

初期カラー写真手法を開拓した人びと（上）

中 崎 昌 雄

はじめに

1. 直接法（1）— Niépce, Daguerre, Herschel
2. 直接法（2）— Becquerel, Niépce de St-Victor, Poitevin
3. 幻のカラー銀板写真 — 「Hillotype」（1851）
4. 直接法（3）— Lippmann「干渉法」（1891）
5. 色覚3原色説 — Newton（1704）, Wünsch（1792）と Young（1807）
6. Maxwell「加色投映法」（1861）
7. 「加色法」と「減色法」
8. Du Hauron と Cros の「奇妙な出会い」（1869）
9. Cros「カラー写真問題についての一般的解決法」（1869）
10. Du Hauron「写真における色彩 — 問題の解法」（1869）

（続く）

はじめに

銀板写真は最初その精緻な細部までの描写と、諧調の美しさで人びとを魅惑した。やがて人びとはこれに色彩が欠けているのに気が付き失望した。銀板写真特許をフランス政府が買い上げてこれを世界に公開する代わりに、Daguerre と Niépce の遺児 Isidore に年金を支給する法律が議会で審議された。1839年7月30日フランス議会上院でこの年金法案を説明した化学者 J. L. Gay-Lussac（1778-1850）は、このような人びとの失望を予見して次のように言っている⁽¹⁾。

「この素晴らしい発明の利点を損ねるつもりは全くないのですが、この画家（中崎注：Daguerre）のパレットには色彩が全く欠けている事実を急いで付け加えなければなりません。それは白と黒とだけから構成されています。自然色そのままの画像を撮るのは長く人類への挑戦として残るでしょう。」

現在の方式に近くてその原型とでも言える 16mm 家庭ムービー用「コダ

クローム」(Kodachrome) がイーストマン・コダック社で商品化されたのが 1935 年であるから、天然色写真はほぼ 100 年ものあいだ人類の叡智に挑戦し続けたのである。

1. 直接法 (1) — Niépce, Daguerre, Herschel

最初に「写真」を夢想した人は誰も、自然そのままの色がついた画像を作ることを目標としたであろう。18 世紀の思想家 Tiphaigne de la Roche (1729-74) の空想国見聞録「Giphantie」(1760) の中に次のようにあるがこれは明らかにカラー写真である⁽²⁾。

「鏡は忠実に物を撮すがそれを保持できない。われわれのキャンバスはこれらを忠実に写すだけでなく、全てを保持するのだ。印像はキャンバスに写ると同時におこる。それから、これを直ぐに暗いところへ持って行く。1 時間ほどで塗料は乾き、大変に貴重な絵画が完成する。」

このようなカラー写真を可能にするために要求されるのは、ある色光が当たった所がいわばカメレオンのように瞬間に自然にその色に変色し、かつその色に定着できるような感光剤の発明である。このような方法をここでは「直接法」と呼ぶことにして、つぎの 4 章ではまずこの「直接法」の歴史を辿ってみることにしよう。

写真の研究で「色」という言葉が出て来るのは 1816 年 4 月 1 日付けで Nicéphore Niépce (1765-1833) が当時パリにいた兄 Claude に宛てた手紙が最初ではないかと言われている⁽³⁾。

「これまでの実験の結果、私の方法は原理的には成功しているのだと確信しています。ただ色を固定 (fixer la couleur) しなければなりません。現在これにかかっています。これが出来なくては意味がありませんから他の方法を探します。」

Newhall はこの「色」を色彩と解釈しているが、ここで言う「色の固定」とは Niépce が最初に試みた感光材、塩化銀紙の上の「黒い」画像の定着を指すと解すべきであろう。その証拠に 5 月 19 日付けの手紙では「色を逆転させる」と言っている。これが白黒陰画を白黒陽画にすることであるのは言うまでもない。

「この種の印画は中和されていない硝酸の作用で、光に当てても変わら

ないようにしてありますが、それでも次第に消えていくのではないかと心配です。」「私はこれから3つのことをしようと思っております。第1、対象をシャープに写すこと。第2、色を逆転させること（*transposer les couleurs*）。第3、最後にそれを定着（*fixer*）すること。」

L. J. M. Daguerre（1787-1851）が写真研究を始めたのは Niépce よりずっと遅くて1824年ころからであるが、始めはおそらく Niépce と同じように感光材として塩化銀紙を使っていたらしい。そのうちに燐光物質を試すようになった。いろんな色光を放つ燐光体がすでに知られていたから、これで自然の「色彩」を固定しようと考えたのであろう。1827年9月に Niépce 夫妻が病気の兄 Claude を看病するためロンドンへ行く途中パリに寄った。Niépce と Daguerre はすでに3年間ほど手紙のやり取りをしていたが2人が会ったのはこれが最初である。このとき Daguerre は自分の研究を Niépce に見せた。その様子は Niépce が郷里で留守をしている息子 Isidore に書いた手紙から分かる⁽⁴⁾。

「彼の方法は驚異的で電流の早さで得られるのです。Daguerre 氏はプリズム色光線を化学物質の上に、すでに4色固定し（*fixer*）、さらに3色を固定して全部で7色を固定しようとしています。しかし、この同じ物質が同時に数種の色彩を呈するために、その調節にはいつも苦勞しています。」「原色を保持するのは、ほんの弱い色に限られているので、これを昼光で見ることにはできません。これが見えるのは暗室だけです。このことから、この物質はボロニア石とかピロホール（*pyrophore*）のようなものでしょう。」

このように Niépce は Daguerre の感光剤がボロニア石のような燐光体であることを見破っている。Daguerre の方は自分の方法では「色彩」どころか、白黒画像も固定できないことを悟っていて、この機会にと言うのでしきりと Niépce に共同研究をするように持ちかけた⁽⁵⁾。

ダゲレオタイプ年金法案をフランス議会下院で説明したのは F. D. Arago（1786-1853）である。この1839年7月3日下院での説明はあとで Arago が長い脚注を加えて「ダゲレオタイプ教本」に再録された。この脚注の中に「色彩の再生」についての一節がある⁽⁶⁾。

「ダゲレオタイプで素晴らしい諧調の画像が得られるようになったので、

色彩の再生ができないものかとの要求が出始めた。言い換えれば、現在のアクアチント版画の代用にならないかと言うのである。この問題は同じ1つの物質で、赤色光には赤、黄色光には黄、青色光には青になどと、変わる物質を発見したら解決されるのである。私の見るところによると、Niépce氏はすでにNewton環か何かに関係している、この種の効果について指摘していた。おそらく、これはSeebeck氏がスペクトルの両端で、同時に塩化銀が赤と紫になったのを発見したのと同じ現象であろう。Quetelet氏は私に手紙をくれて、その中で次のように教えてくれた。John Herschel卿が彼の感光紙を強い太陽スペクトルに当てて、赤を除く全てのスペクトル色を得たと言うのである。こんな事実があるのだから、対象物の天然色が写真画像で再現されないと確言するのは危険であろう。Daguerre氏は初期の燐光物質の研究で、ある粉末を発見したが、これは赤色光を当てると赤の燐光を放った。別の粉末では、青色光は青の燐光を出し、また第3の粉末は同じようにすると緑色光で緑の燐光を放った。これらの粉末を機械的に混合して、同じようにして赤に赤、緑に緑、青に青と反応する混合物を得た。おそらく、同じようにして、いろんな樹脂を混ぜることによって、ある種の感光剤(vernix)ができるかも知れない。それは、それぞれの光線に当たると燐光を放つだけでなく、写真的にその色にプリントされるのである。」

AragoはDaguerreから吹き込まれたのか、この試みをかなり可能性が期待できるもののように紹介している。この中に出てくる「Quetelet」氏はブリュッセル天文台長Jacques Quetelet (1796-1874)である⁽⁷⁾。彼はAragoにJohn Herschel (1792-1871)の発見について知らせている。これはHerschel実験ノート1839年7月9日に記録のある実験で、次の年1840年2月に王立学会で読まれた「大論文」では次のように報告されている⁽⁸⁾。

「§54。1839年7月9日。前の実験で使ったプリズム(Fraunhoferにもらった優秀なクラウン・ガラス製プリズム)を通した太陽光を大きなクラウン・ガラス製レンズで集めて、強い太陽光スペクトルを作り、これを§31に従って製作した感光紙の上に投射する。この結果は予想もできない驚くべき物であった。スペクトルの非常に強い印象はすぐに現れた

が、これをスペクトルから離して弱い昼色光で見ると、くすんではいるが明らかにスペクトルその物に似た色合いをもっていた。」「これらの色の定着には成功してない。しかし水に浸けるだけで半分定着でき、弱い昼色光やロウソクの炎ならゆっくりと観察できる。暗い所におくと、消えてゆくどころか次第に明瞭になり、数日後に顕著になるのには少なからず驚かされた。」

彼はこの塩化銀紙の上に固定された太陽スペクトルの色を詳しく記述しているが、そこでは「黄色」のところは「不明瞭、緑がかった赤」となっている。スペクトル色の中で黄色の近辺の色再現がとくに悪い。いずれにしても、どの色も定着はできない。しかし Herschel はこの結果が天然色写真に利用できるかも知れないと考えて、すぐにこれを W. H. F. Talbot (1800-77) に知らせた。

「天然色写真 (coloured photography) の課題を解くのに大いに明るい希望が持てます。」「虹のように微かですが、それでも間違いなくスペクトルの可視全領域で色対色の対応が見られます。」

Herschel は楽観的で「明るい希望がもてます」と言っているが、彼の希望が本当に満たされるまでには、これからでも 100 年かかる。

Herschel は自分の報告の中に 30 年前の Johann Seebeck (1770-1831) の仕事を引用していないが Arago は知っていて、これを「ダゲレオタイプ教本」脚注の中に入れていいる。物理学者 Seebeck はエナ (Jena) 大学教授のとき隣り町 Weimar に住む J. W. von Goethe (1749-1832) に頼まれて塩化銀の感光性について実験をした。Goethe は当時反ニュートン学説の「色彩論」(Zur Farbenlehre) (1810) 執筆中であった。Seebeck の実験結果は Goethe 「色彩論」の付録にある⁽⁹⁾。

「太陽光スペクトルを黄色から青色までの全てが入るような距離においた紙の上に投射した。この上にはまだ湿った白色の塩化銀 (Hornsilber) が塗ってある。適当な装置で 15-20 分間同じ場所に投射すると、塩化銀が次のように変化するのが観察された。紫色光のところは赤褐色 (あるときは紫がかり、あるときは青がかった) になり、この変色はすでに説明した紫色光の領域より広がった。ただし、その変色は紫色光のところほど大きくはなかった。スペクトルの青色光のところでは塩化銀は青

色その物になった。そしてこの色は緑に向かって次第に淡くなりながら広がっていった。黄色光のところでは塩化銀はほとんど変色しなかったが、それでも私には前よりは少し黄色がかったように見えた。それと反対に赤色光とそれを越えたところでは、ほとんどバラ色かアジサイ色になった。」

Seebeck も Herschel 同じように黄色の色再現が悪いのを認めている。Arago の脚注はまた Niépce が行ったこれに関係する観察に触れて「Niépce 氏がすでに Newton 環か何かに関係しているこの種の効果について指摘していた」と言う。この観察は Niépce が Daguerre に与えた「ヘリオグラフ法についてのノート」の中に記載されている。Daguerre の粘りがとうとう成功して、1829 年暮れに Niépce との間に 10 年間の共同研究の契約ができた。この契約第 3 条に「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」とある。この契約に従って Niépce は自分のヘリオグラフ法を詳細に説明した文書「ヘリオグラフ法についてのノート」を Daguerre に与えた。これは「ダゲレオタイプ教本」に再録されていて見ることができる⁽¹⁰⁾。Arago が指摘しているのは、ラベンダ油に溶かしたアスファルトをガラス板に塗った物の上に風景を撮影した画像についての場所である。ある角度に傾けてこのガラス板を眺めると「驚くべきことのある場所ではその色に着色している」ようであった。この成因について Niépce は次のように言う。

「この奇妙な現象について考えた結果、色環 (anneaux colorés) についての Newton の学説に関係があるのではないかと推論するにいたった。それは次のように説明できるかも知れない。プリズム色光たとえば緑色光がアスファルトの物質に作用し、これと結合してそれにある溶解度を与える。そして現像、洗浄という 2 つの操作のあとで、その膜が緑色を反射するようになるのではなかろうか。」

このように Niépce は 1829 年の段階ですでに、ある種の色光の写真的再生を認めて、その原因を Newton 色環のような薄膜の干渉現象に求めている。この光の干渉による呈色現象は、あとで干渉による定常波を利用する Lippmann 天然色写真 (1891) にまで繋がる。

2. 直接法（2） — Becquerel, Niépce de St-Victor, Poitevin

写真の発明からそう時間の経たない内に、人びとは天然の色彩を「写真的」に再現するのは先ず不可能だと悟るようになった。しかし天然の色がついた写真は欲しい。とくに肖像写真でそうである。それなら白黒写真に着色をすればよい。このようにして写真に着色する技術が主に肖像写真館を中心に開発された。まず銀板表面に希い魚膠（isinglass）水溶液を注意して塗る。次にその上に粉末顔料をラクダ刷毛ではたいて付着させる。当時の銀板写真の表面は蝶の鱗粉に例えられるほど摩擦に弱かったから絶対に擦ってはならない。最後にこの上に息を吹きかけたら終わりである⁽¹¹⁾。

一方、カロタイプ紙写真では簡単に水彩絵具で着色することができる。しかし、ここでの最大の問題はその銀印像の退色である⁽¹²⁾。ミニチュア肖像画家 Collen は Talbot に奨められてロンドンでカロタイプ肖像写真館を開いた⁽¹³⁾。彼は自分が撮影した肖像写真にお手の物の着色を施したが、現在残っている Collen の作品の中には地の銀印像のところが退色してしまっており、着色部分だけが残っているものが多い。この「ghost-like」外観を呈している肖像写真の例に J. G. Children の写真がある。Children は Herschel 青写真を利用して海藻の焼き付け画集「Sun Garden」を作った Anna Atkins の父親である⁽¹⁴⁾。

Herschel が塩化銀紙の上に太陽スペクトルを投射したのは、スペクトル上に分散された色光の光反応の強さを調べるためであった。これは見方を変えれば太陽スペクトルの写真を撮るのと等しい。Herschel の塩化銀紙に代えてダゲレオタイプ銀板を用いて、この上に太陽スペクトルを始めて撮る試みをしたのはニューヨーク市立大学化学教授 J. W. Draper (1811-82) で 1842 年 9 月になってからのことである。Draper はすでに 1839 年暮れには銀板写真で肖像写真を撮るのに成功したと報告していた。このときの露出時間は 20-45 秒であったと言う⁽¹⁵⁾。Draper が姉 Dorothy Catherine を撮った銀板写真は 1840 年 7 月 28 日付けで John Herschel に送られた。この写真が「現存する世界最古の肖像写真」となる運命にある⁽¹⁶⁾。Draper は 1842 年夏になってから太陽スペクトルを銀板写真に撮り、これを 9 月 26 日付けで Herschel に送った。Herschel はこのスペクトル写真を検査してその結果を 1843 年 2 月に報告した⁽¹⁷⁾。この写真

は現在ロンドン「科学博物館」に「perfect condition」で保存されていると言う。スペクトルの幅は 0.08 インチで長さは 3.3 インチであるが、これには Herschel が塩化銀紙で認めたような顕著な色対色の対応はなかったようである。

この Draper の試みを追試してかなり顕著な色対色対応の太陽スペクトル銀板写真を撮るのに成功したのが Edmond Becquerel (1820-91) である。この Becquerel は 1903 年 Curie 夫妻と共にノーベル物理学賞をもらった Henri Becquerel (1852-1908) の父である。彼はこの結果を最初 1848 年 2 月 7 日フランス科学学士院に発表してから、あとも断続的に 1855 年ころまで研究を続けている⁽¹⁸⁾。彼の方法では磨いた銀板を塩素水または過塩素酸塩水溶液に浸けて、表面に紫色がかった塩化銀膜をつける。この上に色ガラスを載せて露光すると色の再現が認められた。

