

## 初期写真レンズの開拓者たち

中 崎 昌 雄

はじめに

1. John Dollond と色消し対物レンズの発明 (1758 年)
2. Joseph Fraunhofer とドイツ光学工業の始まり (1815 年)
3. Wedgwood, Niépce, Daguerre, Talbot などが使ったレンズ
4. ドイツにおける写真研究の始め — Kobell と Steinheil (1839 年)
5. Joseph Max Petzval と肖像写真レンズの設計 (1840 年)
6. 化学的促進剤「クイック (quick)」の開発 (1841 年)
7. 風景用レンズ「Orthoskop」と Petzval の晩年
8. Steinheil「Aplanat」と Dallmeyer「Rapid Rectilinear」(1866 年)
9. Rudolph「Anastigmat」(1890 年)
10. Taylor「Cooke Triplet」(1893 年) と Rudolph「Tessar」(1902 年)
11. Rudolph「Planar」(1896 年) — 「Double-Gauss」タイプ大口径  
レンズ

はじめに

「カメラ」という言葉の原型はラテン語「camera obscura (暗箱写生器)」である<sup>(1)</sup>。文字どおり訳すと「暗い部屋」となる。暗くした「部屋」の壁に開けた細孔から入る光線が、外の風景を反対側の壁に投射する現象は古くから知られていた。J. Needham「中国科学技術史」によると、この現象の記載はすでに「墨経」(BC400)にもあると言う。Leonard da Vinci (1452-1519) の「アトランティコ手稿」には「眼の構造」「暗室とロウソク」「部屋と眼」などについて多くのスケッチが残っている。これらのスケッチには「部屋」だけではなく「箱」と考えられる物も交じっているから、孔を備えた「暗箱」を作って実験をしたこともあったのであろう。「暗室」の壁に細孔の代わりに「レンズ」を装着すれば、現在のカメラに一步近づく。これについて最も古い記載は Girolamo Cardano (1501-76) による物であろう。Cardano は 3 次方程式の解法「カルダンの公式」

で有名なミラノ大学教授で、医学者、数学者、哲学者を兼ねルネサンス時代を代表する万能学者の一人である。彼の著作「極微について (De subtilitate)」(1550)の中に「窓にガラス円板 (orbem è vitro) を取り付けるとよい」とある。この「ガラス円板」の意味については議論があるが、凸レンズと解釈するのが一番妥当ではないかとされている。しかし「凸レンズ」を取り付けるのは、まだ「暗室」であって「暗箱」ではない。暗箱にレンズを装着した、現代のカメラの原型とも言うべき物について明確な記載をしたのは、「ボイルの気体法則」で知られた Robert Boyle (1627-91) であろう。Newton と同時代のこの化学者はその論説「物の本質に関するパンフレット (Tracts about the cosmical qualities of things)」(1669) で次のように書いている。

「かなり大きな箱を用意して、その端から適当な距離に薄い紙を太鼓の皮のように伸ばして貼付けます。反対側には孔を開け、ここに凸レンズ (lenticule glass) を取り付けます。」

当時のレンズはもちろん単レンズであるから投射された像には色がつく。しかし暗箱写生器を写生の補助手段に使っている分には、この色はそれほど邪魔にはならなかったであろう。だが望遠鏡の対物レンズとなると話が違って来る。肉眼には白く輝いて見える金星が虹色に囲まれて見えては困る。こうして色消しレンズの研究は屈折望遠鏡の対物レンズの改良から始まった。この成果がやがて写真レンズに応用され、さらに外界を収差なく忠実に感光板平面のう上に投射しなければならないという、写真レンズ特有の要請に答えて独自の改良が積み重ねられ、現代の多様な写真レンズが出現することになった。

### 1. John Dollond と色消し対物レンズの発明 (1758年)<sup>(2)</sup>

オックスフォード大学天文学教授 David Gregory (1661-1708)<sup>(3)</sup> は「グレゴリー式反射望遠鏡」(1663)の考案者エジンバラ大学教授 James Gregory (1638-75)<sup>(4)</sup> の甥である。David は人間の視覚が色消しである理由を眼球の構造に求めた。この考えは彼の著作「反射および屈折光学初歩 (Catoptricae et dioptricae elementa)」(1695)のなかに表明されている。人間の眼球はその屈折率がガラスに近い水晶体 (crystalline

humour) と、屈折率が水に近いガラス体 (vitreous humour) からできている。だから、このようなガラスと水の組合せで色消し対物レンズが可能になるのではないかと言うのである。

このころ Isaac Newton (1642-1727)<sup>(5)</sup> はすでに彼の「光学 (Opticks)」(1704) の原稿を完成していた。Newton が光学の研究を始めたのは、まだケンブリッジ大学 Trinity College にいた 21 歳のころかららしい (1664)。光学の研究はこのあとも続け、1669 年 10 月 Lucas 教授職に就いてからは光学の講義を始めた。しかし、その成果を世間に初めて問うことにしたのは 1672 年 2 月になってからである。この報文の始めに次のようにある。

「非球面レンズを磨いていた 1666 年の始めに、私はあのよく取り上げられている光の現象を研究する目的で 3 角柱ガラス・プリズム (triangular glass-prisme) を手に入れた。」

この報文を審査した Robert Hooke (1635-1703) から反論が出た。これを皮切りに 1675 年まで 4 年に渡り 2 人の間に論争が続けられた。嫌気がさした Newton は動力学研究に移り、その成果が 1687 年「プリンキピア (Principia)」の刊行となった。論敵 Hooke が死亡したのが 1703 年 3 月 3 日で「光学」はこれを待っていたように次の年 1704 年に刊行された。

この本の中で Newton は色消しレンズの実現は不可能であると論じている。「光学」第 1 編、第 1 部、命題 7、定理 6 (Prop. VII, Theor. VI) に次のようにある<sup>(6)</sup>。

「各光線 (rays of light) の屈折性 (refrangibility) が違うことによって望遠鏡の完成は妨げられている。」

しかも、この結論は詳細でしかも巧みに考えられた実験と論証によって支えられていたから、その主張するところは疑いを入れる余地のないものとして受け入れられた。もちろん、これには大作「プリンキピア」の重みと、1703 年から 4 半世紀の長きにわたって王立学会会長だった彼の権威の裏付けもある。色光によって屈折率が違うのだから、これらを 1 箇所を集め色消しにすることはできない。それを避けるには凹面鏡による反射を利用するとよいだろう。どの色光も同じ反射角で反射されるのだから、これなら 1 箇所を集めることができる。

「光学」命題 8, 問題 2 (Prop. VIII, Prob. II) 「望遠鏡を短くするのは」で, Newton はいわゆる「ニュートン式反射望遠鏡」を提案し, ここでその構造と自分で作った試作品について説明している。

しかし全ての人が Newton の権威に盲従していたわけではない。ロンドンの弁護士で光学機器に興味を持っていた Chester Moor Hall (1703-71)<sup>(7)</sup> も Gregory と同じ発想から, 屈折率の違うフリント硝子 (屈折率 1.58) の凹レンズと, クラウン硝子 (屈折率 1.53) の凸レンズの組合せで色消しレンズが出来るのではないかと考えた。自分で研磨ができないので 1733 年になってから, Hall は凹レンズと凸レンズの製作を別べつの光学商 Edward Scarlett と James Mann とに分けて依頼した。ところがこの 2 人がレンズの研磨を同じ下請け George Bass に出したので, Bass のところでフリント硝子の凹レンズとクラウン硝子の凸レンズが揃うこととなり Hall の秘密がバレてしまった。

この挿話はあとで色消しレンズを完成する John Dollond (1706-61)<sup>(8)</sup> の娘婿 Jesse Ramsden (1735-1800) の証言から分かる。Ramsden は現在でも多用されている「ラムスデン式対眼レンズ」でその名を知られているあの Ramsden である。この時のレンズは口径 2.5 インチ, 焦点距離 20 インチの物であった。Hall の色消しレンズの噂はロンドン中に広まり, やがて Dollond の耳にも入った。これが 1750 年ころである。

Dollond の父親 Jean Dollond は新教徒 (ユグノー派) であったから, 1685 年フランス国王ルイ 14 世による「ナント (Nantes) 勅令」廃止によって, Normandy からロンドンに逃れロンドンで絹織物業を始めた。息子の John は貧しい中にも好学心を失わず, 科学研究に興味を抱いて数学, 光学, 天文学を独学し, やがて彼の光学に関する知識はロンドンの学者仲間にも知られるようになった。しかし John が織物業を止めて本格的に光学の研究を始めたのは, 1750 年に彼の長男 Peter Dollond (1730-1820)<sup>(9)</sup> が Vine 街に小さな光学機器商の店を開いてからである。1752 年になると Peter は「Exeter Change」(Strand 区) のもう少し大きな店に移った。このとき John もここに移って同居することにした。

John から直接に聞いたと言う Ramsden の証言によると, Dollond が Hall 色消しレンズについて知ったのは下請け研磨屋 Bass からだという。

その話はこうである。York 侯から読書メガネの注文を受けた Dollond が Bass のところにこの研磨を依頼に行くと、Bass が屈折率の大きなフリント硝子レンズを示して、この同じガラスで Hall の対物レンズの凹レンズの方が作られていると告げたらしい。ところが、あとで息子の Peter とロンドン光学機器商との間に色消しレンズの特許をめぐる裁判（1764）に提出された証言ではこれが違う。1750年に Robert Rew から聞いたことになっている。いずれにしても1750年ころには Hall 色消しレンズは広くロンドンで噂になっていたのであろう。

Dollond は最初から Hall の結果に対して懐疑的であった。彼はすでに友人の光学機器製作者 James Short からプロシア数学者 Leonhard Euler (1707-83) が1747年ベルリン科学学士院に提出していた論文の写しを入手していた<sup>(10)</sup>。この「正多面体問題」「地図の4色問題」など多彩な業績で知られた数学者は、Hall の色消しレンズのことを知らないで、Gregory と同じように眼球の構造から発想して、Newton 「光学」の所論とは反対に色消しレンズの可能性について論じていた。彼のアイデアは2枚の三日月型（メニスカス）凹レンズを向い合わせに貼りその間に水を入れる。これで色消しと同時に球面収差も消すことができるというものであった。

Dollond は Short に手紙を書いて Euler に反対する意見を述べ、この手紙は王立学会会誌（1754）に掲載された<sup>(11)</sup>。

「屈折望遠鏡対物レンズの収差の補正に関するオイラー氏の理論の誤りについて」(A letter concerning a mistake in M. Euler's theorem for correcting the aberrations in the object-glass of refracting telescopes)

この中で Dollond は次のように言う。

「はるか昔に不可能だと証明された物を、いまさら試みる人があろうとは奇妙なことである。」

Dollond が実際に実験してみたところやはり失敗であった。翌年1755年になって失望した Dollond のところへ、友人を介して Upsala 大学数学教授 S. Klingenstierna からの手紙が届いた。Newton の結論は頂角の小さなプリズムを使っての実験から導かれた物だから、この頂角を大きくした

ら別の結論が出るかも知れない。実験してみる価値が十分にある。これが彼の主張するところであった。Dollond はあらためて実験をしてみる気になり、3年後にその結果が有名な論文となって1758年6月8日王立学会例会で読まれた<sup>(12)</sup>。

「光の異なる屈折性についての実験報告」(Account of some experiments concerning the different refrangibility of light)

Dollond は始め水プリズムと硝子プリズムの組合せで実験を試みた。これで色消しについての確信を得たので、こんどは2つの凸レンズの間に水を挟んだ物を作って実験をし、最後にこの水層をフリント硝子凹レンズに換えて成功した。だから最初は貼り合わせなしの3枚レンズの組合せ(トリプレット, triplet)だったのである。レンズの曲率半径などは全く「試行錯誤(trial and error)」で決定した。報文には次のようにある。

「成功は無数の実験と、強固な忍耐の結果やっと手に入れたのである」

(after numerous trials, and resolute perserverance)

ただしこの論文の中にはHall, Euler, Klingenstiernaらの名前とその仕事については全く触れられていない。イギリス王立学会は1758年に彼に「Copley」メダルを与えてその功績を顕彰した。Dollond はまだ王立学会会員ではなかったから異例のこととされた。Dollond が会員に推挙されたのは1761年になってからである。Dollond に自信を与えたKlingenstierna教授の色消しおよび球面収差のない対物レンズに関する数理解析は1760年スウェーデン王立学会で発表され、そのラテン訳は1761年になってからイギリス王立学会誌に掲載された<sup>(13)</sup>。このKlingenstiernaの論文には1762年ペテルブルグ学士院からの賞が授けられた。

Eulerの方は1761年になってもフリント硝子の高屈折性を信用せず液体レンズに固執していた。やっと意見を変えたのは1764年になってペテルブルグ大学のZicherから鉛分を加えると屈折率の非常に高いフリント硝子が得られることを教えられてからである。

フランス人A. C. ClairautがDollondの3枚レンズ構成色消しレンズ(図1(a))を、現在のような前玉クラウン硝子凸レンズと後玉フリント硝子凹レンズの2枚構成にして、これをカナダ・バルサムで貼付け有名な「Clairaut対物レンズ」(図1(b))を作った(1761)。

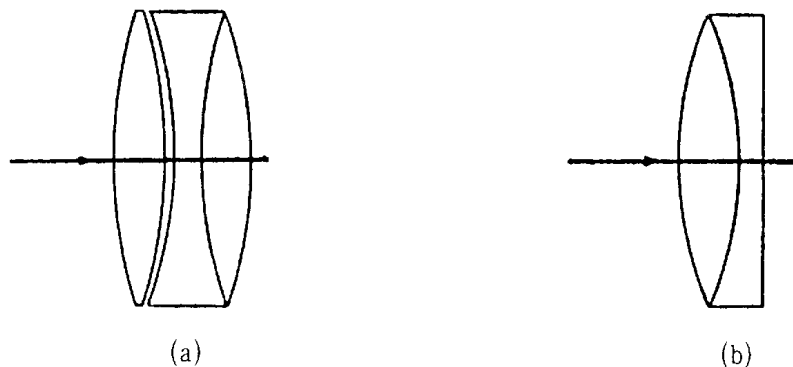


図1 (a) Dollond「色消し対物レンズ」  
(b) Clairaut「貼り合わせ色消し対物レンズ」

Dollond は発明完成の 3 年あと王立学会会員に推挙されたばかりの 1761 年 11 月 30 日に死亡した。彼の孫娘と結婚した Kelly 博士「John Dollond 伝」(1808) には、Dollond の性格について次のように書かれている<sup>(14)</sup>。

「彼の風采は威厳があり、顔の深い皺にはその深慮と自省が反映されていました。しかし家族や友人との交わりでは親しみ深く思いやりがありました。彼と話を交わした人は誰も彼の言葉や意見からいつも強い印象を受けたのを覚えていることでしょう。広く読書しましたが大変に記憶がよくて、かって熟読した本の主要な箇所はいつでもこれを思い出して引用することができました。」

息子の Peter は父親に奨めて色消しレンズの特許をとらせその製作を始めていた。父親 John が死亡するとすぐにこの特許に対して反対運動が起こり、1764 年にはロンドン光学機器商 35 名が連名で特許の無効を訴えて裁判をおこした。この発明のアイデアは Dollond より 30 年前に Hall が考えたものであり、1758 年よりまえにすでにロンドンではこの製品が賣られていたと言うのが彼らの主張であった。裁判所は Hall が「この発明者」であるとは認めたものの、Dollond の特許はそのまま 1772 年まで有効であると判断した。息子の Peter Dollond は有能な経営者で 1766 年になると、あとでロンドンでも有名になる「St Paul's Church Yard 59 番地」に大きな店を構え商売は繁盛した。1772 年に色消しレンズの特許が切れ

ると今度は「Wollaston 読書メガネ」(1803年発明)の製作にも手を広げた。1817年に引退し1820年7月2日に死亡した。Peterの製作した屈折望遠鏡でよく知られたものに1797年製作の口径4.5インチのダブレット色消しを装着したのがある。これは天文学者James Southが購入し友人のJohn Herschelと共同で重星観測に使用した(1821)<sup>(15)</sup>。

Peterはそれほど優れた技術者ではなかったが、彼の妹Sarahと結婚(1765)したRamsdenはその優秀な工作技術で全ヨーロッパにその名が知られていた。彼は1775年に経緯儀工作用に精密な円周分割装置を完成し、1782年には現在でも彼の名を冠して呼ばれている対物レンズを発明した。円周分割機の方はイタリアPalermo天文台Giuseppe Piazzi(1746-1826)の経緯儀の製作にその威力を発揮した。1789年に完成したこの経緯儀を使ってPiazziの1803年星表(6748個)、1814年星表(7646個)が完成した。Piazziは1801年1月1日の夜に初めての小惑星「セレス(Ceres)」を発見した業績で知られた天文学者である<sup>(16)</sup>。

## 2. Joseph Fraunhoferとドイツ光学工業のはじまり(1815年)<sup>(17)</sup>

色消し対物レンズを始め精密な光学機器を要求するのはなにも天文学だけに限らない。戦場では敵情観察、地形測量、砲弾の着弾点観測など多くの目的に大量の光学機器の需要がある。ババリア陸軍砲兵将校G. Reichenbach(1772-1826)はこれらの要請に答えるためにJ. Liebherrを誘って光学機器研究所をミュンヘン郊外Benediktbeuernに設立した。Liebherrはすでに小さな時計工場を持っていたのである。

これがNapoleonが終身執政官になった1802年のことで、1804年末にはミュンヘンの裕福な法律家Utzschneiderがこれに参加して資金を提供してくれることになった。

色消し対物レンズの製造には均質でスジ(脈理)の入らないフリント硝子を必要とする。酸化鉛を多量に含むフリント硝子にはどうしても泡やスジが入りやすく、均一で大きな塊を製造するのは困難である。新しく発足した研究所がこの難問に頭を痛めていたときにUtzschneiderが旨い話を持ち込んできた。スイスBern市Grouner大佐という鉱山専門家が、スイスの田舎les Brenetsでフリント硝子の試作をしているPierre Louis



