

湿式エレクトロファックス法によるカラー複写

Color Copying by Liquid Development Electrofax Method

The liquid developing electrofax method features capability of reproducing half tone and good resolution image. In an attempt to further improve this method so that it can reproduce a practical color print within reasonable time, the authors studied the image forming process, recording materials, the method of color reproduction, and the quality standard of pictures. As a result, the following conclusion were drawn:

- (1) As the process consists in charging, exposing through color filter, developing and squeeze-fixing process, the drying process should be eliminated.
- (2) The overlying order of color images should be yellow, magenta, and cyan, in consideration of the quality of materials available.
- (3) High quality reproduction comparable to conventional ink printing can be obtained if color densities of 0.7 - 1.2 are adopted.
- (4) Reproducing time can be cut to 90 seconds or less in the case of four colors.

安西正保* Masayasu Anzai
土井哲夫* Tetsuo Doi
森 靖樹* Yasuki Mori

1 緒 言

今日の情報化社会にあって、迅速な情報の収集や事務処理には「複写」が欠くことのできないものとなっている。

そのうえ、情報の多様化に伴い、各種の印刷物、書類、資料などは情報量の多いカラーで作られるようになり、従来の白黒複写機では複写することで情報が失われるため、複写機分野でもこれら画像情報をカラーで複写したいという要求が強くなってきた。

しかし、カラー複写機として身近で実用に供されているものではなく、簡便に使えるものの出現が望まれていた。

カラー画像形成法には、現在最も広く用いられている銀塩写真法を始めとし数多くの方法が提案されている。その中で複写機として幅広い要求に答えることのできるものは、湿式エレクトロファックス法であると考えられる。

この判断に基づき、この方式によるカラー複写機を開発した⁽¹⁾。

本報告は、カラー複写法を確立するにあたり各種作像法、作像工程、色再現範囲、感光紙や現像剤、画像特性などにつき検討した結果に関し述べるものである。

2 各種のカラープリント法

カラー像を形成する方法には、銀塩写真法、転写式電子写真法（ゼログラフ法：乾式、湿式のトナー像転写法）、直接式電子写真法（エレクトロファックス法：乾式、湿式）、モザイク電子写真法、電解写真法、静電印刷法、静電記録法、光導電トナー（電気泳動法、粉体トナー法）、染料転染法、インクジェット法、有機感光体（フリーラジカル、光重合体など）を用いる方法など数多く提案されている。

表1は、それらの中でカラー複写機として実現されうるであろう代表的なものの特徴を示したものである。ファクシミリ法は趣を異にするものであるが、画像を電気信号で処理す

表1 各種カラープリント法 各方式はそれぞれ一長一短がある。湿式電子写真法は画質が良く、装置も簡略化でき保守も比較的容易である。

Table 1 Characteristics of Typical Color Printing Method

方 式	長 所	短 所
銀 塩 写 真 法	画質秀	高価、即時性なし
乾 式 転 写 電 写 法	コントラスト大、普通紙	装置取扱複雑
湿 式 電 写 法	画質良、保守容易	特殊紙
染 料 転 染 法	原色良、普通紙	装置複雑
光 導 電 ト ナ ー 法	ワンショット、普通紙	材料難
フ ァ ク シ ミ リ 法	遠距離伝送可	画質不良、時間大

る方法の総称として示されている。この方法には上記カラー画像形成法を利用するものや、色ペンを走査する方法などがある。

本表でもわかるようにそれぞれ長短があり、目的や要求により選択することになる。

カラー複写機の要求特性としては、中間調が再現されること、線画も再現すること、解像度がよいこと、取扱い保守が容易であること、装置プリント価格が安いこと、プリント時間が速いことなどがあげられる。この中で、中間調や解像度などの画質に重点をおき、なおかつ装置の取扱いや保守が容易であるような方式とすると、直接式湿式電子写真法（湿式エレクトロファックス法、以下湿式EF法と略す）が最も適しているものと判断される。

湿式EF法による場合、複雑な装置とすることなく、実用的な画質とプリント時間（1～2分）になしうるかが主要な

* 日立製作所日立研究所

点となる。

3 作像工程

湿式EF法では、記録体として白色光導電感光紙（以下、感光紙と略す）と液体现像剤を用いる。普通、感光紙としては増感酸化亜鉛感光紙、現像剤としては分散剤（高絶縁性液体）中に着色トナーを分散させたものを使う。

カラープリントの作像工程としては、従来図1に示すようなものであった⁽²⁾。これらの方法は高画質プリントを得るには適しているが、プリント時間が長くなり、大サイズのものを対象とする複写機には適していない。図1の作像工程では、1枚のプリントに15～30分を必要とした。

図1の方法で、ネックとなるのはリンス工程や乾燥工程である。そこで、時間短縮のため、リンスや乾燥工程を省略した図2の方法を取り、実用的な画質とすることを考えた⁽²⁾。

図2の方法では、現像後感光紙を絞りローラにて絞ることで、感光紙上の残余現像剤を絞りとりと同時に、トナーを圧定着する。この状態では、まだ感光紙上には現像液の分散剤の薄膜が存在している。それを特に乾燥装置などによりかわかすことなく、次の作像工程の帯電に移るものである。

