

電子写真について

野 崎 弘

この4、5年間に Xerox または Electrofax として普及しつつある電子写真とは何か。どのような点が研究問題となるか。新技術の現状と今後の発展の見通しを解説する。

1. 電子写真とは

電子とかエレクトロニクスは時代の流行語であるが、電子写真という言葉は一般には聞き馴れていないにちがいない。最近発足した電子写真懇話会の案内書には次のように記されている。

「電子写真とは別名 静電記録ともいわれ印刷、写真、通信、ラジオグラフィーに応用され、光電的作用を用いる新しい物理的記録または複写方式のことである」としている。つまりこれは1種の写真技術である。その写真を得るために途中の操作が従来法と異なった方式によっているのである。新方式の最も特徴とする部分が物質の光導電性と静電気の吸引力を利用する段階である。これによって多くの場合従来写真のように水をくぐらせることなく乾式状態で迅速簡便に処理し目的を達しうる。乾式であるということが強調されて、この写真技術は、Xerography ともいわれている。Xero はギリシャ語の dry の意味である。そのほか Electrostatic photography とか、Electrophotography といわれている。日本ではこれらの訳語かまたは原語をそのまま用いることもあるが、現在次第に電子写真に統一される傾向にある。

以上の定義とか概念だけでは電子写真を理解するのに十分ではないので、操作の概要を述べると次のようになる。

光導電性物質は数多く存在するが、その中で現在電子写真に実用化されているのはセレンウムと酸化亜鉛である。セレンウムでは金属板に、酸化亜鉛では紙に薄く塗ってある。これが感光板または感光紙である。この感光体に直流高電圧をかけコロナ放電をさせて表面を数百ボルトに帯電させる。セレンウムでは正に、酸化亜鉛では負に帯電させる。帯電した状態が感光性が賦与されたことになるので、帯電操作は暗中で行われる。この帯電した膜面を被写体に露光すると光を受けた分量に応じて感光膜面の電荷が消失する。これによって感光膜上には静電気のみによる静電潜像ができる。この静電潜像に対して反対荷電の微粉体をふりかけ潜像の上に正負電気の吸引によって像を作らせる。これが電子写真の現像操作である。セレンウム感光板では微粉体像を紙またはその他の支持体にいったん転写した後に、酸化亜鉛感光紙では

そのまま粉像を支持体に加熱して固着せしめる。微粉体は合成樹脂と顔料とからなっているので加熱によって支持体に融着する。これが定着操作である。以上で操作は完了する。

次にその歴史を一応たどってみる。電子写真に関するある学術論文としては、1935年 P. Selényi⁽¹⁾によるものがある。絶縁板上に静電気潜像を作り（光学的作用ではない）、これに微細な粉末をふりかけると現像ができるということを発見している。Selényi はその後もこの種の研究をつづけセレンウムを被覆した面に露光によって影像ができることを示している⁽²⁾。特許関係で最初にあられたのは仏系米人 C. F. Carlson の提出によるもので1938年に米国特許を獲得している。Carlson はその後十数年にわたって当技術に関する米国特許を得ている。この Carlson の新規発明は1944年になって、Ohio 州 Columbus の Battelle Memorial Institute の印刷技術部門がとりあげるところとなりその実用化につとめた。1947年になって New York 州 Rochester の写真材料会社 Haloid は、このバトラー研究所と提携して電子写真装置の商品化をおし進めた。前記 Carlson が初めて用いた感光板はアンストラセンとか硫黄であって感光の低いものであったが、その後 Selényi による金属板にセレンウムを被覆した感光板を用いて今日の電子写真 Xerography に発展した。複写器 Xerox はその商品名である。日本には Xerox は1955年初めて米国 Haloid 社から直接輸入された。その後1957年11月から日本へは Haloid 社からは入らず、英国 Rank 財団の製造による Rank-Xerox として輸入されている。

Xerography は現在記録の複製とゼロプリンティングと称するオフセット印刷に非常に便利なものとして賞用されている。この印刷方面のほか感光板を、X線、β線、γ線など一般に放射線の測定用に可視光線に対すると同様の原理方法にもとづいて使用する分野がある。これを Xeroradiography という。電気部品組立専門の米国 General Electric 社は Haloid からゼロ感光板を得て工業用非破壊検査装置、医療用 X線測定装置を製作し商品化し、日本でも昨年10月陳列された。

一方 Xerox に対して Electrofax なる電子写真法が

1954 年米国の RCA (Princeton, New Jersey) によって発表された。これは Xerography と同様の原理であるが、前にも述べたように、酸化亜鉛を塗布した紙を感光紙として用いる点が Xerox と見掛上非常にことなっている。この感光紙は従来の写真印画紙とか、陽画感光紙(ジアソタイプ)と同様に使用せられる。目下 RCA は特許権の企業化について各国のメーカーと折衝中である。

電子写真の実用になっているものは大別して以上述べた Xerox と Electrofax となるがそれぞれにおいて新規応用または少し変化した類似の応用が続々出てくる傾向にある。

日本の現状 以上のように電子写真技術は米国に発達した。これを最初に日本に紹介したのは朝日新聞大阪本社の小倉正之氏である⁽⁵⁾。これが 1949 年(昭和 24 年)である。その後同じく印刷関係の馬渡務氏がゼログラフィーと共にエレクトロファックスをも含めて印刷雑誌⁽⁶⁾に紹介した(1955年)。1956 年東京工業大学では当時の学長内田俊一氏が RCA の Electrofax に注目し、印刷技術関係の人と施設を整えて、その研究を懇懇した。通信関係では東京電機大学長の丹羽俊次郎氏が 1954 年の渡米の際 RCA のエレクトロファックスを見た。帰国後これが模写電送やテレビの録画などに革新的応用が期待されるものとして通信界に紹介した。これに刺戟された関係研究所ならびにメーカーはいっせいに研究を開始した。写真関係では東大生産技術研究所、つまり当研究所の菊池真一教授が 1956 年にゼログラフィーをとりあげ研究を開始した。実験には研究生の坂田俊文が協力して研究を推進せしめて今日に至っている。幸い昭和 33 年度文部省輸入機械購入費にて当研究所に Xerox が入手できた。電子写真の研究に大いに役立っている。Xerox 入手を機会に当研究所が主体となって印刷、通信、写真ラジオグラフィーの各関係者に電子写真の研究懇談会を結成すべく呼びかけた。かくして去る 1958 年 6 月 30 日に電子写真懇談会が成立し、事務所を当所内におくに至った。会長は菊池真一教授である。日毎に会員は増加しているが現在正会員 112 名、維持会員 21 社となっている。