また太陽スペクトルを投射したときも暗線 A から H までの間に赤、黄、緑、青、紫の色対色の対応が認められた。ただし Herschel の塩化銀紙のときと同じく定着はできなくて、暗所ではある程度の保存が効くが明るいところでは消えてしまった。着色版画をカメラで撮るときは 10-13 時間もの露出を必要とした。風景の写真は緑色の再生が悪くて撮れなかった。このあと Becquerel は銀板表面処理に塩化鉄、塩化銅などの金属塩水溶液を使ったり、希塩酸のなかでの電気分解を利用している。彼の意見によると有効なのは白色塩化銀ではなくて、塩素含量のより少ない紫色の亜塩化銀 (sous-chlorure) なのである。色再現は青色と紫色では良好であるが、黄色では相変わらず悪かった。

Becquerel の研究をさらに進めたのは Niépce の遠縁に当たる Abel Niépce de Saint-Victor (以下に Niépce または Niépce de St. V と略す) (1805-70) である⁽¹⁹⁾。彼があとで「ヘリオクロミー」(héliochromie) と名付けたこの方面の最初の報告は 1851 年 6 月 2 日フランス科学学士院例会で読まれた⁽²⁰⁾。このころ Niépce はこれと平行してヨウ化銀卵白ガラス写真の研究もしていた⁽²¹⁾。この「ヘリオクロミー」研究は 1866 年ころまで断続的に続けられ、1867 年(慶応 3 年)パリ万国博覧会では主に人形を撮った銀板カラー写真まで展示した。

Niépce の手法ではふつうのダゲレオタイプに使う銀メッキ銅板ではな

くて銀板その物を使う。これを塩化鉄、塩化銅水溶液に浸けると明るいピンク色となる。この上に塩化鉛を飽和させたデキシトリン水溶液を塗り、乾かしてから 100°C ほどに加熱する。人形の写真を撮ったときの露出は 3-4 時間ほどで、色を鮮やかにするため最後にまた加熱した。色彩の再現は見事であったと言うが、色の保存は困難でパリ万国博覧会会場では 3-4 日で新しい展示品と交換しなければならなかった⁽²²⁾。写真史家 Eder は友人 Ludwig Schrank を介してこの時の展示品を手に入れたそうで、彼の「Geschichte」（第 3 版、1905）巻末にはこの幾何学模様のカラー写真の石版刷りが付録として付けられている。実物は 60 年（40 年の誤り）経っても元の「実に鮮やかな色彩」（große Lebhaftigkeit der Farben）を保っているそうである。もちろん、これは暗所に保存したときの話で、明るいところに出すとすぐに黒くなってしまう。George Eastman 写真博物館にも同じようなカラー写真の標本があるが、淡くて赤と青だけが認められるのだそうである⁽²³⁾。

このころフランスでは Niépce の他に Alphonse Poitevin（1819-82）もこの方面の仕事していた。Poitevin は重クロム酸塩ゼラチンの光硬化を利用するカーボン印画法の創始者の一人で、彼が自分のカラー写真について最初に発表したのはフランス科学学士院 1865 年 12 月 18 日例会である⁽²⁴⁾。内容は題目「紫色の亜塩化銀に対する光と酸素酸塩の同時作用」から分かる。彼の方法では Becquerel や Niépce と違って塩化銀紙を使うから Herschel 法に近い。

白紙をまず食塩水に浸け、これをさらに硝酸銀水溶液に浸ける。水洗して過剰の硝酸銀を除いてから、この塩化銀紙を希い塩化スズ（II）水溶液につけ、うえから弱い昼色光を 5-6 分ほど照射する。すると紫色の亜塩化銀ができるが、さらにこれを活性化するために酸素酸塩である重クロム酸カリウムや硫酸銅の水溶液に浸ける。あと乾燥させると出来上りである。色再生は Herschel の手法よりかなり改善されたが、定着は相変わらず困難であった。硫酸処理すると少しは寿命を伸ばすことができる。

3. 幻のカラー銀板写真 — 「Hillototype」（1851）

Niépce の「ヘリオクロミー」第 1 報が発表された 1851 年、アメリカで

は牧師 L. L. Hill (1816-65) が自分の方法によるとカラー写真の実用化が可能であると言い出して大騒ぎとなっていた⁽²⁵⁾。天然色肖像写真が近いうちに撮れるようになるのなら、それまで待とうと言うので人びとは写真館に行かなくなった。肖像写真館にとっては大恐慌である。Hill 牧師はニューヨーク州 Westkill の生まれで、このとき 35 歳になったばかりである。子供のときから気管支炎に悩まされたが、ダゲレオタイプ銀板の感光化に使う塩素と臭素の混合ガスを吸ったら症状が軽くなった。このため 1847 年ころから銀板写真を始めるようになったと言う。1849 年になって銀板写真教本「A Treatise on Daguerreotype」を出版したところ評判が良かった。これは分冊になっていて、その第 4 分冊が 1850 年になってから刊行された。この「魔法のひと触れ」(The Magic Buff) を題された小冊子の「天然色」(Natural Colors) のところに次のようにある。

「数年の実験の結果、天然色の (in the colors of nature) 銀板写真を撮ることについて、ある注目すべき発見をした。それは 1 枚の銀板の上に一遍に同時に青、赤、紫そして橙色を出現させるのである。また風景も美しい色を持ったままに再現できる。しかも、これをするのには、ふつうの操作で十分であり、時間も 3 分の 1 だけ多くかければよろしい。大問題はほとんど解決しているから、そのうちに少しの金を払いさえすれば全ての人に提供できるだろう。皆さんの住所を知らせて欲しい。」

このニュースに飛びついたのが H. H. Snelling である。彼は新しい写真雑誌「Photographic Art Journal」を創刊したばかりのところで、これをこの雑誌の創刊第 1 号 (1851 年 1 月) に載せ、あとの号に Hill からの手紙を掲載した。

Hill は言う。自分の手法は Daguerre や Becquerel のものとは違う。「2 年ほど前に珍しい化合物 (a singular compound) を発見した」これを水銀の代わりに使用するのである。「手法は全く簡単で、器用な人なら 1 日で習熟できるだろう。」あと自分の撮った 45 枚の作品についての説明が続く。風景には赤い屋根、緑の草と樹木、竿に干した色とりどりの衣類、青い空などが写っている。他に数枚の肖像写真がある。バラ色の肌と頬、赤い唇が美しい。ただ現在のところまだ公表はできない。

「私は公開する前に手法をできるところまで完全なものにしておきたい

と決心している。それまでは全てを堅く秘密にしておく。手法を知っているのは私自身と妻だけで、適当な補償が確保できたと確信しない間はどんな一部でも公表しない。実験の費用を稼ぐために新しい本を書くつもりである。」

Snelling より先にアメリカ最初の写真雑誌「Daguerrean Journal」（1850）を出していた S. D. Humphry も負けてはいられない。彼はすぐに Hill を訪問して作品を見せてもらい、自分の雑誌の 5 月号に次のように書いた。

「もし Raphael が彼の『キリストの変容』（Transfiguration）を仕上げる前にこの Hillotype を見ていたら、手からパレットと絵筆を落としたらうから、この絵は完成を見なかったに違いない。」

ここでは Hill のカラー写真手法が「Hillotype」となっている。

このころ電信の発明家 Samuel F. Morse（1791-1872）も Hill を訪問してカラー写真を見せてもらっていた。そして、これを友人の写真家 Edward Anthony⁽²⁶⁾（1818-88）に知らせた。

「5 月 27 日付けの手紙を受け取りましたが、すでにこの数日前に Hill を訪問していたのです。この訪問には満足しています。彼の発明の真実性について疑う余地はありません。」

企業家の Anthony は Hill の発明を買おうと計画していたのである。Morse はダゲレオタイプ発表の 1839 年にはパリに滞在していて、4 月に Daguerre から銀板写真作品を見せてもらい、その印象をニューヨークの新聞に報道した⁽²⁷⁾。アメリカの大衆が銀板写真について知ったのはこれが最初である。アメリカに帰ってから 1840 年夏に Draper と共同して肖像写真を撮ったり、あと銀板写真操作法を人に講義などした⁽²⁸⁾。こんな経歴から Morse はこのころアメリカでは写真技術の権威者の一人に数えられていた。この彼が言うのだから人びとが信用して当然である。

しかし最初の発表から 1 年半が経った 1851 年 9 月になっても、Hill は「まだ完全に成功していないから発表できない」と言う。堪りかねた写真館経営者たちは 11 月にニューヨーク市 Brady 写真館で会合をもち、ここで選出した委員たちに Hill を訪問し調査するように命じた。Mathew B. Brady（1823-96）はヨーロッパ旅行中でこれには加わっていない。委員

たちは Hill の作品を見ることができず、帰ってからその経過をニューヨーク「Times」紙 1851 年 11 月 21 月号に発表した。

「Hill 氏の手になり、また科学的にみても新しい手法で作られた天然色の写真を、誰かが見たとする満足すべき証拠を、われわれはまだ得ておりません。それどころか Hill 氏が今までに見せた天然色の写真なる物は色付した銀板からの複製に過ぎないと考えております。」「それで委員たちは Hill 氏が多くの銀板写真家をあざむいたばかりでなく、自分自身をも完全に欺いているとの確信に達しました。発見その物が虚偽であり、その改良進歩なる物も虚偽であります。ただ誤りなく言えるのは、全ての人々が銀板写真に天然色を付与したと言う Hill 氏の能力についての信仰を全く捨てたと言う事実です。これにまつわる全ての物語は全くの嘘なのです。」

しかし Morse はまだ信用している。次の年 1852 年秋になって Hill を訪問し、彼から 20 枚のカラー写真を見せられて感心し、この記事が「Scientific American」誌 10 月 23 日号に載った。「真実である。非常に堅牢で擦ってもはげない。光に当てても退色しない。」 Hill の方もこの年に小冊子を出して弁解した。発明は本当なのだが「目に見えない小悪魔」(invisible goblins) が邪魔をして完成させないのである。

最初の発表から 6 年も経った 1856 年になって約束の Hill の本が出版された。

「A Treatise on Heliography, or the Production of Pictures by Means of Light in Natural Colors」(1856)

この本の副題はさらに長くてコロジオン法によるカラー写真の開発を含むとなっている。全 175 ページの中で最初の 37 ページまでは著者の自叙伝であり、残りの「ヒロタイプ手法」解説は全く「クダクダ、ゴタゴタ」で意味が通らないのだそうである。

このころ人びとはすでに Hill のことなど忘れかけていた。銀板写真はもう流行おくれで、コロジオン湿板を使ったアンブロタイプ、ティンタイプ、紙写真が主流となっていた。Hill はこのあと 9 年生きて 1865 年 2 月 11 日に死んだ。

Humphry 「Daguerrean Journal」誌は 1852 年から「Humphry's Jour-

nal」と名前が変わっていたが、編集長の John Towler は彼の死を報じて次のように書いている。

「彼はいつも私に本当に天然色で写真を撮ったのだと確信をもって話した。だがこれは偶然の薬品の混ぜ合わせの結果に過ぎず、彼の一生をかけても再現できなかつたのである。」

あるいは本当かも知れない。始め偶然に銀板の上にかすかな色が再生するのが観察された。黄色の再生がもっとも困難であると書いているところを見ると、実際に実験はしたのであろう⁽²⁹⁾。これは物になると考えた Hill が、先走って誇大に宣伝してあとで抜き差しならなくなった。それで絵具で着色した物を人にみせるようになったのが事実ではなかろうか。それにしても発明家であり著名な画家でもあった Morse が騙されたと言うのは、後世のわれわれにとって理解に苦しむところではある。Woodbury「写真百科事典」（1898）はイギリス人らしく割り切っている。

「Hillotype」の項目のところに次のようにある⁽³⁰⁾。

「ある偽善的なアメリカ人牧師によって発明されたとする想像上の写真手法の名前。この手法によると『自然の全ての色彩に輝く』写真ができるとされる。発明の詳細の公表に対して『発明者』に多額の資金が集められたが結局は詐欺だと判明した。」

4. 直接法（3） — Lippmann「干渉法」（1891）

Niépce は 1829 年暮れに Daguerre に与えた「ヘリオグラフ法についてのノート」の中で、すでに自分の使ったアスファルト膜面の着色を記録している。そしてその原因を Newton 環のような光の干渉現象に求めた。Arago もこの現象に注目して 1839 年下院でのダゲレオタイプ年金法案説明につけた脚注の中で、Seebeck（1810）が塩化銀紙の上に認めた太陽光スペクトルの色再現も同じような現象ではないかと言っている。干渉によるこのような発色現象を積極的に利用して、これを新しい「干渉法」（*méthode interférentielle*）に発展させたのが Gabriel Lippmann（1845-1921）である⁽³¹⁾。Lippmann の両親はフランス人であるが彼はルクセンブルグで生まれている。幼いときに両親とパリに移りここで教育を受けた。名門「高等師範学校」（*École normale supérieure*）を卒業後、ドイツ

への学術訪問団に加わってハイデルベルグ大学へ行った。電気と毛管現象の関わりに興味を持ったのはこの時で、当時まだこの大学にいた Kirchhoff (1824-87) の研究室で実験をしたことがある。この仕事が「毛管電位計」の発明となり (1875), ソルボンヌ大学から学位を授与された。1883 年からはこの大学の物理学教授に任命され、ここで多くの実験物理学的な業績を挙げた。たとえば水晶のピエゾ電気の研究などがよく知られている。Lippmann は実験装置を作るのが巧みで星野撮影に使う「シーロスタット」(coelostat) も彼の発明である。Lippmann のカラー写真第 1 報「La photographie des couleurs」は 1891 年 2 月 2 日フランス科学学士院例会で発表された⁽³²⁾。当時のカラー写真の分野では 3 色フィルターを使う 3 色分解を前提としていたから、この 3 色フィルターを使用しないで、ふつうの白黒現像、定着だけで撮れる Lippmann 「干渉法」カラー写真手法の出現は衝撃的であったに違いない。

彼は Kundt の実験 (1866) に見られるような、音の定常波を光に応用しようと考えた。Lippmann のアイデアは波長の 2 分の 1 間隔に並んだ多層の薄膜を作るのにあるから、この薄膜を構成する銀粒子は極微粒でなければならない。このためガラス表面に厚く塗る臭化銀卵白乳剤の臭化銀粒子は感光性を犠牲にしてまで極微粒にする必要があった。まず臭化カリウムを少し過剰に含む乳剤をガラス板に厚く塗り、乾燥してから硝酸銀水溶液に浸けて活性化する。水洗後、さらに膜の上にシアニン溶液を流して増感し、あとこれを乾燥して使用した。増感色素シアニンはすでに 1875 年 Vogel が報告していた⁽³³⁾。撮影に当たっては水銀を感光面に密着させることのできる特殊の撮り枠を使った。この撮り枠の中ではガラス面がレンズを向くようになっている。ガラス面から入った光は感光膜を通過してから水銀面で反射されて、入射光と反射光が感光膜の中で定常波を発生する。感光は定常波の腹のところでおこる。露光した物を現像定着すると波長の 2 分の 1 間隔で並んだ銀粒子で構成される多層の薄膜を与える。数 cm の長さの太陽光スペクトルを撮るときの露出は 5 秒ほどであった。現像定着したものを透過光で見るとただの灰色であるが、黒紙の上などにおき少し傾けて光を反射させて膜面から見ると太陽光スペクトルの色が赤から青の領域までよく再生されていた。ある波長の光はその光が作った多層

薄膜のところだけで位相が合うから、その光だけが干渉を受けずに通り抜けるのである。Lippmann は次の年、1892年4月には少し改良を加えた方法を発表した⁽³⁴⁾。この方法ではカメラを使って静物の写真が撮れる。増感色素にはシアニン以外に1884年にVogelが開発したアザリン（Azalin）も使用している。

対象物が鳥の剥製やカーペットなどで、これを太陽直接光とかアーク燈の光の下で撮影するときの露出は5-10分であったが、外へ出て青空や緑の樹木のある風景を撮るには露出が2-3時間もかかった。できた写真は銀板写真と同じように感光膜から見るのだが、撮影はガラス面をとおしてなされているから左右正像に見える。

この年の10月に発表した第3報では感光剤に重クロム酸塩卵白、重クロム酸塩ゼラチンを使う手法を報告している⁽³⁵⁾。これらの「干渉法」の理論は最初の報告から3年たった1894年になって始めて長い論文となって発表された⁽³⁶⁾。