Guinand (1748-1824) と言う男の作ったフリント硝子のサンプルを Utzschneider に見せた。これが大変に優れていたもので 1805 年春には Utzschneider が Guinand に会って光学研究所へ参加するように奨めた。Guinand はもともと家具屋であったが 23 歳のころイギリス光学家 James Short の作った望遠鏡を分解してから光学機器製作を志した。やがて Dollon 色消し対物レンズが大陸にも輸入されてきたので、1783 年ころから色消し対物レンズを作る目的で鉛フリント硝子の研究を始めた。これには化学知識が要る。それで 35 歳にもなってから独学で化学の勉強を始め、1784 年には 3-5 ポンド程度の炉でフリント硝子の試作を始めた。これだけでは資金が続かない。1787 年には副業にガラス鐘製作などにも手を出した。やがて工場が手狭になり Doubs 河畔に土地を買い、これで 200 ポンド程度の融解が可能になった。しかし事業は困難で妻が死亡し火事に見舞われるなど不幸が続いた。それでも 50 歳になった 1798 年頃には 4-6 インチのスジのないフリント硝子円板ができるようになった。これをもってパリへ行きパリ天文台長 J. J. Laland (1732-1807) に見せた。Laland が奨めたので 4-5 インチの色消し対物レンズを試作した。こうして Guinand の鉛フリント硝子の評判が広がり Utzschneider との連絡がついたのである。

ちょうどこのころ Guinand の仕事にも新しい方向が開けていた。耐火粘土で作った棒で融解したガラスを攪拌して均一にする工夫である。この方法は現代の光学ガラスの製造にも継承されている。

1806 年 Guinand は Utzschneider の奨めで家族を連れて Benediktbeuern ガラス工場に移住することにした。彼はもう 58 歳になっていた。はじめ年俵 500 フロリンで利益金の 20% 加算される契約であったが、次の年には年俵 1600 フロリンに上げられた。ただし、これには Guinand の作る製品はすべて研究所に帰属し、フリント硝子製造上の秘密は外部に漏らさないと条件がついていた。

Guinand がガラス工場に移住してきた 1806 年に研究所に 19 歳の Joseph Fraunhofer (1787-1826) が助手として入ってきた<sup>(18)</sup>。Joseph の父親 Xavier はガラス職人で Joseph は 11 番目の子供で末っ子であった。Joseph は 11 歳で母を失い、次の年には父親が死んで孤児になったので、

1799年(12歳)にミュンヘン市鏡職人 P. A. Weichselberger の店の徒弟に出された。もちろん無給で親方は仕事はなににも教えず、Joseph が職人向けの日曜学校に通うのも許さなかった。しかし好運にも徒弟2年目に偶然の出来事から徒弟契約から解除されることになった。この年に家が崩壊して Joseph は傷を負ったものの奇跡的に助かった。親方の妻は圧死した。この事件がバイエルン選帝侯 Maximilian の耳に入り、「奇跡の少年」に奨学金を出してくれた。この金で徒弟契約を解除した Joseph は名刺作りの銅版工になったりしたが、失敗してもとの親方のところに世話になっていた。これが1804年のことで、1806年に Utzschneider が評判を聞いて Fraunhofer をミュンヘンの光学研究所に参加するように奨めたのである。Fraunhofer の優秀さはすぐに認められ、2年目ですでに自分でレンズが研磨できるようになった。こうなるとガラスの品質が判断できるようになる。それで Benediktbeuern ガラス工場から送られてくる品物に Fraunhofer が文句をつけるようになった。「若造がなにを言うか」と Guinand と Fraunhofer との仲が険悪になってきた。こんな所へ1809年になってから Utzschneider が Fraunhofer をガラス工場の主任にして、Guinand にガラス溶融の技術を彼に教えるように命令した。

Guinand が気を悪くしたのは言うまでもない。

1811年ミュンヘン工場では48人もの職工を雇うようになり、望遠鏡、双眼鏡など光学機器の他にも読書メガネまで製造するようになった。望遠鏡用の色消し対物レンズも次第に大きな物まで作れるようになり、1812年には7インチ色消し対物レンズが完成した。Fraunhofer はレンズ成形に「ニュートン環」干渉縞、球面計などの物理手法を採用した。また色消しレンズを設計するのには、いろんなガラスの屈折率を正確に知る必要があるので、この屈折率表を作ることにした。このとき基準にする光線に石油ランプ、獣油ランプの炎の中に必ず発見される黄色2重線を使った(1814)。この黄色2重線はアルコールやイオウの炎にもあった。そこで太陽光の中にもこれが見つかるかも知れないと、スリットを通した太陽光のスペクトルを望遠鏡で観察すると、この中に無数の暗線があるのに気が付いた。いわゆる「Fraunhofer 暗線」である<sup>(19)</sup>。彼はこの主なものに A (赤) から H (堇) までの記号をつけたが、この A 線と H 線との間に 574 本も

の暗線が数えられた。そして、この中の D2 重暗線は石油ランプの中の黄色 2 重線と同じ位置にあった。Fraunhofer はこのとき知らなかったのであるが、すでに 1802 年イギリス万能科学者 William Hyde Wollaston (1766-1828) が太陽スペクトルの中に 5 本の暗線を発見していた。Fraunhofer さらには月、金星、火星からの光の中にも太陽スペクトルと同じような暗線が存在するのを見出した。また大犬座シリウスなど恒星からの光を 4.5 インチ対物レンズで集めて観測し、恒星からの光のスペクトルは太陽光と違ったパターンを示すことを認めた。

太陽スペクトル暗線発見の 1814 年の 5 月には、とうとう Guinand が家族を連れてスイス les Brenets に帰ってしまった。Guinand も 66 歳になっている。彼には辞めても年金 800 フロリンが支給される契約であったが、スイスで鉛フリント硝子の製造販売を始めたのでこれは打ち切られた。Guinand はここで作ったフリント硝子円板をパリ、ロンドンの光学機器商に賣った。Guinand が辞めたと同じ 1814 年 2 月には創始者の一人の Reichenbach が別に独立したいと言うので辞めた。彼はあとでウィーン光学工業を援助することになる。

Guinand が去った Benediktbeuern ガラス工場は 1819 年になってから移転してミュンヘン工場と合併した。1820 年 2 月 Fraunhofer はこの合併した工場の全責任者に指名され経営者の一員にもなった。こうして Fraunhofer の存在が目立ち始めると Utzschneider との間にも冷たい風が吹き始めた。Fraunhofer はこの間にも研究を続け 1821 年には針金で作った回折格子で D 線の波長を測定したが、その値はこんな素朴な装置で得たものにしては驚くほど現在の値に近い。もともと肺結核を患っていた Fraunhofer の病気はこのころから過労が原因で悪化し、1825 年 9 月にひいた風邪がこじれて、これが原因となり 1826 年 6 月 7 日に死亡した。まだ 39 歳の若さであった。彼の葬儀は彼の死を悼んだバイエルン侯によって国葬によって行われ、同時に貴族の称号が授けられた。それで、これからは「von」をつけて呼ばれることとなった。

Fraunhofer の作品で後世まで長く喧伝された望遠鏡は、彼の死の年にその完成を見た Dorpat (現在エストニア, Tartu) 天文台長 Wilhelm Struve (1793-1864) のための 9.5 インチ赤道儀であろう。この「Dorpat

赤道儀」の名前で知られる望遠鏡の色消し対物鏡は焦点距離 14 フィートで、その対物レンズの精密な研磨はもちろん、巧緻を極めた赤道儀の工作は長く「ドイツ式赤道儀」の手本とされた<sup>(20)</sup>。

ほかに有名なものに Königsberg 天文台長 F. W. Bessel (1784-1846) のために作った 6.25 インチ太陽儀 (heliometer) がある。これは Fraunhofer の死後 1828 年 10 月完成し 1829 年 10 月に据え付けられた。Bessel はこれを使って 1838 年「61 Cygni (白鳥座 61)」の年周視差 0.3483 秒を検出することに成功した<sup>(30)</sup>。

残念なことに Fraunhofer は色消しレンズ設計の計算法などについて何も書き残さなかった。これでミュンヘン光学工業は彼の死と共にしばらく下火となる。しかしやがて Karl August Steinheil (1801-70) とその息子 Hugo Adolph Steinheil (1832-93) によって写真レンズ工業として復活することになる (1866)。

Fraunhofer の伝統はその間しばらくであるがウィーンに引き継がれた<sup>(21)</sup>。Reichenbach が辞めた 1814 年にウィーン高等工業学校「Polytechnische Institut」(Polytechnikum) が創設された。ここの校長 J. J. Prechtle (1778-1854) は早くから Fraunhofer と親交があり、やめた Reichenbach に自分の所の光学研究所の指導をしてもらうことにした。Reichenbach はその主任に「Dorpat 赤道儀」対物レンズの研磨に携わった Starke を推薦した。Prechtle の下に物理学教授 Simon Stampfer (1792-1864) がいて Prechtle に協力した。Stampfer はあとで活動写真の原型でもある「光学的だまし円盤」(optische Zauberscheibe) を発明する (1833)<sup>(22)</sup>。

高等工業学校に光学研究所ができたころウィーン市ではすでに Johann Friedrich Voigtländer (1779-1859) がレンズ工場を経営していた。Voigtländer 家は彼の父親 Johann Christoph のころ 1756 年にウィーン市に精密機械工場を開設していた。Johann Friedrich は若いころイギリスへ修業にわたり、ウィーン市に帰ってからレンズ工場を始め (1808)、Wollaston 読書メガネなどを作っていた。1812 年ここに弟子入りしたのが Simon Plössl (1794-1868) である<sup>(23)</sup>。Plössl は 10 年ほどここにおいて 1823 年には独立して望遠鏡、顕微鏡の製作を始めた。高等工業学校の

Prechtle や Stampfer が Plössl を指導し援助した。彼らはまた Johann Friedrich Voigtländer の息子 Peter Wilhelm Friedrich Voigtländer (Voigtländer 2 世) (1812-1878) も指導した<sup>(24)</sup>。この 2 世があとで有名な「Petzval レンズ」を製造販売することになる (1840)。

イギリスでも識者は Dollond の築いた光学工業の伝統がミュンヘンに奪われたことを嘆いた<sup>(25)</sup>。皮肉屋 David Brewster (1781-1868) は政府がフロント硝子に高い消費税 (excise duty) をかけるからだなどと毒づいている。またスイスから Guinand を招待しようと言う案は Guinand が 1824 年に死亡して立消えになってしまった。事態を重くみた王立学会は 1824 年に「光学ガラス改良委員会」を作ることとし、1825 年その委員に John Herschel (1792-1871), George Dollond (Peter の息子, 1774-1852) と Michael Faraday (1791-1867) を任命した。Herschel はすでに 1821 年色消しレンズ設計に必要ないわゆる「Herschel の条件」<sup>(26)</sup> を発表していたから、主にレンズの設計方面を受け持つことになり、Faraday が各種光学ガラスの製造、Dollond がレンズの研磨を受け持つことになった。そのためもあってか Herschel は 1824 年 4 月から 10 月にかけて友人の C. Babbage (1792-1871) と大陸旅行にでかけ、シチリア島に Piazzini を訪問して帰路ミュンヘンに寄り Fraunhofer と会った。Fraunhofer は大 Herschel の息子だということで Herschel を歓迎し、彼に光学ガラスの標本や大型のクラウン硝子、フロント硝子で作った見事なプリズムを贈った。このプリズムはあとで Herschel の写真研究 (1840) に活用された<sup>(27)</sup>。Herschel は Fraunhofer からは「学ぶものは何もなかった」と言っているが、この大言壮語にもかかわらず改良委員会の実績は挙がらなかった。

Faraday の研究には政府の費用で高価な白金ルツボまで用意されたが結局は物にならなかった。Faraday の光学ガラス研究の成果は王立学会 Baker 講演として 1829 年 11 月 19 日, 12 月 3 日, 12 月 10 日と 3 日に分けて発表された<sup>(28)</sup>。Faraday は友人に手紙を書いて光学ガラス工業振興には「フロント硝子などへの消費税を軽減するのが一番だ」と告げている。このとき Faraday が試作した鉛フロント硝子は 1845 年「磁気旋光 (Faraday 効果)」の実験のときに使われ<sup>(29)</sup>、Herschel が Dollond を指導して作らせたいわゆる「アプラナート」レンズは彼の 1839 年写真研究の

時に使われた。

### 3. Wedgwood, Niépce, Daguerre, Talbot などが使ったレンズ

#### Wedgwood のカメラとレンズ

Fraunhofer がミュンヘン市でレンズ磨きの徒弟修行をしていた 1802 年はフランスで Napoleon が終身執政官になった年である。この年にはまた「最初の写真家」Thomas Wedgwood (1771-1805) の報文「硝酸銀に対する光の作用によってガラス絵の複写およびプロフィールを作る方法についての報告」が発表された<sup>(31)</sup>。この報告はあとで Faraday の先生となる Humphry Davy (1778-1829) との共著となっている。このとき 23 歳になったばかりの Davy は、4 年前に Bristol の田舎の「気体研究所」から出てきた駆出し化学者に過ぎなかった。報文はほぼ前後に 2 等分されていて、そうは書いてないが前半は Wedgwood が書いた物で、後半は明らかに Davy の手になるものである。報告の始めに硝酸銀で湿らせた白い紙や白い皮の感光性が説明され、これを利用したガラス絵、版画、木の葉、昆虫の翅などの太陽光線による密着焼付け複写の方法が述べられている。報告の前半 Wedgwood の書いたところは「暗箱写生器 (camera obscura) の作る映像はあまりに弱くて、かなりの時間をかけても硝酸銀に作用をおよぼすに至らなかった」で終わっている。

後半の Davy の報告の始めに「この映像を固定するのが、この方面における Wedgwood 氏の当初の目的であった」が「この最終目的に向かっての同氏の数多くの実験も結局は物にならなかった」とある。

Wedgwood が使った暗箱写生器のレンズについては何も書いてない。その時分のことだからおそらく色消しではない単レンズだったのであろう。Davy は Wedgwood の実験を拡張して太陽顕微鏡の映像を感光紙の上に写すのに成功している。太陽顕微鏡は顕微鏡による拡大像を暗室の壁に投射して見せる装置である。光源には太陽の直接光を使用するから映像が明るくてその固定に成功したのであろう。

Davy は塩化銀紙も使っている。ただ彼も Wedgwood と同じく「定着」するのには失敗している。報告はこれに触れて次のように終わっている。

「この手法を有用であると同時に素晴らしいものにするの欠けているも

のと言え、絵の未露光の部分が日光に当たって黒化しないようにする方法の発見だけである。」

Wedgwood-Davy がその報告を発表した「Journals of the Royal Institution」第1巻は創設されたばかりの王立研究所のPR誌である。そのため発行は不定期で配布の範囲も狭かったが、彼らの報告の内容はロンドン科学者仲間にはよく知られていたようである。これを利用した一人にWollastonがある。彼はいかにもイギリスらしい万能科学者で、物理学、化学の広い範囲にわたって優れた業績があり、またその応用面の開拓にも傑出していた。たとえば化学では粗白金の中の「パラジウム」(1802)「ロジウム」(1803)発見などがある。

Wollaston は Wedgwood-Davy 報告と同年同月 1802 年 6 月の王立学会で次の報告を発表した<sup>(32)</sup>。

「プリズムの反射によって屈折率と分散能を測定する一方法」

(A method of examining refractive and dispersive powers by prismatic reflection)

この報告の主要部分は全反射を利用した屈折率の測定に関するものであるが、全 16 ページの報告の最後の 2 ページ半の中で Wollaston は屈折率測定には全く関係のない太陽スペクトルの中に観察された 5 本の暗線について報告している。しかも、ここには脚注があって、そこには白色塩化銀 (white muriate of silver) により「紫より屈折率の大きい目に見えない別の光線の存在するのを観察した (Ritter 氏によっても同じことが指摘されている)」とある。ただし Wedgwood-Davy の仕事についての引用はない。次の年 1803 年 Wollaston は短い報告を書いた<sup>(33)</sup>。

「読書メガネの形の改良について」(On an improvement in the form of spectacle glasses)

これは簡単な報告であるが、現在われわれが使用している眼鏡の形は、この報告で決まったのである。報文の中で Wollaston は「眼鏡が発明されて 500 年にもなるが、このあいだに何の改良もなされていないのは奇妙である」と言う。今までの老眼鏡は両凸レンズまたは平凸レンズであった。彼の案はこの平凸レンズの平面を凹面に研磨した形にするのである。これが現在の老眼鏡の形で、その断面が三日月型(メニスカス, meniscus)とな

る。それで、この型のレンズを「メニスカス」レンズと呼ぶことがある。

この形にすると視野の中心からかなり離れた物まで鮮明に見ることが出来る。Wollastonはこのレンズの研磨をP. & J. Dolland父子に依頼している。この報告はこのレンズの呼び方に関する次のような提案で終わっている。

「見回すことのできるこの眼鏡の性能にちなんで、これをペリスコピック眼鏡 (periscopic spectacles) と呼んでも差し支えないであろう。」ペリスコピックはギリシャ語「peri (周辺)」「scop (見る)」からの造語である。

10年ほどあとの1812年になって、Wollastonはこの原理を反対に利用して、この形のレンズを暗箱写生器用のレンズに応用した。これに関する報告は1812年6月11日王立学会木曜日例会で読まれている<sup>(34)</sup>。

