

## Ernst Abbe の最初の光学研究

## Ernst Abbe's first study of optics

○太田清貴<sup>1</sup>, 植松英穂<sup>2</sup>  
\*Kiyotaka Ohta<sup>1</sup>, Eisui Uematsu<sup>2</sup>

Abstract: German physicist Ernst Abbe studied optics and made various optical instruments in Carl Zeiss Company. Abbe's first optical study was a improvement of meridian observation instrument in the nature research association of Frankfurt am Main. The association studied a meridian pillar and Abbe was interested in the study. After this improvement, Abbe started in full swing the optics.

## 1. はじめに

Ernst Abbe は世界的光学機器メーカー Carl Zeiss 社とともに知られている。彼の光学理論は今でも光学器械設計の基礎として使用されている。科学史家広重徹は Abbe について次のように評価している<sup>[1]</sup>。

・・・光の回折を考慮してレンズの分解能の理論をたて、はじめて絞りの効果を正しく取り入れた結像理論を展開し、光軸の近くの小物体の像が収差なしに生ずるための条件として、いわゆる Abbe の正弦条件を導いたこと(1873 年)などが、記憶されるべきかれの業績である・・・

本研究では、Abbe がどのような経緯で光学の研究を始めるようになったか調査した。

## 2. Ernst Karl Abbe の生涯

Abbe は 1840 年バネ技師の長男としてアイゼナハで生まれた。貧しい家庭に生まれた Abbe は父の雇用主の経済的援助によって高校と大学に通った。1857 年にアイゼナハ中等教育機関を卒業し、1857 年から 1861 年までイエナ大学とゲッチンゲン大学で物理学を学んだ。1861 年にはゲッチンゲン大学の数学者 Bernhard Riemann と物理学者 Wilhelm Weber に指導され、“Erfahrungsmässige Begründung des Satzes von der Aequivalenz zwischen Wärme und mechanischer Arbeit (熱と力学的な仕事量の間での等価による定理に関する経験に基づいた論拠)”<sup>[2]</sup>と題する論文で物理の博士号を取得した。ゲッチンゲン大学を卒業後、家庭教師で生計をたてながらイエナで講師の資格を取得し、ゲッチンゲン天文台で助手になり、1861-62 年にはフランクフルトの自然研究協会で活動した。1862 年に光学の第一論文“Collimator-Mire auf dem Paulsthorme (パウロ教会塔の上にあるコリメーター)”<sup>[3]</sup>と第二論文“Vorschlag zu einer veränderten Einrichtung der Meridian-Instrumente (子午線観測装置の調整に関する提案)”<sup>[4]</sup>を書いた。

翌年には“Über die Gesetzmässigkeit in der Vertheilung der Fehler bei Beobachtungsreihen (観測シリーズの誤差分布の規則性について)”<sup>[5]</sup>と題する数学の論文を書いた。この時期にイエナ大学の数学者 Karl Snell の推薦で、イエナ大学の物理学、数学、天文学の講師になった。イエナ大学では御用器械師として働いていた Carl Zeiss と出会い、1866 年には Carl Zeiss 社の従業員になった。こうして Abbe の理論に基づく光学器械製作が始まった。1873 年には Abbe の正弦条件が“Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung (顕微鏡の理論と顕微鏡の知覚に関する寄稿)”<sup>[6]</sup>と題する論文で提示された。Zeiss 社は Abbe が従業員として参加して以来繁栄したことで、彼は Zeiss と共同経営者となり、会社運営にも貢献し、貧困生活から抜け出ることができた。共同経営者となった Abbe は、ロンドンの科学展覧会で出会った Schott ガラス工場長のガラス職人 Otto Schott を Zeiss 社の傘下に入れ、光学レンズの作製に力を入れた。

Abbe は光学の研究でイエナ大学の教授へと地位を確立しながら、Zeiss 社では光学器械製作に没頭した。生涯 Abbe は数々の光学器械を世に残し、Zeiss 社を世界的光学器械メーカーに成長させると同時に、光学器械製作の科学的な基礎を打ち立てた。

## 3. 第一論文“Collimator-Mire auf dem Paulsthorme”について

この論文は Abbe が光学の研究を始めた最初の論文で、子午線標柱の方位確定を目的とし、子午線観測機器の改良について書かれたものである。

## 3-1. 19 世紀の航海術と子午線

自船の位置を確認する方法は、航海をするにあたって目的地へと正確に着くために古くから考えられて来た。時代が進むにつれ、航海士は太陽や月や北極星、南十字星などの位置を見ながら航海をするようになった。

1 : 日大理工・院 (前)・物理, 2 : 日大理工・教員・物理

こうして天体観測装置が徐々に作製され、1750 年頃にはドイツの地図製作者 Tobias Meyer が月の位置を正確に予測した。グリニッジ天文台長 Nevil Maskelyne が Meyer の月の運行表を本にまとめたことで、航海士は経度の割り出しに使った。この本による経度は、他国の本に比べて正確であったため広く使用された。1884 年万国子午線会議においてグリニッジ天文台が地球の経度の基点として本初子午線と決められた。