第1色めの帯電前に、感光紙を分散剤でぬらし絞った（帯電前前浴）後、帯電する方法も各工程の特性をそろえること

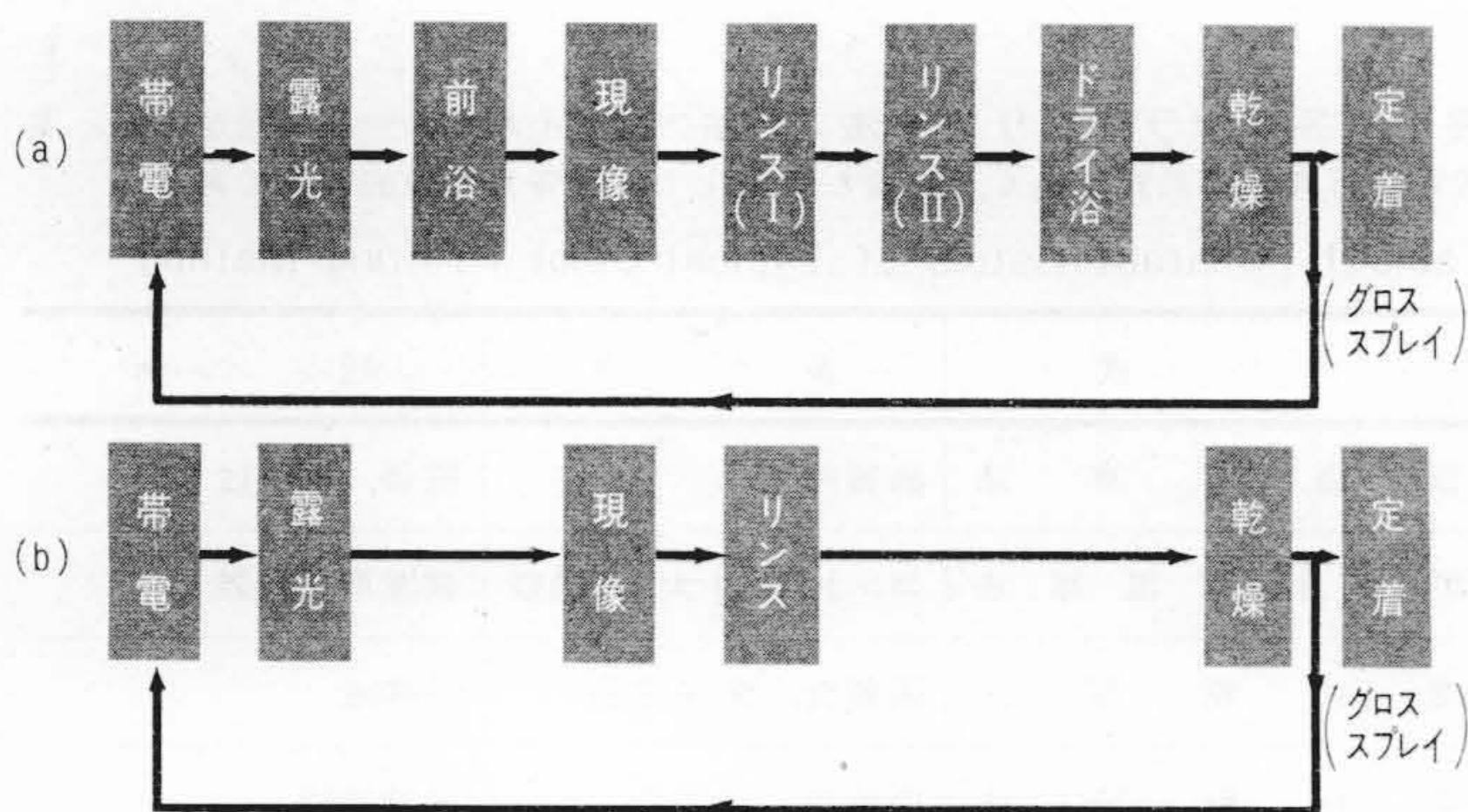


図1 湿式EF法カラープリントの作像工程(従来例) 高画質を得るにはよいが、時間が15～30分かかり複写機とした場合には適していない。

Fig. 1 Flow Charts of Liquid Developing Color Electrofax Method (Examples of Conventional Method)

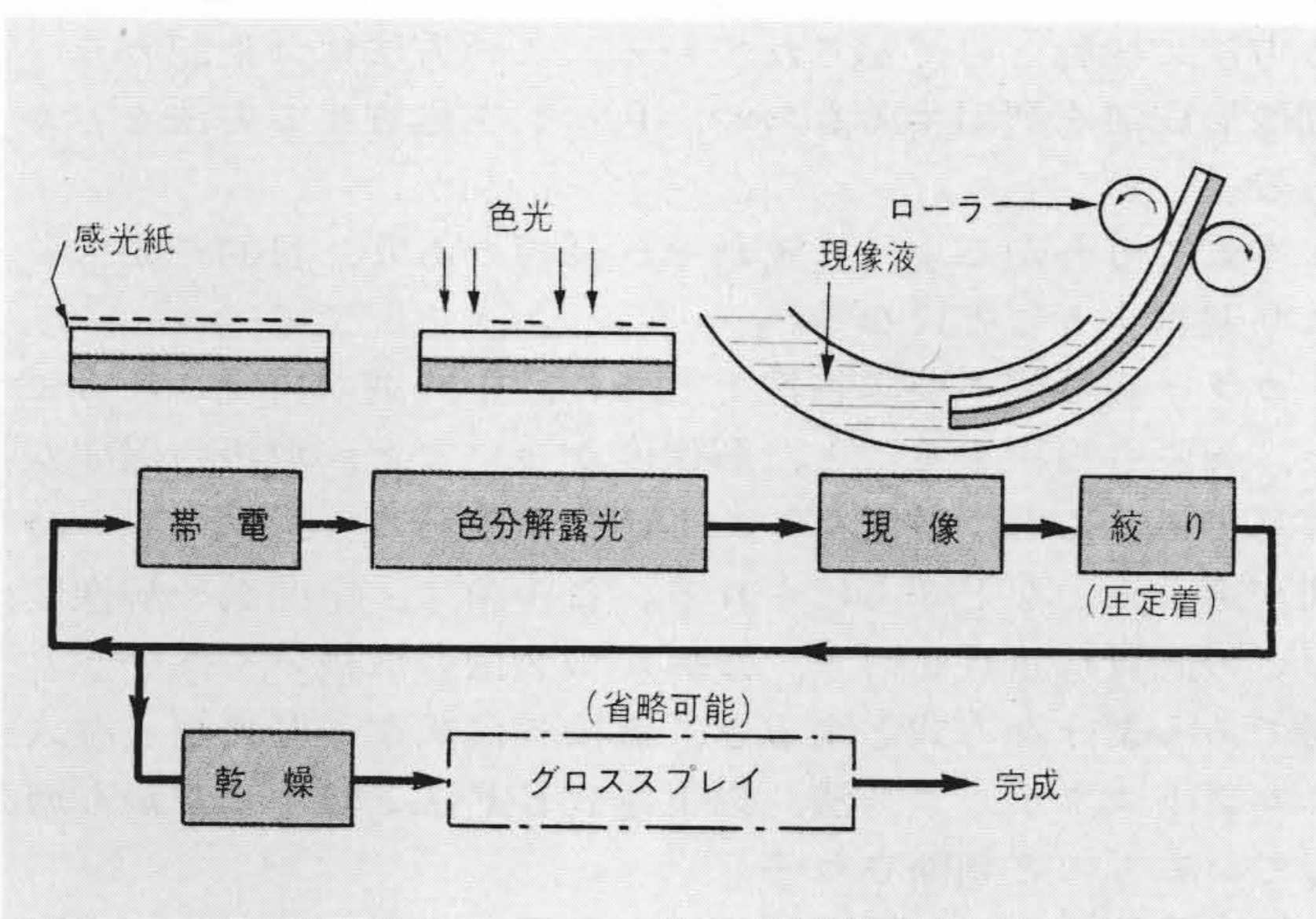


図2 湿式EF法カラー複写の作像工程(本方式) この方式では、現像後絞りローラにて残余現像液を絞り、トナー像を圧定着するだけで、直ちに次の帯電工程に移る。

Fig. 2 Flow Chart of Color Copying Method Used for Our Imaging Process

ができ有効である。

このようにすることで、大幅にプリント時間を短縮することができる。

4 オリジナルの色とカラー複写における発色

4.1 オリジナルの色

複写の対象となるものは印刷物、手書き資料、現物など多種多様である。それらに使われている原材料や色も数え切れない。たとえば、印刷物ひとつを例にとっても、使われるインクの色数、各色の色調、紙の表面状態、紙の色などにより、仕上に微妙な差が生じてくる。