この懇談会の第 1 回事業として電子写真に関する文献特許の集録を計画進行中である。現在までに、文献が約 50 篇、特許が 160 件以上に達する。これらの詳細は懇談会発行の上記集録集を参照されたい。

電子写真は以下の各節にわたって説明されるように、固体電子工学、高分子材料学、粉体工学、写真技術、機械工学による総合技術である。高度の工学研究者が各分野にわたってほとんどそろっている当研究所は、このような総合技術を研究推進せしめるには極めて好都合である。また研究題材としても人類の文化生活の向上に直結する技術の研究であるという点で適当である。すでに当

研究室で研究を進める上については高電圧装置および静電気現象について電気関係の藤高教授、安達助教授、高木教授の、薄膜の蒸着には応用光学の久保田教授のそれぞれご指導ご援助を得ている。また放射線工学の一世教授はゼロラジオグラフィーの非破壊検査法への応用研究、久保田教授は粒度による分解能ならびに周波数応答⁽¹¹⁾の研究、精密工学の植村助教授は高速度写真へのゼログラフィーの応用研究、をそれぞれ推進または企図している。

2. ゼロックス

ゼロ複写器とかゼロックスカメラなどは、いずれは一般に出回ることになるが現在ではまだ珍しい製品である。このままの方式形状で残るとは思われないが、一応現状を説明しておくことも無駄ではあるまい。

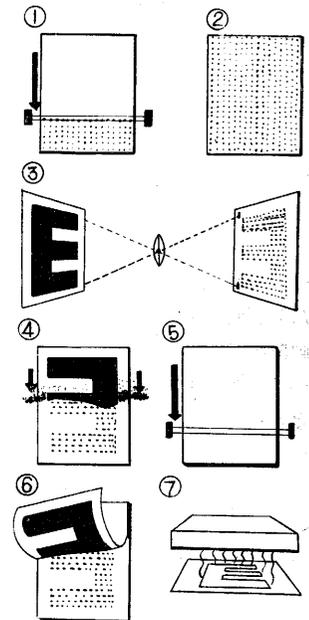
第 1 図に示された、(1)から(7)までの操作がその要領である。(1)が感光板上に陽電荷を与える操作である。

(2)が陽に帯電した感光板(3)がレンズを通して画像 E が露光され帯電感光板上に陽電荷からなる静電潜像が作られる。

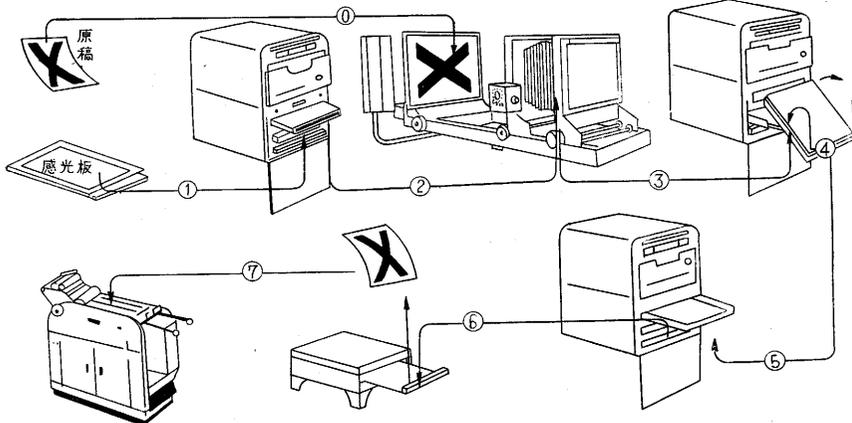
白地が陽電荷の消えた部分(4)陰に帯電した粉体を陽電荷潜像面にふりかけると陰陽吸引して現像する。(5)現像面上に紙をおいて、紙の方に(1)行程と同様に陽帯電させると現像粉体(負電荷)は紙の方に引きつけられる。これで陽画が紙に形成される。(6)陽画の得た紙を感光板からめくりとる。(7)画像を電熱で融着固定する。

第 2 図は以上の操作を実際の装置に似かよった図で示したものである。番号の内容は前図のそれとはほぼ一致する。

(0)は原稿をコピーボードに入れてボードを立てる。(1)感光板を処理箱 P の中に入れて、約 7,500 ボルトでコロナ放電(直流放電)を行わせ感光板面に帯電させる。なお P は帯電装置のほか、現像装置、感光板面の清浄装置が引出しのように数段にまとめられている。また感光板は、写真乾板のように取枠の中に入れて取り扱われる。帯電操作および現像操作時にはもちろん光の遮蔽板をひきぬく。帯電には水平に張ってある数本からなる細



第 1 図 Xerox 操作原理



第 2 図 Xerox 操作

線を板面に平行に自動的に往復走査させる。これに 11 秒を要する。(2)感光板をカメラにおさめ 450 ワット電球 4 個を両側につけて画面を照す。帯電面は、レンズ (Beck 10- $\frac{1}{4}$ " f/10) を通して 5~10 秒間露光される。

静電潜像板もふたたび処理箱に戻し、感光板に傾斜をつけてその表面を現像粉体〔これをトナー (toner) と呼ぶ〕を上下させて潜像にトナーを付着させる。これが (4) の操作である。現像した感光板の上に紙をのせ、ふたたび処理箱に戻し、紙に陽帯電の操作を行う。紙面に画像ができる。この操作は、すでに光とは無関係である。(6) できた画像は粉体が静電的に付着しているだけでふきとればすぐとれる。これを 1.2 キロワットの電熱熔融装置に差しこむ。トナーの固着操作が数秒で終る。(7) 印刷したいときは紙にオフセットマスターを用い次の印刷機に回せばよい。また感光板の表面のよごれは無機質の粉末、たとえば食塩、炭酸アンモン、炭酸マグネシウム、亜鉛華などでぬぐいとられて清浄にし次の使用に備える。(5) の操作をくりかえせば 1 枚の原板から数枚の複製ができる。こうして(0)から(6)までが 40~90 秒で完成する。