Abbe の第一論文が書かれた時代は、本初子午線を本国にしようという試みが各国であり、本初子午線確定に賞金が懸けられていたことをあり、星の観測が多いに進められていた。また本初子午線の確定即ち正確な位置を知る技術は、商業や戦争にも役立つので、社会からその開発が求められていた。

### 3-2. 自然研究協会と Dr. Lorey

1817 年に非営利団体の自然研究協会が看護および科学のためにフランクフルトで設立された<sup>[1]</sup>。この協会に所属していた Joh. Balthasar Lorey は 1839 年以来、時計塔の調整、パウロ教会塔の緯度、および子午線標柱の確立に尽力した。1851 年に Lorey が提出した年次報告書では、パウロ教会塔の緯度や自宅からパウロ教会塔までの位置、パウロ教会塔から観測したレオニスやタウリなど星の位置の観測データが記述された。一方、彼は自然研究協会での活動と共に、1846 年まで医学研究所において患者の治療を行っており、1852 年にケルンで開業医をしていた。

この協会での天文観測においては高価な望遠鏡が使用され、1860 年以降フランクフルトの標準時計はこの協会のもので基準となった。この協会においては、物理学と化学の講義が行われ Abbe など若い科学者を招致した。Abbe は講義の他に、コリメーターの調整の業務を任せられるようになり、その結果“Collimator-Mire auf dem Paulsthorne”を書いた。

### 3-3. Abbe による子午線観測機器の改良

ドイツにおいて唯一子午線標柱を利用していたのは、パウロ教会塔であった。しかし夜間は暗く子午線標柱が見えないことや、昼間でも霧によって視野を遮られることが珍しくなく、観測が時間に制限されていた。それで子午線標柱観測器械を調整することが必要不可欠となっていた。Abbe はこの問題について研究し、独自の調整方法を考案した。

観測の精度が調整に直接依存することから、容易で確実に子午線標柱に方向を合わす調整方法が求められた。観測時には子午線標柱を十字線の中心と一致させることで、常に見られようにする必要があるであった。

Abbe は星から来る光線を平行光線とみなせるような装置の調整を試み、コリメーターの調整によって求められている効果が現れているかどうか研究した。

自然研究協会では、子午線標柱の方位確定を目的とし、Lorey によって定期的に観測がなされた。また Abbe の機器により、昼の観察時間の制限をなくすことができたため、より多くの星を観測することができた。こうして Abbe は自分の観察結果と Lorey の観察結果から、北極星と赤道直下の星の位置にこれまでの観測結果と異なっていることを発見し、光学の第一論文としてまとめた。

### 4. まとめと今後の課題

Abbe は自然研究協会でパウロ教会塔のコリメーターの調整の業務を行い、星の観測を行った。そして独自の調整方法を考案し、これまでの観測結果と異なった結果を出した。こうして光学理論および光学技術に触れた Abbe は、イエナ大学の講師となり、そこで Zeiss と出会い、光学器械の作製に関与して行った。

Abbe は光学理論および光学器械の作製技術を後世まで残すことになるが、これはフランクフルトの自然研究協会における光学研究がきっかけとなったことが本調査で明らかになった。Abbe の光学理論で作られた光学器械は、世界的に認められるようになり、Zeiss の名と共に Abbe の名も広まることとなった。

今後は、Abbe の光学理論と Zeiss 社によるその製品化の関係について調査していきたい。

### 5. 注釈・参考文献

- [1] 『物理学史 I』, 新物理学シリーズ, pp175, 1968.
- [2] “Erfahrungsmässige Begründung des Satzes von der Aequivalenz zwischen Wärme und mechanischer Arbeit”, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde in Göttingen, 1861.
- [3] “Collimator-Mire auf dem Paulsthorne”, Jahr.-Ber.physikalischen Vereins zu Frankfurt a.M. , pp21-28, 1861-62.
- [4] “Vorschlag zu einer veränderten Einrichtung der Meridian-Instrumente”, Jahr.-Ber.physikalischen Vereins zu Frankfurt a.M. , pp29-42, 1861-62.
- [5] “Über die Gesetzmässigkeit in der Vertheilung der Fehler bei Beobachtungsreihen”, Dissertation zur Erlangung der Venia Docendi bei der philosophischen Fakultät in Jena, 1863.
- [6] “Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung”, M.SCHULTZE’s Archiv für mikroskopische Anatomie, pp413-468, 1863.
- [7] “Physikalischer Verein. Von Dr. Th. Petersen”, FRANKFURT am MAIN IN SEINEN HYGIENISCHEN VERHÄLTNISSEN UND EINRICHTUNGEN, pp448-451, 1881.