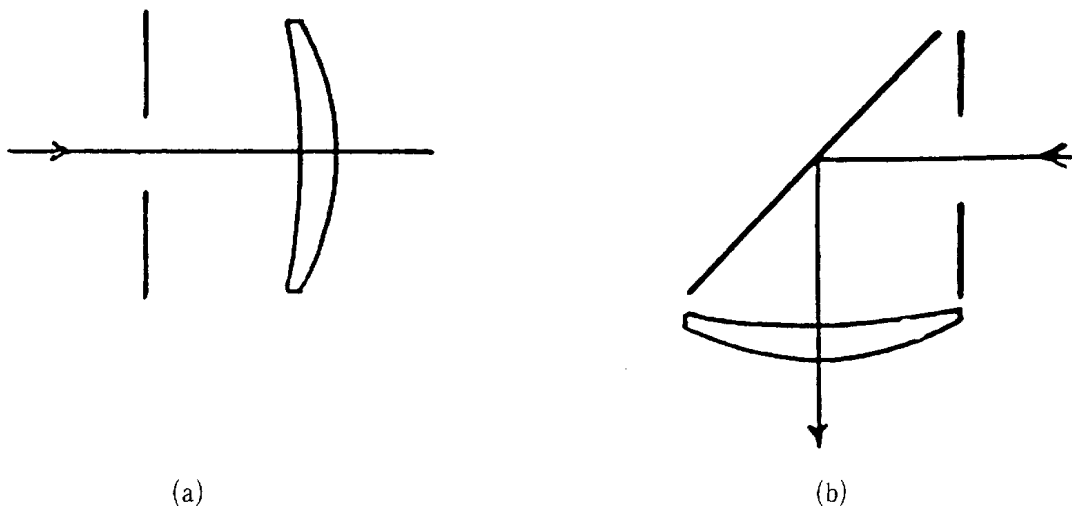


図2 (a) Wollaston「ペリスコピック」レンズ  
(b) テント式暗箱写生器に取り付けたところ

「ペリスコピック型暗箱写生器と顕微鏡について」 (On a periscopic camera obscura and microscope)

暗箱写生器では広い画角にわたって平坦な映像を与えることが要求される。それには老眼鏡を掛けるのとは反対に、凹面をカメラの外に向けて取り付けるとよい (図2 (a))。Wollastonの報告には挿絵があって、その第2図には実際にこのレンズを装着した暗箱写生器の断面図が載っている。



この暗箱写生器は Nollet テント型 (1733)<sup>(35)</sup> で天井に「ペリスコピック」レンズが凹面を上に向けて取り付けられている。この上にさらに 45° に傾けた反射鏡があって外界の風景をテントの床の上に左右正像に投映するように工夫されていた (図 2 (b))。

#### Niépce のカメラとレンズ

Nicéphore Niépce (1765-1833) が写真研究を始めたのは、彼の息子 Isidore (1795-1868) の言うところによると、石版刷りの石板の上に下絵を描く簡便法の開発にあったようである<sup>(36)</sup>。これが 1813 年のころで、やがて下絵を手で描く代わりに石板の上に版画をおいて、太陽光線で焼き付けることを考えたらしい。それが石板に代えて鉛とスズの合金ピューター板にニスを塗った物を使うようになった。そのあとの腐刻も試みたらしい。

1816 年ころからはカメラの映像を塩化銀感光紙の上に焼き付ける方向に進んだ。ただし Niépce は Wedgwood の仕事 (1802) については全く知らなかったようである。このころ彼が使ったカメラとレンズについて少し分かるのは、Nicéphore がパリ在の兄 Claude (1763-1828) に宛てた手紙が残っているからである。兄弟は彼らが「ピレオロホール」(pyréolophore) と名付けた内燃機関の研究に打ち込んでいて、その事業化には首都パリの方が有利に運ぶと考えて 1816 年 3 月から兄がパリに移住していた。このとき兄は 53 歳、Nicéphore も 51 歳である。弟はパリの兄に自分の写真研究について手紙を書いて知らせている<sup>(37)</sup>。

#### 1816 年 4 月 12 日 Nicéphore より Claude へ

「私はこのところ、ここで一種の人工眼を作っています。これは単に 6 プウス (1 pousse=2.7cm) 角の小箱で、これに伸ばすことのできる筒がついていて、これがレンズ (verre lenticulaire) を保持するのです。」

#### 1816 年 4 月 22 日 Nicéphore より Claude へ

この手製カメラのレンズは虫眼鏡のような物であろう。それを壊してしまった。

「お知らせした実験を昨日おこなおうとしましたが、対物レンズ (objectif) を壊してしまいました。この焦点 (foyer) は装置の大きさにもっとも良く適していたのです。別のレンズがありましたが、焦点が違っていて少し改良する必要があります。」

1816 年 5 月 5 日 Nicéphore より Claude へ

この手紙からはじめて暗箱写生器と言う名前が出て来る。

「まえの手紙から私が暗箱写生器 (chambre obscura) の対物レンズを壊したが、別に使える物があるのを知っておられることでしょう。しかしこれは失敗でした。このレンズ (verre) の焦点は箱の奥行きよりずっと短いので使うことができませんでした。まえの月曜日に町へ行ったときに最初のレンズより長い焦点距離の物を 1 つだけ Scotti の店で見つけました。そこで筒を長くするのを余儀なくされたのです。これで焦点を合わすことができます。」「レンズが壊れて暗箱写生器が使えませんが、私は Isidore の宝石箱 (bague) に人工眼をつけました。これは 18 リーニュ (1 ligne=2.3cm) 4 角のものです。さいわい私は太陽顕微鏡 (microscope solaire) のレンズを持っています。これは、あなたもご存じのように Barrault 祖父さんの物でした。この中の 1 つのレンズはちょうど良い焦点の物で、対象物の像が大変に鮮明にはっきりと直径 15 リーニュの視野に写ります。」

この装置を鳩小屋と垣根に面した 2 階の仕事部屋において撮影すると、鳩小屋と垣根の淡い像が写った。後の手紙で分かるのだが、このとき使ったのは塩化銀紙である。

1816 年 5 月 9 日 Nicéphore より Claude へ

カメラを別に作って 3 台にしたので便利になった。

「私は別の暗箱写生器を作りました。サイズは大きいのと小さいのとの中間です。レンズは例の古い顕微鏡のレンズの 1 つを使いましたが、これは良好で役に立っています。こうして一度に少なくとも 2 回は実験ができるので助かります。」

1816 年 5 月 19 日 Nicéphore より Claude へ

この手紙には印画 (gravure) 2 枚が同封されている。小さい方は例の宝石箱から作ったカメラによる物で、大きい方は前の手紙にある中間の大きさのカメラで撮った物である。これらの印画は硝酸で定着されている。

1816 年 5 月 28 日 Nicéphore より Claude へ

この手紙には 4 枚の印画が同封されている。この手紙はその印画の説明に「世界最古」の写真と同じ風景が描写されているので有名である。手紙の中

には絞りの効果も説明されている。

「大きいのも1つと、小さいのも1つの印画は、他の物より色が薄いものの輪郭はずっとはっきりしているでしょう。これはレンズにカバーして開口を小さくしたからなのです。」

写りはするのだが「定着」がどうしても成功しない。それで6月からは感光剤を二酸化マンガンにし、1817年4月からはグァヤク樹脂、リンなどを用いる試みをしたが、いずれもうまく行かなかった。

1817年8月から兄 Claude がロンドンへ行った。Claude は10年間ロンドンに行ったままフランスに帰ることなくこの地で客死した。Claude の神経症はロンドンに到着と同時に始まったようで、手紙から秘密が漏れるのを極端に警戒したから、手紙は残っているもののこれらから Nicéphore の実験の進行ぶりを知るのには次第に困難となる。

研究開始から4年目にしてやっと Nicéphore は陽画を与えそうな感光剤を発見したようである。これを知らせた Nicéphore の手紙に Claude が返事を書いた。

1820年3月17日 Claude より Nicéphore へ

「(d'h. . . . oui) の助けで黒いニスに光線を感じさせようとしている君の試みは良く覚えているが、印像を消えないように残しておくのだったね。それができれば問題は決定的に解決するのだが。」

この (d'h. . . . oui) はおそらく (d'huile de Dippel) (Dippel 油) ではないかと言う。これは J. C. Dippel (1672-1734) が動物の骨を乾留して作った骨油で、これをアスファルトに混ぜた物に光を当てて硬化させる。Niépce はこれを改良した方法を「ヘリオグラフ法」(héliographie) と呼んだ。ヘリオグラフ法ではエッチング銅版画のレジストに使うアスファルト (bitumen du Judée) をラベンダ油に溶かして、これを石板、ガラス板、ピューター板などに塗って感光材とする。この上に版画を重ねて直射日光で焼き付けたあとで、石油とラベンダ油の混合物で洗浄すると硬化した所だけが残る。これを斜めから見ると陽画に見える。またこれは硝酸などで腐刻することもできた。

1824年9月16日 Nicéphore より Claude へ

このころになるとヘリオグラフ法もかなり完成に近づいている。これはこ

の日、兄に知らせた手紙から分かる。ここではアスファルトを塗った石板の上にカメラを使って風景を撮っている。

「私の方法によると思いのままに風景 (point de vue) が撮れるので満足しております。今までは不完全な物しか得ておりませんので自慢はできませんが。景色は Gras に向いたあなたの部屋から撮りました。それには一番大きな暗箱写生器と一番大きな石を使いました。」

このようにヘリオグラフ法は一応の完成を見て、これで版画を複写、印刷できるようになったし、自然の風景も写せるようになった。だがカメラによる自然の風景の撮影には 8 時間もの露出を必要とする。これでは実用にはほど遠い。Niépce はこの欠点を感光剤の感度の低さよりカメラのせいにした。本当はアスファルトを使うヘリオグラフ法ではいくら感光剤を改良しても感度の向上には限度があったのである。しかし Niépce は明るいレンズを使えばこの問題は解決できると考えたようである。それで 1825 年 6 月ころからはパリ光学機器商 Vincent Chevalier (1770-1840) にカメラやレンズの注文をし始めた。これらの注文状と Chevalier 店からの送り状が合計 22 通保存されている。

#### 1825 年 6 月 29 日 V. Chevalier 返信

Niépce は暗箱写生器の値段について照会をしたらしい。それに対する返事である。

「15 日付のお手紙を 6 月 20 日に拝受いたしました。銅引き暗箱写生器 1 台、折り畳み脚、暗幕など付属で 100 フラン。」

#### 1825 年 11 月 8 日 V. Chevalier 送り状

「本日、枠付きプリズム (prisme) をお使いの人に渡しました。」「このお使いの人は私にあなたがどんな物の上にも暗箱写生器の映像を固定 (fixer) するのに成功しているのだと告げました。こんな発明は私には全くの驚きですから、嘘ではないかと思っております。ですから、あなたからそうだと確認して下さるまでは信じられません。」

このように Niépce ヘリオグラフ法の噂はこのころすでにパリに届いている。そして、おそらく Vincent の息子 Charles Chevalier (1804-59) から、この噂を聞いた L. J. M. Daguerre (1787-1851) が Niépce に手紙を出して噂を確かめた。

Daguerre は Niépce より 22 歳も年下で、このころパリで大流行していた「ジオラマ」(diorama) の発明者、経営者としてパリ中にその名が知られていた。Daguerre からの手紙は残っていない。息子の Isidore が父親 Nicéphore から聞いたところによると「(Daguerre の) 手紙は高びしゃで乱暴な調子」だったらしい。

Niépce はこれに 1826 年 1 月 25 日付けで返事をしておいた。もちろんヘリオグラフ法の手法は秘密だから当り障りのない返事である。それに対する Daguerre の返事の来たのが 1 年もあとの 1827 年 2 月 2 日になってからである。

#### 1827 年 2 月 3 日 Niépce 注文書

「できるだけ急いで次の品物を送ってください。私の暗箱写生器用の物で直径 3 プウス、焦点距離 12, 18, 30, 36 プウスの高品質レンズ 4 個。」

これら 4 種のレンズは 2 月 19 日付けの送り状とともに送られてきた。この中で直径 3 プウス、焦点距離 12 プウスのレンズをメートル法になおすと直径 8.1cm、焦点距離 32.4cm のレンズとなる。P. G. Harmant & P. Marillier (1967) の調査によると<sup>(38)</sup>、このサイズは現在「Nicéphore-Niépce 博物館」に残っているカメラとピッタリ合う。これに直径 1.8cm の絞りを付けて F18 にすると画角が 60° となり 16×21cm の像を結ぶ。この大きさは「現存する世界最古の写真」と同じで、画角も同じである。このようにして 1827 年 6 月から 7 月にかけて撮ったとされる世界最古の「写真」は、このカメラにこのレンズを付けて撮ったのはほぼ間違いない。ただしカメラは現存するがレンズの方は残っていない。おそらく、ふつうの両凸レンズだったのであろう。

1827 年一杯は Daguerre と Niépce との間に間に数回手紙のやり取りがあった。お互いの腹の探り合いである。この年 8 月になって Niépce がパリに上京してここで初めて Daguerre と合うことになった。パリに行ったのは 10 年前にロンドンに移住した兄 Claude が病気だと言う知らせがあって、夫婦でロンドンへ向かう途中に寄ったのである。9 月にロンドンに到着してみると兄は発狂していた。それも数年前からだと言う。失意の Niépce はそれでもこの機会にイギリスで自分のヘリオグラフ法の企業化

を計ろうとしたが物にならなかった。このとき近所に住む植物学者 F. Bauer (1758-1840) が世話をしてくれた。Niépce はこの人の奨めで発明の概要をフランス語で書いたメモ 4 枚にヘリオグラフ金属板を添えて王立学会に提出した。王立学会では会長の Davy が 7 月に旅行先の Ravenna から手紙を書いて辞意を表明したので、11 月 30 日からは彼の友人 Gilbert が会長を引き継いだばかりであった。そして総務の J. Herschel も一緒に辞任した。もし Davy が会長だったら 25 年前になるが Wedgwood に協力して写真の研究をしたことのある Davy のことだから、すぐに Niépce の仕事の価値を認めたかも知れないのである。

Niépce は副会長 Wollaston, 総務 Thomas Young とも接触した。Niépce はおそらく Wollaston と会っている。Wollaston は 1828 年 1 月 17 日付けの手紙で、Niépce の希望に答えて 1 月 19 日 (土) に会う約束をしているからである<sup>(39)</sup>。

王立学会へ提出した Niépce のメモは秘密の漏洩を恐れて余りにも漠然としていた。これでは Young の意見のように「優れた発明らしいが、このメモからだけでは判断に苦しむ」としか言いようがない。年が明けた 1828 年 2 月 Niépce 夫妻は病身の兄を残して帰国したが、ロンドンを発つとき世話になった Bauer に例のメモとヘリオグラフ金属板を記念に贈った。この金属板があとで「世界最古の写真」となるのである。兄 Claude は夫妻がロンドンを発つとすぐに死亡した。1828 年 2 月 10 日で彼は 65 歳になっていた。Niépce 夫妻は帰りにまたパリに寄って 2 週間ほど滞在した。このとき郷里の Isidore に書いた手紙に次のようにある。

1828 年 2 月 22 日 Nicéphore より Isidore へ

「現在、私はとくに Chevalier 光学店に注文したペリスコピック対物レンズの完成に興味を持っています。」

ロンドンで Wollaston 「ペリスコピック」レンズの評判を聞いて注文したのであろう。Niépce が Chalon に着いたのが 2 月 26 日である。パリで注文したレンズが 3 月下旬に送られてきた。

1828 年 3 月 24 日 Chevalier 店送り状

「本日、国営駅馬車で 3 枚ガラス色消し対物レンズを発送いたしました。焦点距離 12 プウス、直径 3 プウス、送料を含めて送り状 102 フランで

す。接する面にはOとIの記号が付いていますから、ここに注意してください。3枚のレンズをそれぞれ図2のように表面を重ねると、レンズAは対象物の方を向き、レンズCはスクリーンに向きます。ご満足の行くようにしたつもりです。」

この手紙には図が付いていて、これから3枚色消しレンズの構造がわかる<sup>(40)</sup>。この構造では色消しはもちろん球面収差も除かれていないはずである。パリで注文したWollaston「ペリスコピック」レンズがいつ到着したのかは分からないが、パリ版画家A. F. Lemaître（1787-1870）への手紙からNiépceがこれに満足している様子がわかる。

1828年8月20日 Niépceより版画家Lemaîtreへ

「私は腐刻でコピーを作るのは全く止めにして、もっぱらWollaston改良型暗箱写生器を使って風景を撮るだけにしております。ペリスコピックレンズはこれまで私がふつうのレンズやV. Chevalierメニスカスプリズムで撮ったものよりずっと優れた結果を与えています。」

このあと1829年一杯DaguerreはNiépceに自分と協力するように訴えている。化学や光学について正規の教育を全く受けていないDaguerreにしたなら、Niépceのヘリオグラフ法の秘密をなんとしても手に入れたい。それには何らかの餌でNiépceを釣らねばならない。しかし自分の方には実績らしいものは何もない。ただNiépceはレンズの改良によって自分のヘリオグラフ法の改良ができると信じているようである。DaguerreはここがNiépceの弱点であると見抜いた。幸い自分はパリにいてChevalier父子とは懇意であるから、Niépceの苦手とするカメラ、レンズから攻めるには都合がよい。Daguerreは自分のカメラの優秀性を宣伝し始めた。DaguerreはLemaîtreにまで自分のカメラを宣伝して、彼までも自分の陣営に引き込んでいる。

1829年10月25日 Niépceより版画家Lemaîtreへ<sup>(41)</sup>

「Daguerre氏によって改良されたようなカメラによって始めてできるでしょう。これがありませんので、目的とするゴールに多少とも到達してないと非難されても仕方ありません。」

1829年11月2日 版画家LemaîtreよりNiépceへ

「Daguerre氏は最近にカメラを大いに改良して、これを使うのに習熟し

ております。あなたの方法を完成させるのに協力してくれる人間で彼より良い人はいないでしょう。」

Daguerre は Niépce にもその威力をちらつかせる。

1829年11月15日 Daguerre より Niépce へ

「この威力はいままで知られている暗箱写生器と比較して3倍です。」

Daguerre の粘りがとうとう物を言った。暮れも迫った1829年12月14日になって10年間の共同研究契約の署名にまで漕ぎつけた。最初の交渉があってから4年も経っている。「予備契約の基本」は16条からなり<sup>(42)</sup>、その第3条と第6条に次のようにある。