「干渉法」の欠点としてまず感度が悪いことを挙げねばならない。これは感光粒子が極微粒であることが要求されところに原因がある。銀板写真のように斜めにして見なければならぬし、紙写真と違って焼き付けによる複製ができないのも不便である。また製品に当りはずれが多くて信頼性がない。このような欠点から「干渉法」は最初の希望的思惑と違って実用にはならなかった。しかしLumière兄弟は諦めず臭化銀卵白乳剤を臭化銀ゼラチン乳剤にかえて感光性を改良し、生身の人間のカラー写真を撮るのに成功した。この作品は1893年夏ジュネーブ国際写真展に出品されている。少女の背景にブドウ模様の壁掛けがかかり、机の上には果物や赤ワインのビンが載っている。改良された言っても感度はふつうの乾板よりずっと低いから、モデルの少女はテーブルの上に顔を伏せてうつ伏している⁽³⁷⁾。それでも、これが天然色に撮られた肖像写真の第1号とされている。Lippmann「干渉法」カラー写真はしかし、Lumière兄弟が1904年にずっと便利な彼らの「オートクローム」（Autochrome）を発売するようになって廃たれてしまった。

「干渉法」から10年ほど経ってLippmannがまた写真界に面白いアイデアを提供した。これは1908年3月2日科学学士院で読まれた⁽³⁸⁾。昆虫

の複眼にまねた複眼レンズをそなえたカメラで写真を撮るアイデアである。少しずつ視点が移動して撮られた数千もの微小写真をスキャンしてパノラマ効果を出そうと言う工夫である。このアイデアはあとで微小レンズ「Keller-Dorian-Berthon」加色法に発展する。「天然色写真を撮るのに干渉現象を利用する研究」に対して Lippmann にノーベル物理学賞が授けられたのは同じ 1908 年である。Lippmann はカナダから帰国の途中、汽船「La France」号船上で 1921 年 7 月 13 日に死亡した。

Lippmann 法で定常波が作る多層薄膜の存在は 1897 年になってから R. Neuhauss がこれを 2,000 倍に拡大して確かめた⁽³⁹⁾。Niépce の認めたアスファルト膜の着色はこの定常波で説明されるかも知れないが、塩化銀感光紙を使う Seebeck, Herschel, Poitevin などの場合はこれで説明されそうにない。この方の成因を説明するものとして O. Wiener が 1889 年に「退色説」(Ausbleich) を提出した⁽⁴⁰⁾。彼によると紙の上に塩化銀を沈澱させるとき、塩素の含量の違ったいろんな種類の塩化銀ができる。これらはその組成に従って赤から青までの色をしている。いまこの上に例えば青色光を照射するとしよう。青色光を吸収するのはその補色のオレンジ色の塩化銀である。「Draper 吸収則」(1839)によると「光化学変化を起こすのに有効なのは吸収された光だけである」から、オレンジ色の塩化銀だけが光分解されて、青色光を吸収しなかった青色の塩化銀が残り、青色を呈することになる。すなわち照射した色光と同じ色が出るのである。この「吸収則」は Draper より 20 年も前の 1819 年に Grotthuss (1785-1822) によってすでに発見されていた⁽⁴¹⁾。

Herschel は植物色素の場合について、この補色による光分解を詳しく研究し発表している。1842 年 6 月 16 日王立学会で読まれた彼の写真研究第 3 報の表題は次のとおりである⁽⁴²⁾。

「植物色素に対する太陽光スペクトルの作用と新しい写真処方について」この報告の「§170」にこうある。

「色素と補色の関係にある色光の作用が大きい。だから黄-赤色素は青色光で、青色色素は赤、オレンジ色光で、また紫-ピンク色素は黄緑色光の当たるところで退色した。」

1895 年になってから E. Vallot がこれを利用して、彼のいわゆる「退色

法」(Ausbleichenverfahren)を案出した⁽⁴³⁾。彼の手法は植物色素でなくて合成アニリン染料を使う。赤、黄、青のアニリン染料を混ぜた物を白紙に塗る。この表面は黒色であるが、このうえに赤色ガラス、黄色ガラス、青色ガラスをおいて太陽光を当てると、これらの色ガラスの下の感光膜は色ガラスと同じ色となった。ただしこの方法は感度が悪いので実用にはならなかった。これを1902年になってからK. Worelが改良し、塗料にアニス油を加えて感度を上昇させるのに成功した。

この退色法を基本とする製品「Utocolor-Papier」は1907年にチューリッヒ市J. H. Smithから売り出された。始めはアニス油だけを使っていたが1910年になってから、この中に「アリルチオ尿素」(allylthiourea, thiosinamine)を加えて感度を改善した。この製品は色コピー用として広く市販されたが、他の多くの「退色法」と同じように廃れてしまった。当然のことであるが、できた画像自身が退色しやすいからである。

5. 色覚3原色説—Newton (1704), Wünsch (1792), Young (1807)

約15,000年前の物とされる南フランスLascaux洞窟の壁画は赤、黄、黒の顔料で描かれていると言う。やがて人類は自然界の中からいろいろな色の顔料を発見し、これらを使って多彩な絵画を描くようになった。そのうちに青色顔料と黄色顔料を混ぜると緑色顔料が得られることなど、混色の原理に気づいたであろう。しかし、この混合による色の変化がどのような理由によるのかを知るのには長い時間がかかった。

C. Grebeの指摘するところによると⁽⁴⁴⁾、これについて始めて記述したのは17世紀Antonius de Dominis僧正だと言う⁽⁴⁵⁾。彼はその著書「望遠鏡と眼球の光線と色について」(De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et iride)(1611)の中で、顔料の色は白色光からある色が吸収される結果だとした。そして赤、緑、堇(青スミレ)の3色が基本であって、全ての色はこれらの混合から生まれると考えた。ただし彼がどのような実験的事実からこの結論に導かれたかは分からない。

太陽光のプリズムによる分析に始まり、広範な光学現象について詳細な実験を行い、その結果を詳しく記述したのはIsaac Newton(1642-1727)である。Newtonがプリズムによる太陽光の分析に手を付けたのは、彼が

まだ Trinity College にいたころ (21 歳, 1664) である⁽⁴⁶⁾。そして、その成果を 1772 年 2 月になってから王立学会で発表した。論文を審査した Robert Hooke (1635-1703) から反論があって、これから 2 人の間に長い論争が始まった。Hooke は 1703 年 3 月に死亡した。これを待っていたかのように次の 1704 年に Newton 「Opticks」(光学) が刊行された。これは始めから英語版である。プリズムによる太陽光の分析は「命題 2」「定理 2」「太陽光は屈折率の異なる光線 (rays) からなる」に記載されている。その実験による証明「実験 3」は次のように始まる⁽⁴⁷⁾。

「非常に暗くした部屋の窓板に明けられた 3 分の 1 インチほどの丸孔に、私はガラス・プリズムをおいて、この孔から射し込む太陽の光束 (beam) が上向きに屈折されて部屋の反対側の壁の上に太陽の色像 (colour'd image) を投射するようにした。」

このとき壁面に出現した色光は「堇 (violet)」「インジゴ (indigo)」「青 (blue)」「黄 (yellow)」「オレンジ (orange)」「赤 (red)」であった。

Newton はさらにこれらの分散した色光をレンズで集めて元の白色光に合成できることを示し、また分散した色光のある部分を遮ぎると、残りは合成していろいろな色光になることも知った。このよう彼は太陽光のなかに 7 色があるのを実験的に証明した。では、なぜこの 7 色が混合すると白色に「見える」のか。この人間の「色覚」について Newton は巻末につけた「疑問」(Query) の中で次のように言っている⁽⁴⁸⁾。

「疑問 12。光線 (rays of light) が眼底に届くと、網膜 (tunica retina) を刺激して振動 (vibration) させるのではなかろうか。この振動が視神経の繊維に沿って脳に伝わり視覚 (sense of seeing) を生じる。」

「疑問 13。いろいろな光線がいろいろな大きさの (bignesses) 振動を起こし、その大きさによって違った色の感覚 (sensations of several colours) を刺激するのではなかろうか。それは、ちょうど空気の振動がその大きさに従って、それぞれの音の感覚を生じるのと同じである。」

このように Newton は太陽光スペクトルの 7 色光に対応して 7 つの色感覚があると限定している訳ではない。

この Newton の 7 色を印刷に応用しようと考えたのが Jakob Christoph Le Blon (1667-1741) である⁽⁴⁹⁾。しかし 7 色刷りでは手間がかかる

と言う理由から、あとでは赤、黄、青の顔料を使った印刷インキを用いて3色刷りとした（1722）。Le BlonがNewtonの色光の7色を顔料の7色に変えてこれを印刷に使うアイデアには、現在の言葉で言う「加色法」と「減色法」の混同がある。

これより一時代さがったChristian Ernst Wünsch（1744-1828）が今度は太陽光の中にはNewtonの7色ではなくて「赤、緑、青スミレ」3色しかないことを実験的に証明した。Wünschは始めライプチヒ大学医学教授あとフランクフルト大学（オーデル河畔）に移った。彼は始め「宇宙論」（Kosmologischen Unterhaltungen）第2巻（1779）に結果を発表し、1792年になってから自分の実験と考察を1冊の本に纏めた。

「光の色についての実験と研究」（Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichtes）

これらの本はすぐに希観本となりWünschの仕事はあまり世に知られることがなかった。ただJ. C. Fischer「物理学史」第7巻（1806）に抄録として紹介されてから、ようやく注目されるようになった。1909年になってWünschの業績を詳しく写真界に紹介したのはWaterhouseの功績である⁽⁵⁰⁾。Waterhouseには写真史に関しての多くの論説があるが、彼がもっとも良く知られているのは増感色素「エオシン」の発見であろう（1876）⁽⁵¹⁾。Wünschは偶然に太陽光スペクトルを深紅色スクリーンの上に投射してこの事実に気が付いたと言う。白色スクリーンの上では黄色に見えた黄色光線が、深紅色スクリーンの上ではほとんど消滅した。また白色スクリーンの上での鮮やかなインジゴ色光線は、深紅色スクリーンの上では微かに光るだけとなった。

そこで彼は5個のプリズムを縦に並べて、これらからのスペクトル色光をレンズで白色スクリーンに導き、その混合の結果を詳細に観察した。その結果、白色光の中には7色ではなくて「赤、緑、青スミレ」の3色しかなく、この3色の混合が残りの全ての色を与えることを知った。たとえば黄色光は赤色光と緑色光の混合でできるし、インジゴ色光は緑色光と青スミレ色光の混合から生じる。ただしWünschはこれらの現象を人間の色覚の受容体の数に関係づけることはしなかった。

人間の色覚の受容体に制限があるという仮説をはじめて樹てたのは、光

の波動説で有名な Thomas Young (1773-1829) である。1801 年 11 月 12 日王立学会で行った有名な Baker 講演「光と色の理論」(On the Theory of Light and Colours) の中で次のように言っている⁽⁵²⁾。

「全ての可能な限りの波動 (unduration) と共振することのできる、ほとんど無数とも言える微粒子が網膜の感覚点 (sensitive point) の 1 つ 1 つに備わっていると考えるのはまず不可能であろう。このために、ある制限を設ける必要があるだろう。たとえば 3 つの原色 (principal colours), 赤 (red), 黄 (yellow) それに青 (blue) に対する物だけに限るのである。」

このように Young が色覚「3 原色」を「赤, 黄, 青」としたのは、単にこれらが顔料の 3 原色だからそうただけで、実験観察の結果ではないようである。その証拠に次の年 1802 年に William Hyde Wollaston (1766-1828) が太陽光スペクトルの中に 4 色だけを観察したと発表すると、これに従って自説を改変している。Wollaston は狭いスリットを通した太陽光のスペクトルを観察した⁽⁵³⁾。

「20 分の 1 インチの隙間を通して暗室の中に昼色光を導入し、これを 10-12 フィート離れたところから、完全なフリント・ガラス製プリズムを眼に当てて見ると、光線が次の 4 つの色にだけ分離しているのが観察された。これらは赤, 黄緑 (yellowish green), 青, 堇色 (violet) であり、その領域は図版 3 に見るとおりである。スペクトルの赤色を区切る A 線 (line A) はあまり明瞭ではない。」

このように Wollaston は暗線 (dark lines) も発見していて、これに屈折率の小さいところから順に A, B, C, D, E と名付け、これらの 5 つの暗線が「赤, 黄緑, 青, 堇」の領域を区切るのだと考えた。この観察結果を 1807 年になってから Young が採用したのである。⁽⁵⁴⁾

「明らかに黄と青の完全な感覚 (perfect sensation) は、それぞれ赤 (red) 光と緑 (green) 光, 緑光と堇光 (violet light) の混合によって引き起こされる。しかもこれらの感覚はつねに別べつの感覚の結合によって生ずると考える正当な理由がある。また少なくともこう考えた方が色の理論 (theory of colours) が簡単になる。だから他の現象と矛盾する事実が発見されるまで、これを便利に利用したらよいのではなから

うか。」

これによると Young の色覚3原色は「赤, 緑, 堇」となる。ただし Wollaston も Young も 10 年ほど前の Wunsch の仕事に気がついていないようである。Young の色覚3原色説は彼と同時代の John Dalton (1766–1844) の色盲研究を踏まえている。化学的原子論 (1803) で知られた Dalton は自身が赤緑色盲で自分の色覚異常を研究してこれを 1794 年に発表していた⁽⁵⁶⁾。ずっと後になるが John Herschel も Dalton に手紙 (1833 年 5 月 20 日付け) を書いて Dalton の説に賛成している。

何事につけても論争の好きな David Brewster (1781–1868) は 1828 年から 1852 年にかけて多くの論文を発表してスペクトル原色 (elementary colours) を「赤, 黄, 青」3色だとした⁽⁵⁶⁾。

これに反対したのが Hermann von Helmholtz (1821–94) である。このころ彼は 1855 年ボン大学に移る前で Königsberg 大学準教授であった。Helmholtz は「混色の理論について」(Über die Theorie der zusammengesetzten Farben) なる題目の論文を 1852 年から 1854 年にかけて発表して Brewster 説を批判した。Brewster が実験に使ったスペクトル色が不純で、そのため Brewster は誤った結論に導かれたのだというのが Helmholtz の主張であった。このあと Helmholtz の研究にはいろんな曲折があったが、結局のところ彼の色覚3原色は「赤, 緑, 青」に落ち着いた (1861)⁽⁵⁷⁾。

「プリズムによる (太陽光) スペクトルの研究より、このスペクトルの全ての色、言い換えれば自然界の全ての色は次の 3 つの色光 (Spektralfarben) の混合物であると分かった。これは赤 (Rot), 緑 (Grün) (E 線の近傍), 青 (Blau) (G 線の近傍) の 3 色である。また黄は赤と緑の加色的混合物 (additive Mischung) である。」

6. Maxwell 「加色投映法」(1861)

この問題をさらに精細に研究しその結果を写真に応用して現在のカラー写真手法に先鞭をつけたのが光の電磁理論で有名な James Clerk Maxwell (1831–79) である⁽⁵⁸⁾。彼は 1847 年にエジンバラ大学に入学し、ここで 1849 年から物理学教授 James David Forbes (1809–68) と協力して、

色盲との関係における人間の色覚の研究をした。始め彼は青色光と黄色光を混ぜても、緑色光にならないを観察してショックを受けたと言う。

1850 年からはケンブリッジ大学に移り 1855 年に Trinity College の「フェロー」となった。ここでも「色コマ」(colour-top) による研究を続け、1855 年には「眼に感じる色の実験」(Experiments on Colours as Perceived by the Eye) を発表した。1860 年からロンドン King's College 物理学教授に迎えられ 1865 年までいた。ここでの色覚の研究には新しく考案した「色箱」(colour-box) を使用した。長さ 3 フィートほどの内部を黒く塗った木箱を 2 つ繋いで、中央にプリズムをおき両端にはそれぞれ 3 つのスリットと観測用の接眼鏡をおいた。この装置は外観が木棺に似ていたから近所の人、こんな変な木箱をのぞき込んで研究している Maxwell を狂人ではないかと噂したそうである⁽⁵⁹⁾。