オリジナルの色すべてを画一的に取り扱うことは到底不可能である。しかし、対象となるものを、最も一般的な印刷法、色成分について取り上げれば、大略の予想を立てることができる。

図3は、4色オフセットあるいはグラビア印刷に使われる代表的なインクの印刷後の分光波長特性を、また図4の(2)(3)は、そのようなインクでプリントした場合の色再現範囲を示すものである。

図3、4に示すような色が複写の対象であると考えられることとする。

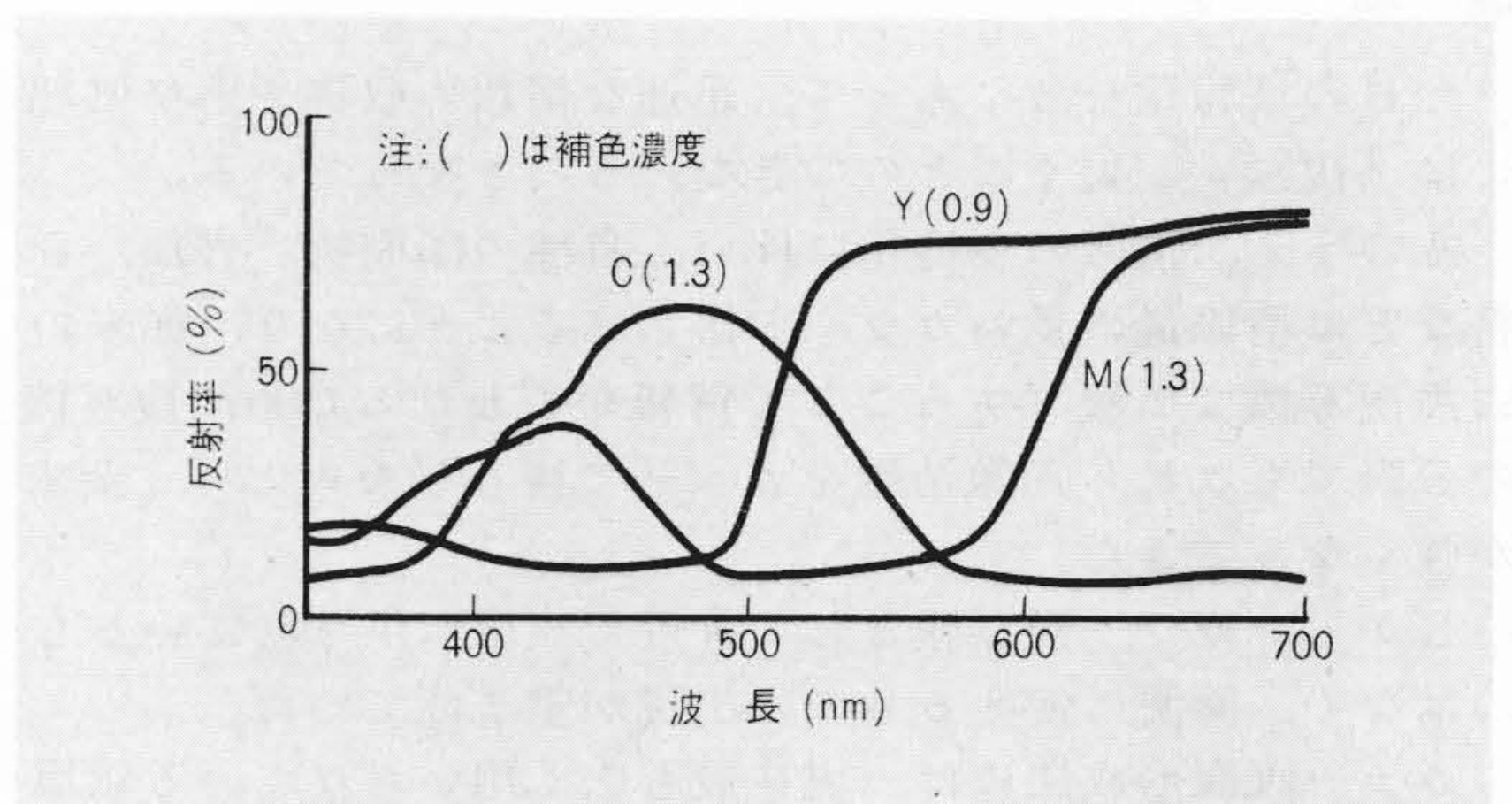


図3 印刷インクの分光反射特性例 高級印刷での最高濃度に近い値のものを測定した。

Fig. 3 Example of the Spectral Reflectivity of Printing Inks

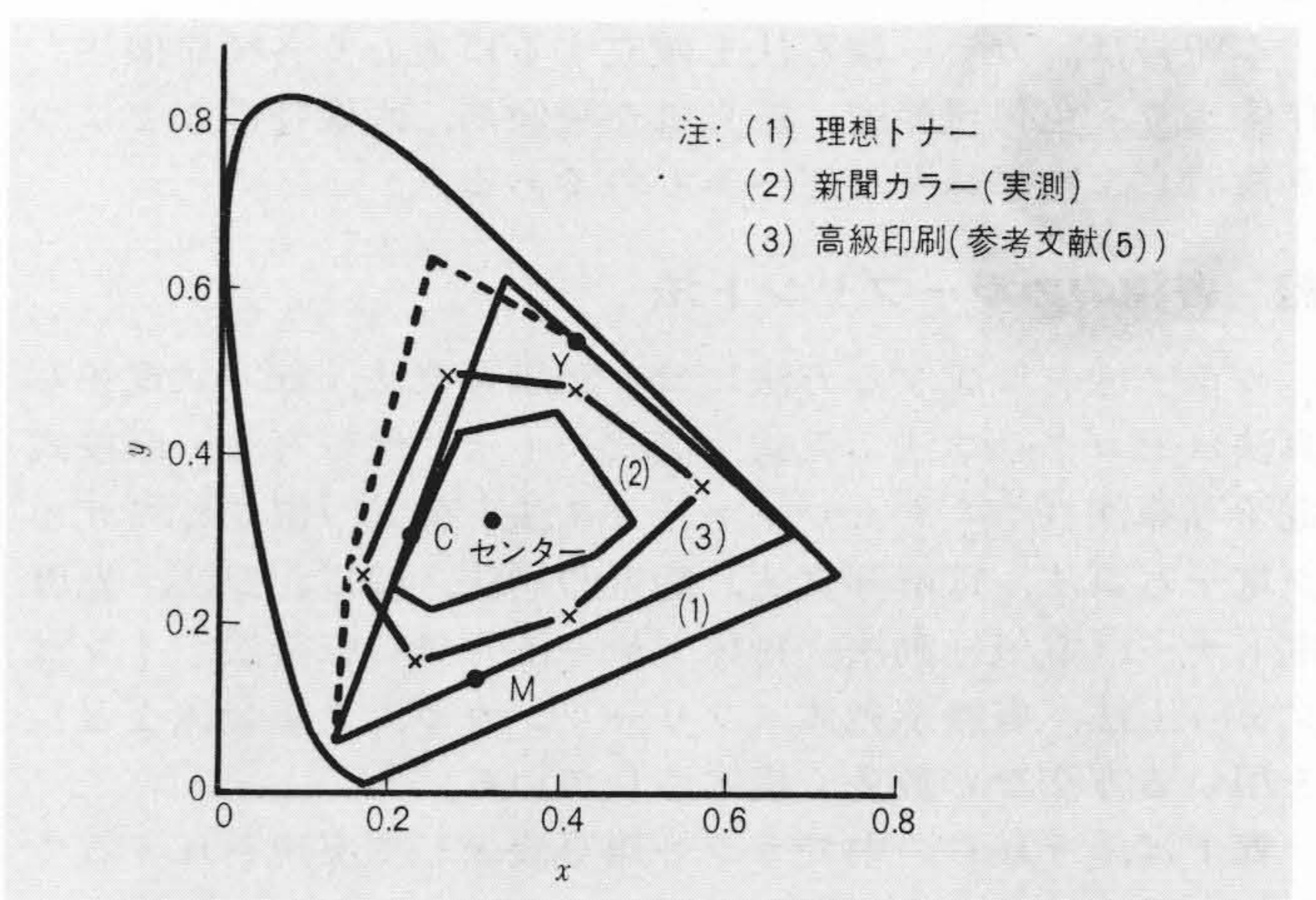


図4 印刷、理想トナーによる色再現範囲(CIE色度図) 印刷と理想トナーによるものとの差は、着色剤の色相、明度、純度が違うためである。

Fig. 4 Chromaticity Diagram of Color Prints and Color Copy using Ideal Toners

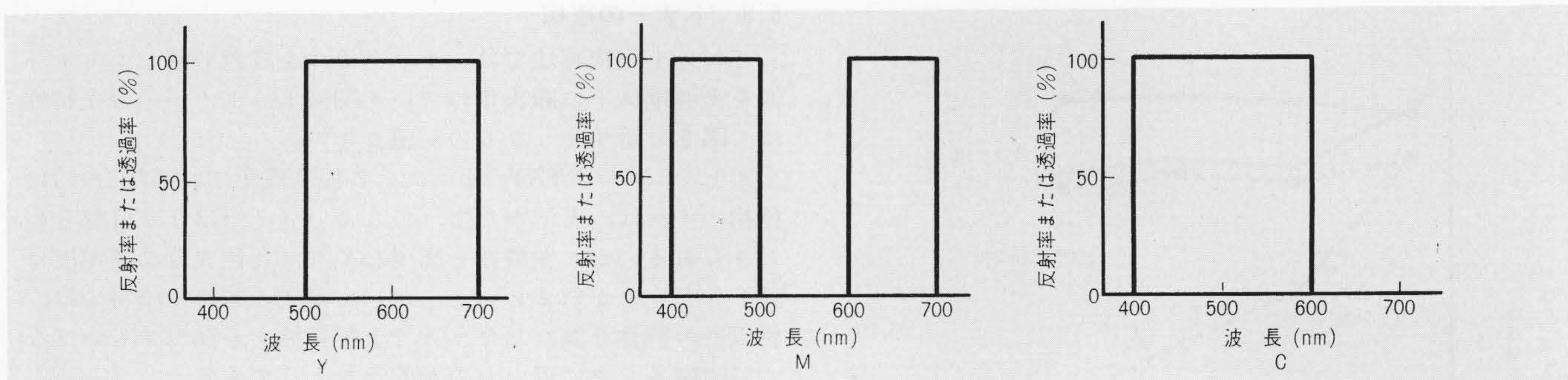


図5 理想的なトナーの分光特性 減色法三原色でカラー像を再現する場合の各色の特性を模式的に示したものである。

Fig. 5 Spectral Curve of the Ideal Color Toners

4.2 カラー複写における発色⁽²⁾

湿式EF法では、透明トナーを3～4色次々に重ねて作像するから、原則として純減色法混色により各種の色を再現することになる。