第3条. この契約の署名された時点で Niépce 氏は Daguerre 氏に自分の発明の原理を封印した上で教えねばならない。

第6条. この契約の署名された時点で Daguerre 氏は Niépce 氏に暗箱写生器の改良の原理を公開し、この改良の性質について正確な書類を手渡さねばならない。

Daguerre は駅馬車で Châlon にまでやってきて数日間滞在してヘリオグラフィ法の実際を学んで帰った。第3条にある文書にした「ヘリオグラフィ操作法」をもらったのは言うまでもない。鬼の首を取ったような気だったのであろう。Daguerre が第6条に従って渡しはずの書類は残っていない。おそらく Chevalier 店のカタログのようなものに過ぎなかったのであろう。

「改良カメラ」のレンズが Daguerre から送られてきたのは、やっと1832年10月3日になってからである。ただし、これは改良と言えるほどの代物でなく、色消しにした Wollaston 「ペリスコピック」レンズに他ならなかった。

1832年10月3日 Daguerre より Niépce へ<sup>(43)</sup>

「大変に成功しているのは組合せ2枚レンズの色消しレンズですが、これは組み合わせて貼り合わせると形はペリスコピックレンズの曲面に他なりません。これに同じようにレンズの直径に合わせて明けた絞りを付ける必要があります。この結果として得られるシャープさは版画の直接焼付けからできる物をはるかに凌駕しております。」

これは Daguerre の創案と言うより Chevalier 店の製品その物である。Niépce はこのあと1年足らずで1833年7月5日に死亡してしまった。



彼も65歳になっていた。後を継いだ Isidore は銀板写真公開の1839年から2年後の1841年になってから、Daguerre 銀板写真は父親 Nicéphore のアイデアの剽窃であると主張して60ページの小冊子を出版した。

この弾劾パンフレット「不当にもダゲレオタイプと名付けられた発明の歴史」の中で、Isidore はこのレンズに触れて次のように指摘している<sup>(44)</sup>。

「Daguerre 氏は単に Wollaston 博士の手法と Vincent および Charles Chevalier 両氏から色消しについて教えてもらった指示とに厳密に従っただけである。」

そして、その証拠だと言うのでこの小冊子の最後に、1812年6月11日ロンドン王立学会で読まれた Wollaston 論文の暗箱写生器関係の所だけのフランス語翻訳を付録として付け加えた。これは Charles Chevalier が1829年に出版した小冊子からの抜粋である<sup>(45)</sup>。

「Nicéphore-Niépce 博物館」には「Daguerre が Niépce に贈った暗箱写生器」とラベルの付いた亜鉛引き金属カメラが残っているそうである<sup>(46)</sup>。また中にはアコーディオン型の蛇腹の付いた物とか、金属製可動瞳孔の絞りの付いた物もあると言う。カメラには覗き孔の付いた物がある。これは外から焼付け具合を見るためであろう。

Nicéphore の死んだあと Isidore が全く役に立たないで、Daguerre は一人で研究を続け1835年になって水銀現像法を、1837年には一応の定着法を完成した。濃食塩水で洗うのである。Daguerre は始め自分の発明を企業化しようと計ったが、やがてパリ天文台長で代議士でもあった科学界のボスで物理学者の F. D. Arago (1780-1833) が仲に入って、この発明をフランス政府が買取りこれを公開する代わりに、Daguerre と Isidore にはフランス政府が年金を支給することに落ち着いた。銀板写真手法が公開されたのは1839年8月19日（月）である。説明は Arago がしたが、これが専門的で一般の聴衆には理解できなかった。しかし Daguerre が用意していた76ページの小冊子「ダゲレオタイプ教本」が次の日に売り出されて人びとは始めて手法の実際を知ることができた。また同じ日にカメラと付属品一式も売り出され、これらは小冊子と共にすぐに売り切れてしまった。カメラは1839年6月22日に契約を結んだ Alphonse Giroux に製作、販売を委せることにした<sup>(47)</sup>。彼はもともと文房具屋で Daguerre

夫人の親類筋にあたる。これを聞いた Chevalier は怒った。自分は15年にもわたって Daguerre に光学方面の助言を与えてきている。「メガネ屋が求められているのに、選ばれたのは文房具屋だ。」しかしレンズは Chevalier が提供することで話がついた。カメラは木製で  $31 \times 37 \times 27\text{cm}$  と大型であった。二重箱になっていて、近距離の物を写すために伸ばすと  $31 \times 37 \times 51\text{cm}$  と長くなった。カメラには通し番号が打たれ、楕円形の大きな真鍮のシールが付いていた。「この Daguerre 氏の署名と Giroux 氏のシールの付いてない装置は保証されていません。」真鍮のレンズ筒に入ったレンズは口径  $8.1\text{cm}$ 、焦点距離  $38\text{cm}$  の貼り合わせ色消し「ペリスコピック」レンズで、凹面が対象物を向くように取り付けられていた。口径  $2.7\text{cm}$  の固定絞りをレンズの前  $7.6\text{cm}$  においたから、明るさは  $F14$  と暗かった<sup>(48)</sup>。このように暗くては肖像写真を撮るのに無理である。しかし、この型のレンズはこれから100年間も「フランス式風景レンズ」の名前で、いろんな所から売り出されることになった(図3)<sup>(49)</sup>。

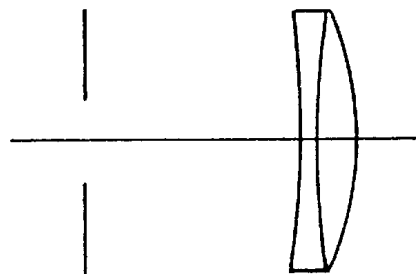


図3 銀板写真用「Giroux カメラ」に取り付けた  
Chevalier 「フランス式風景写真レンズ」

### Talbot のカメラとレンズ

Nicéphore が死亡した1833年、W. H. F. Talbot (1800-77) は妻 Constance を連れて大陸旅行をしている。彼らが結婚したのは去年の暮れであるから少し遅い新婚旅行であった。その旅行中スイス Como 湖畔で暗箱写生器を使って風景を写生したが思うような成績を得なかった。

「(そのとき) あの考えが浮かんだのだ。これらの自然の映像を消えないように捺し付けて、紙の上に残せたらなんと素晴らしいことだろう。」<sup>(50)</sup>

1834年1月イギリスに帰るとすぐに実験を始めた。始めは硝酸銀紙を感光材にしたが、やがて塩化銀紙に代えた。Talbotが1844年に出版した写真画集「自然の鉛筆」の始めにある「写真術発明小史」に「1835年夏イギリスは輝かしい太陽に恵まれたので、私は暗箱写生器によって建物の写真を撮る新しい試みを始めた」とある。紙に食塩水と硝酸銀水溶液を繰り返し交互に塗り付け、湿ったままの状態を使うと晴れた日で10分ほどの露出で撮れた。このあと3年間はほとんど進歩を見なかったので、1838年の暮れになって不完全のままでもよいから、今までの成果を発表しようと考えていた。その矢先、1839年1月になってDaguerre銀板写真の発表があった。慌てたTalbotは1月31日の王立学会木曜日例会で発表することにした。それまで待ちきれないTalbotは友人のFaradayに頼んで1月25日に金曜日例会のある王立研究所で自分の試作品を展示させてもらうことにした。1月31日王立学会で発表した報告の題は長い<sup>(51)</sup>。

「画家の鉛筆の助けによらず自然物をして自分自身を描かせる方法

『光写生』法についての考察」

その「§9. 建物、風景、外界の自然」撮影のところに次のようにある。

「私の田舎ではよい大きさの暗箱写生器が手元になかったので、大きいのを改造して適当な大きさのを一つ作った。一方の端においた良質の対物レンズが他の端に像を結ぶ。この装置に感光紙を入れてこれを夏の午後に持ち出し、太陽が都合良く照らしている建物の約100ヤードの所に据えた。1-2時間後に箱を開けると、陰の部分は別にすると建物の明瞭な画像が紙の上に写っていた。」

このあと暗箱写生器を小さくすると露出時間を短くできることを知り「小さな暗箱写生器を数個作らせて、これに短焦点のレンズを付けた。」これにより明瞭ではあるが極端に小さな画像が得られた。ガリバー旅行記「小人国（Lilliput）」の画家の作品のようであった。これらの小型カメラはLacock僧院の大工Joseph Fodenに作らせたと言うが確証はない。Constance夫人は1835年9月の手紙でこれらを冗談に「mouse trap」と呼んでいる<sup>(52)</sup>。この小型の実験用カメラのレンズはおそらく簡単な両凸単レンズだったであろう。イーストマン・コダック社「George Eastman House」にあるTalbotカメラには両凸4枚貼り合わせレンズが付いてい

ると言うことである<sup>(53)</sup>。1839年以後 Talbot はカメラ、レンズをロンドン光学機器商 Andrew Ross (1798-1859) から購入している。たとえば1839年購入の口径2.5インチ色消しレンズ付暗箱写生器の値段は7ポンド15シリングであった。当時 Talbot 家の召使の1年間の給料が10-20ポンドだったことを考えると大変に高価である<sup>(54)</sup>。

1839年1月の銀板写真発表を聞いて慌てたのは Talbot ばかりではない。John Herschel は1月23日海軍水路部の友人 Beaufort からの手紙でこれを知らされた。この手紙には前日1月22日に Herschel の妻 Margaret に出した手紙を見て欲しいとあった。Herschel は直ぐに仕事に取り掛かった。彼は20年も前、1819年にハイポ(チオ硫酸ナトリウム)をつくり、その水溶液がハロゲン銀を「砂糖が水に溶けるように」溶かすことを発見、報告していた<sup>(108)</sup>。

このころの Herschel 実験ノートはロンドン「科学博物館」に保存されている<sup>(55)</sup>。

#### 実験 1013.

1月29日「Daguerre の手法。この真似をするための試み。

必要なもの3つ。

1. 非常に感度のよい感光紙。
2. 極めて完全なカメラ (camera)。
3. さらに変化するのを阻止する方法。

塩化銀や他の銀塩を全部洗い去って、光の作用を阻止するのに、次亜硫酸ナトリウム (hyposulphite of soda) を使ってみた。完全に成功。」

#### 実験 1013.

1月30日「無収差レンズ (aplanatic lens) で望遠鏡の画像を撮る。焦点に炭酸銀紙をおく。」「かくして Daguerre の問題はここまで解けた。」

この「aplanatic」は「色収差と球面収差のない」と言う Herschel の定義による「無収差」である。レンズはおそらく1825-28年ころ Herschel が George Dollond を指導して研磨させた物であろう。Herschel の写真研究の結果は Talbot より2カ月半おくれて1839年3月14日王立学会で速

報として読まれたが、ここではカメラ、レンズについて触れるところがない<sup>(56)</sup>。彼が本式に写真研究を発表するのは次の年 1840 年 2 月 20 日になってからである。この王立学会で発表された「大論文」の「§6」には次のようにある<sup>(57)</sup>。

「よいカメラ写真を撮るのには優れたレンズが要求されることにも触れておいた。平坦な焦点、完全な色消しが必要である。」

この「大論文」が印刷されているころ、Herschel の所にアメリカから手紙に添えて 1 枚の銀板写真が届けられた。1840 年 7 月 28 日付けのこの手紙はニューヨーク市立大学化学教授 John William Draper (1811-82) からの物で、彼の姉 Dorothy Catherine Draper を撮ったこの銀板写真が「現存する世界最古の肖像写真」である。この手紙の中で Draper はレンズについて次のように言う<sup>(58)</sup>。

「この写真を撮ったのは焦点距離 16 インチ、口径 5 インチの 2 枚の両凸色消しなしのレンズを組み合わせた物です。」

これに対して 1840 年 10 月 6 日付け返書の中の Herschel の意見はこうである。

「できるだけ早い機会に最近私が発表した報告をお送りいたします。この中にこの見事な技術である写真に対して約束されている極限の完璧さを獲得するためには、色消しレンズが不可欠であることを示す証拠を発見なさるでしょう。」

Draper の「生身の人間」(from life) の肖像写真の撮り方についての報告は「Phil. Mag.」誌 1840 年 9 月号に掲載された<sup>(59)</sup>。

「私はこれらの原理の上に立ってカメラを作った。これは常用している物で、両凸の非色消しレンズである。ふつうの眼鏡レンズで焦点距離 14 インチのものを葉巻煙草箱の端に取り付けた。これで立派な画像が得られた。この口径のレンズは 3×4 インチ銀板に最適である。」

この当時、Daguerre 銀板写真の噂を聞いて実験を始めた多くの研究者のカメラ、レンズはこの程度の物が大部分だったのであろう。

#### 4. ドイツにおける写真研究のはじめ

##### Kobell と Steinheil (1839年)<sup>(60)</sup>

1839年の初頭 Daguerre や Talbot の写真研究の発表を聞いて直ぐに仕事を始め、ドイツ語圏ではじめてその結果を発表したのはミュンヘン大学鉱物学教授 Franz von Kobell (1803-82)<sup>(61)</sup> と物理学教授 Karl August Steinheil<sup>(62)</sup> ということになっている。この Steinheil は後で息子と協力して優れた写真レンズ「Aplanat」(1866)を作る。彼ははじめ Erlangen 大学で法律を勉強したが天文学に興味に移り、Göttingen 大学、Königsberg 大学で勉強したのち、1825年 Königsberg 大学 Bessel のところで学位をとった。ついで1832年ミュンヘン大学に招かれここで物理学を教えていた。Kobell の方は鉱物学専門で1834年からミュンヘン大学で教えている。彼はまた詩人としても名が高かった。1852年に有機化学者 Justus Liebig (1803-73) が Giessen 大学からミュンヘン大学に移ってきた。このため「Liebig-Wöhler 往復書簡集」には Kobell の名前が多く見える<sup>(63)</sup>。写真研究では感光材などの化学方面を Kobell が、レンズ、カメラなどの物理方面を Steinheil が担当したのであろう。

彼らがその研究報告をババリア科学学士院に提出したのが3月9日で、これが4月13日に読まれ7月3日付けの紀要に印刷された。彼らの仕事のどれだけが自分たちの独創で、どれだけが Daguerre や Talbot の報告に負うのか正確には分からない。

Arago が Daguerre の銀板写真について公式に発表したのが1月7日フランス科学学士院月曜日例会である<sup>(64)</sup>。しかし、この報告で分かるのは「暗箱写生器」(chambre obscure ou chambre noire)を使うこと、方法は「塩化銀の層の上にシルエットを描かすのに使っていた今までの不完全な仕事とちがって」ずっと優れている以外、その手法について知らせるところはない。Arago の報告は1日前の1月6日(日)「Gazette de France」誌にスクープされたが、ここでも Arago が教えた「暗箱写生器」以外は僅かに「磨いた金属板 (plaques de métal poli)」を使うのだとか、操作の中に「洗浄」らしいものがあると分かる程度である。

「Gazette de France」の記事をロンドン「Literary Gazette」誌1月12日号で知った W. H. F. Talbot (1800-77) は4年も前から同じ仕事をし

ていた。すぐに友人の Faraday に頼んで 1 月 25 日王立研究所金曜日例会でその紹介をしてもらい、2 階の図書室の壁に作品を展示してもらった。Talbot が正式に彼の「光写生 (photogenic drawing)」を報告したのは 1 週間後の 1 月 31 日王立学会木曜日例会であった。しかし、ここでも手法に関しては漠然とした物で、なかに「感光紙 (sensitive paper)」とあるので金属ではなくて紙を使うのだと分かる程度である。このあと Talbot は自分の手法が Daguerre のとは違うことを強調するために王立学会総務 Samuel H. Christie に手紙を書いてその手法の概略を知らせた。この手紙は 2 月 21 日例会で読まれた<sup>(65)</sup>。この中では紙に硝酸銀溶液と食塩水を交互に塗る感光紙の作り方とか、ヨウ化カリウム水溶液や濃食塩水による定着法が説明されている。濃アンモニア水による定着は失敗したと言っている。Talbot は 1 月 31 日王立学会報告でしたと同じ内容をババリア科学学士院に報告した。学士院が受け取ったのは 3 月 9 日であったが、正式の報告としては内容があまりにも漠然としていたので受理しなかった。しかしその内容はおそらく Kobell, Steinheil にも伝えられたのであろう。すでに述べたように彼らは自分たちの研究結果を 3 月 9 日科学学士院に提出しこれが 4 月 13 日に読まれた。印刷になったのは 7 月 13 日になってからである。

Kobell, Steinheil が Daguerre や Talbot の手法について知り得たのはここまであろう。このあと Talbot は 3 月 1 日付けでフランス科学学士院に手紙を出し、これが 3 月 4 日に読まれた<sup>(66)</sup>。ここで Talbot は自分の黄血塩による定着法と、Herschel から教えてもらった次亜硫酸ナトリウム（ハイポ）定着法について知らせた。

Herschel が自分のハイポ定着法について正式に王立学会に報告するのは 3 月 14 日になってからである<sup>(67)</sup>。だから Kobell, Steinheil のハイポ定着法の発見は自分たち独自の仕事であろう。

Herschel は 3 月 14 日王立学会報告のはじめで次のように言っている。  
「問題を解くに当たって、すぐに多くの方法を考え付いた。」

カメラと感光材を使って「写真」が可能になったと聞いた瞬間、多くの科学者が Herschel と同じようにいろいろな方法を思い付いたことであろう。そして、これらが似通っていたとしても不思議ではない。さて

