

はしがき

偏光研究の歴史をひもといてみると、1669年にRasmus Bartholinがカルサイト(方解石)でのウォークオフ(結晶を通して見た文字が二重に見える現象)から複屈折を発見していることが第一に挙げられる。さらに1690年には、波動伝搬の法則で知られるChristian Huyghensがホイヘンスの原理に基づいて複屈折の説明を行っている。19世紀には偏光現象の多くが発見され研究が一気に進んだ。1810年にEtienne-Louis Malusが無偏光の光波をガラスで反射させると偏光することを見いだしている。さらにMalusは偏光子の透過光強度の法則として有名なMalusの法則を提唱している。翌年の1811年にはFrançois Aragoが光学活性物質中を伝搬する光波の偏光面が回転する旋光性を見いだしている。1828年にはWilliam Nicolが方解石結晶を貼り合わせることによる偏光子(ニコルプリズム)を発明している。ニコルプリズムは、その後のグラントムソンプリズムやグランテーラープリズムといった偏光研究に欠かせない光学素子の発展につながっている。さらに、透過と反射の2つの磁気光学効果(磁性材料による偏波面の回転)が、Michael Faraday(1845年)とJohn Kerr(1875年)によってそれぞれ発見されている。理論研究では、19世紀の後半に、1852年のGeroge G. StokesによるStokesパラメータによる偏光表現の提案に始まり、1892年にはHenri Poincaréによる偏光記述のためのポアンカレ球の提唱がなされている。20世紀前半には偏光解析を機動的に行うための実用的手法として、1940年にRobert Clark JonesによるJones法が、1943年にはHans MüllerによるMüller計算が提唱されている。当時Polaroid社の技術者であったJonesが偏光解析のためのJones法を確立した背景には、1928年にPolaroid社の創業者であるEdwin H. Landが2色性薄膜型偏光子(H膜)を発明していたことがある。Polaroid社のこれらの一連の技術開発の流れが、液晶表示素子の重要な技術的基盤となっている。

筆者と偏光伝搬解析との関わりは、1994年に、(株)クラレでの上司であった植月正雄主席研究員(当時)から、今後の光エレクトロニクス分野での偏光伝

搬制御の重要性を示唆されたことに端を発する。当時植月氏は、液晶プロジェクタのための巻き取り可能な光学スクリーンの開発に従事しており、①液晶プロジェクタの画素とスクリーンの表面構造によるモアレを防ぐ、②外光の存在下でも映像のコントラストを低下させない、という2つの課題を同時に解決する手段として、微細な繊維に偏光分離機能を持たせた織布系偏光スクリーンを提唱していた。織布系偏光スクリーンは残念ながら世の中に出ることはなかったが、1889年のThomas Alva Edisonによるkinetoscopeの発明以来、高品位の3次元投射映像を鮮明に観視することは世代を超越した願望となっており、映像の偏光をどう利用していくのかが今後とも重要であることは、液晶表示そのものが偏光制御を主原理とした表示方式であることと関連させるまでもなく論を待たない。植月氏からは、偏光伝搬解析について勉強するように勧められ、その際に「偏光伝搬解析についてはまとまった教科書がほとんどない」と言われながら、本書の参考文献にも載せている1940年代のJonesの一連の論文を紹介された。筆者は、1996年1月に、長岡技術科学大学に縁あって転職することとなるが、それまでの間にJonesの一連の論文を興味深く精査することとなる。

長岡技術科学大学に赴任してからは、多彩な偏光制御デバイスを実現するためには、光学異方性の3次元分布を高度に制御する技術が重要であるという観点から、川月喜弘教授(兵庫県立大学)と数多くの息の長い共同研究をさせて頂いている。川月先生は、同じ(株)クラレの出身であり、植月氏を上司に持っていた点からも兄弟弟子とも言える関係である。川月先生は、高分子液晶の光配向分野で独創的かつ先駆的な研究を続けており、「光学異方性の3次元分布を制御する」という観点からも多くの貴重な成果を挙げている。川月先生との共同研究の結果、液晶表示用の位相差フィルム、低分子液晶の光配向膜、ベクトル型回折格子(偏光ホログラム)、偏光回折格子液晶セル、偏光多値計算機ホログラム素子など、多くの偏光制御型光素子を提案してきている。

本書は、川月先生との共同研究を実施するに当たり、筆者の研究室の学生向け教科書として取りまとめたものを基にしている。第1部「偏光伝搬解析の基礎—偏光の基礎、回折、干渉、ホログラフィー—」では、先人たちの良書も参考および引用させていただきながら「光波伝搬と偏光の基礎および一連の解析方法」について取りまとめた。また、第2部「偏光伝搬解析の応用—液晶とベク

トルホログラム解析を中心として一」では、実際に我々が取り扱っている液晶を使った偏光制御デバイス、その中でもベクトルホログラムを中心に上げて、第1部で説明した解析手段の適用方法の実際を紹介している。第2部で偏光伝搬解析の応用を解説するに当たり、「液晶」を取り上げたのは、我々が偏光制御デバイスとしての液晶に着目してきたこともあるが、ねじれ配向も含めて液晶の多様な光学異方性分布中の偏光伝搬を解析する技術を紹介することが、偏光伝搬解析技術を習得するのに最適であると考えたからである。第2部では、回折、干渉、ホログラフィといった、直接偏光そのものではないが、偏光と回折、偏光と干渉、偏光とホログラフィという観点が重要となるため、第1部では、これらの基礎についての記述も付け加え、本書一冊で、様々な場面での偏光伝搬解析のための光学の基礎から実際の適用例まで読み通せるように工夫した。

本書を取りまとめるに当たっては、参考文献に挙げさせていただいた書籍・文献を参考にしたのはもちろんのこと、筆者の研究室出身の多くの学生たちと議論をさせていただいた。特に、江本顕雄准教授(同志社大学)と佐々木友之特任准教授(長岡技術科学大学)の両先生には、直接本書に載せている図面の作成や数式の確認をお願いした。また、液晶の光学を長年研究してこられた、赤羽正志名誉教授(長岡技術科学大学)、木村宗弘准教授(長岡技術科学大学)には、学生の論文審査等を通じて長年にわたって多くの示唆をいただいた。この場を借りて深く感謝したい。

最後に、植月氏から約20年前に示唆された「今後の光エレクトロニクス分野において偏光伝搬制御技術の重要性がますます増す」という言葉は、現在でも輝きを失っていないと思われる。この20年間を見ても、光記録、光通信、光計測、表示技術など、多くの分野で偏光を意識的に活用することで光技術の高度化が成されている。本書が、光分野を初めて勉強する学生たちの教科書として使われるだけでなく、光関連技術者が多くの問題を解決するために「偏光制御機能」を活用するための実用的な参考書のひとつとなれば幸いである。

2015年1月

小野 浩司