けて閉ループが作られてくる。まるで生き物の成長を見るかのようなのである。時間発展というオシロスコープ上に描かれる曲線に慣れているものにとって、三次元的に進展していくプロセスを見るのはいかにも新鮮に感じる。こうして発生した位相共役光は途中にどんな屈折率分布があったとしても入射光路を正確に遡り、始めの状態に戻る。逆行する波と位相共役とは相性が良いということなのだろうか、最初に発見された位相共役鏡である誘導ブリルアン散乱を利用したもので、入射波を入れると自然に位相共役光が発生するのである。それにしても1個の結晶が、このような複雑なプロセスを内包するデバイスとなり得るのは驚くべきことである。これを自己組織化といい、生体の中では遥かに高度なプロセスが日常的に起きているのだというのが、それでも不思議なことに変わりはない。

位相共役鏡について、潜在的な需要は相当大きい。レーザー増幅の波面整形に一部実用化されているが、しかし現状のものはまだ応答速度、空間分解能、感度など基本特性において不十分な点が多く、多様な需要に応えるレベルに達していない。適応光学では鏡の後ろから棒で突いて面を変形させて波面の補償をしているわけで、これなど幼稚すぎると神様は笑っているのではないだろうか。しかし、最近のマイクロメカトロニクスの進歩は目覚ましいものがある。われわれ人間にとっては単なる鏡の方がよほど制御しやすく適用範囲も広いから、魔法のような非線形光学位相共役鏡より単純な形状可変鏡の方が先に普及しそうな予感がする。

ところで、位相共役鏡を覗くと何が見えるのだろうか。位相共役鏡から眼に戻る光は、もともと眼を発した光だけだから、位相共役鏡全面に眼が映るのだろうか。まさか自分の過去が見えるわけではない。