Kobell, Steinheil の方法は金属板を使う銀板写真を違っていて、むしろ Talbot「光写生」に近い。塩化銀紙の上に版画を載せて直射日光で焼き付ける版画の複写は露出 5 分間で十分であった。風景を撮るのには湿った塩化銀紙を雲母板に挟んでカメラに入れた。Steinheil がボール紙から作った円筒型カメラは直径 3 インチ、長さ 5 インチほどで、3 枚貼り合わせ色消しレンズと絞りを備えていた。ただしレンズの性能は現在残っている 3 枚の風景写真から判断する限りあまり良くなかった。風景写真にはおそらく半時間から 1 時間の露出を必要としたであろう。できるのは陰画であるから、陽画にするのにはさらに焼き付けなければならない。ミュンヘン「ドイツ博物館」に残っている作品 10 枚はすべて陰画である。Talbot 1 月 31 日報告には黄色、赤色の物は写りが悪いと指摘があり、銀板写真でも「Gazette de France」スクープ記事には緑色の樹木は建築物と較べると写りが悪いとある。Kobell, Steinheil も同じことを書き残している。彼らが撮ったミュンヘン古代彫刻博物館「Glypthothek」の 2 枚の小さな写真が 8 月中旬にミュンヘン美術協会 (Kunstverein) で他の絵画に交じって展示された。ベルリン「Vossische Zeitung」紙 8 月 19 日号の批評に、これらは銀板写真と比較してはるかに劣るとあった。この 8 月 19 日は銀板写真の手法がパリで公開された日であるが、Daguerre は宣伝のためもあって早くから大勢の人にその作品を見せていたから、8 月 19 日の段階でベルリン「Vossische Zeitung」紙記者がすでに銀板写真の作品を見ていたとしても不思議ではない。

この銀板写真公開のあと 1 週間も経たないのに「Vossische Zeitung」紙 8 月 26 日号がその操作法の詳細を報道した。

ドイツに Daguerre 銀板写真カメラをはじめて輸入したのは、ベルリン美術商 Louis Sachse (1798-1877) である<sup>(68)</sup>。Sachse は 1839 年 4 月に商用でパリにいて銀板写真の評判を聞き Daguerre に会って頼んだ。自分はドイツで銀板写真カメラを最初に輸入してこれを展示する人間になりたい。それで銀板写真技法公開と同時にカメラを送って欲しい。これが 7 月のことである。Giroux 社から 6 台のカメラと用具一式それに操作法マニュアルと Giroux 夫人の手になる見本の風景銀板写真などが届いたのが 9 月 6 日である。ところが生憎と荷造りが不完全で破損が甚だしく、カメ



ラなどの修理のために5台分を得意先に引き渡すのに数日を費やしてしまった。6台目のカメラは自分の所においてこれで風景写真を撮る練習をした。このようにゴタゴタしている間に9月15日「Unter der Linden」街のメガネ商 Theodor Dörffel が Daguerre 銀板写真教本に倣って作った自作のカメラを店頭飾りこれを売り出した。これはレンズ無しで75マルクした。彼はまた自分で撮ったベルリンの風景写真の数枚も店頭に展示した。Sachse は出し抜かれたのである。Sachse は5日あとの9月20日になって、やっと自分で撮った風景写真と Giroux 夫人の見本銀板写真を自分の店先に飾ることができた。それでも Sachse の商売は繁盛し、最初の6週間で600枚もの銀板写真が売れたと言う。あとでは Giroux 社から輸入した銀板写真も売った。これが評判になって9月30日にはプロシヤ国王 Frederik Wilhelm 3 世（1770-1840）の Charlottenburg 宮殿に招かれ、ここで写真を5枚撮ってみせた。Sachse はまたドイツで最初の銀板写真による肖像写真を撮ったことでも知られている。これは翌年の1840年4月になってからのことである。ただしその成績は「手で書いた絵のように誰だか分かる」程度の出来であった。

ミュンヘンでは Steinheil が「Bayrische Nationalzeitung」紙8月24日号で銀板写真の実際を知り、これに従って2枚の銀板写真を作った。これは9月4日ミュンヘン美術協会で開催して評判になった。Kobell, Steinheil の「光写生」紙写真が展示されたのが8月中旬であるから、それから20日ほど後のことである。さらに「Kunst- und Gewerbeblatt」紙が9月から10月にかけて絵入りで銀板写真操作法を詳しく紹介した。これで銀板写真の実際を知った Steinheil は自分たちの紙写真から銀板写真に乗り換えた。Steinheil はまた例のボール紙製円筒型カメラも携帯用金属カメラに改造した。このカメラの色消しレンズは焦点距離が20mmと短く、銀板も8.5×11.5mmと銀貨ほどの大きさの物を使ったから、作品を見るにはルーペを必要とした。ただしレンズは開放でF2.5と明るく雨の日でも写真を撮ることができた。

## 5. Joseph Max Petzval と肖像写真レンズの設計（1840年）<sup>(69)</sup>

オーストリア宰相 K. W. L. von Metternich（1773-1859）が1月7日

フランス科学学士院での Arago 銀板写真報告のことを知ったのはパリ駐在大使 Apponyl からである。彼はたまたまパリにいたウィーン大学物理学教授 Andreas von Ettinghausen (1796–1878) にその調査を命じた<sup>(70)</sup>。Ettinghausen からの報告を聞いた高等工業学校校長 Prechtle は自分の学校の物理学教授 J. P. Neumann の助手 Anton G. Martin (1812–82)<sup>(71)</sup> にこの銀板写真の研究をやらせた。これは 1839 年の夏に成功している。この時のカメラは Plössl が Giroux カメラを手本にして作った。Ettinghausen は銀板写真手法公開の 8 月 19 日ころまでパリにいたらしい。彼は Giroux カメラのレンズの暗いのに驚いた。レンズの前に絞りを置いて F15 にして使ったから、肖像写真を撮るのに直射日光の下でも 30 分もの露出を必要とする。彼はこの欠点について Giroux カメラの色消しペリスコピックレンズを製作した Charles Chevalier と何度も議論をしたらしい。このとき Chevalier は Giroux カメラの絞りの前にもう 1 枚の色消しレンズを置いてみせて、こうすれば球面収差が除けてしかも明るくなると自分の経験を教えたようである。Chevalier は 1841 年になってから自分の写真レンズを発明奨励協会に提出して Petzval 肖像写真レンズと賞を争った。この時に当時の事情について次のように言っている<sup>(72)</sup>。

「1840 年発明奨励協会のコンクールに、私は色消しダブルレット対物レンズ付のダゲレオタイプカメラを提出しました。また 1839 年に私は Ettinghausen 氏 (ウィーン市) に、光学機器の球面収差 (aberration sphéricité) を小さくするには、多数の色消しレンズを使えば益するところがあるだろうと教えました。」

さてウィーンに帰った Ettinghausen は同僚のウィーン大学数学教授 Joseph Max Petzval (1807–91) にパリの情勢を告げ、明るくて平坦な画像を与える肖像写真用レンズの設計に数学を応用してみたらどうかと奨めた。そして、ついでにフランス発明奨励協会 (société d'encouragement pour l'industrie nationale) がこの発明に対して賞金を出していることも告げた。

Petzval は 1807 年 1 月 6 日に当時はオーストリア領であったスロヴァキア Hohen Tatra 地方 Spisska-Biela に生まれた。ポーランドとの国境の小さな町である。Petzval の若いころの経歴は詳しくは分からない。晩

年には人嫌いになり個人的なことを口にするのを嫌ったから余計である。なにしろウィーン学士院の名簿の生年、生地欄に「点」だけを記入したという変わり者である。オーストリア写真史家 Josef Maria Eder (1855-1944) がまだ若いときに、高等工業学校の2人の同僚の紹介で定年退職(1877)したばかりの Petzval を訪問して話を聞き、これを Petzval の死後に発表した(1893)<sup>(73)</sup>。Petzval の伝記にはこのほか彼の死後その遺稿などを整理して書かれた Erményi 「Dr. Joseph Petzvals Leben und Verdienste」(W. Knapp, Halle, 1903) がある。

Petzval は 1826 年 Budapest 大学(当時は Pest 大学)に入学してここで工学を学んだ。1835年にこの大学の教授となり高等数学を教え、30歳になった1837年にはウィーン大学に招かれここでも高等数学を教えた。だから Petzval が Ettinghausen の要請でレンズ設計を始めた1839年はウィーン大学に来て2年目、32歳のことである。しかも、このとき Petzval も Ettinghausen もレンズについては全くと言ってよいほど何も知らなかった。レンズ設計の理論については球面収差をなくし色消しにする「Herschel の条件」(1821)などが知られてはいたが、その他のレンズ収差については定説のなかった時代である。幾何光学の古典 K. F. Gauss (1777-1851) 「レンズ光学研究 (Dioptrische Untersuchungen)」が出版されたのが1841年であるから、その2年前のことである。もっとも Gauss はこの研究を40年も前に完成していたが<sup>(74)</sup>、この結果が彼にとってあまりにも初歩的に思えたので、発表するまでもないと考えたのだそうである。Petzval は1843年に書いた小冊子「レンズ光学研究報告」(Bericht über Ergebnisse einiger dioptrische Untersuchungen, C. H. Hartleben Verlag, 1843. p. 25-26)の中で次のように言っている。

「レンズの組合せは全く移り気でひねくれ者の領域である。ある配置では正しい像を全く与えないし、またある時は歪んで曲がった像を与えるのは避けられない。これは複雑な関数の奥に深く隠された一般的法則の結果なのである。」「だから科学との密接な結合によって始めて、実用光学はその技術の頂点に達し得るのである。」

この小冊子の中で像面湾曲を最小にするための条件、有名な「Petzval 和」が定義されている。組合せレンズを構成する個々のレンズの焦点距離を

$f_i$ , そのレンズ硝子の屈折率を  $n_i$  とすると, この組合せレンズが与える像の曲率半径  $R$  は次の式で与えられる。 $R$  が無限大になると像は完全に平坦になる。そのためには  $P$  がゼロになるようにすればよい。

$$\frac{1}{R} = P = \frac{1}{n_1 f_1} + \frac{1}{n_2 f_2} + \frac{1}{n_3 f_3} + \dots = \sum_i \frac{1}{n_i f_i}$$

この  $P$  が「Petzval 和」である。 $f_i$  が正 (凸レンズ) ばかりでは  $P$  はゼロにならないから,  $f_i$  が負の物 (凹レンズ) も組合せなければならない。ただし 1839 年当時 Petzval が自分の提出したこの式に従って「Petzval 和」をゼロにする努力を真剣にしたかどうかは疑わしい。以下に説明する有名な Petzval 肖像写真レンズではこの  $P$  がそれほど小さくなっていないからである。また, その努力をしたところで当時のクラウン硝子, フリント硝子を使用しているのは始めから十分な補正は望むべくもなかったのである。色消しの条件と調和するためには, 相対的により高屈折のクラウン硝子と, 相対的により低屈折のフリント硝子を必要とする。ところが当時のクラウン硝子は低屈折低分散で, フリント硝子は高屈折高分散の物ばかりであった。これらの条件を満足するいわゆるエナ硝子 (Jena glass) の Schott による生産は 1880 年まで待たねばならない。

もともとレンズの設計は全くのプランなしではできない。Petzval は自分の設計プランについては何も書き残していないが, おそらく 2 つの望遠鏡用貼り合わせ色消し対物レンズを少し離して対称の位置におくことから出発したのであろう。これが本当に Ettinghausen が Chevalier から教えられ, これを Petzval に示唆したのかどうかは今となっては確かめようもない。次に Petzval のしたことは, 後ろの色消しレンズのフリント硝子凹レンズとクラウン硝子凸レンズを分離し, これらの曲率半径をいろいろに変えて, その効果を計算したのであろう。現在のレンズ設計の言葉で言えばベンディング (bending) である。このような光線の追跡計算には膨大な人力を必要とする。計算助手には Reisinger がいたが, 当時オーストリア陸軍砲兵隊長であった Ludwig 皇太子がこの計算のために 2 人の士官 Löschner, Hein と 8 名の計算に堪能な砲手を派遣してくれた<sup>(75)</sup>。また使用する光学硝子の屈折率, 分散値などは Peter Voigtländer が提供してくれた。

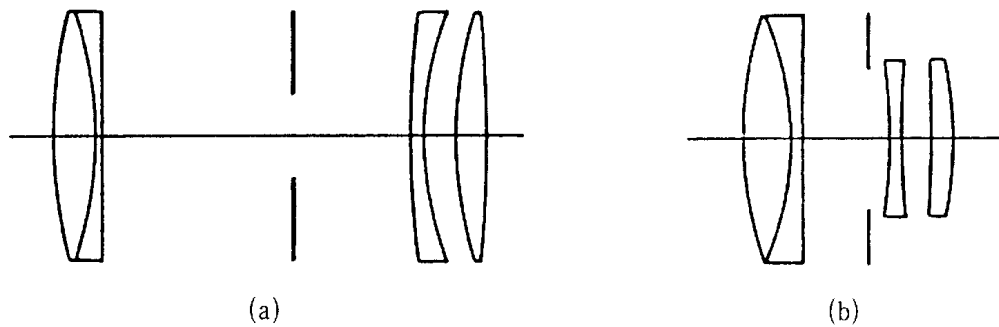


図4 (a) Petzval「肖像写真用」レンズ  
(b) Petzval「Orthoskop」風景用レンズ

レンズ計算は約6カ月に完成した。肖像写真用レンズ（図4 (a)）は口径49mm，焦点距離150mm，F3.6で，Girouxカメラより約20倍も明るかった。もう1つの風景用レンズ（図4 (b)）はF8.7と暗かった。この風景用レンズの後玉の屈折力は全体として負であるから，現在のレンズ分類では望遠レンズ（telephoto lens）に分類されている。Petzvalはこれらレンズの設計データをVoigtländerに渡し研磨を依頼した。このとき設計料その他の金銭的契約を全くしなかった。これがあとで紛争の種になる。Voigtländerは需要の多そうな肖像写真用レンズの研磨だけをした。出来上がったレンズのテストは1840年5月になってからMartinがした。この時のカメラはまだボール紙製の正六角錐形のものであった<sup>(76)</sup>。

Martinはこのあと高等工業学校の図書館司書となり，ウィーン写真学会の初代会長を務めた。またドイツ語で最初の写真教科書「Repertorium der Photographie」（1846）を書いたことでも知られている。

Martinのテストはレンズの優秀さを証明し，肖像写真は2分間ほどの露出で撮ることができた。ただ画像が良好なのは画面中央付近だけで，ここでは球面収差，色収差，コマの大部分が補正されていたが，周辺部では像面湾曲が顕著に残っていた。その結果，満足に使える画角は $20^\circ$ と小さかった。しかし肖像写真にはこれで十分であり，かえって背景がボカされ顔面が強調されると言う，別の利点が発生する結果となった

レンズは1840年11月から売り出され，その広告が「Wiener Zeit-

ung」紙 11 月 15 日に出た。フランスでは Arago が 1841 年 3 月 1 日フランス科学学士院例会でこのレンズで撮った 2 枚の肖像写真を紹介した<sup>(77)</sup>。

ベルリンの Sachse がこのレンズを輸入したのが 1841 年 10 月 16 日で、10 月中には肖像写真を撮るのに成功している。Petzval-Voigtländer はこの肖像写真レンズに見本の肖像写真を添えてフランス発明奨励協会のコンクールに提出した。審査は 1841 年初めにあり、1842 年 3 月になって Petzval レンズに銀賞が与えられた。最高のプラチナ賞をとったのは Chevalier レンズである。「Photographe」と名付けられたこのレンズは「焦点距離可変、付け替えレンズ (à verre combinés, à foyer variable)」とあるように、Giroux カメラのペリスコピック風景写真用レンズの前に 2 種類の間筒を介して小口径の色消しレンズをおいて、肖像用 (図 5 (a)) と風景写真用 (図 5 (b)) に焦点距離が変えられるように工夫されていた。こうして風景用は F6 となり元のレンズの約 6 倍も明るくなった。Eder 「Geschichte」図 93, 94 の説明では前玉はそのままで後のレンズを交換するようになっている。この誤りは Eder が Chevalier の本から挿絵

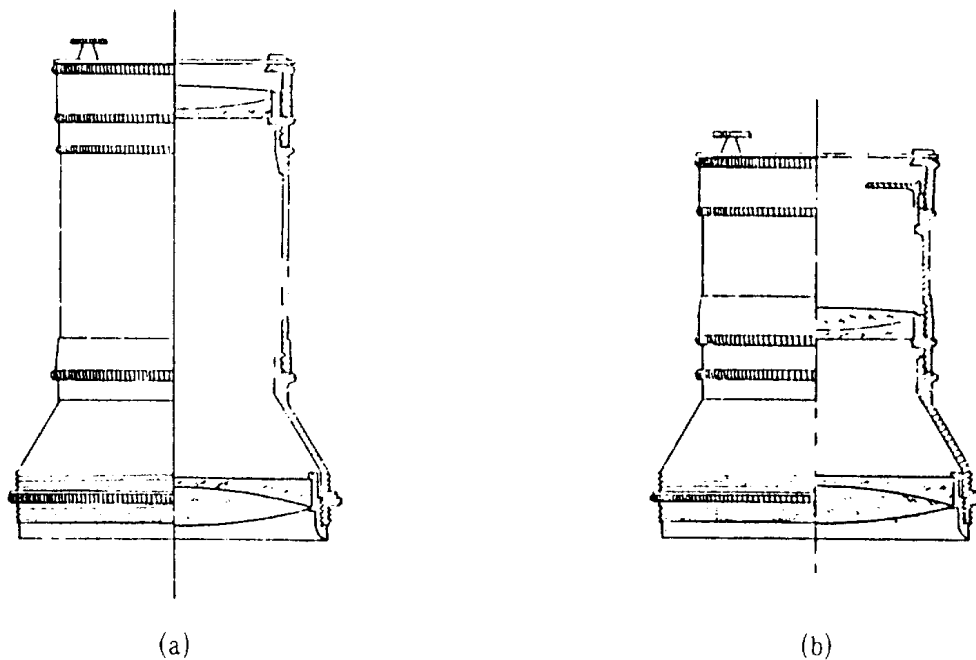


図 5 (a) Chevalier 「Photographe」肖像写真用  
(b) Chevalier 「Photographe」風景写真用

を取るときに誤った図を取ったことから発生している<sup>(78)</sup>。

Chevalier「レンズ」はプラチナ賞を取ったものの、その性能は Petzval 肖像レンズよりはるかに劣っていたから直ぐに忘れられてしまった。しかし Chevalier の主張するところによると Petzval ドイツ式対物レンズ (objectif allemand) のアイデアは元もと自分が Ettinghausen に教えたフランス起原 (origine française) なのである<sup>(77)</sup>。この主張の当否は別として Petzval 肖像写真レンズは直ぐにいろんな焦点距離の模造品が作られ、長く「ドイツ式 (système allemand)」としてフランスでも愛用された。なにしろ Voigtländer 社が 1850 年までにこのレンズを製造したのが 8,000 個に達したと言われている。この数は 1862 年までに 60,000 個に達した。ながく肖像写真家必携のレンズとして珍重されたのである。レンズには始め絞りを入れなかったが、あとでは中央に絞りを入れることにした (Waterhouse stop)。この型の肖像写真レンズは 1920 年ころまで作られた。また画角は狭いが口径を大きくできるので、明るい映写用レンズとしても広く使われた。

