



光学（基礎と応用）

宮本健郎 著

サイエンス・カルチャー出版，2012年（ISBN 978-4-9900839-5-3）

現代の情報社会は、先人が創り上げた光応用技術の上に成り立っているといっても過言ではないであろう。これらの応用技術は、分光器、干渉計、光学素子などを用いた光学機器などにより発展し、1960年代のレーザー発振以来、ホログラフィー、光通信、光集積回路などの新しい分野が創出され、融合と細分化を繰り返し、コンピューターの進化と相まって飛躍的に進展した。

本書はこれらの光応用技術を、その基礎から応用にわたって簡潔にわかりやすく、横断的な視点から執筆されたものであり、多岐にわたるこの分野を俯瞰できる一冊である。

一方、昨今の大学生は、入学後に基礎物理などで光学に触れ、その後、学部・大学院にかけて、電磁波工学、光エレクトロニクス、光通信などを受講すると思われるが、概して数式をフォローし、新しい概念を受け入れることに終始しているようである。個々の事項およびそれらの相互関係を理解し、全体の技術体系を俯瞰することは、新たな可能性・新展開を探る意味でも大変重要である。

本書では、光の二重性に関わる歴史的な経緯から相対論に触れ、波動・幾何光学の基礎、結像理論、導波理論、非線形光学、結晶光学、光エレクトロニクスなどをカバーし、限られた紙面で基礎的内容の記述と新しい技術内容とそのつながりを見事に浮き彫りにしている。以下、各章を概観する。

第1章では、ガリレイ・ガリレオの時代から光の二重性の議論に至る歴史的経緯、さらに光子の本質的な側面のひとつである不確定性原理について簡潔に述べられている。さらには、レート方程式を用いてレーザー発振の基礎となる自然放出、誘導放出の現象や反転分布、光増幅の概念を式の導出に基づいて平易に述べ、さらに光と相対論では、運動している座標系でのマクスウェル方程式の不変性などに触れている。

第2章では、波動光学に基づき、光の伝搬に関する基本的な現象である屈折、反射、回折、干渉について述べられている。特に干渉に関しては、可干渉距離とスペクトル幅の関係、干渉分光法の原理とその波長分解能、結像系の分解能などについて詳細に記述され、各種分光器も紹介されており、実用的でもある。

第3章では、幾何光学に基づき、短い波長を仮定して、位相が一定となる波面の概念が導入されている。フェルマーの原理や幾何光学における特性関数が平易に導かれている。光線追跡法による設計法や結像・収差の評価方法について述べ、顕微鏡、超マイクロ縮写レンズなどの光学系の例を紹介している。

第4章では、波動光学的結像理論がまず述べられ、伝達関数の概念を導入し、結像系の点像強度分布、空間周波数特性による評価方法が記述されており、位相差顕微鏡を例に挙げて、瞳における像の改質が説明されている。さらに、ホログラフィーの原理、周辺回折波による解析、電波望遠鏡の像合成の仕組み、スタレコリメーターによるX線像の構成が説明されている。

第5章では、レーザーにより発展した光エレクトロニクス分野の記述である。まず、レーザー共振器の基本構成とモードの概念を述べ、モード同期による極短パルス光発生原理、自由電子レーザーによる極短波長光の発生原理、光ファイバーの導波機構、光通信における長距離大容量の伝送技術や多くの可能性を秘めた光集積回路について簡潔に説明されている。さらに、非線形光学の分野では、短波長光源として有力な二次高調波発生法、光デバイスとして重要な音響光学効果を用いた光周波数シフターや光偏向器などの原理について述べられている。

第6章においては、スカラーの波動方程式では説明できない現象や光学素子について述べられている。まず、多層膜や反射防止膜の原理、光集積回路で重要な光導波路の結合機構、次に結晶媒質中の光伝搬や光デバイスへの応用などを簡潔に述べている。

光学のエッセンスとなる基礎の部分から広範な光応用技術の分野を、筆者の長い研究経験に基づいた横断的な視点から、個々の技術の基礎はもちろん、相互のつながりがわかるように、限られた紙面で簡潔に記述されたのが本書である。ページを進める際、思いついたときに自由に各章に飛んで新しい概念や関連性への理解を深め、光応用技術の全体像を踏み固めていけるのが本書の大きな特徴である。光に魅力を感じる大学院生や企業の若い方々に、お勧めしたい一冊である。

（山形大学 佐藤 学）