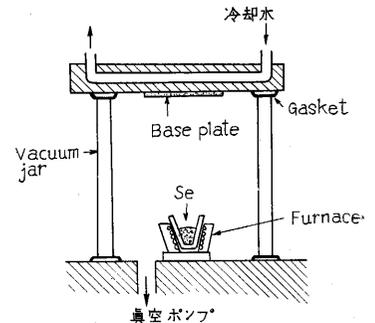
以上が操作の概要である。次に各階程の重要点ととりあげ研究結果と問題の所在についてその考察を述べる。

A. 感光板 Xerox の主体は感光板にあるといってもよいほどその作用は重要である。その構造は通常厚さ 1 mm 程度のアルミニウム板 (43 cm×30 cm) にガラス状セレンが B 4 版の面積 (33 cm×21 cm) に平滑鏡面光沢状で塗布されている。塗布方法は真空蒸着または熔融セレンを窒素気流中で吹き付けて、ガラス状に付着させる。その厚さは 20 ミクロンないし 50 ミクロンである。セレンの塗布作業はセレン整流器または光電池製造方面で非常に発達しているもので、作業そのものは容易である。ただ塗布されたセレン膜が電子写真の帯電作用および光の作用に最適の物性をもつにはどのような製造条件

でなければならぬかということになると、この点まだ完全には明らかになっていない。この中で比較的明瞭に言えることはセレン蒸着時の金属板の温度である。整流器では 150°C 付近が用いられるが電子写真用には 70°C 以下である。Keck⁽⁷⁾ によれば 50°C 以下とされている。このような温度では蒸着時の潜熱をとってやる必要がある。第 3 図⁽⁷⁾はその冷却水をつけた真

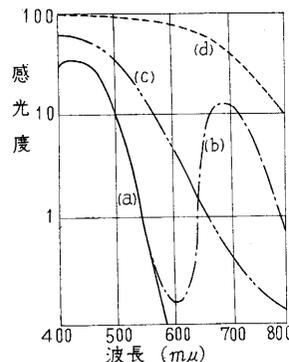
空蒸着装置の 1 例である。温度が高いと結晶セレンとなり、低いときはガラス状セレン⁽⁸⁾となる。電子写真用には暗中抵抗の高い後者が使用される。

整流器のセレンは金属化されて電導性はよく、現在の製品で比抵抗は $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。これに反し電子写真用のセレンは絶縁体であって $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。これに光があたると $10^{10} \sim$



第 3 図 真空蒸着装置

$\cdot \Omega \text{cm}$ となる⁽⁷⁾。Moss⁽⁸⁾ によればガラス状 Se の感光波長域は $4,400 \sim 5,000 \text{ \AA}$ 付近に極大がある。これより短波長側へは吸収は続いているが長波長側では急激に減少する。赤には事実上感じない。このような吸収波長域は温度のほか添加物の影響がある。その 1 例に Keck⁽⁷⁾ の



(a) 45°C で蒸着した純セレンウム
(b) 75°C で蒸着した純セレンウム
(c) 7% のテルルを含み 45°C 蒸着したセレンウム
(d) 7% のテルルを含み 75°C で蒸着したセレンウム

第 4 図

実験結果を第 4 図に示す。これはセレン蒸着膜の感光度に及ぼす蒸着温度およびテルル混入による影響を示したものである。テルルのほか砒素がゼロックス版の感度増大に役立つことが示されている⁽¹⁰⁾。テルルの添加は緑と黄に感ずるようになり、砒素は赤に感度が增大する。整流器製造にははなはだしく嫌われる As や Te がこの電子写真感光板では歓迎される

ことがあるのは興味がある。

以上はセレンの蒸着温度や添加物の影響の若干例を示したにすぎない。このほか蒸着装置の構造、蒸着速度、膜の厚さと均一性など感光板特性に影響する因子は少ない。

B. 帯電および露光 電子写真用セレン感光膜の最も重要視すべき特性として帯電特性がある。その帯電の微視的意味、帯電装置、測定法などについて次に述べる。

感光膜上には通常数百ボルトの正電荷をもたせる。これは一体微視的にどの程度のイオン化であるかを計算してみる。Q を電気量、C を容量、φ を電位差とすると $Q=Cφ$ である。簡単のため平行板蓄電器として $C=\frac{kA}{4πd}$

(k は誘電率、A は面積、d は厚さ) である。いま $k=10$, $A=1\text{ cm}^2$, $d=50\text{ ミクロン}=5\times 10^{-3}\text{ cm}$ とすれば、 $C=160\text{ cm}$ となる。φ=500 ボルトとすれば $Q=160\times$

$\frac{500}{300}=270\text{ C.G.S. e.s.u.}$ である。電子1個の電荷は $4.77\times 10^{-10}\text{ e.s.u.}$ でこれを単位としてはかると $Q=270\times$

$\frac{10^{10}}{4.77}=5.6\times 10^{11}$ 個電子。1 cm² には径 10^{-8} cm の原

子が $10^8\times 10^8=10^{16}$ 個並んでいる。 $\frac{10^{16}}{5.6\times 10^{11}}$

$\approx 2\times 10^4$ 。この計算によると原子2万個のうち1個だけ

電荷を帯びていれば500ボルトの帯電状態となる。この

ような計算を被膜の厚さと発生する電位とについて行う

と第1表のようになる。これを見ると同一

電位を出すためには、厚さが大であるほど

イオン化を受持つ原子数は大、つまり帯電

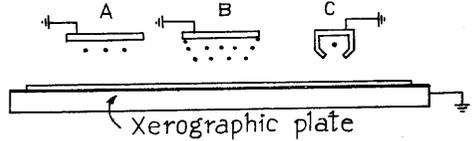
が容易である。また半導体の活性中心は通常母体原子の 10^4 個程度に対して1個の割合で入っているから、数十ミクロンの厚さの被膜では活性中心だけがイオン化していれば丁度数百ボルトの電位差の発生に役立っていることがこの表からわかる。