研究の成果は 1860 年 3 月 22 日王立学会で「混色の理論」(On the Theory of Compound Colours) として発表された。これには同じ年の 11 月 30 日「Rumford」メダルが授けられた。Maxwell の残したノートの中には Wünsch の研究についてのメモがあるそうである。Maxwell は自分の説を写真に応用して、色覚 3 原色説の正しいことを実演して見せようと計画した。この実演は次の年 1861 年 5 月 17 日王立研究所で行われた。Michael Faraday (1791-1867) が王立研究所で最後のクリスマス講義「ロウソクの科学」(The Chemical History of a Candle) を行ったのが昨年のものである⁽⁶⁰⁾。少し衰えの見え始めた Faraday もこの Maxwell の実演講義のときはまだ元気で出席して話を聞いた。

色覚 3 原色説によると人間の色感覚は赤、緑、青スミレなる 3 原色に対する感覚の総合である。それなら天然の色彩をこれらの 3 原色に分解して撮影してから、白色のスクリーンの上にこれらを重ねて投映したら元の色が再現されるはずである。現在の言葉で言うと「加色法」(additive process) のアイデアである。赤色フィルターにはチオシアン酸鉄(Ⅲ)水溶液、青スミレ色フィルターにはアンモニア性硫酸銅(Ⅱ)水溶液、緑色フィルターには塩化銅(Ⅱ)の塩酸溶液を使った。「3 原色理論について」(On the Theory of Three Primary Colours) と題したこの講演は「Brit. J. Phot.」誌に再録されている。この中で Maxwell は次のように言う⁽⁶¹⁾。

「光の理論を構築するにあたり次の大きなステップを踏み出したのは Young であるが、色の混合について始め彼は必然的に Newton の考えを辿る以外になかったようである。Young はこの 3 原色説には光学的にみて何らの根拠もないところから、眼の構造にその原因を求めるべきであると考えた。注意深い推論を重ねるよりも、ずっと良い結論に導くことが多い例の大胆な仮説によって、Young は網膜の中に 3 つの別べつの感覚があるのがその原因だとした。この感覚は別べつの光線によって別べつの強さに刺激される。彼の考えによると、これらの 3 つの原感覚は赤、緑、青スミレ (violet) の色覚に対応するのである。これらの色覚は別べつに赤、緑、青スミレの画像を知覚中枢に送る。これらの画像が重なり合うことにより現実の多彩な世界が感覚されるのである。」「この色覚理論は次のような写真を利用した仮想実験で理解してもらえるかも知れない。風景のどの色に対しても同じような感度で撮れる感光剤があったとしよう。まずカメラの前に赤色ガラスをおいて写す。するとその陽画は風景の赤が多いところは透明で、赤の少ないところは不透明となるであろう。これを幻灯機に入れて赤色ガラスを通して投映するとスクリーンに赤色像が映る。同じようなことを緑、青スミレ (violet) の色ガラスで行って、これらの 3 つの色像を 3 つの幻灯機でスクリーンの上に重ねる。するとスクリーン上のどの点の色も風景のその点の色に対応する。光の強度などを適当に調節すると、色に関する限りは風景の完璧なコピーが得られるはずである。もし差異があるとすればコピーのほうが実物よりくすんでいて、色が不純であることだろう。これはスクリーン上で 1 回、さらに網膜上で 1 回と合計 2 回合成しているからである。」実際に Maxwell の指示に従って写真を撮ったのは写真家 Thomas Sutton (1819-75) である。Sutton は当時 King's College で写真技術を教えていたらしい。彼は自分が編集していた写真雑誌「Photographic Notes」にその撮影データを詳しく報告している。

感光材はヨウ化銀コロジオン湿板で、3 色分解のフィルターには金属塩の着色水溶液を使った⁽⁶²⁾。

「いろいろな色の縞模様のリボンを蝶結びにして、これを黒ビロードの上にピンで留め、これを絞り全開の肖像写真レンズで撮った。レンズの直

ぐ前にはいろいろな色の液体がおいてあり、物体からの光はレンズに入る前にこれを通過する。撮影は戸外の明るいところで行った。1. よく薬局の陳列窓においてある、アンモニア性硫酸銅の青色溶液を板ガラス水槽に入れ、これをレンズの前においた。6秒の露出で良好な陰画が得られたが、この露出は着色溶液を通さないときの約2倍である。2. こんどは塩化銅の緑色溶液を同じ板ガラス水槽に入れる。ピントガラスで像はチャント見えたのに12分の露出では全く陰画が得られなかった。それで着色溶液をかなり薄める必要があり、緑色をずっと薄めてやっと12分の露出でなんとか陰画を得た。3. レモン色ガラスをレンズの前において12分の露出で良好な陰画が得られた。4. チオシアン酸鉄 (sulfo-cyanide of iron) の濃い赤色溶液を入れた板ガラス水槽では8分露出で良好な陰画が得られた。これらの正確な色合い濃さを正確に言葉で表現するのは難しい。光のとおり水槽の厚さは約4分の3インチであった。コロジオン液はヨウ化物だけで、硝酸銀浴は中性、現像にはピロガロールを使った。薬品に感度の良いのを使い、上手に処理をすると、どの場合も汚れや染みのない奇麗で濃い陰画が得られた。これらの陰画をタンニン法で焼き付けてガラス透明陽画にした。講義の時には赤色溶液を通した写真は赤色光で投射し、青色溶液のは青色光で、黄色溶液のは黄色光で (中崎注: これは実際には使わなかった)、緑色溶液のは緑色光で投射した。これらをスクリーン上で重ねると、縞模様のリボンの像がまずまず自然色で再現された。」

実演の結果について Maxwell は次のように言う。

「縞模様のリボンの写真を3つの着色溶液をとおして3枚撮る。これらを別べつに幻灯機に入れて投射すると Young の唱えた3つの色視神経が見るような赤、緑、青の3つの像を与える。もし赤と緑との写真が青と同じように十分に撮れていたら、これらをスクリーンの上に重ねるとリボンと同じ色彩の写真画像が見られるであろう。将来これらの屈折率の小さな色光 (中崎注: 赤、緑色) に対するもっと感度のよい写真感光材が発見されたら、着色物の色再現は大いに改善されるであろう。」

このように「色再現」には改善の余地があるというものの、Sutton が用意した黄色陽画を使わなくても先ずまずの成績だったようである。それでも

疑問が残る。この時代のヨウ化銀コロジオン湿板は赤色に全く感度がなかったからである。幸いこのとき Maxwell が使ったガラス陽画は彼が初代所長を勤めたケンブリッジ大学 Cavendish 研究所に保存されていた。赤色陽画を検査すると明らかに映像が残っている。この謎は 100 年もあとの 1961 年になってから解明された。

1861 年 5 月 17 日の Maxwell 実演講義を記念して、ちょうど 100 年あとの 1961 年 5 月 16-18 日ロンドンでその 100 年祭「Maxwell Colour Centenary」が開催された。このときコダック研究所の R.M.Evans が「Some Notes on Maxwell's Colour Photograph」と言う題で講演した⁽⁶³⁾。Evans の調査によると Sutton が使ったレンズは、そのころ流行の Petzval 肖像写真レンズである。そして当時の赤色染料のほとんどは紫外領域に蛍光を出すことが突き止められた。だから赤色像を撮ったと思っ
ていても、実際に撮れていたのはこの蛍光による紫外領域の画像だったのである。その証拠の 1 つに赤色陽画のピンボケがある。Sutton が注意深く赤色像でピントを合わせたはずなのにボケている。実際に感光したのはこのピントを合わせた赤色像の方ではなくて紫外像だったからである。

このような偶然により「加色法」による Maxwell カラー写真実験は、実際にそれが「可能」となるはずより 20 年も前に「成功」したことになった。Vogel が増感色素を発見したのが 1873 年で、増感色素エオシン、エリトロシンなどの発見により赤色領域が安心して撮れるようになったのはやっと 1880 年代になってからである⁽⁶¹⁾。

この Maxwell の仕事に刺激されたのであろう、4 年あとの 1865 年になってからミニチュア肖像画家でヴィクトリア女王の絵の先生でもあった H. Collen（1800-75）が短いノートを発表した⁽⁶⁴⁾。この時分彼は Talbot のカロタイプで肖像写真館を経営していた。かれの短いノートは「Brit. J. Phot.」誌 1865 年 10 月 27 日号に載った。次に示すのはその中ごろの翻訳である。この中には別に説明もなく陰画（negative）、陽画（positive）などが使ってあって、その意味するところが分かりにくい箇所が多い。そのため私の翻訳では適当に言葉を補って意味が通るようにしてある。

「今朝、私は次のように思い付きました。3 原色（primary colours）のそれぞれ 1 つだけに感光する物質が発見できたら、天然そのままの色合

いをもった写真ができるかも知れません。その方法は次のようになるでしょう。まず青色光 (blue rays) にだけ感光した陰画 (negative) (中崎注: 白黒) をつくります。つぎに赤色光にだけ感光した陰画を、そして最後に黄色光にだけ感光した陰画をつくります。このようにして3色印刷用 (printing in colours) の3種類の原版ができました。この原版は3つの色が混じっている物体の表面色から、自分自身に特有の色だけを抽出したのです。この色は3色石版画 (chromo-lithography) に使う色合いに近いものです。次に黄色光にだけ感じる焼き付け陽画 (positive picture) 用の感光剤を塗った表面を用意して、この上に青色光と赤色光にだけ感光した2枚の陰画を重ねて光を当てますと、物体の黄色光だけが写った陽画 (中崎注: 黄色に着色している) ができます。次にまた赤色光または青色光だけを感じる感光剤を使って同じようなこと繰り返すと、その物体から反射される3原色のそれぞれ1つを含んだ3つの色陽画が得られます。

さて3原色のそれぞれ1つにだけ感じる物質または感光剤の発見という最初の大問題が解決されたら、次のように想像するのはそう困難ではないでしょう。すなわち、上に説明した物質を使用して作った極めて薄くて透明な膜の上に2枚の陰画を重ねて、(中崎注: 焼き付けて) 残りの色を発現させます。こうして得られた3枚の陽画 (positive) のそれぞれは物体の形をある程度同じように写しておりますが、色は3原色の中の1色だけなのです。さて、これらの色陽画を正確に形が合うように重ねて、これを白紙の上におきます。すると容易に想像できるように、これには物体の形だけでなく混合した色合いの表現もできております。」

1865年10月17日, St. Alban's Henry Collen

このように Collen は「赤, 黄, 青3原色のそれだけに感じる感光剤」の発見を前提としている。これが発見されたらフィルターを使わないで、現在の言葉で言う3色分解ができる。さらに「ある色光に当たったらこれと同じ色になる感光剤」の開発も前提としている。これを「極めて薄くて透明な膜」にして、この上に焼き付けて3色陽画とする。できたこれらの3色陽画を白紙の上に重ねて貼るのである。もちろん Collen もアイデアだけだと断わっているが、仮想の感光剤を前提にしているうえに「加色法」「減

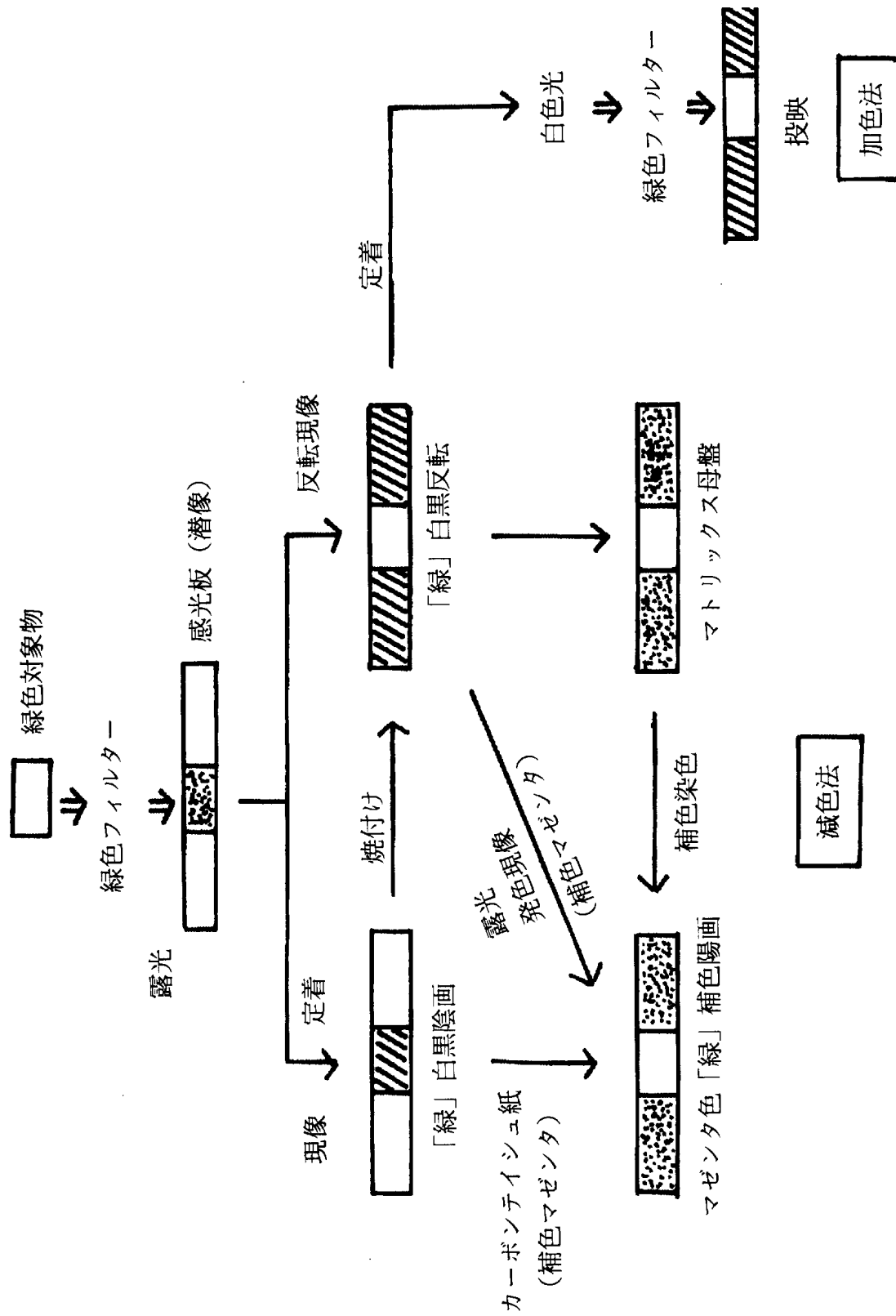
色法」を混同しているところもあって、これでは夢物語に近いと批評されても仕方がないだろう。ウィーン写真史家 Eder の言うところによると、Eder と同郷人ウィーン貴族 Ransonnet 男爵は 1865 年に Collen と同じような 3 原色を使って 3 色写真印刷を試みたそうであるが、これも単なるアイデア止まりらしい⁽⁶⁵⁾。

7. 「加色法」と「減色法」

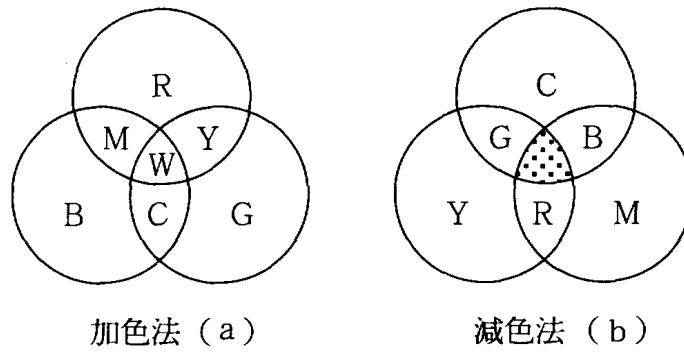
Maxwell は自分でも認めているように、そう満足できる成績を挙げることはできなかとは言え、カラー写真の実現に向かって一步を踏み出した。しかし彼はこれ以上にその手法を拡張して完成させる努力をしなかったようである⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁷⁾⁽⁶⁸⁾。報告の最後に言っているように長波長部に十分な感光性をもつ感光剤が開発されるまでは無理だと思ったのであろう。しかし、アイデアだけとは言え Collen が目指した方向には研究の余地は残っていたはずである。すなわち天然色カラー「紙写真」である。これには 3 台の映写機は必要ないし、手に取って眺めることも、アルバムに貼ることもできる。Maxwell が手掛けることなく終わった、この方面の仕事は彼の実演から 8 年も後になって 2 人のフランス人 Louis Ducos du Hauron (1837-1920), Charles Cros (1842-1888) の手によって先鞭が付けられることとなった。この 2 人の新しいところは、いわゆる「減色法」(subtractive process) に目を付けた点である。