Voigtländer 社はこの肖像写真レンズだけでなく、このレンズを装着した独自のカメラを製作して、これを 1841 年 1 月 1 日から売り出した。これには木製 4 角錐型 (95 グルデン) と金属製円錐型 (120 グルデン) の 2 種類があった<sup>(79)</sup>。カメラの後部には焦点合わせ部分があって、その磨り硝子ピントガラスをルーペでみて焦点を合わせる。それが済むとカメラ全体を暗室に持って行って、この焦点合わせ部分を円形のヨウ化銀感光膜 (直径 90mm) に替え、カメラを暗室から出して元の位置に据えて露出をする。このカメラの 1841 年使用説明書に次のようにある<sup>(80)</sup>。

Petzval 教授の計算に従って Voigtländer 息子社が製作した

新しいダゲレオタイプ装置使用説明書

1841 年 8 月 1 日 J. P. Sollinger 印刷所

「肖像写真を撮られる人は戸外に座ること。冬で曇り空なら 3.5 分で十分である。晴れた日で日陰なら 1.5-2 分だが、直射日光の下なら 40-45 秒でよい。しかし後者では必然的に濃い陰影を伴うから、これはほとんど使用されることはないだろう。」

このカメラは 3 月 15 日になって Arago がフランス科学学士院で紹介し

た。しかしこの露出も使用説明書が印刷された同じ年の8月には日陰で4-15秒、直射日光のもとでは1秒と短縮されることとなる。これは化学的促進剤「クイック (quick)」が開発された結果である。このカメラは1841年に70台、1842年には600台が生産されたが、操作が不便な上に高価でもあったので余り売れなかった。

## 6. 化学的促進剤「クイック (quick)」の開発 (1841年)<sup>(81)</sup>

Daguerreの初期の銀板写真では銀メッキ銅板の良く磨いた銀表面にヨウ素蒸気を作用させて黄金色のヨウ化銀感光膜を作る。この感光膜はあまり感度が良くなく Giroux カメラ (F15) で肖像写真を撮るのには直射日光の下でも5分以上の露出を必要とした。しかし、やがてこのヨウ素蒸気に塩素や臭素などのハロゲン元素を添加することによって露出時間が大幅に短縮されるのが発見された。いわゆる化学的促進剤 (chemical accelerator, quick) の発見である。この促進剤を最初に発表したのはイギリス人 John Frederick Goddard (1795-1866) である<sup>(82)</sup>。Goddardは「Adelaide Gallery」の化学者であったが、1840年 Richard Beard に雇われた。BeardはDaguerre銀板写真イギリス特許を買い、これで肖像写真館を経営しようと計画していた。Goddardは有能な化学者で、この年の夏から秋にかけて Holborn 「Medical Hall」 実験室で研究し、ヨウ素蒸気に臭素を加えると銀板の感度が格段に改善されるのを見出した。これによって1インチ角の肖像写真が明るいところで数秒から1分の露出で撮れるようになった。彼はこの結果を「Literary Gazette」誌1840年12月12日号に発表した。

オーストリアではこのあと5週間してウィーン市公務員 Franz Kratochwila が自分の成果を「Wiener Zeitung」紙1841年1月19日号に発表した。彼の方法はヨウ素に臭素と塩素を加えるのである。彼はこの結果をすでに1840年9月に有名な化学者 Liebig と Wöhler とに示していたと言う<sup>(83)</sup>。

Kratochwilaの発表より2カ月ほど遅れてウィーン学生 Johann Natterer と Joseph Natterer 兄弟が「Spencersche Zeitung」紙1841年3月2日号に同じような成果を発表した。ヨウ素に塩素を加えることにより晴



れた日で5-6秒、曇りの日でも10秒の露出で肖像写真が撮れる。写真印刷法の初期の開拓者ウィーン大学解剖学教授 Joseph Berres (1796-1844)<sup>(84)</sup> が「Wiener Zeitung」紙 1841年3月24日号に書いているところによると、Natterer 兄弟は彼らの方法で初めて動いている群衆の瞬間写真を撮るのに成功したと言う<sup>(85)</sup>。また Berres 教授は兄弟が2つの石油ランプで照らされた銅版画を35分間の露出で撮ることに成功したと報じている。これは人工照明による写真撮影の最初と言うことになる。

このころイギリスでは Beard と同じようにダゲレオタイプ特許権を得た Antoine Claudet (1797-1867) が肖像写真館の経営を志し、ヨウ素の中に塩素を加える促進剤を発見した。これは1841年6月10日王立学会木曜日例会で発表された<sup>(86)</sup>。この発表は Talbot 「カロタイプ」報告のあとで読まれている。Claudet は Talbot の友人である。Claudet は同じ報告をフランス科学学士院にも送っていて、これが1841年6月7日例会で読まれた<sup>(87)</sup>。これが読まれたのも Talbot 「カロタイプ」報告のあとである。Claudet は1843年が明けると早そうにパリを訪問して国王 Louis Philippe をはじめ多くの社交界の名士の写真を撮ったが、この旅行の最大の収穫は Petzval レンズを購入してロンドンに持ち帰ったことであろう。このように化学的促進剤の発見は Petzval レンズの売り出しと時期が一致し、これで肖像写真館経営が企業として成り立つようになった。これが Petzval レンズの普及に大いに貢献したのは言うまでもない。

## 7. 風景用レンズ「Orthoskop」と Petzval の晩年<sup>(88)</sup>

このように Petzval 肖像写真レンズが好評でよく売れたのに、Voigtländer 社からの報酬が少ないと言うので Petzval が怒り、両者の間の関係は1845年になって決定的な決裂を見た。Voigtländer が支払ったのは1840年の2,000グルデンだけだったと言われている。

やがて Archer 「コロジオン法」(1851) が流行するようになると、これを使って大型の風景、建築の撮影や大型の複写が行われるようになった。Petzval はオーストリア陸軍測量部、印刷局からの要請でこれに適したレンズの設計を開始した。これが1845年ころのことで、設計の基礎になったのが1840年5月にすでに完成していた風景用レンズ (図4 (b)) であ

る。レンズの研磨はもはや Voigtländer 社に頼めない。はじめは自分の試験工場で研磨したが、1854年からはウィーン光学機器製作者 C. Dietzler にやらせることにした。Dietzler には同時に肖像写真用レンズの製作販売も任せた。

また Petzval は Dietzler の名義で風景写真レンズにオーストリア特許をとらせ、このレンズは1857年から「photographischer Dialyt (望遠鏡的写真レンズ)」の名前で市場に出ることとなった。発売当時このレンズはもっとも歪みの少ないレンズとして評判になった。それで Voigtländer 社でもこれを製作販売することにした。あとの裁判で分かったことであるが、Petzval は17年もまえの1840年に肖像写真用レンズと共にこのレンズの設計データを Voigtländer に与えていたのを全く忘れていたらしい。Voigtländer はその時に与えられていたデータに基づいて同じ風景写真用レンズを作り、これを「Orthoskop」と名付けて売り出した。市場ではもちろん Voigtländer 社の知名度の方が高いから、やがてこのレンズは「Orthoskop」とだけ呼ばれるようになり、Dietzler もこの名前を使うのを余儀なくされた。そのうちに裁判沙汰になったが Voigtländer 社はすでに1849年にドイツ Braunschweig に工場を移していたから(1866年にはウィーン工場も閉鎖した) Dietzler のオーストリア特許は効果がなかった。もっとも、このレンズの性能はそれほどでなく、歪曲収差が大きく残っていたから直ぐに忘れられてしまった。

このあと1858年まで Petzval はウィーン大学で屈折光学の講義をした。1859年にウィーン郊外の彼の別荘に盗賊が入り、光学関係の原稿の全てが失われたので、この時を境に音響学の研究をするようになった。さらに1862年からは1853年以来続けていた屈折光学の講義も止めてしまった。この1862年には Dietzler が倒産した。Dietzler は商売が下手でテストしてない粗悪品を安価で賣ったりしたので評判を落としていたのである。Petzval は1869年62歳になってから家政婦と結婚した。この結婚は幸福だったらしいが、子供に恵まれないままこの妻も4年後の1873年に死んでしまった。前年の1872年10月には Dietzler が極貧のうちに死亡していた。1877年70歳の誕生日に長く勤めていたウィーン大学教授を停年退職した。もともと人嫌いであった Petzval は Voigtländer との争

い、Dietzler の失敗、妻の死、同僚教授との確執など不幸が重なり、その結果いよいよ他人を避けて自己の中に閉じ込めるようになり、14年後の1891年9月17日84歳で失意と孤独の晩年を閉じた。

Voigtländer 社の Petzval 肖像写真レンズの製造で一時活気づいたウィーン光学工業も Voigtländer 社が1849年にドイツ Braunschweig に工場を移し1866年にはウィーン工場を閉鎖してからはその火が消えてしまった。そして光学工業はミュンヘン市 Steinheil 社、ベルリン市 Goerz 社、イエナ市 Carl Zeiss 社などに中心を移すことになった。

## 8. Steinheil 「Aplanat」と

### Dallmeyer 「Rapid Rectilinear」(1866年)

ミュンヘン大学物理学教授 Steinheil の初期写真における業績 (1839-40) についてはすでに説明しておいた。彼はそのあと1849年から52年にかけて、オーストリア、スイス両国の電信網の建設に協力し、1852年ミュンヘン大学にもどってからは光学研究に転向した。これは Fraunhofer の死後に沈滞してしまっていたミュンヘン光学工業をもとの隆盛にもどきたいと言うバイエルン王 Maximilian 2 世 (1811-64) の意向を反映していた。準備は1853年からしたが、Steinheil 光学研究所の設立を見たのは1855年5月である。この設立には息子の Hugo Adolph Steinheil も積極的に手伝った。Adolph は父親の影響からか子供の時から光学、天文学に興味を持ちミュンヘン大学、Augsburg 大学で物理学を学んだ。1850年に父親のオーストリア電信事業に従ってウィーン市に移り、1852年には父と共にミュンヘンに帰って父の光学研究所の開設を援助した。Steinheil 父子のレンズ設計に理論的根拠を与えたのが Philipp Ludwig von Seidel (1821-96) である<sup>(89)</sup>。Seidel も子供の時から数学、天文学に興味を持って1840年ベルリン大学で Dirichlet (数学)、Encke (天文学) について学んだ。1842年からは Königsberg 大学に移り、ここでは Jacob (数学)、Bessel (天文学) に学んだ。1843年 Jacob がベルリン大学に移籍したので Bessel に奨められてミュンヘン大学に移り1846年に学位をとった。ついで私講師になり1855年ごろからは Steinheil の示唆で屈折光学の数学的解析の研究を始めた。Seidel は息子 Adolph の親友でもあった。

よく知られたいわゆる「Seidel5収差」は Seidel が 1856 年に書いた次の有名な論文の中で定義されている。

「光軸外の光線が屈折系を通過する路程の 3 次項までの展開」(Entwicklung der 3.ter Ordnung, welche den Weg eines ausserhalb der Ebene der Axege legenen Lichtstrahles durch ein System brechender Medien bestimmen)<sup>(90)</sup>

この論文は三角関数の Taylor 展開における 3 次項まで考慮にいれた時に現れる「5 収差」の発生を解明した画期的なものであった。「球面収差」「コマ収差」「非点収差」「像面湾曲」「歪曲収差」の 5 収差である。Steinheil 光学研究所で初期に設計したレンズに「Periskop」(図 6 (a)) (1865) がある<sup>(91)</sup>。このレンズ (F15) は絞りを挟んで、Wollaston ペリスコピックレンズを対称に配置しただけの物である。このため色消しでなく、また球面収差も補正されていなかったが、対称的レンズ配置であるためにコマ収差は除かれていた。この型のレンズは現在でも比較的到低価格のカメラに使用されている。この 1865 年にはまた Adolph が父親から研究所の経営権を買い、このあと兄 Eduard と協力してこれを運営することとなった。

次の年に発表された「Periskop」の改良型が有名な Steinheil 「Aplanat」(図 6 (b)) (1866) である<sup>(92)</sup>。これは「Periskop」を構成している 2 枚の単純な Wollaston ペリスコピックレンズに代えて、イギリス人 Thomas Grubb (1800-78) が 1857 年に特許を取っていた色消しペリス

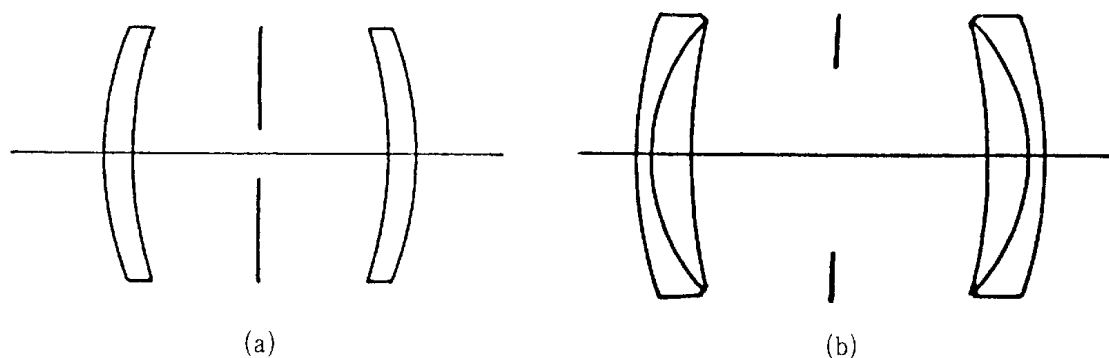


図 6 (a) Steinheil 「Periskop」  
(b) Steinheil 「Aplanat」, Dallmeyer 「Rapid Rectilinear」

コピックレンズを使い「対称型」の特徴を残した物である。もともと Grubb 色消しペリスコピックレンズは Chevalier 色消し風景レンズ (図 3) の凸レンズと凹レンズの順序を前後に入れ換えたデザインである。Grubb はオーストラリア Melbourne 天文台 48 インチ反射望遠鏡 (1862) の製作で知られていた<sup>(93)</sup>。Grubb レンズではかなり球面収差が除かれていたので、古い Herschel の定義 (1827) に従って Grubb は自分のレンズを「Aplanat」と呼んだ。ただし現在では Ernst Abbe (1840-1905) の定義に従って「aplanatic」(ギリシャ語, 正しい) とは球面収差と共にコマ収差も除かれているレンズを指すことになっている。これは Abbe が 1873 年に発表した「正弦条件」から導いた定義である。こんな訳で Grubb 「Aplanat」は現在の定義では「aplanatic」とは呼べない。しかし、この Grubb レンズを対称に組み合わせた Steinheil 「Aplanat」の方は色消しで、球面収差、コマ収差ともかなり除かれていたから、これを「aplanatic」と呼んでも差し支えないであろう。

さて Steinheil 「Aplanat」は 1867 年 1 月 14 日にババリア特許をとったが、この年 (慶応 3 年) のパリ第 5 回万国博覧会では銅賞しか与えられなかった。審査員がこのレンズの優れた性能を見逃したのである。Steinheil 「Aplanat」は F7 と当時としては明るく、画角が 60° もあったから、ながく建物、群衆、風景撮影用のレンズとして歓迎された。ただし Steinheil 「Aplanat」はすぐに Dallmeyer 「Rapid Rectilinear」と競合して、その発明優先権を争うこととなった。John Henry Dallmeyer (1830-83)<sup>(94)</sup> はドイツ Westphalia に生まれたが、1850 年にイギリスに渡りロンドンの有名な光学機器商 Andrew Ross に弟子入りした。Ross は Talbot のために多くのカメラを作っている。Ross の次女 Hannah と結婚した Dallmeyer は Ross の死後その遺産の 3 分の 1 をもらい、これを資本にして独立した。はじめ Dallmeyer がこのレンズの特許を取ったとき、前玉が後玉より大きくて非対称で広角であったから、これを「Wide-angle Rectilinear」と呼んだ (rectilinear, ラテン語「直線の、歪みのない」)。しかし、すぐに前後のレンズを同じ大きさにして、この方を「Rapid Rectilinear」(R-R) と呼んで売り出した。「Rapid」と言うのは F7 程度でも当時としては明るいレンズで、短い露出で写真が撮れたからである。Dallmeyer がイ

ギリス特許をとったのが1866年9月27日であるから Steinheil 特許より早い。Steinheil「Aplanat」は Seidel の協力を得て光線追跡計算の結果このデザインとなった。それで Steinheil は同じ物が理論家でもない Dallmeyer に作れるはずがないと考え、Dallmeyer「R-R」は自分のデザインの盗作に違いないと断定した。論争の結果、発明は Steinheil の方が数週間早いという結論に落ち着いた。ただし論争では Steinheil に凱歌が挙げられたものの、商売は Dallmeyer の方が上手で彼の「R-R」の方が有名になった。いずれにしても彼らの基本設計に基づいたレンズはいろんな名称で多くのメーカーから売り出され、1910年代まで約60年間にわたって高級カメラ用のレンズとして使用された。これは他のレンズに例を見ないことである。ただ欠点は工作し難いために高価についたことである。それでも、このように長く使用されたのは広い画角にわたって諸収差がよく補正されているという利点が買われたためである。