第 1 表 1 電子帯電を受持つ原子数

厚さ(ミクロン)	1	50	100
電位(ボルト)			
1	2×10^5	10^7	2×10^7
100	2×10^3	10^5	2×10^5
500	4×10^2	2×10^4	4×10^4
1,000	2×10^2	10^4	2×10^4
5,000	4×10	2×10^3	4×10^3

次に以上のような荷電を与えるためには6,000~10,000ボルトの直流高電圧微小放電(コロナ放電)を用いる。コロナ放電には電

極配置について第5図⁽¹²⁾ A, B, C に示す方式があるが、Xerox ではB型が採用されている。径0.3 mmの鋼鉄線が間隔8 mmで3本水平に張られている。これが電極となる。制御用低電位スクリーンは28本あって3本

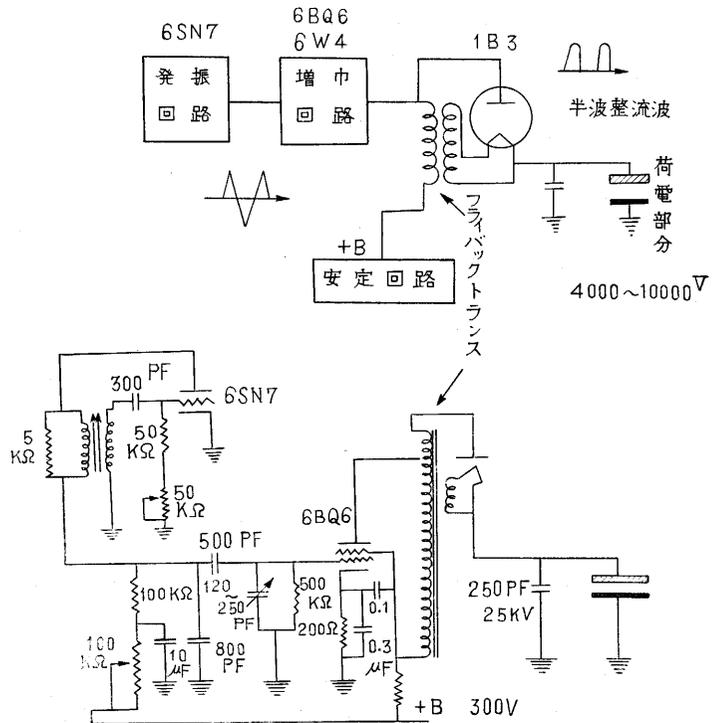


A—コロトロン B—スコロトン C—シールドコロトン
第 5 図 コロナ荷電の型式

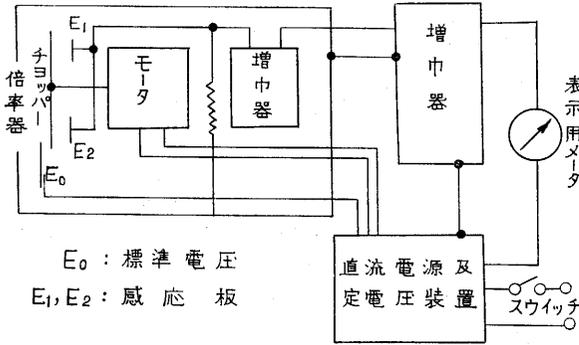
の水平線が梯形状に包んでいる。水平線が梯形の短底まで8 mm さらにその点から10 mm 下に感光板がある。これによって前述のように梯形状電極が感光板上を自動的に水平往復走査して全面帯電が得られる。

コロナ放電用7,500ボルト、数ミリアンペア直流のXerox方式は明らかでないが、電気科教室の援助により当研究室の坂田の試作による高圧発生回路は第6図に示す。これは150 kcの高周波を発振させ、増幅しフライバックトランスにて昇圧半波整流したものである。極間距離が10 mm のとき7,000 V で10 μA、8,000 V で20 μAである。

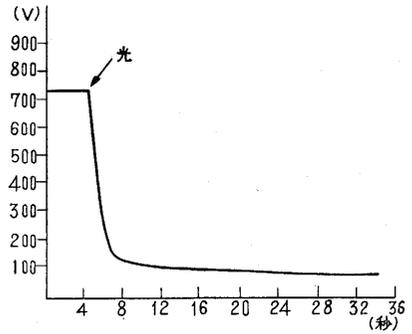
次に帯電板の表面電荷の測定であるが、これには、Lindemann式電気計とか振動容量型表面電位計がある。当研究室では回転式チョッパー型電位計商品名スタチロ



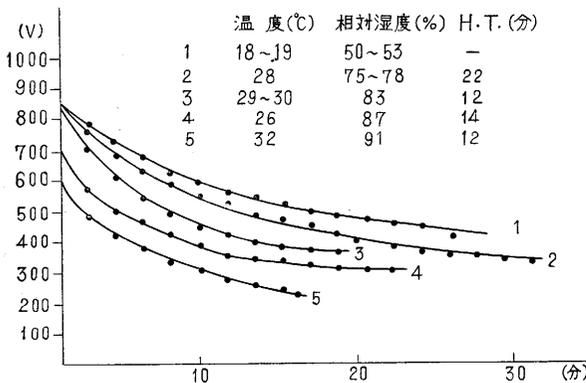
第 6 図 コロナ発生装置(試作)



第7図 スタチロン配線図



第9図 照射減衰曲線



第8図 帯電量の減衰曲線

ンを使用した。その配線図は第7図のごとくである。

このスタチロンを用いて Rank-Xerox 製感光板の帯電の時間的変化を測定したのが第8図である。縦軸キロボルト kV (電位差と電気量は比例するので、この量は帯電量と同等)、横軸が時間を分で示す。ここには詳しく述べないが1枚の感光板について帯電量の時間的変化に対する温度と湿度の影響を見たものである。帯電にはゼロックス荷電装置を使用した。H.T.とかけたのは半減期 Half Time⁽¹²⁾で初期電圧の半分に電気量が減少する時間を分であらわしている。同一感光板でありながら図のように減衰曲線は1~5とことなっている。これは湿度と温度の影響を示している。しかし湿度が80%以上でない限り、感光膜の帯電特性にはそれほど大きな影響をうけるものではないこともこの図からわかる。