次にこの 2 人の「減色法」発明を説明するのだが、その前に順序として「加色法」と「減色法」の原理を復習しておこう。

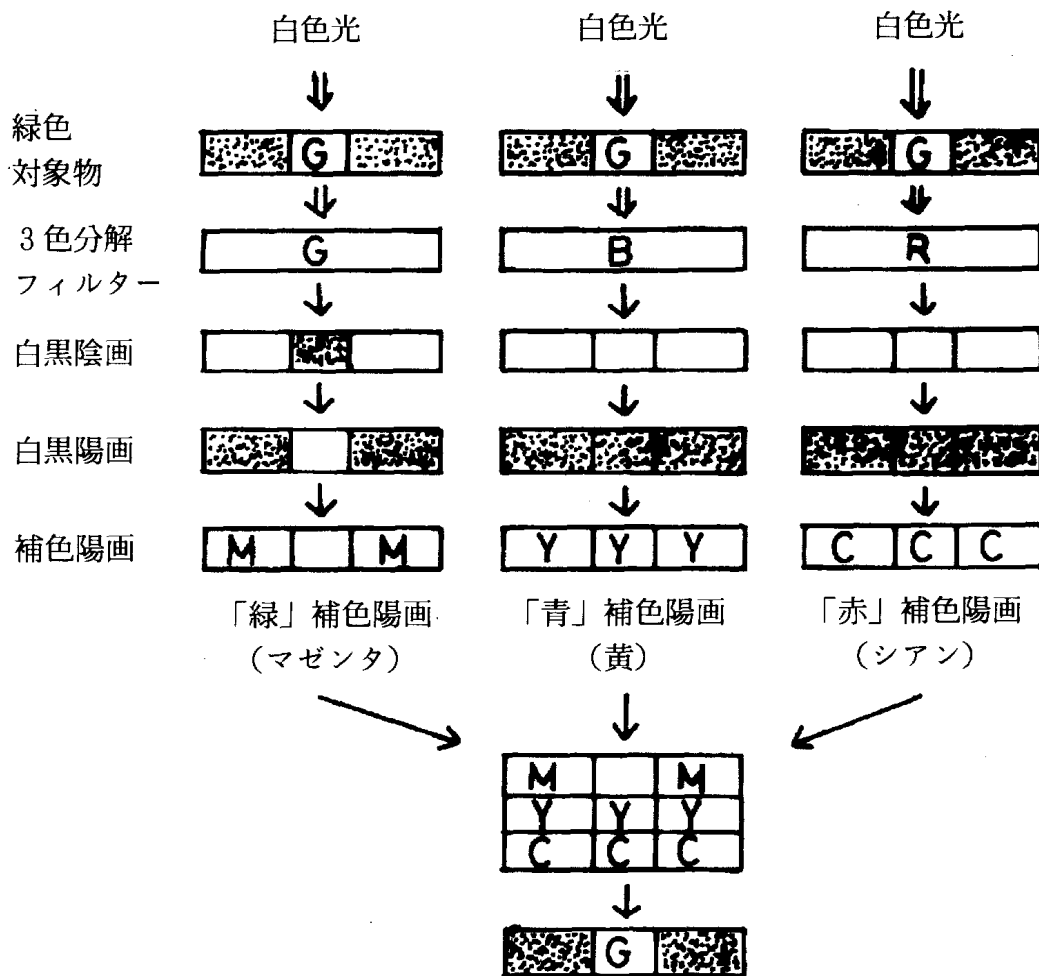
いま、ある対象物の中の緑色部を「加色法」で、白色スクリーンの上に写真的に再現する場合を考えてみよう（第 1 図）。これには、すでに述べたように先ず緑色フィルターをとおして白黒写真を撮る。露光した物を普通に現像定着すると「緑」白黒陰画ができる。これを焼き付けて「緑」白黒陽画とする。同じ陽画は陰画を経ないで反転現像によっても直接に作ることができる。このようにして作った「緑」白黒陽画では、対象物の緑が濃いところほど、その箇所がより透明となっている。「加色法」ではこの「緑」白黒陽画に緑色フィルターを掛けて、もとの緑色を与えて白色スクリーンの上に映写すればよい。



第1図 緑色対象物に対する「加色法」と「減色法」



第2図 「加法法」(a)と「減色法」(b)
 R (赤) G (緑) B (青) M (マゼンタ) C (シアン) Y (黄) W (白)



第3図 「減色法」による緑色の色再現

残りの色覚3原色, 赤, 青についても同じように「赤」白黒陽画, 「青」白黒陽画を作り, これらに対応する赤色および青色スクリーンをかけて白色スクリーンの上に投映して重ね合わす。その結果は第2図(a)のようになる。赤色光(R)に緑色光(G)が加わると黄色光(Y), 赤色光(R)に青色光(B)が加わるとマゼンタ色光(M) (magenta), 青色光(B)に緑色光(G)が加わるとシアン色光(C) (cyan) となる。

以上が「加色法」の原理である。

これとは反対に「減色法」では, 白色光からある色光を除いて目的の色光にすることを考える。シアン色光には赤色光が全くない。これを逆に考えると白色光から赤色光を除けばシアン色光となるはずである。すなわちシアン色光と赤色光は補色 (complementary) 同士である。同じことは青色光と黄色光, 緑色光とマゼンタ色光との関係についても言える。

以上を踏まえて「減色法」によって対象物の中の緑色の箇所を, 透明顔料などを使って白紙の上に写真的に再現するもっとも単純な場合を考えてみよう。この目的には先ず緑色フィルターをとおして撮影した白黒陰画, 陽画からマゼンタ色の「緑」補色陽画を作る(第1図)。これにはカーボンティッシュ法などを使って「緑」白黒陰画から焼き付けて作る方法と, 発色現像法などで「緑」白黒反転から作る方法などいろんな種類がある。いずれにしても, この「緑」補色陽画は緑の補色であるマゼンタ色に染められている。マゼンタ色が濃いとその分だけ緑色を吸収するから, マゼンタ色の濃いところは緑色の薄い場所に対応する。すなわち元の対象物の緑色の「濃淡」をマゼンタ色の「淡濃」にすり替えて表現するのである。白色光からマゼンタ色光を除けば, その分だけ補色の緑色が濃くなる。マゼンタが「マイナス緑」(minus-green) とも呼ばれるのはこのためである。この関係は残りの補色同士についても同じで, シアンは「マイナス赤」黄は「マイナス青」と呼ばれる。

さて緑色フィルターによる作業が終わると, さらに残りの色覚3原色の青(B), 赤(R) フィルターをとおして撮影し, これらから「青」補色陽画(黄色), 「赤」補色陽画(シアン色)をつくる。これらのマゼンタ色, 黄色, シアン色透明顔料で染められた3枚の陽画は, これを正確に重ねて白紙の上におく(第3図)。これらの陽画はそれぞれマゼンタ色フィルター, 黄色

フィルター、シアン色フィルターと考えてもよい。これらのフィルターを重ねて白色の台紙を見ると結果は第2図(b)「減色法」のようになる。シアン色フィルター(C)とマゼンタ色フィルター(M)が重なったところでは、白色光からこれらの色光が除かれて青色光(B)だけが通過する。同じように白色光からマゼンタ色光(M)と黄色光(Y)が除かれると赤色光(R)が残り、白色光から黄色光(Y)とシアン色光(C)が除かれると緑色光(G)が残る。どの色にも染められていない箇所では、どの色も除かれずに台紙の白だけが見えるから白(W)となる。反対にマゼンタ色、黄色、シアン色の全てがある箇所では、これらに対応する色覚3原色の全てが吸収され、どの色も残らないから黒色となる。このように白色光から色覚3原色に対応する補色のマゼンタ色光、黄色光、シアン色光を吸収し「減色し除いて」、もとの色をマイナスに再生するから、この方法を「減色法」と呼ぶのである。

以上を第3図の緑色部に当てはめると、白色からM、Y、Cすべてが吸収されて除かれたところは黒色となる。また図のようにYとCが吸収されると、残りの緑色(G)だけが通過できて、もとの緑色部が白紙の上に再現される。

もちろん実際の風景ではいろいろな色彩がいろいろな濃淡で混在している。しかしその「減色法」写真再生は以上で説明した単純な緑色だけの場合と原理的に同じである。先ず全ての色彩を色覚3原色である緑、青、赤に分解する。次に対応するマゼンタ色「緑」補色陽画、黄色「青」補色陽画、シアン色「赤」補色陽画をつくる。これら補色陽画の「濃淡」は、もとの色覚3原色の「マイナス表現」すなわち「淡濃」に対応する。

白紙は白色透過光と考えても同じであるから、これらの補色3陽画を重ねた物を白色光で白色スクリーンの上に投射することによっても、白紙の上のときと同じようにもとの対象物の色彩を白色スクリーンの上に再現することができる。

8. Du Hauron と Cros の「奇妙な出会い」(1869)

Louis Ducos Du Hauron (1837-1920) は1837年12月8日南仏Langon市(Girond県)に税務吏の子として生まれた。彼には3歳うえの

兄 Alcide (筆名) (本名 Jean-Marie-Casimir) がいた。Du Hauron は幼児のときから身体が弱かったが、天才的なところがあり絵画、天文学などに興味を示した。やや大きくなってからは音楽が好きになり、15歳にはピアノの難曲を弾きこなしてピアニストとして世間に知られるような腕前になった⁽⁶⁹⁾。21歳(1858)のとき Chevreul「色彩論」を読んでから、カラー写真の可能性について考えるようになり、Agen市科学アカデミー (Société des sciences et arts d' Agen) にこの問題について2つの報告を提出した。この「色彩論」の Michel Eugène Chevreul (1786-1889) は当時すでに72歳でフランス科学界の長老として知られていた⁽⁷⁰⁾。彼は1889年(明治22年)に103歳で死亡したから、フランス革命からエッフェル塔まで生きた長寿の化学者としても有名である。Chevreul のもっとも優れた業績は1811-23年にかけて行った油脂の化学的研究であろう。これは1823年「脂肪の化学的研究」(Recherches chimiques sur les corps gras) に纏められた。この本の刊行の年1823年に Claude Berthollet (1748-1823) が死亡した。Berthollet はかつて Lavoisier の共同研究者であり「ゴブラン製作所」(Manufacture Royales des Goblins) の所長をしていた。この彼が死亡したので1824年から Chevreul がその後を襲ったのである。前所長の Berthollet は従来とかく経験と勘に頼りがちであったタペストリーの製糸、染色、機織などの過程に化学を応用して新生面を開いていた。Chevreul も当然この方針を継承したが、彼が特に力を入れたのは染料、染色の研究である。この方面の著書に所長就任後6年目に書いた「染料化学講義」(Leçons de chimie appliquée à la teintures) がある。これは実用的に書かれていて染色業者などには大いに歓迎された。そして1839年になってから書いたのが問題の「色彩論」である。

「色彩の同時対比の法則」(De la loi du contraste simultané de couleurs)

この本の出版と同じ1839年に53歳の Chevreul はフランス科学学士院の院長に推薦された。前任者は例の「ヘリオクロミー」の Edmond Becquerel の父 Antoine である。院長就任のこの年はまた写真発表ラッシュの年でもあった。Daguerre, Talbot, Herschel などの写真研究は多く科学学士院例会で発表されたがその時の司会は全て Chevreul がした。8月19

日科学学士院と芸術院との共催で行われた歴史的なダゲレオタイプ公開講演の司会も彼がしている⁽⁷¹⁾。

「色彩の対比」研究が彼の「ゴブラン製作所」での染色の実地経験と観察を踏まえたものであるのは言うまでもない。ゴブラン織では別べつに染色した糸を交差させて織物とする。ここでは個々の糸の色だけでなく、隣合わせた糸の色との間の「同時対比」が問題となる。たとえば明るい色に接して暗い色をおくと、その境界の所で明るい色はより明るく、暗い色はより暗く「見える」。また補色同士を隣におくと、それらを独立に見たときより、双方ともずっと鮮やかに「見える」⁽⁷²⁾。Chevreul はそうとは言っていないが、彼の研究は色覚の心理学なのである。Chevreul の採用した3原色は赤、黄、青である。この3色を円の中心において、その外周にこれら相互の混色を配置する。こうすると何層もの色の同心円ができ、ここに少しずつ違った色合いが配置されることになる。このようにしてChevreul は15,000もの色合いを記述することができた。この時分のことでまだスペクトル分析による色彩の分類などはなされていないから、Chevreul の研究は多分に素朴で経験的、心理的であるのは免れない。それでも「色彩論」は染物屋、織物業者、画家などの指針として信奉され、彼は「色彩論」の大家としての名声を得た。

この「色彩論」が絵画に与えた影響も大きい。たとえばロマン派の大家P. Delacroix（1798-1863）は色彩についてChevreulの助言を求めている。ロマン派は古典派の尊重する均斉と調和を捨てて、より激しい動きを強烈な明暗と色彩のコントラストで表現するのを目標としていたからである。この傾向はやがてC. Monet（1840-1926）の「印象派」（impressionnisme）運動となり、さらにGeorge Seurat（1859-91）の「新印象派」（néo-impressionnisme）の「点描画法」にまで進む。これらの運動の指針になったのがChevreul「色彩論」である。

さて1862年25歳になったDu Hauronは家族の友人で学士院会員のLélutを介してフランス科学学士院に次の報文を送り、これを科学学士院で発表してくれるように依頼した。

「写真による色彩の再生問題の物理学的解法」（Solution physique du problème de la reproduction des couleurs par le photographie）

この発表は後に申請する特許のほとんど全ての萌芽を含んでいた。彼が選んでいる 3 原色は赤、黄、青であり、これらの色フィルターを用いて自然色を写真的に分解し、あとでこれを合成する。このほかに加色法「クロモスコープ」「色スクリーン法」の原型も示唆されている。Lélu が同僚の物理学者に発表の可否を相談したところ、このアイデアでは実現できるかどうか疑わしいと言う意見だったので却下した⁽⁷³⁾。内容にはかなりの誤りがあるから、この時点では却下されたのは当然かも知れない。この提出原稿はあとで兄が纏めた著書 (1897) の巻末に付録として再録されている⁽⁷⁴⁾。

Du Hauron はさらに研究を重ね 6 年後の 1868 年 11 月 23 日にフランス特許を申請し、これが次の年 1869 年 2 月 3 日に許可された (フランス特許 83,061 号)。

「写真における色彩、その解決」(Les couleurs en photographie, solution du problème)

これを聞いて驚いたのが Charles Cros (1842-1888) である。Cros は Du Hauron より 5 歳若く 1842 年 10 月 10 日南仏 Fabrezan 市 (Aude 県) に生まれた。学者の多い家系であり裕福でもあった。9 歳上の兄 Antoine は医者で、2 歳上の兄 Henri (1840-1907) はあとで著名な彫刻家、画家、詩人となる。Cros は早くからパリに出て勉強し、早熟の奇才として聞こえた。なにしろ 16 歳でオリエント語の講座を開設したと言われている。1860 年 18 歳で聾啞学校の化学教師となったが、医学を修行するのだと言ってすぐにここを辞めた。結局は医者にはならなかったが、子供のときから抱いていた自然科学への興味は終生失わず、時代の流行に乗った問題に頭を突っ込んで、奇抜なアイデアを提出して人を驚かした。たとえば自動記録電信 (1867)、衛星との光通信 (1869)、そして同じ 1869 年のカラー写真アイデアである (27 歳)。あとの研究発表に蓄音機 (1879)、脳の機構 (1880) などがあり、蓄音機発明ではエジソンとその優先権を争うことになった⁽⁷⁵⁾。

さて Cros 「カラー写真」であるが、彼は 2 年前の 1867 年 12 月 2 日に 2 枚のカラー写真作品に手紙を添えて封印し、これを科学学士院に寄託していた。これは Cros からの要請で 9 年あとの 1876 年 6 月になって開封公開された⁽⁷⁶⁾。手紙は短いものであったが、「加色法」と「減色法」の原理

が記載されていた。

Cros のカラー写真研究の動機についてはよく知られていない。Cros は印象派画家たちとの交際が多かったから、彼特有の珍し物好きに加えて、画家であった兄 Henri からの影響も見逃せないであろう。