減色法三原色は、マゼンタ (Magenta=赤紫=M)、シアン (Cyan, 青緑, C)、イエロ (Yellow=黄=Y) であって、理想的 (原理的) には、図5に示す分光特性を持つものである。

もし、図5に示すような特性を持つ着色トナーで色を再現すると、その色範囲は図4の(1)の三角形の内側になる。図5の特性からずれたものを用いると、この三角形からずれてくる。たとえば、シアンが青よりになると点線で示したようなものとなる。

印刷も減色法による再現であるが、印刷の色範囲と減色法三原色によるものとのずれは、印刷インクの色相、色純度、明度が図5のものからずれ、図3のようになっているからである。カラー複写の仕上りを新聞印刷並みとすれば、図4の曲線(3)のオリジナルをとった場合、プリントされたものがほぼ曲線(2)の範囲を満たすようにすればよいことになる。

5 諸特性とその検討

本方式を成立させるには、感光紙、現像剤、画像特性、安定性など数多くの各特性を満たさなければならない。しかも、従来の白黒複写機に要求されるものよりきびしい条件が課せられる。しかし、要求される特性を満足するようにする場合、それらは多分に相反するものであることがあり、おのこの特性を案分して決めねばならない。

以下、いくつかの代表的な特性について述べる。

5.1 感光紙の地濃度と感度

酸化亜鉛感光紙の増感は、色素増感によっているから、感度と地濃度は相反関係にある。一方、感度が良いほどプリントスピードは上がり、地濃度は白いほど発色上好ましい。

図6は、一般市販紙、試作紙の感度と地濃度の関係をプロットしたもので、感度として、残留電位1%になるまでの光量をとってある。

現在の増感技術からすると、他の特性をも満たすことを考えに入れると $E_1=30\sim60\text{ lx}\cdot\text{s}$ のもので方式を構成するものが妥当であろう。