### 9. Rudolph「Anastigmat」(1890年)

Steinheil「Aplanat1」は確かに優れたレンズではあったが、画角の端の方まで使うとここでは「非点収差」(astigmatism)が目立った。「astigmatism」はギリシャ語「a(非)」と「stigmat(点)」の合成語である。これは光軸外の物点の像が一点に集中せず、同心円方向や放射線方向に広がる収差をさす。Steinheilはこの非点収差を除くために彼の「Aplanat」の特徴であった対称を崩し、かつ当時としては思い切って分厚いレンズを使うことにした。これが1881年に発表した「Antiplanet」である<sup>(95)</sup>。

この型のレンズはしばらく使われたが、やがてもっと優れた「Anastigmat」(1890)が Zeiss 社から発表されるにおよんで消滅してしまった。Carl Zeiss (1816-88)は1846年30歳のとき Jena 市に光学機器工場を創設し、初めは主として顕微鏡の製作を専門としていた<sup>(96)</sup>。この町工場を世界の「Zeiss」に押し上げたのには Jena 大学物理学教授 Ernst Abbe (1840-1905)の力にまつところが大きい<sup>(97)</sup>。Ernst の父親 Adam Abbe は織物工であった。Ernst は家が貧しいので奨学金で学校に進み、1857年 Eisenach ギムナジウムを卒業後、Jena 大学、Göttingen 大学で数学、物理学、天文学などを学んだ。1861年3月 Göttingen 大学で学位をとり、

1863年8月から Jena 大学私講師として数学、物理学、天文学などを教えた。教授になったのが1870年で、この地位には1896年退職するまで26年間もいた。Zeiss との関係は26歳、1866年から始まり、1867年には Zeiss 研究所の指導者となり、1876年からは会社の経営に参加するようになった。Abbe は初め顕微鏡光学系の理論的研究で名を上げた（1873）。

やがて、そのころ手に入るクラウン硝子、フリント硝子だけを使っているだけでは、いくらレンズ設計に工夫を加えても、これだけではレンズの性能を改善するのに限度があると悟った。

新しい性質を持った光学ガラスを創造する必要がある。

ちょうどそのころ化学工業家 Otto Friedrich Schott (1851-1935)<sup>(98)</sup> との関係がついた。Schott の父親は窓ガラス工場の職工であった。Schott も苦学した。1870-73年にかけて Würzburg 大学、Leipzig 大学で化学、化学工業を勉強し、1875年 Jena 大学で学位をとった。1877-78年スペインでヨウ素、硝石工場を経営し、1880年からはガラス工場も手掛けた。すでに Abbe は1876年ロンドン博覧会報告の中で、ガラス工業家は経済ばかり考えずに科学的に興味のあるガラスを作る努力をすべきだと書いていた。これを読んだ Schott は新しい成分を含んだ多種類のガラスを試作してそのサンプルを Jena 市の Abbe に送った。これが1879年のことで、感心した Abbe は Schott に Jena 市にきて光学ガラス工場を建設するように奨めた。1882年に Schott が移ってきたとき Schott は31歳、Abbe は42歳になっていた。この2人のタイアップが光学ガラスに新しい地平線を開くことになる。6年間にわたる2人の協力で44種類もの新型ガラス（エナ硝子）が試作され、これらの多くはバリウム塩、ホウ酸塩、リン酸塩などを多量に含んでいた。

レンズ設計の時に問題になる「Petzval 和」をゼロにするためには、正の焦点距離を持つ凸レンズだけでなく、負の焦点距離を持つ凹レンズの存在が絶対に必要である。しかし組合せレンズ全体は凸レンズでなければならないから、凹レンズの屈折率の方をできるだけ小さくして、凹レンズに対応する負の項の絶対値を大きくする必要がある。すなわち凹レンズにはできるだけ低屈折のガラスが望ましい。ところが色収差を小さくするには、凹レンズに相対的に高分散のガラスを、凸レンズに相対的に低分散の

ガラスを使う必要がある。すなわち色消しと同時に像面歪曲を小さくするには、凸レンズには相対的に高屈折低分散のガラス、凹レンズには相対的に低屈折高分散のガラスが要求される。残念ながらこの時までの光学ガラスは、高屈折のフリント硝子は必ず高分散であり、低屈折のクラウン硝子は必ず低分散であった。このため Petzval レンズは「Petzval 条件」を導いた Petzval 自身の設計でありながら、色消しではあるものの肝心の「Petzval 和」を制御できず像面湾曲が大きくて、画角の狭い範囲しか使えないと言う皮肉な結果となった。Petzval レンズは球面収差、コマ収差、色収差がかなり補正されていたから「aplanatic」ではあったが、これに加えて像面湾曲、非点収差が十分に補正され、もっと広い画角まで使用できる写真レンズの登場が熱望されていた。

この希望をかなえたのが Zeiss 「Anastigmat」(1890) である。この名前は「非点収差 (astigmatism)」を「なくした (an)」という意味であるから「無非点収差」と訳せるかも知れない。この Zeiss 「Anastigmat」は Paul Rudolph (1858-1935)<sup>(99)</sup> の設計になる。彼は 1886 年に Zeiss 社に入社して、1890 年にこのレンズの設計に成功した。Schott の功績はこの Rudolph の設計に適した新しい性質をもつ光学ガラス群を提供したことにある。これらには多量のバリウム塩を含む比較的に低分散でしかも従来のガラスより高屈折なバリウムクラウン硝子 (BaK)、バリウムフリント硝子 (BaF)、重クラウン硝子 (SK) などがあった<sup>(100)</sup>。

Zeiss 「Anastigmat」(図7) は 2 群 4 枚構成で、ともに色消し貼り合わせの前群と後群の間に絞りを挟んでいた。このうち前群は従来からのフリント硝子凹レンズとクラウン硝子凸レンズの組合せであるが、後群では凹

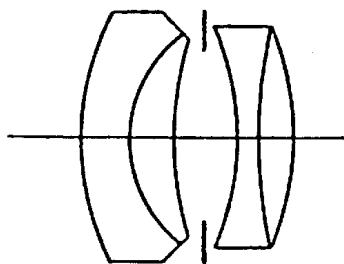


図7 Zeiss 「Anastigmat」



レンズに従来のフリント硝子を使ったが、凸レンズにはこのフリント硝子より屈折率の大きな新種のバリウムクラウン硝子 (BaK) を使ったところが新しい。このため前群は球面収差を補正するが「Petzval 和」はこれを増大させた。Rudolph はこの増大した「Petzval 和」を後群で相殺するように工夫したのである (Rudolph 原理)。初めは 2 群 4 枚構成 F6.3, 画角 90°であったが、やがて後群を 3 枚貼り合わせに変えたレンズなど多くのシリーズが作られた。ドイツ特許は 1890 年 4 月 3 日にとられた。この特許を買った各社ではいろんな名前でのこのレンズを生産し、1900 年までにこれら全体で 10 万個にも達したと言われている。1900 年に商標権が切れたので、Zeiss 社はこれから自社の「Anastigmat」を「Protar」(始原の) と呼ぶことにした。この Zeiss「Anastigmat」にも欠点がなかった訳ではない。この時代にはまだ使えるエナ光学ガラスの種類が限られていたから諸収差を十分に制御できなかったのである。それで Zeiss 社から次つぎと優秀なレンズ群「Planar」(1896), 「Unar」(1899), 「Tessar」(1904) などが市場に送られるとともに、「Protar」シリーズの大部分はその姿を消した。ただ F18「Protar-V」広角シリーズだけは 1930 年代まで生産されている。

## 10. Taylor「Cooke Triplet」(1893 年) と

### Rudolph「Tessar」(1902 年)

イギリス York 市 Thomas Cooke & Sons 社は古くから望遠鏡メーカーとして知られていた。この Cooke 社天体写真レンズの設計者 Harold Dennis Taylor (1862-1943)<sup>(101)</sup> が 1893 年に画期的な写真レンズ (図 8) を設計した。レンズの構成が単純で単レンズ 3 枚の構成であったから、Taylor の勤めていた会社の名前をとって広く「Cooke Triplet」として知られている。このレンズは写真レンズ史上でもっとも基本的な進歩をもたらしたと言われているが、その割に非常にシンプルなレンズ構成であるのに驚かされるであろう。

しかも単純な構成でありながら縦、横色収差はもちろん「Seidel5 収差」にわたるまですべて有効に補正できているのである。使用した光学ガラスもエナ硝子のような新式の硝子を使わず、旧クラウン硝子、旧フリント硝

子だけで済ましている点も注目されてよい。設計にあたって Taylor は高等数学などは使わずもっぱら勘に頼ったらしい。彼のやり方は先ずモデル作品を作りこれを実際にテストしながら曲率半径やレンズ間隔を調整したようである。彼には「芸術としてのレンズ設計」なる文章があるが、この「芸術」は端的に Taylor のレンズ設計におけるアプローチを表現しているものと言えよう。

彼の発想はまず望遠鏡色消し対物レンズを構成するクラウン硝子凸レンズとフリント硝子凹レンズを切り離すことから始まっている。そしてクラウン硝子凸レンズを縦に 2 等分して、これでフリント硝子凹レンズを挟むように前後に配列した。始めはこの 3 枚の単レンズをそれぞれ色消しにして合計 6 枚レンズ構成にしようと考えたらしい。そのうちに中央の凹レンズが大きな負の成分を供給しているから、これで前後の凸レンズから発生する色収差、球面収差、コマ収差、非点収差をコントロールできるのに気が付いてこれを止めた。このレンズの特徴の 1 つは凹レンズが前後の凸レンズから広く離れて配置されている点である。これが凹レンズの働きをさらに有効に発揮させている。1893 年イギリス特許申請のときのレンズは F4, 画角  $26^\circ$  の肖像写真用であった。そのあと F3, 画角  $44^\circ$  などが申請された。さらに高屈折バリウムクラウン硝子と低屈折フリント硝子を使って F7.7, 画角  $30^\circ$  のものも作った。このように単純な構成で性能のよいレンズができる利点はあったが、組み立てるのに手間が掛かるのが欠点であった。中央の凹レンズの屈折力が大きくて、これを少し動かしただけで全体の性能に大きな影響をおよぼす。それで組立にあたってはテストを繰り返しながら少しずつ調整しなければならならなかった。

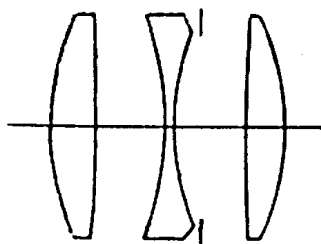


図 8 Taylor 「Cooke Triplet」

Taylor の勤めていた Cooke 社はもともと天体望遠鏡メーカーだから、こんな写真レンズの製造販売をする意図は始めからなかった。それで Taylor は Leicester 市の小さな光学機器工場 Taylor, Taylor & Hobson (レンズ設計者 Taylor との親戚関係はない) にその製作を委せた。しかしレンズは現在でも Taylor の勤めていた Cooke 社の名前を冠して「Cooke Triplet」と呼ばれている。

Taylor は思い付きのよい男でレンズの表面コーティングも彼の発明である (1896)。表面が大気に浸蝕されて紫色に「焼けた」レンズの方が、新しいレンズより透過率の良いのに気付いたのが発想の契機である。これはレンズ表面に屈折率の低い薄膜が生じたためであった。Taylor はこの薄膜を積極的に付着させればよいと考えたのである。

このあと「Cooke Triplet」からは、いろんな変形、改良型が生まれたが、Taylor レンズの原型は完成度の高いタイプとして多くのレンズの中に取り入れられ現在にいたっている。写真レンズ史上もっとも有名な Zeiss 「Tessar」 (1902) がその例である<sup>(102)</sup>。Zeiss 社の Rudolph は「Cooke Triplet」の優秀な性能を目にして、この優れた特徴を自分の「Anastigmat」に取り入れようと考えたに違いない。「Cooke Triplet」の第1レンズ (凸), 第2レンズ (凹) をそのままにして、第3レンズ (凸) を「Anastigmat」の後玉貼り合わせレンズに変えてみることにした。もちろん同じ物をもって来るのでなく「Anastigmat」の第1レンズを屈折率

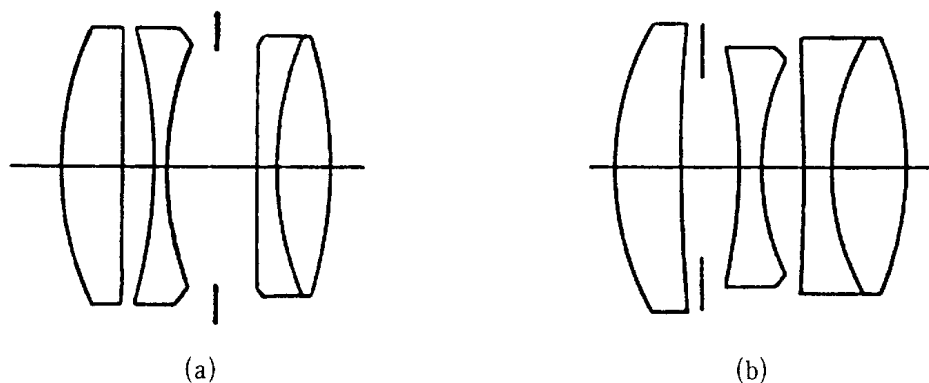


図9 (a) Zeiss 「Tessar」  
(b) Leitz 「Elmar」

の低い KF ガラス, 第 2 レンズを新しい高屈折エナ硝子 SK で作りこれを貼り合わせた。こうして出来上がったのが「Tessar」(図 9 (a)) (1902) である。1903 年に市場に出たレンズは F6.3 であったが, 助手 W. Merté, E. Wandersleb の協力を得て改良が進み, 1917 年には F4.5, 1930 年には F2.8 のレンズまで開発された。「Tessar」型のレンズは百万個の単位で生産され, 現在でも中間の明るさのもっとも優れた標準レンズとして生産されている。Ernst Leitz 社カメラ「Leica」の標準レンズ「Elmar」F3.5, f50 mm (図 9 (b)) (1920) もその例である<sup>(103)</sup>。Leitz 社レンズ設計者 Max Berek (1886-1949) が設計したこのレンズは, Leitz 社カメラ設計者 Oskar Barnack が創作した有名な 35mm カメラ「Leica」(1925) に装着された。

## 11. Rudolph 「Planar」 (1896 年)

### 「Double-Gauss」タイプ大口径レンズ

大数学者 Gauss が 1841 年幾何光学の古典「レンズ光学研究」を出版したことはすでに述べた。この Gauss はまた Göttingen 天文台長でもあって, 1817 年に望遠鏡色消し対物レンズの新しいタイプを提案している。それまでの色消し対物レンズはいわゆる「Fraunhofer」タイプで, 凸レンズと凹レンズの貼り合わせか, その分離型であった。Gauss は両方のレンズをメニスカス形にしてこれを重ねた対物レンズ (図 10 (a)) を考案した。この対物レンズには球面収差が波長によって変化しないと言う特徴があったが, 工作が面倒なため長いあいだ望遠鏡用に製作されることはなかった。1877 年になってこの形の対物レンズを取り上げて製作したのが Alvan Graham Clark (1832-97) である<sup>(104)</sup>。米国 Massachusetts 州 Cambridge に本拠をおく「Alvan Clark」社は大望遠鏡の製作者として名があり, その製作した屈折望遠鏡には Lick 天文台 (36 インチ) (1888), Yerkes 天文台 (40 インチ) (1897) などが数えられる。

1877 年に Clark は Princeton 大学天文台用にこの「Gauss」タイプで 9.5 インチ対物レンズを作ってみたが, やはり工作が面倒な割に性能がそれほどでないので, 2 度とこの種のレンズを手掛けることはしなかった。しかし 10 年後の 1888 年になってから, この「Gauss タイプ」レンズを絞

りを挟んで対称的に配置する「Double-Gauss」タイプ (図 10 (b)) にしたら、収差の少ない写真レンズとなるかも知れないと考えて特許を申請した<sup>(105)</sup>。Rochester 市光学機器カメラ製作 Bausch & Lomb 社がこの手のレンズを 1890 年から 98 年にかけて製造販売した。F8, F12, F35 の物があったが、これらは評判がそれほどでなくやがて彼らのカタログから姿を消した。

この「Double-Gauss」タイプの基本的な考えを復活させて採用したのが Zeiss 社 Rudolph である。彼は自分の「Anastigmat」にまだ改良の余地があると考えて、この「Double-Gauss」タイプを新しいレンズ設計の基本に取り上げた。ただ Rudolph は「Triplet」そのままでは色消しが困難