こんな訳で Du Hauron の特許は Cros にとって驚きであった。彼は Du Hauron の特許許可の 2 週間あと科学雑誌「Les Mondes」2 月 25 日号に自分の手法の大要を発表した。これは少し改訂を加えて、この年の内に 12 ページの小冊子として出版された。

「カラー写真問題についての一般的解決法」(1869)⁽⁷⁷⁾

(Solution générale du problème de la photographie en couleurs)
短い報告であるから原理だけが示されていて、詳しい操作法などには全く触れられていない。「加色法」と「減色法」が説明されている。

Du Hauron の方も Cros の突然の出現に驚いた。そこで彼は地方紙「Le Gers」に 3 月 11 日から 4 月 6 日まで 6 回に分けて、かなり詳細な操作法を含めて連載した。この方も 1869 年中に 57 ページの小冊子として売り出された⁽⁷⁸⁾。

「写真における色彩—問題の解法」(1869)

(Les couleurs en photographie, solution du problème)

この小冊子の内容は Cros の物と違ってかなり組織だっていて、「減色法」(間接法)、「加色法」(直接法)などの実際が 4 章に分けて説明されている。

Du Hauron はフランス写真学会 (Société Française de Photographie) (1854 年創立) の総務 A. Davanne (1843-1912)⁽⁷⁹⁾ にも短い報告を書いて、これを写真学会例会で発表してくれるように要請した。おそらく写真学会でも Cros の仕事の事を知っていて、Cros に急いで短い報告を送るよう促したに違いない。Cros の速報の題は次のように長い。

「見えるもの全てを、そのもっとも重要な 2 要素である形と色と共に記録、定着、再生する方法」

こんな経緯のあと 1869 年 5 月 7 日の例会で総務 Davanne が Du Hauron からの手紙を紹介し、その上で両者の間の優先権について発言した。Du Hauron の手紙は次のとおりである⁽⁸⁰⁾。

「数年間の努力のすえ私は写真によって色彩を写し、かつこれを固定す

る問題を解決いたしました。これは全く他に例がないと確信しております。私は私の近くの地方紙『Le Gers』に報告を連載し（3月11, 13, 16, 18, 20, 23日および4月1, 6日）この中で私は1868年11月23日にフランス特許を申請した方法の原理についてかなり詳しく説明しました。これは近くまとめて小冊子として出版するつもりです。私はここにフランス写真学会に私の手法を報告し、これに数枚のサンプルを添えます。これは後で追加するつもりです。私はこの最初の報告がほぼ完全に近いなどとは思っておりませんし、することがまだ多く残っているでしょう。第一、よい成績を挙げるには最高級の装置を必要としますし、まだ発見されていない化合物も作らねばなりません。それでも私の手法のデモンストレーション用にとお送りしてありますサンプルは、私の手法が決定的なものであるのを証拠づけるものと信じます。

以上のような報告は現在、改訂中の私の小冊子が出版される時まで控えた方が賢明だと思っておりますが、私の手法にかなり近い別のヘリオクロミー法 (héliochromie) が近く報告されようとしております。それでこの時点では私の手法をいまずぐに写真学会に提出するのが駆け引きのうえで賢明だと判断いたしました。私の発明の優先権は申請の時期から明らかです。」

総務 Davanne 氏の両者の優先権に関する報告は次のとおりである。

「最近ヘリオクロミー法について2つの報告が提出された。1つは『Le Gers』紙に発表の Ducos du Hauron 氏の物で、もう1つは『Les Mondes』誌に発表された Charles Cros 氏の物である。これら2つの報告は大変に良く似ていて、同じ原理を報告している。それは同じ表面に自然の色全体を区別しないで再現する代わりに、赤、黄、青の3原色に対応する3枚の印画 (épreuves) に分離するのにある。これらの3枚の単色印画は写真のままの濃淡の諧調を示す。ある種の合成法で融合させると、これらはスペクトルの全ての要素を含んでいるから、これで残りの全ての色合いを与える。

私はこれについて優先権を調べる必要はないと思う。2人の研究者はそれぞれお互いの事を知らずに研究して、その成果がこの2つの報告になったのは疑いない。その結果、一方では Ducos du Hauron 氏が

Marion 氏を介して私に自分の研究をこの写真学会に提出してくれるように頼み、一方では Cros 氏も自分の報告にも注目してくれるように頼み、その簡潔な要約を写真学会に提出しようと約束した。現在、私はここに証拠として Ducos du Hauron 氏の印刷物だけでなく、彼の初期のサンプルも持ってきているので、この問題についての氏の発明について少し説明しようと思う。また私は Ducos du Hauron 氏のすでに印刷している小冊子が早く売り出されるのを望むものである。

理論の部の『法則』は込み入っているので、分かりやすく短くするために、ここでは実験の部だけの説明にとどめようと思う。Ducos du Hauron 氏は円を 12 のセクションに等分して、ここに太陽スペクトルの色を配して、これを彼の方法で再現しようと試みた。これには 3 種の印画を必要とする。第 1 の印画は青のセクションで最高の強度を示し、赤と黄に行くにしたがって強度が減少する。前者が紫色に後者が緑色に対応する。第 2 の印画は赤のセクションで最高の強度を示し、左右に行くに従って強度が減少し、紫色とオレンジ色に対応する。第 3 の印画は黄のセクションで最高の強度を示し、左右に行くに従って強度が減少して、オレンジ色と緑色に対応する。これら 3 つの諧調ある単色印画とその透明陽画（中崎注：着色）ができれば、これらを重ねるだけで元の色彩の画像が再現できる。

一遍にこれらの単色陽画を作る方法もあるが、Ducos du Hauron 氏は 3 つの陰画を作る方法を推奨している。このうち 1 つは赤単色陽画に対応し、2 番目は青単色陽画に、3 番目は黄単色陽画に対応する。これらの陰画から彼はそれぞれの単色陽画を作り、これを重ねていろんな色合いを作った。陰画（clichés）は臭化銀紙で作るが、著者はこれを詳しく説明している。青用の陰画を撮るのには、対象物の中のこの色およびこれとの混色の全てを遮り、これらが感光膜に作用しないようにしなければならない。このためにはオレンジ色ガラスをとおして陰画を撮る。このときの露出は当然、非常に長いですが、できた陰画には青とその混色が僅かにその痕跡をとどめるだけで、赤色と黄色は十分に写っている。赤単色陽画を作るための陰画には赤色光を緑色ガラスで遮る。黄単色陽画の陰画は青スミレ色ガラスをとおして撮る。

こうして 3 つの陰画ができたなら、これから単色陽画を作る。この感光膜にはいろんな材料が使えるが、ゼラチンと重クロム酸カリウムの水溶液に必要な顔料を加えてこれを作った。これらの赤、青、黄の重クロム酸ゼラチン膜ができると、このうえに対応する陰画を重ねて焼き付ける。すなわち青スミレ色ガラスをとおして作った陰画を黄色ゼラチン膜の上に重ねて、焼き付けたのち水洗すると黄単色陽画ができる。同じように緑色ガラスで作った陰画は赤色ゼラチン膜のうえで、またオレンジ色ガラスで作った陰画は青色ゼラチン膜のうえで焼き付ける。焼き付けのあと現像、乾燥し重ね合わすと、全ての色彩の諧調を示す多色画像ができる。この報告に添えられた Ducos du Hauron 氏のスペクトルの画像は確かに完全にはほど遠い。それでも、これはその主張するところを支持するに十分である。2 番目の印画 (épreuve, 中崎注: 紙色陽画) は、おそらくカメラによらず透明陽画を重ねて焼き付けて作った複写であるが、元の絵に大変近いと判断できる。」

Du Hauron と Cros の和解は同じ年の 7 月、雑誌「Cosmos」の上で決着した。Cros は次のように言う⁽⁸¹⁾。

「ご承知のように、この問題に関して私と Ducos du Hauron 氏との間に優先権の争いが持ち上がりました。お許しを願ってあえて申し上げますが、これに関する事態は大変に美しく、かつ友好的に進行しておりますので、私はこのライバルと親密な関係を保っております。」

これに対して Du Hauron は次のように答えている。彼も負けてはいない。「これは確かに珍しい偶然です。200 キロメートルも隔たって、お互いに相手を知らないで、ほとんど同じ発想を同時に得たのです。仕事が同時であったことを残念に思うどころか、私はあなたのように業績があり知識においても優れた方と、同じ発見を共有できたことを喜ばずにはおれません。1868 年 11 月 23 日に申請した私の特許は 1869 年 2 月 23 日に許可されました。そして、あなたのカラー写真に関する見事な理論は 2 月 25 日『Les Mondes』誌に発表されました。」「私はあなたが発表されました理論の優先権を認めた最初の人間の 1 人です。と同時に私は私の特許の実用的価値から全く離れて、自分が発表した理論の独自性に対して同じような優先権を主張するものであります。」

おそらく Cros の方は実用的には Du Hauron の方がずっと先を行っているのを認めざるを得なかったろうし、Du Hauron の方でも Cros が自分の特許権にクレームを付けなかったのを諒としたのであろう。Du Hauron は9年あとで兄 Alcide との共著で刊行した著書の中に「Charles Cros 氏との奇妙な出会い」(curieuse rencontre avec M. Charles Cros) なる1章を設けて、これらの経緯をかなり詳しく説明している⁽⁸²⁾。2人はあとで友人となり、一時は共同して研究する計画もあったらしいが、これは Cros の早世で実現しなかった。

9. Cros 「カラー写真問題についての一般的解決法」(1869)

まず Cros の発表から見ることにしよう。Cros が1867年12月2日にフランス科学学士院に寄託した包は、彼の要請で9年もあとの1876年6月26日例会で開封された。これには2枚の作品も同封してあった。総務 Desains の立会いの下に披露されたその内容と Cros の手紙の要旨は「Compt. rend.」誌に次のように報告されている⁽⁷⁶⁾。

「Ch. Cros 氏は Desains 氏を介して2枚のカラー写真作品 (épreuves de photographie colorée) に添えて1枚の手紙を学士院に提出した。この中には1867年12月2日に提出した封印包を開封して欲しいとあった。総務の立会いで開封するとノートが入っていた。その題は次のようである。

「色、形、運動を記録し再生する方法」(Procédés d'enregistrement et de re-productions des couleurs, des formes et des mouvements)

(要旨) 始めに同じ絵画の写真 (épreuves photographiques) を3枚続けて撮影する。最初の感光板のときはふつうの写真機の対物レンズと絵画の間に赤色ガラスをおき、第2番目のときは黄色ガラスを第3番目のときは青色ガラスをおく。絵画に含まれている (中崎注: から反射される) 赤色光は赤色ガラスを極大で通過するだろうし、これは残りの2つの光線と2つの色ガラスでも同じである。この3枚の感光板 (épreuves) から3枚の陽画 (positifs) を作り、これらの陽画にそれぞれ赤色光、黄色光、青色光を通過させてこれをスクリーンに投映する。映像を

重ね合わせると、この合成映像は元の絵画を自然色のままに再現する。赤色光、青色光、黄色光をとおした3つの陽画の映像を重ね合わせるのは困難である。しかしこの困難は実際に3つを重ね合わせ代わりに、同じ場所に3つの映像を素早く交替に投射することで避けられる。また、これらの陽画 (épreuves positives) を、それを作るときに使った色の補色で染めてから、白い表面の上でこれらを重ね合わせると、再生すべき絵画がすべて元の色合いのままに再生できる。その精密さは使用する染料の純粋さと透明度によってだけ支配される。」

このように1867年の段階でCrosは3色分解フィルターに赤、黄、青を使っている。次に現在の言葉で言う「加色法」と「減色法」とによる色再生の説明が続く。「加色法」の第1案はMaxwellと同じであるが、第2案は視覚の残像現象を利用して「同じ場所に3つの映像を素早く交替して投射する」のである。このとき利用する「だまし円盤」は1833年フランス人Plateauとオーストリア人Stampferが考案して、この1867年当時ヨーロッパで流行していた玩具で活動写真の原型に当たるものである⁽⁸³⁾。

現在の言葉で言う「減色法」の説明が最後にある。3色分解白黒陽画をその補色に染めた物を白紙の上に重ね合わせるのである。

次にCrosがDu Hauronの特許を知ってすぐに「Les Mondes」誌に投稿した「カラー写真問題についての一般的解決法」の内容を吟味してみよう。題目「Solution générale du problème de la photographie en couleurs」をDu Hauron「写真における色彩一問題の解法」(Les couleurs en photographie, solution du problème)と比較するだけで、CrosがDu Hauronの業績を意識している様子が分かる。また内容もそれを裏付ける。「Les Mondes」誌に掲載されたこの報告は、あとで少し手を加えて1869年の内に、12ページの小冊子(頒価1フラン)として刊行された。

この小冊子は5章と最後の短い付録からなり、第1、2章は短くて抽象的な内容である。次の第3章からプロセスの説明が続くが、これは「分析」と「合成」に分けられている。まず「分析」から説明する。現在の言葉でいう「3色分解」である。これには「順次分解法」と「同時分解法」がある。「順次分解法」はさらに3つに分けられる。

順次分解法

1. 赤, 黄, 青色ガラスをフィルターとして3枚の色分解陰画を撮る。Crosは書いてないがコロジオン湿版である。色ガラスの代わりに色ニスを塗ったガラスや, 着色水槽も使用できる。
2. プリズムで赤, 黄, 青に分解してから, これを3枚の陰画に撮る。ただし具体的な方法は示されていない。
3. 赤, 黄, 青光線で照明して, これを3枚の陰画に撮る。

同時分解法

プリズムとレンズ系を組み合わせて, 赤, 黄, 青に分解した像をカメラの中で「3つの場所で3原色の陰画を同時に作る。」ただし, ここでも「像の歪曲を補正する必要がある」と言うだけで具体的な方法はなにも示されていない。

第4章には現在の言葉で言う「加色法」と「減色法」による「合成法」の簡単な説明がある。この説明は明快とは言えない。

第5章ではその「合成法」の実際がかなり具体的に説明されている。この合成法にも「順次合成法」と「同時合成法」がある。

順次合成法

9年前の速報にあるように流行の「だまし円盤」を利用する。狭いスリットから前方で回転する円板を覗く。回転円板には円周に沿って連続的に少しずつ進行する「運動相」が描かれている。視覚の残像効果で別べつの画像が合成されて, 1つの「運動」として知覚される。

「このごろゾートロープ (zootrope, だまし円筒) と言う名前で流行し始めたフェナキスティコープ (phénakisticope, だまし円盤) を使うと順次合成の説明がしやすくなる。1枚1枚の絵が迅速に交替するから, これを眺めると印象が網膜の中で合成される。同じように重複した視覚のところで3色の合成がおこる。この方法は透明陽画をスクリーンに投映してもできるし, これを紙陽画 (vue direct) にしてもできる。」

ただし, これにも具体的な工作法などの説明はない。

同時合成法 これも3つに分類される。

1. 3つの着色画像をガラス板で反射させて, これを重ね一方の端から見る方法である。

「反射による合成ではメッキなしの鏡 (glaces transparents) によって

3つの像を同じところで見えるようにする。よく知られているようにメッキなし鏡は、後ろにあるものを見せるが、前にある明るい物は反射する。」

これもこれだけで具体的な説明はないが、あとで多くの人が多くの案を提出する「クロモスコープ」(chromoscope) のことである (第 4 図)。

2. この第 2 案のプリズムと使う合成法は Cros も自信があるようで、他とは不釣合いに長ながと説明されている。プリズムで分散された赤、黄、青 3 原色のスペクトルの場所で 3 枚の白黒陰画を撮り、これを対応する色に塗ってから元のスペクトルの位置におく。そして、これを入射光の位置から見る。これは投映してもよい。もっと簡単にするには、着色しない白黒陽画を元のスペクトルの位置におき、白色光を当てる。

「それぞれの色光線が出てきた行跡を辿って白色光線を通させるだけでよいのである。もとの絵画の再生には、これを直接の眼で見てもよいし、スクリーンに投映してもよい。この解決法は人工染料に頼るところが全くない点で優れている。」