図7は分光感度特性例で、カラー用は白黒用に比べ、汎色感光性のものとせねばならない。

5.2 帯電特性

図2の本作像方式 (帯電前前浴は省略) では、第2色め以降、帯電時、感光紙上には前色の現像液分散剤の薄膜が存在する。したがって、各作像工程の帯電特性は、その状態で低

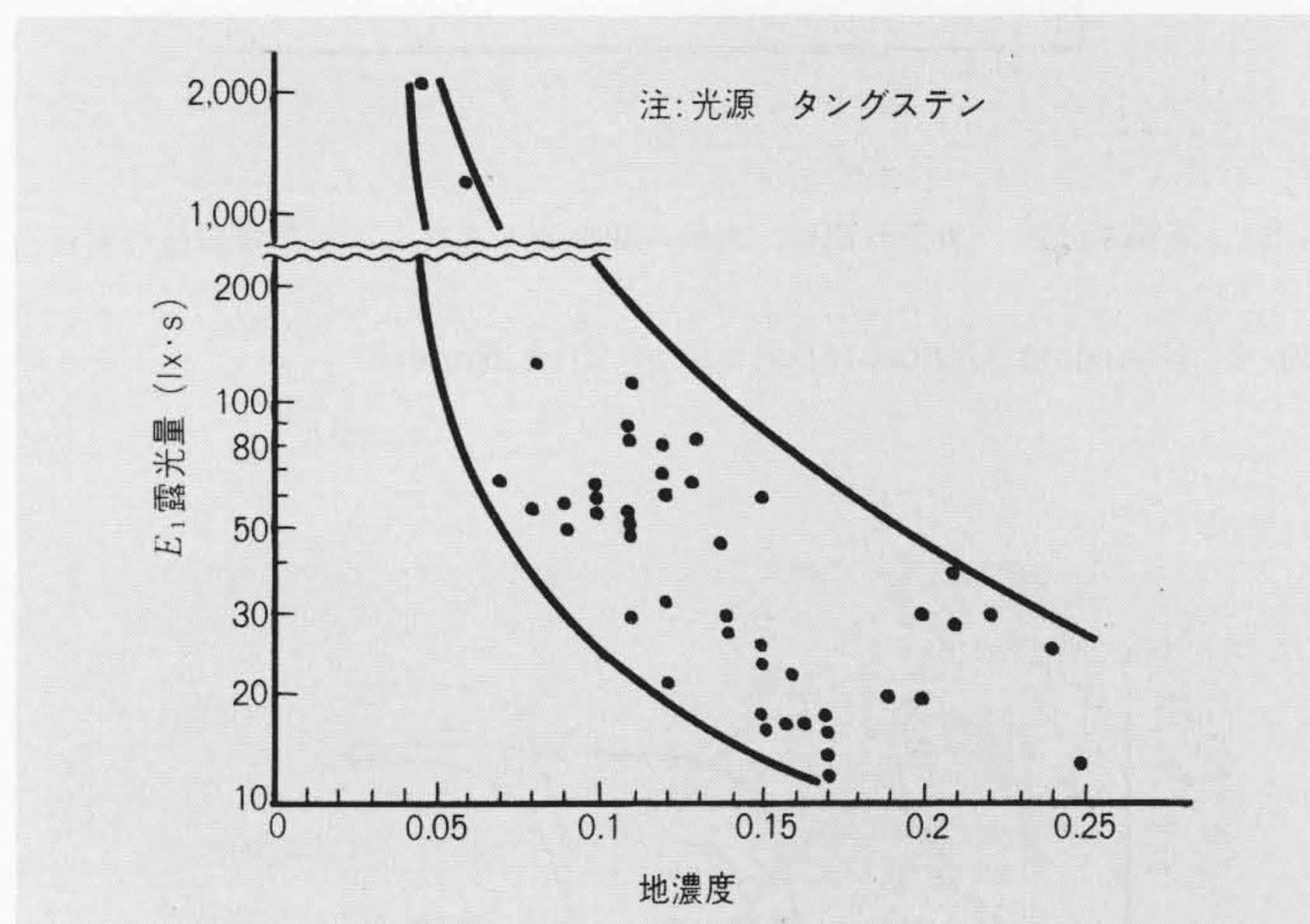


図6 酸化亜鉛感光紙の地濃度と感度の関係 地濃度と感度は相反関係にあり、白くなるほど感度が悪くなる。

Fig. 6 Sensitivity of ZnO Paper as a Function of the Optical Surface Density

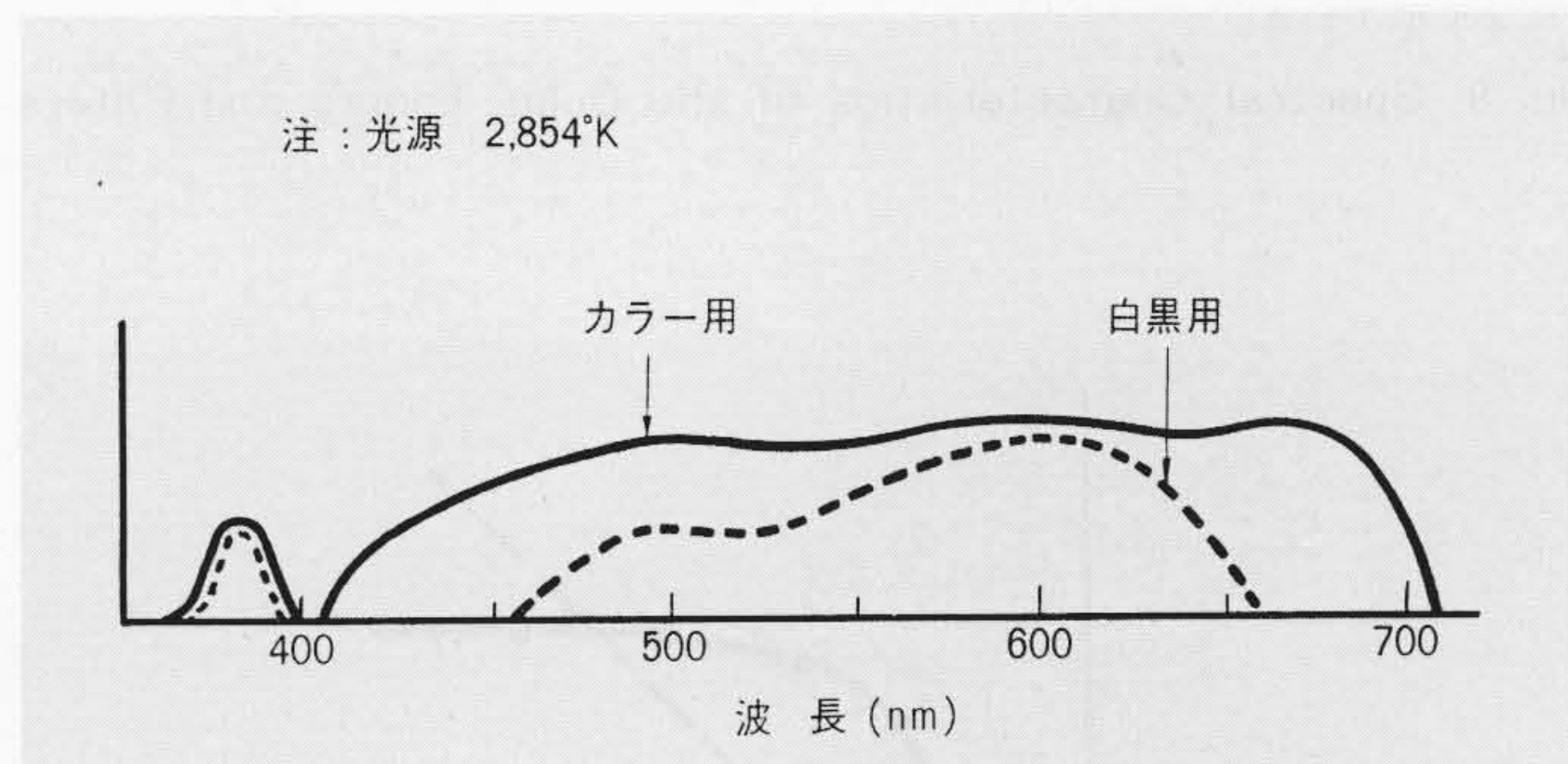


図7 感光紙の分光感度特性 カラー用は、可視域 (400～700nm) 全域に感度を持っている。

Fig. 7 Spectral Sensitivity of ZnO Papers

下するものであってはならない。

ぬれ状態での帯電特性は、単に現像剤の抵抗値の大小によってだけで決まるものではなく、感光紙と現像剤との相互作用によって決まる。

図8は、各作像工程における帯電電圧をとった例である。実線のように帯電位の低下、暗減衰 ($V_1 - V_{20}$) の増加の少ないものでなければならない。×印のようなものでは、次の像がのりにくく (オーバープリントしにくく) なる。

5.3 トナーの色相

