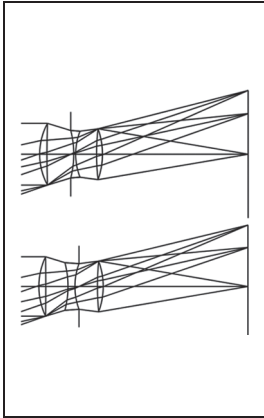


回折光学の歴史と将来展望

愛媛大学
市川裕之



1. はじめに

光学の様々な場面において回折光学というものがその存在感を示すようになって久しい。本稿ではその歴史的な発展を振り返るとともに、これからの姿を展望してみたい。

最初に回折光学の定義をしておく。一言で言えば、従来からの屈折・反射光学に対して「光の波動性を無視できないような大きさの構造で光の伝搬を制御する」ものである。回折と屈折の効果を完全に分離できるわけでもないので、「屈折・反射よりもむしろ回折が支配的であるような対象を取り扱う光学の一分野」と言えば理解しやすいだろう。

詳しくは後述するが、回折光学は回折格子から切り離せないものである。回折格子は 1785 年の Rittenhouse, 1820 年代の Fraunhofer により始まったとされている^{1,2)}。なお、その 100 年以上も前の 1673 年に J. Gregory は、小さな穴から暗室に入った太陽光が鳥の羽を通過すると多数の小円に別れ、中央部の小円は白色だがそれ以外は様々な色をしていることを観察した、と手紙に書いている³⁾。これは回折格子の物理現象自体を観察していたことに他ならない。

この黎明期から 20 世紀の後半にかけて、回折格子はもっぱら分光素子として用いられてきたとして良いだろう。一方、第二次世界大戦後、ホログラフィーの発明やレーザーの出現を経た 1970 年前後に、計算機ホログラム⁴⁾、キノフォーム⁵⁾、ダマン格子⁶⁾といった概念が立て続けに発表された。このころから、分光素子ではなく光学素子としての回折格子の姿が現れるようになってきた。そして、1980 年代において光コンピューター（後に、光コンピューティングと言い換えられるようになるが）の研究が世界的なブームを迎える。そのシステム中のインターコネクションを担う核心的部品として回折格子・回折光学素子のへ期待は大きく、システム側の要請に応える過程を通じて一気に技術的な発展を遂げた。

本稿はその勃興から現在までの歴史の一部を顧みて、将来像を考えるものである。

2. 回折光学の特徴

ここで、回折光学の特徴を整理しておきたい。回折光学素子は、素子の構造に基づく回折現象によって、入射光の振幅と位相を変調することで波面を、そして結果的に透過・反射側出射光の状態を制御するものである。具体的には、不透明な基板の開口を用いた振幅変調や、素子の厚さ・屈折率の変化による位相変調を行う。もちろん、振幅と位相を同時に変調する場合もある。

回折光学素子の目的は、所望の方向に所望の効率で出力光を供給すること、すなわち所望の出射光分布を実現することである。まず出射光の方向は素子の局所的周期で決まる。一方、ある特定方向の効率、すなわち入射光に対する伝搬光のパワー、は素子構造にともなう振幅・位相変調の影響を受けるので、簡単に因果関係を表現することは出来ない。

同じ機能を屈折・反射光学素子で実現しようとする場合との対比においてその特徴が明確となり、次の 3 点に整理することができる。(1) 任意波面の生成、(2) 機能の複合化、(3) 小型・軽量。