このプリズム案を実現するための光学系の工作はそう簡単ではない⁽⁸⁴⁾。

3. 最後に現在の言葉で言う補色「減色法」の説明がある。Cros によると「synthèse antichromatique」(マイナス色合成法) である。Cros は緑を「赤の antichromatique」と呼んでいる。現在の言い方では緑は「マイナス赤」であるから、Cros の「antichromatique」は「マイナス」に対応する。だから私は「synthèse antichromatique」を「マイナス色合成法」と訳したのである。

「マイナス色合成法 (synthèse antichromatique) では、実際に 3 つの陽画を 1 枚の白い表面または透明板の上で重ね合わすことによって、特殊な装置を使うことなく結果を見ることができる。

いかにしてこれを実現したかを次に説明する。3 種の陰画から石または鋼鉄の上に 3 種のヘリオグラフ板 (planches héliographiques) を作る。これを刷ると 3 枚の陽版画 (épreuves positives) ができる。この赤陽版画で色の濃いところは、元の絵画で赤の少ないところに対応し、透明なところは赤が極大のところに対応する。赤のないところには黒か、黄や青があるはずである。この赤に対応する陽版画から赤の補色

(couleur complémentaire) である緑色の版画を刷る。この版画をマイナス赤陽画 (positif antichromatique du rouge) と呼ぶことにしよう。この緑色版画の上に紫色のマイナス黄陽画を、そして最後にオレンジ色のマイナス青陽画を刷る。この第2, 第3の印刷では透明絵具を使って、下の色が見えるようにする必要がある。実際に実験をするのには緑, 紫, オレンジ光線で陰画を撮ってから, 赤, 黄, 青で印刷した方がよいかも知れない。」

このように Cros は3色分解陰画から補色陽画にするのに、中間に不便な版画原板を使用し、これを補色インキで刷るプロセスを採用している。この版画原板は Niépce de St. V が開発した写真印刷「ヘリオグラフ法」(1855) で作る⁽⁸⁵⁾。また印刷インキには緑, 紫, オレンジ色を使う。これは3色分解に赤, 黄, 青色フィルターを使うからである。しかしこれでは不便と悟ったのか、最後にさらりと「実際に実験をするのには緑, 紫, オレンジ光線で陰画を撮ってから, 赤, 黄, 青で印刷した方がよいかも知れない」と言っている。これは次に説明する Du Hauron の案である。おそらく Cros は Du Hauron の特許を読んでこれを知り、急遽このところを補足したのであろう。また以上の説明からも分かるように、この時点で Cros は Du Hauron と違って「減色法」より「加色法」に重点をおいている。また全体として単なる「アイデア倒れ」に終わっているところが目立つ。

10. Du Hauron 「写真における色彩 — 問題の解法」(1869)

すでに説明しておいたように Du Hauron は1869年2月に科学雑誌「Les Mondes」2月号に出た Cros の報告を読んで、急いで自分の仕事を地方紙「Le Gers」に3月から4月にかけて発表した。これは前年11月に提出した自分の特許明細に長い理論の部を追加した物である。これが1869年内に57ページの小冊子として売り出された。5月7日フランス写真学会で総務 Davanne が Du Hauron の業績を紹介したとき、まだこの小冊子は出版されていないから Davanne が参考にしたのは「Le Gers」紙の記事だけであろう。Davanne の紹介した内容とこの小冊子「写真における色彩—問題の解法」を比較してみると、Davanne が参考にした「Le Gers」紙の記事とこの小冊子とはほとんど同じ内容であることが分かる。

総務 Davanne の紹介記事はすでに引用しておいた。これは大変に要領よく纏められている。

つぎに少し詳しく小冊子「写真における色彩—問題の解法」の内容を紹介しよう。全体は 5 章に分けられ、それぞれに題がついている。

第 1 章 問題の設定

第 2 章 間接法または変換法の理論的説明

第 3 章 間接法または変換法の実際

3 枚の陰画の作り方, 3 つの単色陽画を作ること, 結果
についての要約

第 4 章 直接法—別の融合法のいろいろ

第 1 章 問題の設定

かなり長い序文で、最初に次のように言う。

「太陽をしてそれが与えた色のままに描かせる。これが私が考え付き固執している問題である。すぐに説明するように、私の方法は間接法 (indirect) で、将来にわたって行われるかも知れないと言う意味で、これがおそらく唯一の実用的方法であろう。」

ここで言う「間接法」は Becquerel, Niépce de St. V らいわゆる「直接法」に対してこう呼んでいるが、その内容は「補色陽画」を利用する、現在の言葉で言う「減色法」を主にしている。Du Hauron は Cros と違って始めから「減色法」に主力をおく。「減色法」はまた「変換法」(procédé d'interversion ou indirect) とも呼ばれている。次に第 2 章に移る。

第 2 章 間接法または変換法の理論的説明

Du Hauron の「減色法」説明はこう始まる。

「無色で完全に透明な薄膜が 3 枚あるとする。その第 1 に赤色感光剤を、第 2 に黄色感光剤を、第 3 に青色感光剤を塗るとしよう。これらの感光剤は光に当たると脱色されて、それぞれ 3 つの色陽画 (épreuves) を与える物とする。第 1 のが赤色、第 2 のが黄色、第 3 のが青色である。」

ここで言う「épreuves」は「補色陽画」のことである。このように Du Hauron は実際の操作から離れ、直接に「補色陽画」を作ると言う、ありもしない感光材を仮定して話を始める。このため、かえって混乱して理解しにくい。現在のわれわれは Maxwell 実験で見たような色覚 3 原色説を頭

において考える。ところが Du Hauron と Cros は先に印刷インキに使う顔料3原色「赤, 黄, 青」から考えを進める。このため彼が使う3色分解フィルターは「赤, 黄, 青」の補色である「緑, 紫, オレンジ」色となる。さてこの仮想の感光材をカメラに入れて, 補色のフィルターで撮影する。

「対物レンズの前に緑色ガラス(中崎注: フィルター)をおいたカメラで, あとで赤陽画を与えるはずのフィルム(pellicule)の上に写真を撮る。緑色ガラスは3原色の中で黄色と青色だけを通すから, この赤陽画(épreuve positive rouge)の上には対象物から出た黄色と青色の光だけが痕跡を残すことになるだろう。別の言葉で言えば, このフィルムの上には赤色の不在が表現されているから, この赤陽画が白い表面におかれると対象物の表面の各点から放射されるこれら2つの単色(中崎注: 黄色と青色)の割合に正確に比例して白や灰色(demi-teintes)が見える。赤色は緑色ガラスに遮られる唯一の単色光であるから, これはこの赤陽画の上では赤の暗部として表現される。」

この中に出てくる「赤陽画」(épreuve positive rouge)は第1図のマゼンタ色「緑」補色陽画に相当する。

「次に黄の陽画になるはずのフィルムの上に, 対物レンズの前に紫色ガラスをおいたカメラで写真を撮る。」「最後に青の陽画になるはずのフィルムの上に, 対物レンズの前にオレンジ色ガラスをおいたカメラで撮影する。」

こうしてできた3枚の色陽画を重ね合わせる。

第2章は小冊子全57ページの約半分26ページを占めるが, ここまでが4ページで第2章の残り23ページのほとんどは Du Hauron の言う12「法則」(loi)の説明に当てられている。これは「この色とこの色を重ねたらどうなるか」「この色からこの色を引くとどうなるか」などの, いわゆる「法則」がゴタゴタと説明されている。フランス写真学会総務 Davanne は1869年5月7日に行った紹介で, 賢明にもここを飛ばして「実験の説明だけにとどめようと思う」と逃げている。この理論的な「法則」の部分は Du Hauron が書くのにもっとも苦労した部分であろう。自分の手法がこんな複雑で壮麗な「法則」の上に築かれているのを示すためである。

第3章 間接法または変換法の実際

第 3 章 (全 15 ページ) は実際の操作の説明であるから、そんなにゴタゴタしていないが、それでもところどころに Du Hauron の「法則」が顔を出している。「法則」は理論と実際の結果が一致しない言い訳に使用される場合が多い。単に緑色ガラスと言っても、吸収スペクトルでその特性を指示するのではないから、どうしても経験や勘に頼らざるを得ない。このため第 3 章は次の言い訳から始まる。

「しかし読者はかなりの例外があるのに気付かれたはずである。ただ、これらは大変にうまい具合に修正ができています (とくに単色第 3 法則の項を見よ)。もっとも、この結果のある物は、これらの法則のどれかを厳密に適用したら説明できたに違いないものである。例はこれだけではない。光学の法則ほど複雑で矛盾の様相を呈するものは他にない。とくに写真感光剤でそうである。」

この次に操作の要約がくる。

「まず私が行っているとおりに私の間接法と、これに一般論を実用化してみても出てきた修正を加えて書こう。あとで詳しく説明する銀塩を使い、3 枚の陰画 (cliché) を作ることから始める。これらの第 1 は緑色ガラスを通して、第 2 は紫色 (violet) ガラスを通して、第 3 はオレンジ色ガラスを通して撮った。3 枚の陰画の作り方はあとで陽画を作るところで詳しく説明するから詳細は略す。

次に 3 枚の雲母板、さらによいのは 3 枚のコロジオン膜を用意し、この上に重クロム酸塩ゼラチン層を作る。第 1 の板または膜には赤色顔料を含んだゼラチン層を、第 2 のには黄色顔料、第 3 のには青色顔料を含んだゼラチン層を塗る。これらの 3 つの顔料は水に溶けないものとする。これらの膜をそれぞれの陰画の下において白色光で焼き付ける。すなわち、赤色膜は緑色ガラスを通して作った陰画の下で、黄色膜は紫色ガラスを通して作った陰画の下で、青色膜はオレンジ色ガラスを通して作った陰画の下で焼き付ける。これらの焼付けは膜の裏側、すなわち感光剤のついていない方からとする。次にこれらの 3 枚の膜を熱水の中に入れる。これらの着色膜で陰画の暗部に対応する部分は光線でも不溶性にならないから水に溶ける。これと反対に陰画の明部に対応するところは光線的作用を受けやすく、その透明さに比例して支材を離れるに当たって着

色ゼラチン層を厚く残す。こうして3枚の単色陽画ができる。これらの3枚の陽画を白い表面に載せて、おたがいに滑らせて対象物の輪郭がきちんと重ね合うようにする。これは容易にできる。すると、まるで魔法のように対象物そっくりの色と、明暗の対比を表現した1枚の絵が発生するのが見える。」

Crosは「色分解陰画」から「補色陽画」を作るのに Niépce de St. V 法による金属蝕版を経て印刷する方法を採っている。これに対して Du Hauron はここで見るようにカーボン印画法を利用して作る⁽⁸⁶⁾。この方がずっと簡便であるのは言うまでもない。カーボン印画法はフランス人 A. L. Poitevin (1819-82) によって1855年8月に発表され、イギリス人 J. W. Swan (1828-1914) がこれを改良してカーボンティッシュ法として1864年に特許を取得していた⁽⁸⁵⁾。

第3章の残りの部分はこの「色分解陰画」とカーボン印画法による「補色陽画」の作り方に当てられている。とくに「色分解陰画」の作り方に詳しい。

色分解陰画にはコロジオン湿板も使ってみたが、ここでの説明には臭化銀紙と使う。白紙を臭化カリウム水溶液に浸けて乾燥し、これを酒石酸とクエン酸の少量を含む硝酸銀水溶液の中に浸ける。これを浴から出して乾燥し最後に濃アンモニア水からの蒸気に数分間触れさせる。露出の時間は正確に書いてはないが「直射日光でオレンジ色ガラスの陰画に対して最低2時間を必要とした。」しかもこれは「増力」した上でのことである。3つのフィルターで撮った陰画の濃さには、大きな差があるから増力して揃えなければならない。増力にはハイポ定着の前と後の2法がある。Du Hauron は定着後が良いと言っている。

このようにして作った3枚の色分解陰画を焼き付けて「補色陽画」にするところの説明は非常に短い。重クロム酸塩ゼラチンに加える赤染料はアンモニア水に溶かしたカーミンで、黄顔料はクロム黄、青顔料はプロシア青である。これらを雲母板またはコロジオン膜に塗る。

「使うときはこの混合物を雲母板か透明コロジオン膜の上に広げる。光で焼き付けて不溶性にしてから、アンモニアを加えてない熱水によって画像を洗い出す（焼き付けは絶対に裏からするの忘れてはならない。）」

最後に他の「補色陽画」の作り方の可能性について触れて、この第 3 章を終わる。

「私のヘリオクロム法では 3 色インキをローラーで 3 枚のマトリックス (matrices, 母盤) や蝕版 (planches gravées) に塗り付けて印刷機で複製することもできる。」

第 4 章 直接法一別の融合法のいろいろ

ここで言う「直接法」(procédé direct) は, Becquerel, Niépce de St. V らのいわゆる「直接法」ではなくて、現在の言葉で言う「加色法」のことである。始めの案は Maxwell 「加色」投映法と同じである。3 枚の色分解陰画からカーボンティッシュ法で白黒陽画を作り、これに色分解のときに使ったフィルターを重ねて白色スクリーンの上に投映する。

「これらの 3 枚の透明陽画 (épreuves) を、これからの投映像が正確に重なるように配置された、3 枚のレンズで白色の表面に投射したら、スクリーンの上に自然そのままの多色画像が現れるのを見ることができるであろう。」

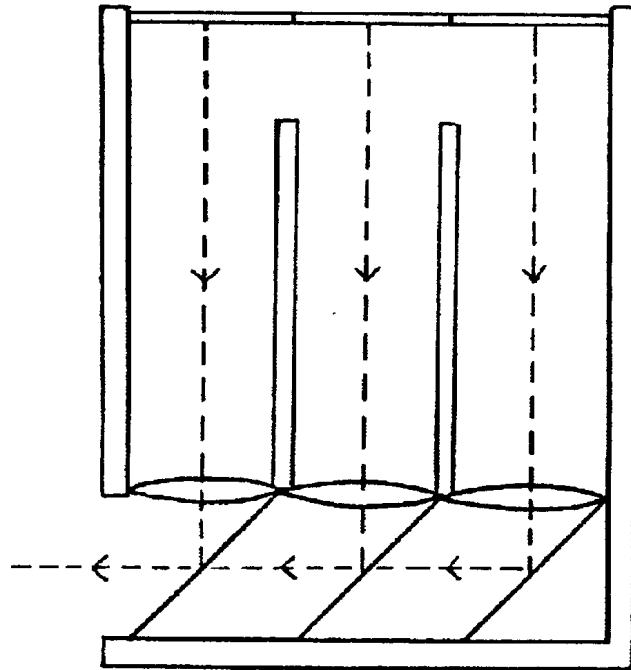
Cros もそうであったが Du Hauron もここで Maxwell の文献を全く引用していない。この時代の報告のスタイルだから仕方あるまい。次に Du Hauron は投映しないで直接に眼でみる装置を提案している。

「3 枚の透明陽画を 1 枚の絵に融合するに際して、3 枚のレンズを使う多レンズ系 (polyoramique) に代えて、銀メッキしてない 3 枚の鏡からなる装置を使うこともできる。これらの鏡は眼の前に次つぎとおかれていて、それからの反射で 3 枚の透明陽画を融合して見ることができる。」

これは Cros の報告にもあったもので、あとで「クロモスコープ」(chromoscope) と呼ばれる装置である。その構造のおよそは第 4 図から明らかであろう。上方の窓には色フィルターを重ねて透明陽画がおかれる。

Du Hauron 「直接法」の最後は現在の言葉で言う「色スクリーン」加色法である⁽⁸⁷⁾。この方法は、いわば Maxwell 「加色投映法」の色フィルターを細かく切って感光剤のなかに埋め込むと同じようなアイデアである。こうすると感光板は 1 枚で、露出も 1 回ですむ。最初に 3 色に染められた微粒子を使う「微粒子色スクリーン」法が提案される。

「この 3 重の操作をただ 1 つの面だけで行う方法がある。3 原色 (trois



第4図 Du Hauron「クロモスコープ」略図（1869）

couleurs simples) への分解はもはや透明陽画の助けを借りずに、3色に染められた粒子で機械的に覆われた半透明な板1枚だけで行われる。」

説明はこれだけであるが、実際に使うのにはこの上に感光剤を塗る。次に微粒子色スクリーンを透して露光し、さらに反転現像で白黒陽画にしなければならない。できた陽画は白色光に透かして見てもよいし、白色スクリーンの上に投映することもできる。あとのSeurat「点描法」(pointillisme) (1883) や現今の「カラーテレビ」のディスプレイに通じる手法である。このアイデアはDu Hauronの手では実用化されなかったが、やがてフランス「Autochrome」(1907) ドイツ「Agfacolor」(1926) として製品となる。