このカラー複写法では、オリジナルを3色分解し、トナー像を光導電体上に順次重ねていく関係上、トナーの分光特性は、図5に示すようなものが望ましい。

オリジナルが印刷物のようにある程度限定される場合には、色相のずれは、若干かたよってもよい（そのほうが好都合のときもある）が、像濃度を高くしても、各色成分の透明度は低下しないのが望ましい。しかし、現状の顔料や染料では、色以外の特性を満たしたうえで上記特性をも満たすものではなく、印刷インクに近いものが安定なようである。

図9に示す実線は、各色トナーの分光反射特性である。図9と図3を比較すると、印刷インクの色によく似ていることがわかる。

系に用いられるフィルタは、オリジナルとトナーの色に適合するのが最も良い結果を与える。図9の点線は色分解特性、露光特性、露光感度から考え、この方式に合うフィルタとして選定したもので、トナーの色によく合い、かつ、一般印刷インクの色にも合っている。

5.4 トナーのトラッピング特性⁽³⁾

各色の作像工程に従い次々に重ねられるトナー像の重なり方は、この方式による色再現性を左右する重要なものとなる。このトナーの重ね現象をトラッピングと称している。

中間色をよく再現するためには、像の重なりは前の作像工程で形成されたトナー像の有無にかかわらず、オリジナルに対応するのが望ましい。すなわち、第一のトナー像濃度 D_1 、第二のトナー像濃度 D_2 、第一、第二の像が重なった所の濃度を D_{12} とすれば、

