

江戸時代の光科学への関心 (2)

— 光の本態と原因はいまだ詳らかならず —

藤原裕文

(室蘭工業大学工学部)

光の本態と原因について、ヨーロッパでは粒子説と波動説との長い論争の歴史があったことは周知である。17世紀には物体あるいは粒子とその運動により自然現象を記述するニュートン力学が大成功を修め、次の18世紀には力学的自然観やニュートンの著した『Opticks (=光学)』の本論と付記された31の疑問 (query)^{1,2)}を中心に、光の科学は展開したといっても過言ではないだろう。ニュートンによる光の粒子説やラボアジエ (A. L. Lavoisier) による光の元素説が全盛をきわめたなかであって、時期尚早であったためか、音と光の類似性に着目したオイラー (L. Euler) の波動説は粒子説に対抗できるまでには至らなかった³⁾。さて、ヨーロッパにおいて議論されてきた光の本態と原因を、江戸時代の窮理学者たちはどのように受容してきたのであろうか。

ペリーが浦賀に来航したころ (1853年)、川本幸民は江戸時代最高レベルの窮理学書『気海観瀾広義』⁴⁾を著した。その巻14で「光の本態と原因はいまだに詳らかではない」とまえおきして、粒子説と波動説をこう紹介している。「ネウトン (=ニュートン) 氏は、光素というものがあり、光素が光体より発し信じられない速度で四方に発散し、その質は精微軽慮で重力の法則に従わないという。この学派を流出派 (=粒子説派) という。ユウレル (=オイラー) 氏は、覆載 (=天地) に精微の気があり、その重さは秤することができず、弾力が強く、十分に透明であるという。これをアーテル (=エーテル) という。百万の天球の並ぶところにあるばかりではなく、地上の物体に浸透してその空隙を満たし、光のために振動することは、大気・響体が振動するようなものである。この振動を眼に感じて視覚を生じる。この学派を振動派 (=波動説派) という。最近この説を守る人が多い。その根本を窮め、近年疑う余地はなくなってきた⁴⁾。この波動説は、江戸時代末の窮理学者たちに浸透しなかったようである。

ここで川本幸民のあげた2人の人物・ニュートンとオイラーの説をもう少し立ち入ってみておく。最初にニュートンの大著『光学』のなかから光の粒子説にふれた箇所^{1,2)}をいくつかピックアップする。その冒頭で第I編・「定義I」として、「光の射線 (ray of light) とは、光の最小粒子 (least part) であって、異なる直線上で同時に存在するばかりでなく、同一の直線上で相継いで存在するものとする」とか、「疑問29」において「光の射線は発火物質から放出される微小な物質 (very small body) ではないか。なぜなら、このような物質は一様な媒質の中を直線的に進み、影の方へ曲がらないからである」と、光の射線の本性を述べている。また「疑問1と4」では「物体はある距離をおいて光に作用し、その作用によって光の射線を曲げるのではないか」とか、「物体に投射して、反射または屈折される光の射線は、物体に到達する前に、曲がり始めるのではないか」と述べている。ニュートンは自然界は粒子の集合からなりたち、それら粒子間に働く引力によって記述されるとする力学的自然観に基づいて、種々の光学現象を説明しようとした。彼は光の射線の直進性を説明する波動説に反論しているのであって、必ずしも一貫して光の粒子説を唱えたわけではなかったようである^{2,3)}。

さて、わが国の江戸時代後期の光学事情に話を戻そう。志筑忠雄は『曆象新書』⁵⁾を著してニュートンの光学を断片的ながら最初に紹介した。彼以前には、わが国には光の科学的知識はないに等しかったことを思うと、彼の苦労は察するに余りある。気の理論をよりどころに宇宙の間にある一元の気を微粒子とみなして、「およそ気が結合するのは質 (=物質あるいは物体) であり、流動するものは気である。気が聚まっては質を結び、云々」⁶⁾と、以前にはなかった物質の概念を気と質の関係から理解した。そうして、たとえば、「空気」を微粒子物質としてとらえられるようになったのではないだろうか。さらに「およそ物には弾力があり、引力がある。二力は元来一力であるが、質にあっては弾力が作用し、気にあつては引力が作用する」と

E-mail: h-fuji@mmm.muroran-it.ac.jp

いう考えにいたったのであろう。そして同書は光について「光明は体（＝物体あるいは微粒子）であるか？曰く、そうである。体であるがゆえに引力があり、また速力もある」と注目すべきことを述べている。こうして光明を光の微粒子としてとらえると、物質の粗密に応じて光明には引力や弾力が働くので、光明は屈折したり、反射したりあるいは吸収されたりするという。光明の屈折や反射については次回に紹介するつもりである。