第9図は前図と同様の感光板についてゼロックス装置で帯電させ、その減衰の途中で約50ルクスの照射をしたときの急激な減衰を記録(横河自動平衡型)したものである。縦軸がボルト横軸は秒である。記録紙の移動速度は毎分150mmである。

ここで電子写真の感度表示法についてふれておこう。このことについてはすでに従来の写真の場合との類似を求めて、種々⁽¹²⁾⁽¹⁴⁾な試みと実験結果が提出されている。けれども、今後大に検討するべきことが残されている。

る。たとえば、同一露光量に対してある黒化度を得てゼログラフィ感度はASA 2.0とかまたパングロ程度の感ASAまでできると述⁽¹²⁾べたにしても、画像を得るまでの途中の段階の特性、条件をどのように規定するかが決まらなければ、ほとんど意味をなさない。これは画像を得る機構が両者全く異なるので当然なことである。露光と黒化は原因と結果だけでそれだけでは不足である。いま必要なのは途中の段階の特性および条件ということになる。前記半減期(第8図)とか露光による電位降下(第9図)の感光板特性はこのような意味において感度を定量規格化する上に重要な因子となろう。さらにこのような途中の条件を規定するにあたっては、感度表示法そのものの根本精神をどこにおくかを留意再検討すべきである。これは電子写真に限ったわけではないが、たとえば画像形成の調和性をそのよりどころとするか、一定濃度を得るための最小露光量だけを問題にするかによって答は異なってくる。しかしいずれにしても感度表示法は実用上無視しておくことはできないので電子写真懇話会では各方面の有識者による感光度表示法の委員会を作ることにした。

C. 現像 露光により静電潜像が得られる。これを現像するには反対荷電をもったトナーを付着させて行う。トナーとは元来レーキに対応する言葉で無機成分を含まない有機顔料のことである。ここではカーボンを数%混じた熱溶融性(融点百数十度以下)合成樹脂を1~10ミクロン程度に粉碎したものである。樹脂は松やに麒麟血(主成分 $C_6H_5O \cdot OH$)などの天然樹脂でもよく合成樹脂はアンペロール Amberol F-71(フェノールフォルムアルデヒドとアレン酸のグリセライド樹脂)等のフェノール系樹脂が使用されていると言われている。正確にはわからないが、そう変った樹脂ではなさそうである。

潜像の電荷は正であるので、トナーを負に帯電せしめねばならぬ。帯電法には種々提案⁽¹²⁾されているが、要するに2物質の接触による摩擦帯電を利用したものである。したがって摩擦帯電 Tribo-Electricity 現象は電

子写真技術では非常に重要なものである。帯電現象の観察記録は学術上古い歴史をもっているが、新技術に対して再検討されてよい。

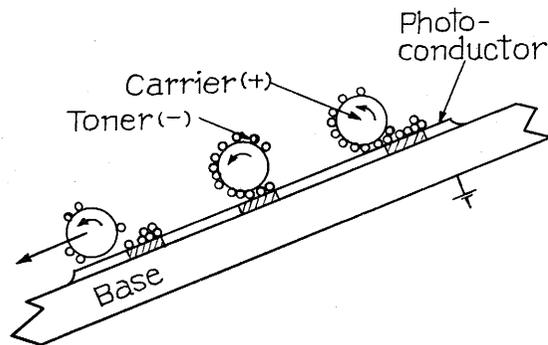
摩擦帯電の系列というのがある。

⊕ガラス, 綿, 木材, シェラック, 金属, 硫黄⊖とならべて, この中のいずれか二つをとってこすると前の位置のものが正, 後位のものが負となる。Shaw⁽¹⁵⁾は, 1917年次の系列を出している。

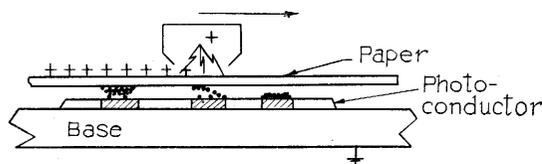
⊕アスベスト板, 兎皮, 毛髪, ガラス, マイカ, 羊毛, 水晶, 方解石, 猫皮, マグネシウム, 鉛, 絹, アルミニウム, マンガン, 亜鉛, カドミウム, クロム, フェルト (以上がAグループ, 以下Bグループ), 沓紙, 木綿, マグナリウム (70 Al 30 Mg 合金), 明礬, 木, 粗面磁器, 重クロム酸加里, パラフィン, コルク, 琥珀, スレート, シェラック, 樹脂, 封ろう, エボナイト, コバルト, ニッケル, 錫, 銅, 砒素, ビスマス, アンチモン, 銀, パラジウム, 炭素, テルル, パラゴム, グッタペルカ, 硫黄, 白金, 水銀, 金, セルロイド, ゴム⊖

系列の順位は固定的なものではない。上表でAグループとBグループとあるのは摩擦帯電の条件 (表面の粗面化と平滑化, 臨界温度の上下における状態, 熱と圧力による影響, 物体の凸面化と凹面化の状態) によって系列順位を上下する仕方が異なることを示している。通常状態ではこのままの順位を用いる。なお動物性のものはAグループ, 植物性のものはBグループにあるとしている。

現在ゼロックスでは摩擦帯電法を第 10 図(a) のようにカスケード式を用いる。キアリアーと称する径 0.2~



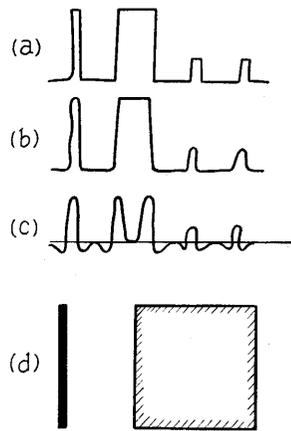
第10図(a) カスケード現象



第10図(b) 転写のメカニズム

0.3 mm の硝子球をトナーに入れておき, この両者を傾斜面で転がすとキアリアーが図のように正, トナーが負に帯電する。トリボ効果を一層よくするよう硝子球の表面をさらに樹脂で被膜処理することもある。