$$y = \frac{D_{12} - D_1}{D_2}$$

において、 $y = 1$ であるのが良い。

図10は、MとYを組み合わせたもののトラッピング特性の例を示すものである。Mを第1色めとすると、直線性が著しく悪くなることがわかる。

他の組合せによる直線性はCとMでは、 $C \rightarrow M$ のとき悪く、YとCではどちらが先でもそれほど悪くならなかった。

このトラッピング特性は、トナーの分光透過率特性、体積

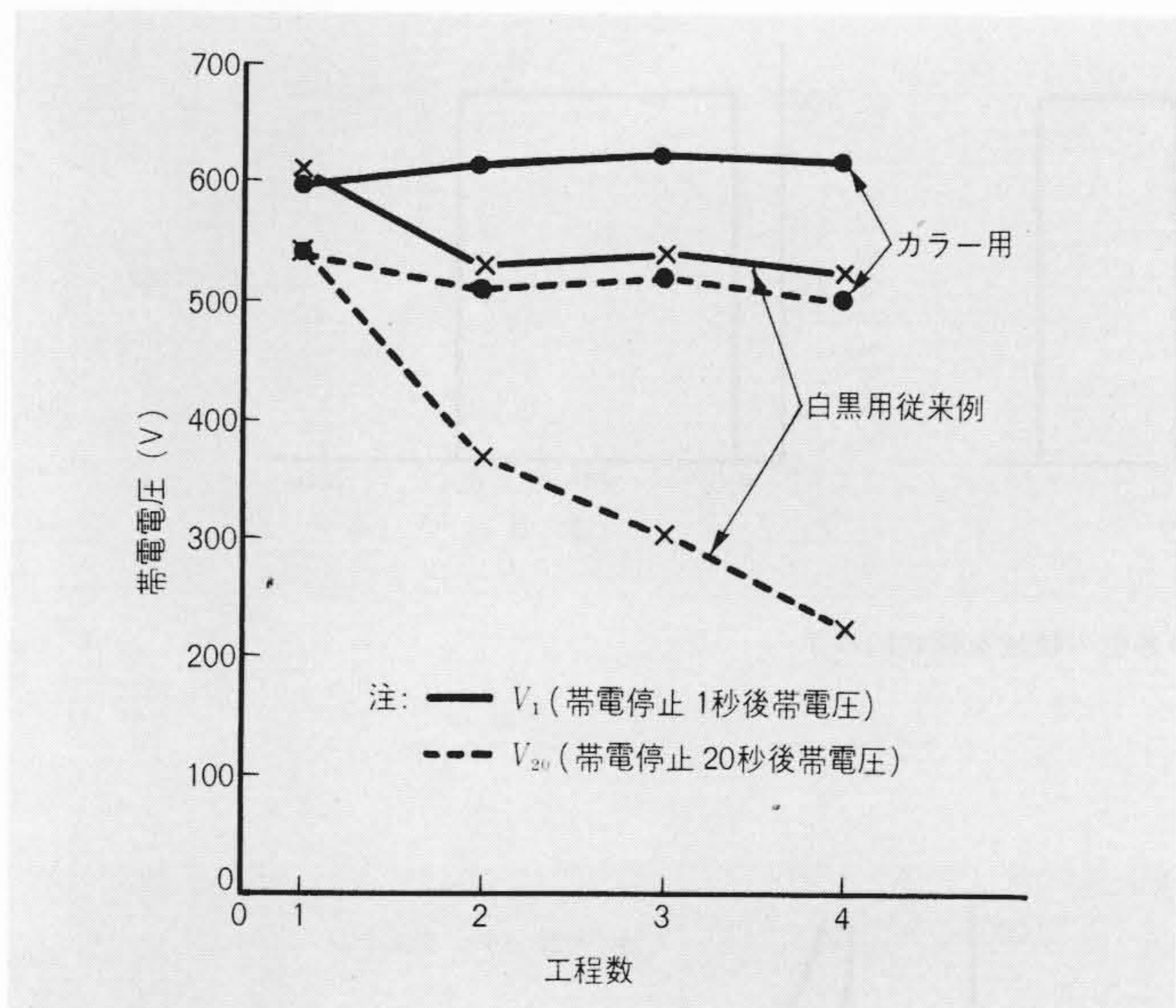


図8 帯電特性 カラー用は、表面に現像液が存在しても帯電電圧の変化が少ない。

Fig. 8 Charging Characteristics of ZnO Papers