光の粒子説は志筑忠雄以後江戸時代の窮理学者に受け継がれた。『窮理通』⁶⁾の著者・帆足万里は光学全般を「引力」の項目の中で論じ、「帆足氏曰く。光線の形は真直ぐにして針の先端のようである。物の引くところでは、屈折する」と自説を掲げ、中天游は『視学一步』⁷⁾において透明体による影線（＝光線）の屈折する原因を「その体（透明体）の上面の分子に引力があるからである」という。また青地林宗は『気海観瀾』⁸⁾のなかで、「光は精微の流動質であってそれが動いて線を射る」と光の射線を流動物質の動きと考えている。川本幸民は『気海観瀾広義』⁹⁾によると、「光は太陽や恒星から分かれてくる元素であり、至って微細である。例えば、針先で小孔を紙片に穿ち、夜間にこの孔より天上を見ると、諸星の光は小孔を通過して眼に入る。これから、光素が微であることが分かる」と単純明快そうな例をあげて光の微粒子説を支持している。

18世紀に活躍したオイラーは、音と光の類似性に着目して光を周期的な波としてとらえて、光の波動説を展開した。ここでは「物理学および哲学の若干の問題に関するドイツの一女公への手紙」（1767～1772年）³⁾の一節を引用して、彼の波動説を要約しておく。エーテルとは全空間を満たしている極端に微細な物質であり、実在すると信じられていた。その性質を「エーテルは空気同様流動体のようなものですが、比較にならないほど精妙なもので、天体が何ら観測しうるほどの抵抗も受けずに、そのなかを自由に周回していることは確実です。さらにまた疑いなくエーテルは弾性を持ちそれによってあらゆる方向に拡がります」と説明している。音と光の類似性に注目して「（前略）空気の振動が音を生じるように、エーテルの振動の結果何が生ずるのでしょうか。疑いなくすぐに光を思い起こされることでしょう」と記している。こうして彼は空気よりはるかに軽い微細な物質であるエーテルが宇宙を満たして、エーテルは発光体の振動を受けとり、それを伝えるという。さらに光速度は非常に大きいので、エーテルの密度が小さく、その弾性率は大きいことを指摘し、また発光体は物質粒子の放出ではないので、太陽が発光により質量を失うことはないともいう。

ここで、もう1つの話題・光の元素説をみておこう。宇田川玄真が著し宇田川榕菴が校補した、わが国最初の化学書『遠西医方名物考・補遺』の巻7のなかで、元素は「古賢のいう元行の類であり、万物資生の基素である」⁹⁾という。元行とは自然界に存在する物質の元である。四元とは古代ギリシャにいう四元素すなわち地・水・火・風である。五行とは中国にいう木・火・土・金・水であり、万物を生じ、万象を変化させるものである。元行は集合物であって元素ではないとはっきりと述べている。また彼は別のところで四元行という言葉を使っているので、先述の引用文中の元行とは四元を指しているのであろう。続いて「最近では、元素と称するものは五十余种ある。そのなかに温素（カロリーウム）、光素（ホトゲニウム）と越素（エレキトリカ）があり、無形の元素にして、性力は確かに知られているが、秤量することはできず、採取することもできないものである」⁹⁾とラボアジェの説を紹介している。ラボアジェは、熱素を導入して燃焼は酸素との化合であるとして、燃焼に伴う熱を説明した。この問題について、宇田川榕菴は、光素は温素と抱合して太陽および物体に集って光線を発し、温素は太陽を源として光線に付随して大気に満ち、万物に充貫して、温暖を付与し、凝体を融解し、流体を気化すると述べている。

光の本態と原因について江戸時代の窮理学者たちが知りえたことを要約すると、光は微粒子元素であり、光の射線はこの流動微粒子の動きであるということであろう。この程度の理解が精一杯であって、いくつかの異なる説を俎上に載せて議論をたたかわせるまではいたらなかったようである。本号に紹介した光学事情は、江戸時代後期のわずか五十余年間のことである。 (続)

文 献

- 1) I. Newton: Opticks (New York, Dover, 1952).
- 2) ニュートン著、島尾永康訳：光学（岩波書店、1999）。
- 3) 大野陽朗監修：異端の科学史（北大図書刊行会、1979）。
- 4) 三枝博音編：日本科学古典全書1巻「気海観瀾広義」（朝日新聞社、1994）。
- 5) 三枝博音編：日本哲学全書第9巻「暦象新書」（第一書房、1936）。
- 6) 三枝博音編：日本科学古典全書1巻「窮理通」（朝日新聞社、1942）。
- 7) 中 天游：視学一步（日本学士院蔵）筆写本。
- 8) 三枝博音編：日本科学古典全書6巻「気海観瀾」（朝日新聞社、1994）。
- 9) 日本学士院編：明治前日本物理化学史（日本学術振興会、1964）。