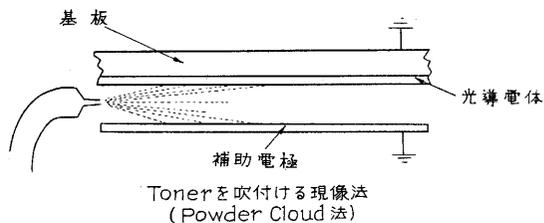
ここにカスケード現象法につきものの1つの厄介な問題がある, これはトナーが静電潜像の密度に比例してつかないことがあることである。第11図の(a)が原画の濃度とする。(b)がその静電潜像の密度である。ところがこれを現像すると,(c)のごとく幅の広い画像に対しては周辺だけ濃度があらわれる。(d)は細線は明瞭に出るが面画は中央が白くぬけることを示す。これがいわゆる周辺効果である。すなわち画像の濃淡は電荷密度でなく電場の強さであらわれる。この



第11図 周辺効果

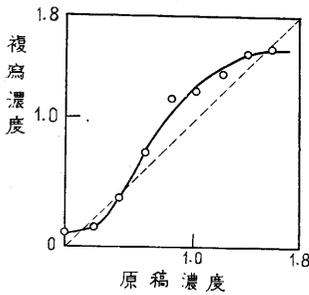
周辺効果をなくするための工夫はある。整調整 Tone Tray と称する 75 ボルトの静電場をかけた金属盤をセレン膜に向いあわせて近距離に配置して用いることである。現像はその空隙間をカスケード式に行わせる。これによって周辺効果はたしかにふせげる。しかし面画と線画とが入りまじった画面にはやはり不適當である。面画の調子は合格しても紙面にかぶりを生ずる。整調整をのぞけば面画は不合格になるが, かぶりを生ずることなく明瞭な線画をうる。このようにどちらか一方がよく出ない欠点は残されている。

カスケード現象法のほかに種々なる現象法⁽¹²⁾がある。この中でカスケード法の欠点を救うと思われる方法に粉霧現象法 Powder Cloud Development がある。第12図にその原理を示す。接地した補助電極を感光基板に非常に接近して配置する。接近するほど効果的で100ミクロン以下に接近できれば申し分ない。これによって周辺効果は減じられて電力線分布は静電潜像密度に比例したものとなる。この2枚の板のせまい空隙に極めて細い金属管から乱流状態で粉霧を吹き出すことによって, 微



第 12 図

細な帯電した粉末の気流を作り現像をおこす。このとき粉霧は単一体でキアアアを含まない。この方法によるときは原画の濃淡を他の現像法よりもより忠実にあらわしうるとされている。カスケード現像法の解像力が、



第 13 図

10 μ /mm に対してこの方法では 20 μ /mm となる。第13図は粉霧現像法を用いたときの感光度曲線である。横軸が原稿反射濃度。縦軸がゼロコピー複写濃度である。実測値が45°の点線にのれば理想的であるが大體これに近づいている。上部の濃度に限界があるのはトナーの黒さによってきまるためである。

D. 転写および定着

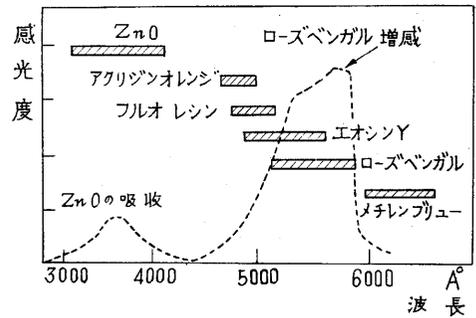
感光板上の画像はこれを適当な支持体に転写⁽¹⁷⁾し定着する。転写には、感光板の帯電装置をそのまま使用する。転写すべき紙を感光板にのせ背部からコロナ放電を行って紙に正の電荷を与える(第10図(b))。トナーは負の電荷を帯びているので紙面に転写される。紙のほか合成樹脂、繊維、ガラスなど平滑なものはすべて使用できる。転写された支持体を電熱で加熱すると粉体による画像は固着される。

3. エレクトロファックス

前項目にはゼロックスの感光化、露光、現像、定着について述べた。本項目のエレクトロファックスについても同様の点が大部分である。これは原理的には両者全く同様であるゆえ当然である。重複する点は一切さけエレクトロファックス(以下略してファックスと称す)に特有な点だけを述べる。

A 感光紙 ファックス⁽¹⁸⁾ではゼロックスでの転写体すなわち紙それ自身に感光性物質酸化亜鉛 ZnO を透明な合成樹脂の溶液中に分散させて塗布してある。粒子の大きさは0.3ミクロン程度である。結合剤としてはシリコン、ニトロセルローズ、酢酸ビニール、スチロールフェノール系樹脂があげられる。粘度を適当に調節し、紙の顔料塗被機様式のもので塗布する。できた感光紙は写真印画紙と同様の役目をするが帯電させて感光性を与えるまでは明るい処で取扱いができる。これは従来の印画紙に比べ取扱が簡単である。酸化亜鉛は安価量産に適し、出来上ったファックス紙は消耗材であるため、企業家は電子写真といえは多くファックス紙に注目している。

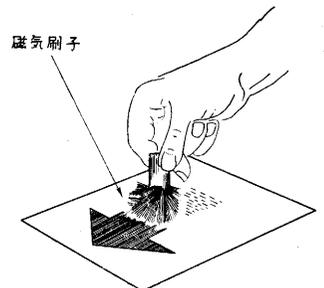
酸化亜鉛の感光波長域は 4,200Å 以下で紫外線に感じ 3,500Å 付近に吸収の極大がある。面白いことに銀塩写真が有機色素で感光波長域が長波に延びるがこれと同様



第 14 図

の現象が酸化亜鉛の場合にも存在することである。第14図に示すようにそれぞれの色素を用いれば可視光全域に増感できる。量的には1万分の2~3でよい。いままでに特に Rose Bengal が有効とされている。増減された酸化亜鉛の感光度は複写用銀塩写真印画紙と同程度に達しう。青写真、重クロム酸塩紙、ジアゾ型陽画感光紙の数千倍の感度がある。実際の例で示すと4ワットの白色蛍光灯2個で50cmの距離から1~2秒の露光で透明ボジの密着が可能である。ローズベンガルで増感した場合は露出時間は $\frac{1}{5}$ 秒でよい。この感度では複写引伸しの連続作業に十分使用しう。現状では、中間調も Xerox よりこの Fax の方がよく出る。

