Laser Compass

ホイヘンスが考えた光

庄司 暁 †

Huygens's Conception of Light

Satoru SHOJI†

私は，所属する電気通信大学で学部生に向け，光波工学と波動工学の講義を担当している．そのなかで，光とは何か？という，人類にとって非常に難しい問いに対して歴史上の科学者がどのように考えてきたか，講義の初回に説明するようにしている．内容は，ほぼ以下のようなものである．18 世紀，光とは何か，に対して二つの考え方があった．一つはホイヘンスらが唱えた「波動説」である．もう一つはニュートンが唱えた「粒子説」であった．この二つの説は当時いずれが正しいか明確な結論には至らなかったが，ニュートンの粒子説が主流であった．イギリスの科学者ヤングが 1800 年初頭に，二重スリットの実験について論文を発表し，光は干渉する「波動」であると主張した．さらに，マックスウェルが 1860 年頃に構築した「電磁気学」と波動方程式によって，光は空間を伝わる電場と磁場の波動である，と理論的に示された．ニュートン以来の粒子説から，波動説が完全に取って代わった．ところがこの説も長くは続かず，1900 年に黒体輻射のスペクトルを統計力学の手法を用いて説明したプランクと，続くアインシュタインによって，光はエネルギーの「粒子」として存在するという仮説が唱えられた．シュレーディンガーやハイゼンベルグらによって体系化された量子力学によって，光（のみならず電子，原子を含む様々な物質）は波動の性質と粒子の性質を併せ持つ，常識的感覚では到底不可解な「量子」である，と現在は理解されている．

しかし正直なところ私は，原著の論文に目を通さず，所々の書籍の記述や伝聞を復唱していただけである．のちに正しい事情を知って，赤面の思いと同時に，当時の科学者の発見と思考に感動を覚えることは少なくない．例えば，ヤングが見た干渉縞はもともと教科書で描かれる二重スリットによるものではない，といったことである．

光学の教科書で習う「ホイヘンスの原理」の起源は，1690 年にクリスティアーン・ホイヘンスが発表した“Traité de la Lumière”である．私は最近思いがけずこの書の英訳に出会い，非常に刺激を得た．

ホイヘンスにとっての光の正体は，空間を満たしてお互いにぎっちり接触し合う「エーテル」と名付けられた究極に微小で軽量，そして究極的に高い硬度と弾性を有する微小粒子の集団に伝わる「撃力」であった．太陽やロウソクの炎など光の源から発せられるのは，硬いエーテル粒子の高速な運動である．それが周囲の空間を満たす別のエーテル粒子に衝突し，超高速で運動量が伝わっていく．ガラスや水など透明な媒質の中を光が伝搬できるのは，エーテル粒子から見るとスポンジのようなポーラスな材料であって，エーテルが内部に浸透するからである．ただし，エーテル粒子同士の衝突が幾分妨げられ，撃力の伝搬速度が下がる．ホイヘンスが説明する屈折の原理は，光の伝搬速度の変化に他ならない．トリチェッリやボイルが作り出した真空を音が伝わらないのに光は伝わるのは，容器内の空気を取り除いてもエーテル粒子が浸透し満たすからだと言う．そして，エーテル粒子の凝集体のなかでの撃力の伝搬は，ちょうどビリヤードの球のように，接触する全ての粒子に分散されて球面状に進行するはずだ，という我々の知る「ホイヘンスの原理」に近い考察が説明される．様々な場所で発生する球面状の衝撃が合わさって，結局，全体として直進する．ホイヘンスにとっての光は，均一な空間に伝わる連続的な振動の伝搬などでは全くない．

本書では，数式は全く出てこない．ニュートンのプリンキピアと同様，全て作図によって説明される．ホイヘンスの原理と聞いて期待する波面も出てこない．周波数，波長，位相といった概念も本書には無く，円弧で描かれているのは，最初のエーテル粒子から発せられて一定時間後に伝わった撃力パルスの位置である．また，本書の本題は，光の反射，屈折と，「Iceland Crystal」と呼ばれた方解石で見られる複屈折を説明することであった．一方，回折現象には触れられていない．現在のいわゆる「ホイヘンス・フレネルの原理」に昇華させたのは，1800 年代に入って波動論と干渉の効果を含めて数式を用いて説明したフランスの物理学者フレネルの成果である．

当時の理解を知ることが今の我々にとって意味があるのか，全く分からない．しかし，歴史に名を残す偉人達の思考の道筋を元の論文から読み知ることは，今の私にはとても刺激的で興味深い．

† 電気通信大学大学院 情報理工学科基盤理工学専攻（〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1）
† *Department of Engineering Science, The University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo, 182-8585*