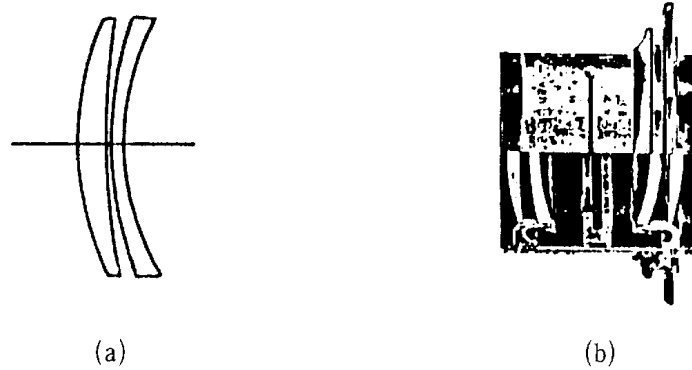


図 10 (a) Gauss 「望遠鏡対物レンズ」  
(b) Clark 「Double-Gauss」型レンズ

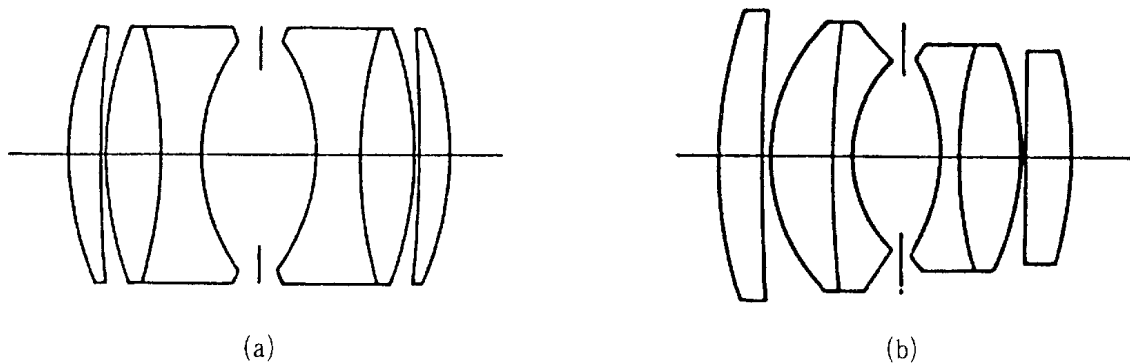


図 11 (a) Zeiss 「Planar」  
(b) Leitz 「Summar」

だと考えて、「Triplet」の第2, 第3 レンズを貼り合わせレンズとし、全体で6枚4群のレンズを作った。これが1896年に発表されたZeiss「Planar」(図11(a))である<sup>(106)</sup>。このレンズも長くZeiss社から売り出された。「Planar」の基本設計はあとで多くのレンズ設計に採用されている。たとえばLeitz社Berekが1933年に「Leica」用に設計して、その当時は驚異的に明るいレンズとして評判になった「Summar」F2, f50mm(図11(b))などがそれである<sup>(107)</sup>。現在、世界のカメラ界を征服した観のある日本製「一眼レフ」(SLR)用の大口径レンズのほとんど全部はこの「Double-Gauss」タイプに属する。

この「写真史シリーズ」論考を書くにあたって、いつものように大阪帝国大学理学部化学科 小竹研究室の先輩 大庭成一博士, 富士写真フイルム株式会社 富士宮研究所 安達慶一, 武田薬品工業株式会社 創薬第3研究所 青野哲也, ミノルタカメラ高槻研究所 栗田隆治, 日本カメラ博物館 酒井修一の諸氏に大変お世話になった。また文献の収集では, 大阪大学附属図書館 参考係 今井義雄, 永田敏恭, 東田葉子, 中京大学附属図書館 参考係 清水守男, 田中良明の諸氏から多大の援助を賜った。この機会にこれらの皆様に厚く感謝の意を表する次第である。

#### 文 献 と 注

- (1) 中崎昌雄「カメラの原型『カメラ・オブスキュラ』(暗箱写生器) 発達小史」中京大学「教養論叢」第33巻, 第2号(通巻99号)(以下に中崎「カメラ発達史」と略す) 293 (1992)
- (2) H. C. King, *The History of the Telescope* (以下にKing「望遠鏡の歴史」と略す) Dover Pub., New York, 1955, 第8章, pp. 144-175.
- (3) *Dictionary of National Biography* (以下に「DNB」と略す) 8, p. 536; *Dictionary of Scientific Biography* (以下に「DSB」と略す) 5, p. 520.
- (4) 「DNB」8, p. 541; 「DSB」5, p. 524.
- (5) 島尾永康「ニュートン」(岩波新書) 岩波書店, 1979年6月。
- (6) Isaac Newton, *Opticks*, Dover Pub. Inc., New York, 1952, p. 82; ニュートン著, 島尾訳「光学」(岩波文庫) 1983年11月, p. 92.
- (7) 「DNB」8, p. 946.
- (8) 「DNB」5, p. 1101.
- (9) 「DNB」5, p. 1103.
- (10) *Mem. Acad. Berlin*, 1747, pp. 274-296.
- (11) *Phil. Trans.*, 48, 289-290 (1754)
- (12) *Phil. Trans.*, 50, 733-743 (1758)

- (13) *Phil. Trans.*, **51**, 944 (1761)
- (14) 「DNB」 **5**, p. 1103.
- (15) 中崎昌雄「だれが初めて『ハイポ』(チオ硫酸ナトリウム)による写真『定着』を発見したのか? —J. B. Reade 対 John Herschel」中京大学「教養論叢」第30巻, 第3号(通巻88号)(以下に中崎「ハイポ」と略す) 663 (1989) p. 685.
- (16) Arthur Berry, *A Short History of Astronomy* (以下に Berry「天文史」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1961, p. 376.
- (17) King「望遠鏡の歴史」第9章, pp. 176–206.
- (18) 「DSB」 **5**, p. 142
- (19) 中崎昌雄「初期スペクトル分析法を開拓した人びと」中京大学「教養論叢」第35巻, 第1号(通巻第106号)(以下に中崎「スペクトル分析法」と略す) 117 (1994)
- (20) King「望遠鏡の歴史」図版79, p. 183.
- (21) J. M. Eder, *Geschichte der Photographie* (以下に Eder「Geschichte」と略す) Wilhelm Knapp, Halle, 1932 (Arno Press Repr. 1979) p. 415.
- (22) 中崎昌雄「活動写真への道—Muybridge, Marey, Edison」中京大学「教養論叢」第34巻, 第3号(通巻第104号)(以下に中崎「活動写真への道」と略す) 765 (1993)
- (23) Eder「Geschichte」p. 382; R. Kingslake, *A History of the Photographic Lens* (以下に Kingslake「レンズの歴史」と略す) Academic Press Inc., New York, 1989. p. 265.
- (24) Eder「Geschichte」p. 392, Kingslake「レンズの歴史」pp. 297–98.
- (25) King「望遠鏡の歴史」p. 188.
- (26) *Phil. Trans.*, 222 (1821); *Edin. Phil. Jour.*, **6**, 361 (1822)
- (27) 中崎昌雄「1839–1842年における John Herschel 写真研究—青写真と『Herschel 効果』」の発見」中京大学「教養論叢」第31巻, 第1号(通巻90号)(以下に中崎「青写真」と略す) 13 (1990)
- (28) *Phil. Trans.*, 1 (1830); M. Faraday, *Experimental Researches in Chemistry and Physics*, Taylor & Francis, London, 1859, p. 231.
- (29) 矢島祐利「ファラデー」(岩波新書) 岩波書店, 昭和15年, p. 119.
- (30) Berry「天文史」p. 361.
- (31) 中崎昌雄「世界最初の『写真家』—Thomas Wedgwood の生涯と業績」中京大学「教養論叢」第28巻, 第4号(通巻81号)(以下に中崎「世界最初の写真家」と略す) 829 (1988)
- (32) この翻訳は次にある。中崎昌雄「銀塩とその感光性研究史—歴史的展望と写真術への応用」中京大学「教養論叢」第33巻, 第4号(通巻101号)(以下に中崎「銀塩の感光性」と略す) 863 (1992)
- (33) *Phil. Mag.*, (1) **17**, 327 (1803)

- (34) *Phil. Trans.*, 370 (1812); *Phil. Mag.*, (1) **41**, 125 (1813) この翻訳は次にある。中崎昌雄「不当にもダゲレオタイプと名付けられた発明の歴史—ダゲール剽窃弾劾パンフレット」中京大学「教養論叢」第32巻, 第1号(通巻94号)(以下に中崎「ダゲール弾劾」と略す) 1 (1991)
- (35) 中崎「カメラ発達史」 p. 327.
- (36) 中崎昌雄「現存する世界最初の『写真』—Niépce ヘリオグラフとその『左右問題』」中京大学「教養論叢」第28巻, 第1号(通巻78号)(以下に中崎「世界最古の写真」と略す) 1 (1987)
- (37) 中崎昌雄「写真発明に関する Nicéphore Niépce の手紙—1816–1826年」中京大学「教養論叢」第32巻, 第4号(通巻97号)(以下に中崎「ニエプスの手紙」と略す) 1115 (1992)
- (38) *Phot. J.*, **107**, 130 (1967); 中崎「世界最古の写真」 p. 41.
- (39) T. P. Kravets ed., *Documents on the History of the Invention of Photography* (以下に Kravets 「写真文献」と略す) Arno Press, New York, 1979, p. 247
- (40) Kravets 「写真文献」 p. 255; Beaumont Newhall, *Latent Image* (以下に Newhall 「潜像」と略す) Univ. New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico, 1983. この本の図版3のレンズの図は誤っている。
- (41) 中崎昌雄「『ダゲレオタイプとジオラマ』—手法の歴史とその実際—『ダゲレオタイプ教本』解説と翻訳(上)」中京大学「教養論叢」第32巻, 第2号(通巻95号)(以下に中崎「ダゲレオタイプ教本(上)」と略す) 439 (1991) p. 483.
- (42) 中崎「ダゲール弾劾」 p. 51.
- (43) Kravets 「写真文献」 p. 403; 中崎「ダゲレオタイプ教本(上)」 p. 57.
- (44) 中崎「ダゲール弾劾」 p. 57.
- (45) 中崎「ダゲール弾劾」 p. 73.
- (46) Helmut Gernsheim, *The Origins of Photography* (以下に Gernsheim 「Origins」と略す) Thames & Hudson Ltd., London, 1982, p. 39.
- (47) 中崎昌雄「『ダゲレオタイプとジオラマ』—手法の歴史とその実際—『ダゲレオタイプ教本』解説と翻訳(下)」中京大学「教養論叢」第32巻, 第3号(通巻96号)(以下に中崎「ダゲレオタイプ教本(下)」と略す) 783 (1991) p. 860.
- (48) Newhall 「潜像」図版20。
- (49) Kingslake 「レンズの歴史」図版2. 5, p. 27.
- (50) 中崎昌雄「世界最初の『写真』画集—Talbot 『The Pencil of Nature』」中京大学「教養論叢」第28巻, 第3号(通巻80号)(以下に中崎「世界最古の写真画集」と略す) 673 (1987) p. 702.
- (51) この全文の翻訳は次にある。中崎昌雄「写真発達史における1839年という年—W. H. Talbot の場合」中京大学「教養論叢」第29巻, 第2号(通巻83号)(以下に中崎「1839年」と略す) 275 (1988) p. 298.



- (52) H. J. P. Arnold, *Henry Fox Talbot* (以下に Arnold 「トールボット」と略す) Hutchinson Benham, London, 1977, p. 110.
- (53) Newhall 「潜像」 図版 3.
- (54) Arnold 「トールボット」 p. 123.
- (55) 中崎昌雄 「1839 年 3 月 14 日 Herschel 『写真研究』 発表—Talbot との交渉をめぐって」 中京大学 「教養論叢」 第 30 卷, 第 4 号 (通巻 89 号) (以下に中崎 「ハーシェル写真研究」と略す) 1179 (1990) p. 1189.
- (56) この全訳は次にある。中崎 「ハーシェル写真研究」 p. 1246.
- (57) *Phil. Trans.*, 1 (1840); 中崎 「青写真」 p. 23.
- (58) 中崎昌雄 「現存する『世界最古』の肖像写真—J. W. Draper とその光化学研究」 中京大学 「教養論叢」 第 30 卷, 第 1 号 (通巻 86 号) (以下に中崎 「世界最古の肖像写真」と略す) 55 (1989) p. 57.
- (59) *Phil. Mag.*, (3) 17, 217 (1840)
- (60) Pierre Harmant, *Anno 1839*, Camera (Lucerne), April–June (1960); Gernsheim 「Origins」 p. 71.
- (61) 文献により Kobell の没年には 1875 年, 1888 年などあるが *Neue Deutsche Biographie*, Vol. 12, p. 238 に記載の 1803 年 7 月 19 日–1882 年 11 月 11 日に拠った。
- (62) 「DSB」 13, p. 22.
- (63) 山岡 望 「化学史談 第 8 卷。リービッヒ・ウェーラー往復書簡」 内田老鶴園 新社, 昭和 41 年。
- (64) *Compt. rend.*, 8, 4 (1839) このころの出来事の詳細については次を見よ。中崎 「1839 年」。
- (65) *Proc. Roy. Soc.*, 4, 134 (1839) この手紙の全訳は次にある。中崎 「1839 年」 p. 317.
- (66) *Compt. rend.*, 8, 341 (1839)
- (67) *Proc. Roy. Soc.*, 4, 131 (1839)
- (68) Eder 「Geschichte」 p. 377; W. Dost, E. Stenger, *Die Daguerreotypie in Berlin 1839 bis 1860—Ein Beitrag zur Geschichte der Photographischen Kunst*, Berlin, R. Bredow, 1922
- (69) 写真レンズの設計については次のような著書を参考にした。吉田正太郎 「カメラマンのための写真レンズの科学」 地人書館, 1979 年; 小倉敏布 「レンズの科学入門 (上) (下)」 (現代カメラ新書) 朝日ソノラマ, 1986 年; 「アサヒカメラ」 1993 年 12 月増刊号 「カメラの系譜—郷愁のアンティークカメラ」 Ⅲ レンズ編, 朝日新聞社, 1993 年; Rudolph Kingslake, *A History of the Photographic Lens*, Academic Press, San Diego, 1989; D. Van Monckhoven, *Photographic Optics*, Robert Hardwicke, London, 1867 (The Sources of Modern Photography; Arno Press Reprint, New York, 1979); J. M.

- Eder, *Die Photographischen Objektive*, Knapp, Halle, 1911; Moritz von Rohr, *Theorie und Geschichte des Photographischen Objektivs*, Springer Verlag, Berlin, 1899; Eatons Lothrop Jr., *A Century of Cameras*, Morgan & Morgan, Inc., New York, 1982; 日本カメラ博物館編「秘蔵のクラシックカメラ展」日本カメラ博物館, 1991年; J. Waterhouse, Historical Note on Early Photographic Optics, *J. Camera Club*, Sept. 1902, p. 115; J. Waterhouse, Notes on Early Tele Dioptic Lens-systems and the Genesis of Telephotography, *Phot. J.*, 26 (1) 4 (1902); 久保田 広「光学」岩波書店, 1979年, p.67; 芦田静馬「光学レンズ」物理実験学, 第5巻, 河出書房, 昭和14年, p. 250
- (70) Eder「Geschichte」p. 314. Ettinghausen, Petzval, Stampferなどの集合石版画は次にある。Eder「Geschichte」図版97, p. 407.
- (71) Martinの生涯などについては次を見よ。Eder「Geschichte」p. 373.
- (72) *Compt. rend.*, **13**, 233 (1841)
- (73) Eder「Geschichte」p. 386.
- (74) 「DSB」**6**, p. 298.
- (75) Kingslake「レンズの歴史」p. 35. ここでは「Hein」を「Heim」と誤っている。
- (76) Eder「Geschichte」図版87, p. 388.
- (77) *Compt. rend.*, **12**, 402, 446, 514 (1841)
- (78) Eder「Geschichte」図版93,94, p. 395. Ederの図93, 94はC. Chevalier「Mélanges photographiques」(1844)の図11, 13である。ところが図13は小型カメラ用の別のレンズの図であって誤りはここから発生した。EderはC. Chevalier「Nouvelles instructions sur l'usage du dagerréotype」(1841)図2, 4を取るべきだったのである。
- (79) Helmut & Gernsheim, *L. J. M. Daguerre* (以下にGernsheim「ダゲール」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1968, 図版113.
- (80) Eder「Geschichte」p. 337.
- (81) Gernsheim「ダゲール」p. 175. Eder「Geschichte」p. 364.
- (82) 中崎昌雄「Talbot写真裁判と化学者たち—A. W. Hofmann ロンドン時代」中京大学「教養論叢」第31巻, 第2号(通巻91号)(以下に中崎「写真裁判」と略す) 485 (1990) p. 496.
- (83) Eder「Geschichte」p.369. ただし, ここでは日付が全て1年早く誤っている。
- (84) 中崎昌雄「Talbot『写真印刷』発明と晩年の研究—動力, アッシリア学, 植物学, 数学, 天文学」中京大学「教養論叢」第31巻, 第4号(通巻93号)(以下に中崎「写真印刷」と略す) 1527 (1991) p. 1548.
- (85) Eder「Geschichte」図版79, 80, pp. 366, 367.
- (86) *Proc. Roy. Soc.*, **4**, 315 (1841); *Phil. Mag.*, (3) **19**, 167 (1841)

- (87) *Compt. rend.*, **12**, 1059 (1841)
- (88) Eder 「Geschichte」 p. 405.
- (89) 「DSB」 **12**, p. 289.
- (90) *Astronomische Nachrichten*, **43**, 289 (1856)
- (91) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 54.
- (92) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 59.
- (93) King 「望遠鏡の歴史」 p. 265.
- (94) 「DNB」 **5**, p. 400.
- (95) Kingslake 「レンズの歴史」 図版 4.19, p. 66.
- (96) 小林孝久 「カール・ツァイス—創業, 分断, 統合の歴史」 朝日新聞社, 1991 年。
- (97) 「DSB」 **1**, p. 6.
- (98) 「DSB」 **12**, p. 211.
- (99) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 273.
- (100) 小倉敏布 「レンズの科学入門 (上)」 (現代カメラ新書) 朝日ソノラマ, 1986 年, p. 64.
- (101) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 295.
- (102) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 87.
- (103) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 113.
- (104) King 「望遠鏡の歴史」 p. 255. Clark はローエル天文台の 24 インチ屈折望遠鏡も作っている (1896)。中崎 「森 鷗外『与謝野晶子さんに就いて』と火星学者パーシバル・ローエル」 中京大学 「教養論叢」 第 31 巻, 第 3 号 (通巻 92 号) 1395 (1990) p. 1443.
- (105) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 118.
- (106) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 121.
- (107) Kingslake 「レンズの歴史」 p. 125.
- (108) 中崎 「ハイボ」 p. 687.