B. 帯電、現像 セレンウムが半導体としてP型であるに対して酸化亜鉛はn型である。このためかファックスでは帯電はセレンの場合とは逆に表面を負に帯電させる。Xerox, Fax いずれもそれぞれ逆の帯電も可能ではあるけれども感光膜をゼロックスは正に、ファックスは負に帯電させる方が画像形式のための感光性と潜像の安定性は、それぞれの逆の場合より優れた性質を示すのである。このようなわけでトナーもファックスでは正に帯電させる必要がある。また現像法も第15図のごとく磁気刷子 magnetic brush による現像を行う。これは摩擦電気系列では下位にある負帯電性の20~150ミクロンの鉄粉をキアアアとし、系列の上位にある正帯電の適当なトナーとの混合物を磁石で拾いあげると(第15図)、摩擦帯電で鉄粉が負トナーが正に帯電して両者がいっしょに磁石についてくる。これで静電潜像面をな



第 15 図

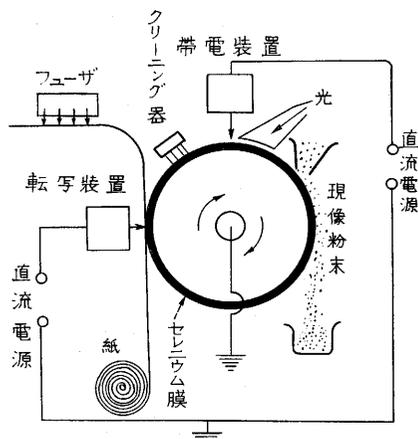
鉄粉との間の引力より画像による引力の方が大であるときは鉄粉は磁力により磁石に残りトナーだけ潜像に付着して画像を形成す

る。これをゼロックス同様加熱して融着すれば操作は完了する。Fax では現像のとき金属導体が潜像面に密接するので周辺効果も少く、現状ではこの点 Xerox よりも画質がよく出る。

4. 応 用

電子写真の応用の概略はすでに述べた。なお Xerox, Electrofax について若干追加しておく。

(a) ゼログラフィー関係 ゼロックスは現在複写と事務用オフセット印刷機の紙平板 paper master の製版に使用されている。トナーによる画像をペーパーマスターに移せばこれで平板が製版されたことになり、直ちにオフセット印刷ができる。露光してから印刷にかかるまで 2~3 分ですませうる。またオフセット印刷でなく転写したトナーによる画像を溶媒でとかし出しコンニャク版式⁽¹²⁾の複製方法もある。同様にジアゾ写真のマスター⁽²²⁾にもなる。セレン面自体にトナーを固定させ、明るい所で帯電させてトナーの箇所だけに電荷をもたせ、これに粉体を吸引させ、転写して複製をうる方法⁽¹⁶⁾がある。これを何回もくり返して多数の複製をうる。



第16図 連続式ゼログラフ

連続複写をしたいときは、第 16 図の要領でやればよい。今年になって Haloid では Stromberg-Carlson 社の特殊電子管(セレン面に毎秒 1 万字を投影可能な電子管)を用いて自動連続式複写装置⁽²⁰⁾を作って売出している。4 吋×11 吋のカードを毎分 20 呎の速度で処理するという。また IBM カードの複製⁽⁹¹⁾にもゼログラフィーは使われている。

ゼログラフィーのラジオグラフィーへの応用は 1 分野をなしている。かなりの報告がある。医療用と工業用とある。工業用には非破壊検査法に用いるが、医療用には感度が悪く人体には危険でまだ応用できない。しかし軟組織と骨の両者がよく出ることやゼログラフィー特有の利点もあって今後の発展が期待されている。

(b) エレクトロファックス関係 ファックス紙は銀塩印画紙と同様に使用しうるゆえ、すでに RCA では完全に自動化したマイクロフィルムの引伸機ができて米海軍で使用している。これは 17 吋×22 吋の大きさのものを 1 分間に 15 枚のスピードでできる。

ファックスを製版技術⁽²⁵⁾にも利用しうる。すなわち製版技術で凸凹面をうる時耐酸性合成樹脂をトナーに用いれば耐蝕膜として Electrofax 膜が使用できる。このとき通常法のネガポジ行程が簡略化される。感度も悪くはない。通信方面では高度の電子技術と結びついて華々しい応用が続出されようとしている。高速度遠隔複写電送装置⁽²⁴⁾にファックスを用いて毎分 10 フィートの速さで文書を複製しうる。特殊電子管たとえば高速電信印刷用電子管⁽²⁶⁾とか高速印字用細密陰極線管⁽²⁷⁾の出現によって高速電信記録、電子計算機の記録を可能ならしめるに至っている。またゼログラフィーと同様ファックスを用いてゼロラジオグラフィー⁽²³⁾も可能である。また絶縁破壊⁽²⁸⁾の研究にも好適である。

5. 乳剤写真との比較および今後の問題

電子写真はこれまで述べてきたように印刷関係のある部分で相当重宝がられている。しかし写真としてはまだ欠点も多い。両者を比較してみると次のようになる。電子写真の感度は通常の乳剤写真感度の $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 程度である。しかし使用に耐えないことはない。解像力は、10~20ℓ/mm 程度、乳剤写真は 50~100ℓ/mm まで可能となっている。電子写真の目下の最大の欠点は従来写真ほど中間調が出ないことである。乳剤写真では 20 階調程度の濃度差をあらわしうるに対して電子写真では 5~7 階調と言われる。一方電子写真が現像定着が簡便迅速で暗作作業が不要なこと、記録が半永久的であること、消耗剤が安価であることは従来写真よりも優れている。

今後の問題については述べるべきことは多いが、これを列挙してみると次のようになる。

- (a) 新感光物質の開拓, (b) 感光板および感光紙の感度増大および劣化防止, (c) 画像のハーフトーンの改良, (d) 微粉体帯電の組織的研究, (e) 光電性トナー, (f) 医療用 X 線感光剤, (g) テレビオッシュログラフの記録, 録画技術, (h) 乾式平板印刷, (i) 装置の小型軽量可搬化, (j) 密度表示去者等性値の測定と規準化。