Du Hauronがこの「微粒子色スクリーン法」について詳しく説明をしなかったのには訳がある。色スクリーン法では露出が1回だけだから、赤、黄、青に対する感光剤の感度を調整して揃える必要がある。不規則に分散している微粒子にこれを行うのは不可能である。しかし次に提案する「線

色スクリーン法」であるとなんとかできる。

「いま 1 枚の紙の表面が全面にわたって、同じ幅の出来るだけ細い赤、黄、青の線で交互にしかも隙間なく覆われていると考えよ。」

「赤、黄、青」の線と言っているが、後の方を読むとこの黄色は「緑がかった黄色 (jaune verdâtre)」であると判明する。Du Hauron が大変に独創的で思い付きの良い、器用な発明家であることを分かってもらうために、次に少し長いがこの部分の全訳を掲げることにする。この部分はいま紹介している Du Hauron 「写真における色彩—問題の解法」の最後の部分である。彼が 3 原色に対する感度の調整に苦労している様子がよく分かる。色線の裏側に黒線を引いて、その濃淡で感度を補正する案がある。もっと巧みなのは、そのままの色スクリーンに感光板を重ねて露光し、これから作った陰画を色スクリーンに重ねて補正する工夫である。

「この紙を近くから見ると 3 色の線が区別できるが、離れてみるとこれらは 1 色に混じってしまう。すなわち透過光で見ると白色で、反射光で見ると灰色である (少なくとも、どの 3 色の線の強度もとくに他を圧倒しない限り)。またこの紙の上にカメラからの映像を受けてこの映像を遠くから見ると、この紙が本当に白色であると同じように写って見える。さて、この種の紙は変わった性質を持っている。すなわち画家の手で黒鉛筆で描かしてもよいし、または光線的作用によってふつうの写真法 (中崎注: 白黒) により直接的にまたは間接的に描かせてもよいが、自然色がかなり正確に再現された絵ができるのである。

遠くから見ると均一な灰色にしか見えないこの紙の上に、いま赤色を出現させたいとしよう。これには黄と青の線の上に濃黒色の鉛筆で線を引いてこれらを覆えばよい。紫色が欲しければ同じように黄色の線を覆えばよろしい。またこの紫色の明るさを弱めたいと思えば (これは 2 つの線に関係しているのだから)、赤と青の線に鉛筆で淡く影を入れればよい。また灰色にするのには 3 つの線の明るさを弱くすればよいし、黒にするのには当然ながら全部の線を消せばよい。

この紙の上に器用な人間の手で線を引く代わりに、自然はこれを自然の力だけでやり遂げる。さて、いまこの線が引かれている紙の面に乳剤 (préparation) を塗るとしよう。この乳剤は光的作用で直接に陽画を与

えるものとする。この線の引かれていない面の裏にカメラからの映像を受ける。すると光は紙を通るとき 3 原色に分解されて、それぞれが陽画の印像をつくるであろう。すなわち、自分に対応する色線のところが明るくなる。この 3 つの印像は乳剤の 3 原色に対する感度の差にも関わらず、おなじ露出 (rapidité) で行われる。これは乳剤のその色に対する感度に比例して 3 つの色線が半透明にしてあるからである。この明るさの差はあらかじめ、紙の裏側に黒い線を引いて与えておいてもよいが、もっとも簡単にこの色線を暗くするには、この色線に負の感度を与えておけばよい。たとえば紙の裏側（中崎注：色線の引かれてない側）に塩化銀を付けておいて、これを表側（中崎注：色線のある側。乳剤を塗らない前に行く）から散光を当てて感光させる。すると違った色線を通じた光線が不均一に作用するから、希望する露出に対応する暗さが得られる。

この 3 色線法を実用化するには、補助手段としてふつうの写真（中崎注：白黒）の間接法 (indirect)（中崎注：ネガポジ方式）を使うがよい。1 枚のフィルムまたは雲母板の 1 つの面に濃い赤、黄、青の線を引き、その反対側には別べつの暗さの線を引く。この板はフィルターとして臭化銀感光板（紙またはガラス）の上において陰画を撮るのに使う。できた陰画はガラスまたは雲母板の上の炭素白黒陽画にする。あと残るのは、この陽画を例の赤、黄、青の色線が機械的に引いてある半透明または透明な板に載せるだけである。これらの色線は 3 原色の分解のときフィルターとして使用した板と同じ位置にする。

これらの色線は色石版画法などで機械的、化学的に引いてもよいし、写真法によって引いてもよい。写真法なら黒膜のうえの透明線をカメラで縮小して、これを着色重クロム酸塩ゼラチン膜（アラビアゴム、アルブミンその他）の上に光で焼き付ける。

もっと簡単にするには、3 種の色線を 1 枚のフィルムの上に印刷する代わりに、3 枚べつべつのフィルム上に作り、これらを重ねて交差させてもよい。私が別のところで説明しておいたように、フィルター上の黄線は緑がかった黄色 (jaune verdâtre) にしなければならない。希望する効果を上げるためには、見えなくなるまで色線の幅を狭くしたり、

この間隔を縮める必要があると考えるのは誤りである。これらの色線が見分けられても、眼は全体の色の組合せを感じ取ることができる。それは遠くからみると消えてしまう絵の下書きや、版画の彫刻刀の跡のようなものであり、それらは絵の構成やハーモニーを味わう妨げにはほとんどならないのである。」

この辺りの説明はまるで現在のソニー社「Trinitron 方式カラーテレビ」ディスプレイの原理を聞いているようである。

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 青野哲也の諸氏に大変お世話になった。文献の収集では千葉大学工学部画像工学科 三位信夫教授、日本大学芸術学部写真学科 小泉定弘教授から多大のご援助を賜った。また大阪大学付属図書館 参考係 今井義雄、永田敏恭、東田葉子、中京大学付属図書館 参考係 清水守男、田中良明の諸氏からもいつものようにご援助を戴いた。この機会にこれらの皆さま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『『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 卷, 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) 817 (1991)
- (2) 中崎昌雄「18 世紀の『写真』ファンタジー: Giphantie 国物語(1760)」中京大学「教養論叢」第 34 卷, 第 4 号(通巻第 105 号)(以下に中崎「写真ファンタジー」と略す) 990 (1993)
- (3) 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 卷, 第 4 号(通巻 97 号)(以下に中崎「ニエプスの手紙」と略す) 1139 (1992)
- (4) Helmut & Alison Gernsheim, *L. J. M. Daguerre* (以下に Gernsheim 「ダゲール」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1968. p. 58.
- (5) 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 卷, 第 1 号(通巻 78 号)(以下に中崎「世界最古の写真」と略す) 22 (1987)
- (6) 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 卷, 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) 539 (1991)
- (7) 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）770（1993）
- (8) 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）40（1990）；*Phil. Trans.*, 28（1840）
 - (9) 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）910（1992）
 - (10) 中崎「ダゲレオタイプ教本（下）」p. 824.
 - (11) Beaumont Newhall, *The Daguerotypes in America*（以下に Newhall「ダゲレオタイプ」と略す）Dover Pub. Inc., 1976, p. 96.
 - (12) Helmut & Alison Gernsheim, *The History of Photography*（以下に Gernsheim「History」と略す）Thames & Hudson, London, 1969, p. 175.
 - (13) 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）498（1990）
 - (14) 中崎「写真裁判」p. 499；L. J. Schaaf, *Sun Gardens, Victorian Photograms by Anna Atkins*, Aperture, New York, 1975.
 - (15) *Phil. Mag.*, (3) 22, 120（1843）
 - (16) 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巻，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）
 - (17) *Phil. Mag.*, (3) 22, 120（1843）
 - (18) *Compt. rend.*, 21, 181（1848）
 - (19) 中崎「ニエプスの手紙」p. 1129.
 - (20) *Compt. rend.*, 32, 834（1851）
 - (21) 中崎昌雄「コロジオン湿板からゼラチン乾板へ—写真感光材の進化」中京大学「教養論叢」第33巻，第1号（通巻98号）（以下に中崎「写真感光剤の進化」と略す）39（1992）
 - (22) Gernsheim「History」p. 525.
 - (23) Newhall「ダゲレオタイプ」p. 106.
 - (24) *Compt. rend.*, 61, 1111（1865）
 - (25) Hill の事件については次がもっとも詳しい。Newhall「ダゲレオタイプ」第2章「A Quest for Color」p. 96.
 - (26) 中崎昌雄「George Eastman とロールフィルム写真術—イーストマン・コダック社創設」中京大学「教養論叢」第34巻，第1号（通巻第102号）（以下に中崎「イーストマン・コダック」と略す）159（1993）
 - (27) 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)
- (28) 中崎「世界最古の肖像写真」 p. 75.
- (29) Robert Taft, *Photography and the American Scene, A Social History 1839-1889* (以下に Taft 「アメリカ写真史」と略す) Dover Pub. Inc., 1964, p. 91.
- (30) Woodbury, *The Encyclopaedic Dictionary of Photography*, 1898, p. 235
- (31) *Dictionary of Scientific Biography* (以下に「DSB」と略す) 8, 387.
- (32) *Compt. rend.*, 112, 274 (1891)
- (33) 中崎昌雄「Hermann W. Vogel と増感色素の発見—パンクロ乾板への道」中京大学「教養論叢」第33巻, 第3号(通巻100号)(以下に中崎「増感色素」と略す) 569 (1992)
- (34) *Compt. rend.*, 114, 961 (1892)
- (35) *Compt. rend.*, 115, 575 (1892)
- (36) *Compt. rend.*, 118, 92 (1894)
- (37) J. M. Eder, *Geschichte der Photographie* (以下に Eder 「Geschichte」と略す) Wilhelm Knapp, Halle, 1932 (Arno Press Repr. 1979) p. 972, 図版 343.
- (38) *Compt. rend.*, 146, 446 (1908)
- (39) Eder 「Geschichte」 p. 973.
- (40) Eder 「Geschichte」 p. 965; *Ann. Phys.*, 55 (6) 225 (1895)
- (41) 中崎「銀塩の感光性」 p. 913.
- (42) 中崎「青写真」 p. 59.
- (43) Eder 「Geschichte」 p. 977.
- (44) E. J. Wall, *The History of Three-color Photography*, (以下に「3色写真史」と略す) Focal Press Ltd., London, 1970, p. 1.
- (45) Eder 「Geschichte」 p. 928.
- (46) 島尾永康「ニュートン」(岩波新書)(以下に島尾「ニュートン」と略す) 1979年6月。
- (47) ニュートン著, 島尾訳「光学」(岩波文庫)(以下にニュートン「光学」と略す) 1983年11月, p. 68; Isaac Newton, *Opticks*, (以下にニュートン「英文光学」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1952, p. 52.
- (48) ニュートン「光学」 p. 307; ニュートン「英文光学」 p. 345.
- (49) Eder 「Geschichte」 p. 929; 「3色写真史」 p. 1.
- (50) *Brit. J. Phot.*, 56 (1909) *Col. Phot. Supp.*, 3, 34.
- (51) 中崎「増感色素」 p. 569.
- (52) *Phil. Trans.*, 12 (1802); 「DSB」 14, 564.
- (53) 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「初期スペクトル分析法」と略す) 117 (1994); *Phil. Trans.*, 92, 365 (1802)

- 54) 「DSB」14, 564; T. Young, *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*, vol. 1, 439 (1807)
- 55) 原 光雄「近代化学の父」(岩波新書) 昭和 54 年 4 月, p. 47.
- 56) 例えば次を見よ。 *Phil. Mag.*, (3) 32, 489 (1849); 中崎昌雄「立体鏡の発明と写真術—Wheatstone 対 Brewster 論争」中京大学「教養論叢」第 34 巻, 第 2 号 (通巻第 103 号) (以下に中崎「立体鏡の発明」と略す) 463 (1993)
- 57) 例えば次を見よ。 *Pogg. Ann.*, 94, 1 (1854); *Lehrbuch der physiologischen Optik*, Leipzig, 1876, p. 291; 「DSB」6, 241.
- 58) 「DSB」9, 198.
- 59) F. Cajori, *A History of Physics* (以下に Cajori「物理学史」と略す) Dover Pub. Inc., New York, 1962, p. 197.
- 60) 矢島祐利「ファラデー」(岩波新書) (以下に矢島「ファラデー」と略す) 1940 年 4 月。
- 61) *Brit. J. Phot.*, 8, 272 (1861)
- 62) *Phot. Notes*, 169 (1861); *Phot. News*, 5, 375 (1861); E. J. Wall, *Brit. J. Phot.*, 68 (1921) *Col. Phot. Supp.*, 14, 47.
- 63) *J. Phot. Sci.*, 9, 243 (1961); *Sci. Amer.*, 205, 118 (1961). この論文の中で Evans は当時 Sutton が「Phot. News」の編集をしていたと言っている。「Phot. News」の編集をしていたのは Crooks で, Sutton は「Phot. Notes」の編集をしていた。
- 64) *Brit. J. Phot.*, 9, 547 (1865)
- 65) Eder 「Geschichte」 p. 932; *Phot. Korr.*, 199, 333 (1869); 「3 色写真史」 p. 6.
- 66) G. Haist, *Modern Photographic Processing*, vol. 2 (以下に Haist「カラー写真」と略す) John Wiley & Sons, 1979, p. 425.
- 67) E. H. Farmer, *Brit. J. Phot.*, 49, 566 (1902)
- 68) J. S. Friedman, *Am. Phot.*, 40 (11), 44 (1946)
- 69) *Brit. J. Phot.*, 67 (1920) *Col. Phot. Supp.*, 14, 38.
- 70) 「DSB」3, 240; *J. Chem. Soc.*, 445 (1890)
- 71) 中崎「ダゲレオタイプ教本 (下)」 p. 787.
- 72) 稲村耕雄「色彩論」(岩波新書) 岩波書店, 1980 年 7 月, p. 50.
- 73) 「3 色写真史」 p. 4.
- 74) Alcide Ducos Du Hauron, *La triplique photographique des couleurs et l'imprimerie, système de photochromographie* (以下に Du Hauron「3 色カラー写真」と略す) Gauthier-Villars, Paris, 1897, p. 448. この本の巻末には Cros との優先権の経緯や Du Hauron の発表, 特許の一覧表もある。
- 75) *Compt. rend.*, 85, 1082 (1877); Eder 「Geschichte」 p. 943.
- 76) *Compt. rend.*, 82, 1514 (1876)
- 77) この小冊子 (以下に Cros「カラー写真問題」と略す) は次の中に収録されている

- る。Robert Sobieszek ed., *Two Pioneers of Color Photography: Cros and Du Hauron* (Sources of Modern Photography) Ayer Press, New York, 1979.
- ⑧ この小冊子（以下に Du Hauron 「写真における色彩」と略す）は文献⑦に収録されている。
- ⑨ Alphonse Davanne は写真印刷に業績がある。Eder 「Geschichte」 p. 752, 図版 250。
- ⑩ *Bull. Soc. Franç. Phot.*, 11, 122-77 (1869); *Phot. News*, 13, 319 (1869)
- ⑪ W. Baier, *Quellendarstellungen zur Geschichte der Fotografie* (A Source Book of Photographic History) (以下に Baier 「写真史」と略す) Focal Press, New York, 1961, pp. 177, 185.
- ⑫ A. & L. Ducos Du Hauron, *Traité pratique de photographie des couleurs* (以下に Du Hauron 「カラー写真操作要論」と略す。これは文献⑦に収録されている) Gauthier-Villars, Paris, 1878, p. 16.
- ⑬ 中崎「活動写真への道」 p. 772.
- ⑭ 「3色写真史」 p. 655; Wordworth Donisthorpe, *Brit. J. Phot.*, 22, 479 (1875)
- ⑮ 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); *Compt. rend.*, 39, 618 (1854)
- ⑯ カーボン印画法などの発達については次を見よ。Gernsheim 「History」 p. 335.
- ⑰ 「色スクリーン」加色法のいろいろについては次を見よ。「3色写真史」 p. 454; 宮本五郎, 奥沢和夫「天然色写真」(写真技術講座第5巻)(以下に宮本「天然色写真」と略す) 共立出版, 昭和31年3月, p. 55.