(次号に続く) (1958. 9. 5)

文 献

- (1) P. Selényi: Zeit. f. techn. Phys. **16**, 607 (1935)
- (2) P. Selényi: Journ. App. Phys. **9**, 637 (1938)
Nature **161**, 522 (1938)
- (3) C. F. Carlson: U. S. Patent 2, 221, 776 (1938)
- (4) C. J. Young & H. G. Greig: RCA Rev., **15**, 469 (1954)
- (5) 小倉正之: 印刷 **32**, 3 (1949)

- (6) 馬渡 務; 印刷雑誌 **35**, 22 (1951)
- (7) P. H. Keck: Journ. Optical Soc. Amer. **41**, 53 (1951) 同上, **42**, 221 (1952)
- (8) T. S. Moss: Photoconductivity in the Element (1952)
- (6) P. K. Weimer & A. D. Cope: RCA Rev. **12**, 314 (1951)
- (10) B. Paris (Haloid Co.); U. S. 特許 2,803,541 2,803,542 (Aug. 20, 1957)
- (11) 久保田広: 生産研究 **8**, 315 (1956)
- (12) J. H. Dessauer その他: Photo. Eng. **6**, 250 (1955)
- (13) スタチロン: 実戸商会 (東京. 丸ビル, 416)
- (14) W. E. Bixby, P. G. Andrus, L. S. Walkup: Phot. Eng. **5**, 195 (1954)
- (15) P. E. Shaw: Proc. Roy. Soc. A **94**, 16 (1917)
- (16) Schaffert & Oughton: J. O. S. A. **38**, 991 (1948)
- (17) バフテル・メモリアル・インスティテュート: 日本特許 昭 25-4554
- (18) C. J. Young & H. G. Greig: RCA Review, **15**, 469 (1954)
- (19) H. G. Reuter, Jr: Phot. Eng. **7**, 73 (1956)
- (20) 問合宛先: Department SC-13, The Haloid Co., Rochester 3, N. Y., U. S. A.
- (21) W. D. Bolton & W. E. Goetz: Photo. Eng. **7**, 137 (1956)
- (22) G. R. Mott: Penrose, **50**, 133 (1956)
- (23) R. W. Stanford: Journ. Phot. Science, **5**, 137 (1957)
- G. M. Taylor & G. H. Tenney: Nondestructive Testing, Nov. Dec. (1955)
- W. D. Oliphant: British Journ. Radiology, **28**, 543 (1955)
- J. F. Roach & H. F. Hilleboe: Amer. Journ. Roentgenology, **73**, 5 (1955)
- D. M. Phillips & S. A. Wenk: The Iron Age, **29**, 86 (1951)
- (24) W. H. Bliss & C. J. Young: RCA Rev., **15**, 275 (1954)
- (25) M. L. Sugarman: Penrose, **50**, 128 (1956)
- (26) W. H. Bliss & J. E. Ruedy: RCA Rev., **16**, 5 (1955)
- (27) R. G. Olden: RCA Rev., **18**, 343 (1957)
- (28) J. H. Mason: Journ. Phot. Science, **4**, 33 (1956)

電子写真懇話会 昭和33年度役員名

会長	菊池 真一	東京大学生産技術研究所	理事	吉田 洪二	大阪府立大学工学部
理事長	井上 英一	東京工業大学	理事	吉村 克俊	関東通信病院
理事	木脇 久智	通産省電気試験所	幹事	吉永 忠司	東京大学生産技術研究所
理事	三浦 顕一	東京都立大学工学部	幹事	坂田 俊文	〃
理事	野崎 弘	東京大学生産技術研究所	(但し菊池会長在任中野崎理事が会長代理となる)		

電子写真懇話会会則

- 目的: 本会は電子写真に関する学問技術を研究し知識を交換し, その発達を図るをもって目的とする。
- 名称及び所在 本会は電子写真懇話会(The Society of Electrophotography of Japan)と称し, その事務所を千葉市弥生町1番地東京大学生産技術研究所内におく。
- 事業: 本会は, その目的を達成するために講演会調査研究, 印刷物発行, その他役員会において必要と認められた事業を行う。
- 会員: 会員をわけて正会員, 維持会員とする。本会に入会せんとするものは, その旨事務局に申込をなし, 理事会の承認をへるものとする。
- 役員及び事務局: 本会に次の役員をおく。
会長 1名, 理事長 1名, 理事 6名以上。

- 理事は総会より選出し, 理事の中より会長1名, 理事長1名を互選する。役員任期は2年間とする。事務局は会務を担当する。
- 会議: 通常総会は毎年6月開く, このとき決算会務その他に関し承認及び理事選出等の会議を行う。理事会は半数以上の出席を得て随時これを開催し, 会務執行について必要と認められた事項に関する決議を行う。この決議は会長の承認をへた後実施される。
- 会費及び会計: 正会員の会費は年額300円とする。維持会員の会費は月額1口1,000円とし(分納することをする), 1口以上を負担する。維持会費1口は2人の正会員会費と同等とする。本会の経費は会費寄附金その他の諸収入によるものとする。会計年度は毎年4月1日より翌年3月31日に終る。(入解希望者は上記事務局に申込まれたし)

電子写真懇話会講演

来る11月29日(土)東京目黒区大岡山東京工業大学にて第一回講演会を予定しております。ただ今迄の申込講演は次の通りであります。

- 総合講演: 電子写真の印刷技術への応用
東工大 井上英一氏
- 研究発表:
 - セレン感光板について 東京都立大 三浦顕一氏
 - セレン感光板の温度の影響について 東大生産研 野崎 弘氏・坂田俊文氏
- 電子写真原板のX線照射特性

- 通産省電気試験所 木脇久智氏
- Xeroradiographyの医学的応用 関東通信病院 吉村克俊氏
 - 網目を施した感光導電板 大阪府立大 吉田洪二氏
 - ZnOの光導電の色素増感について 東北大通信研 和田正信氏
 - 電子記録紙の感度表示に関する二, 三の考察
電通研 木練 清蔵
岩崎通信 柿井俊一郎
巴川製紙 西谷 徹