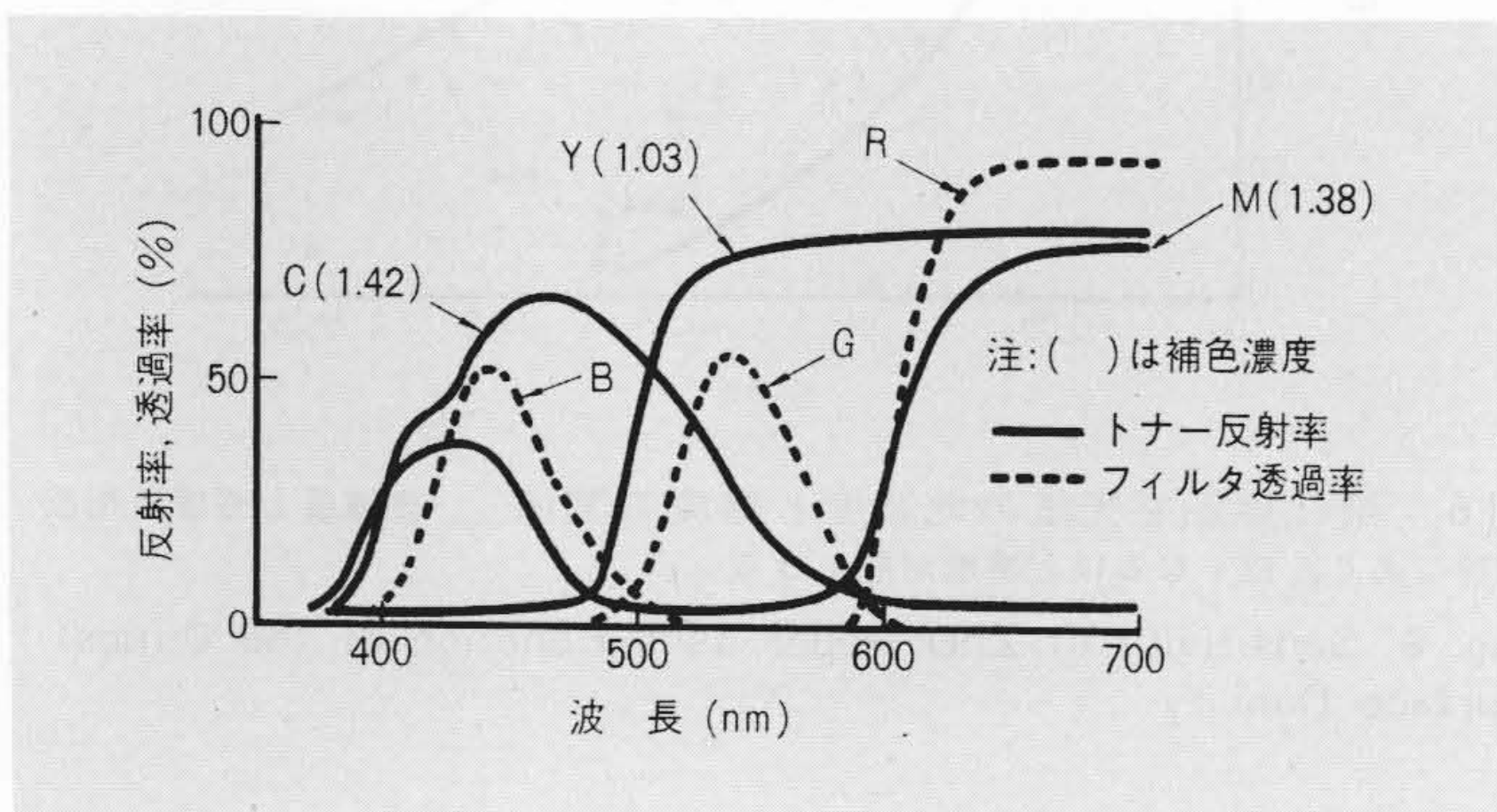


図9 トナー、フィルタの分光特性 トナーの特性は印刷インクの特性によく似ている。

Fig. 9 Spectral Characteristics of the Color Toners and Filters

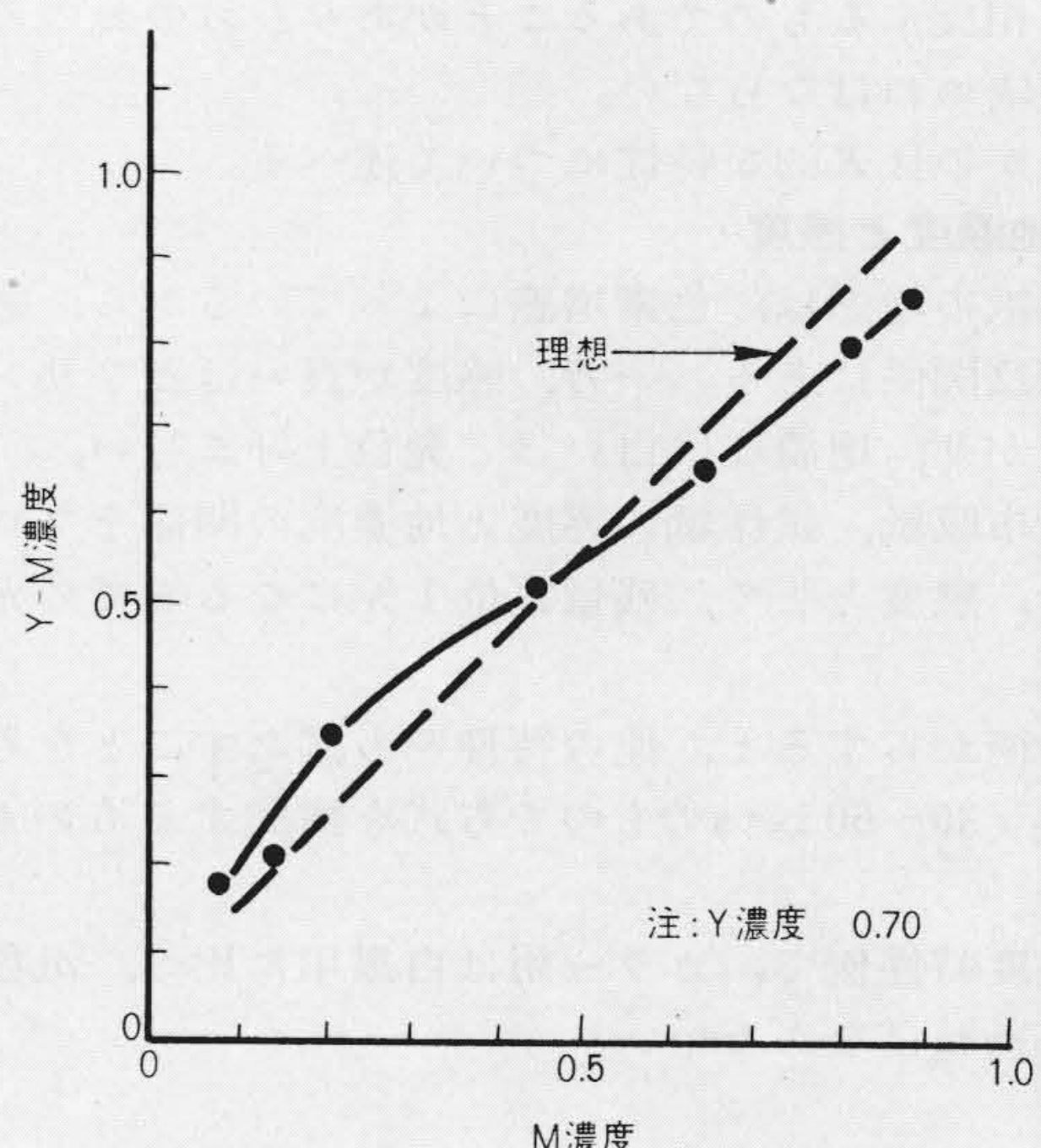
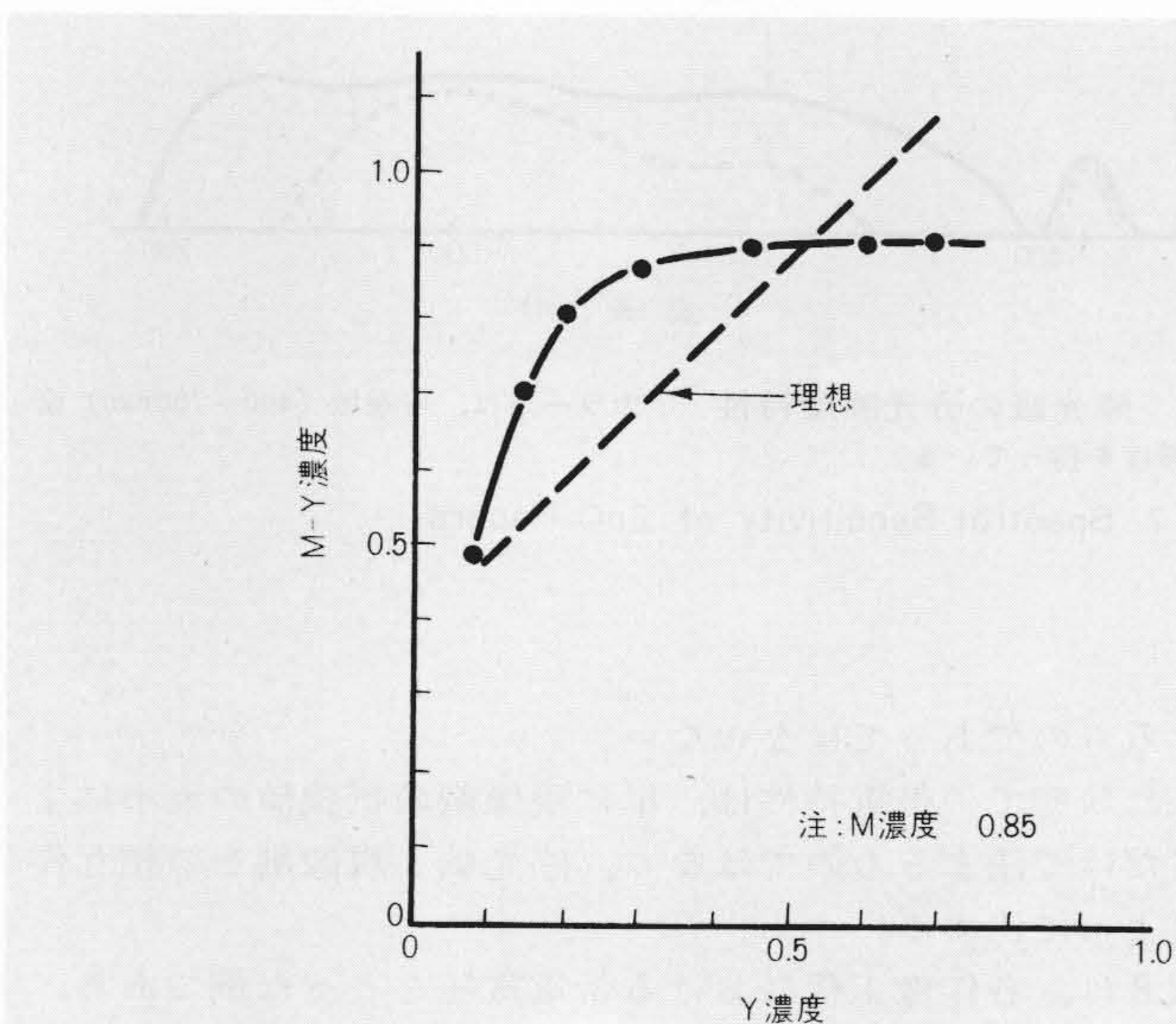


図10 トナーのトラッピング特性例 Mの次にYを重ねると直線性が悪くなる。

Fig. 10 Examples of the Trapping Characteristics of Color Toners

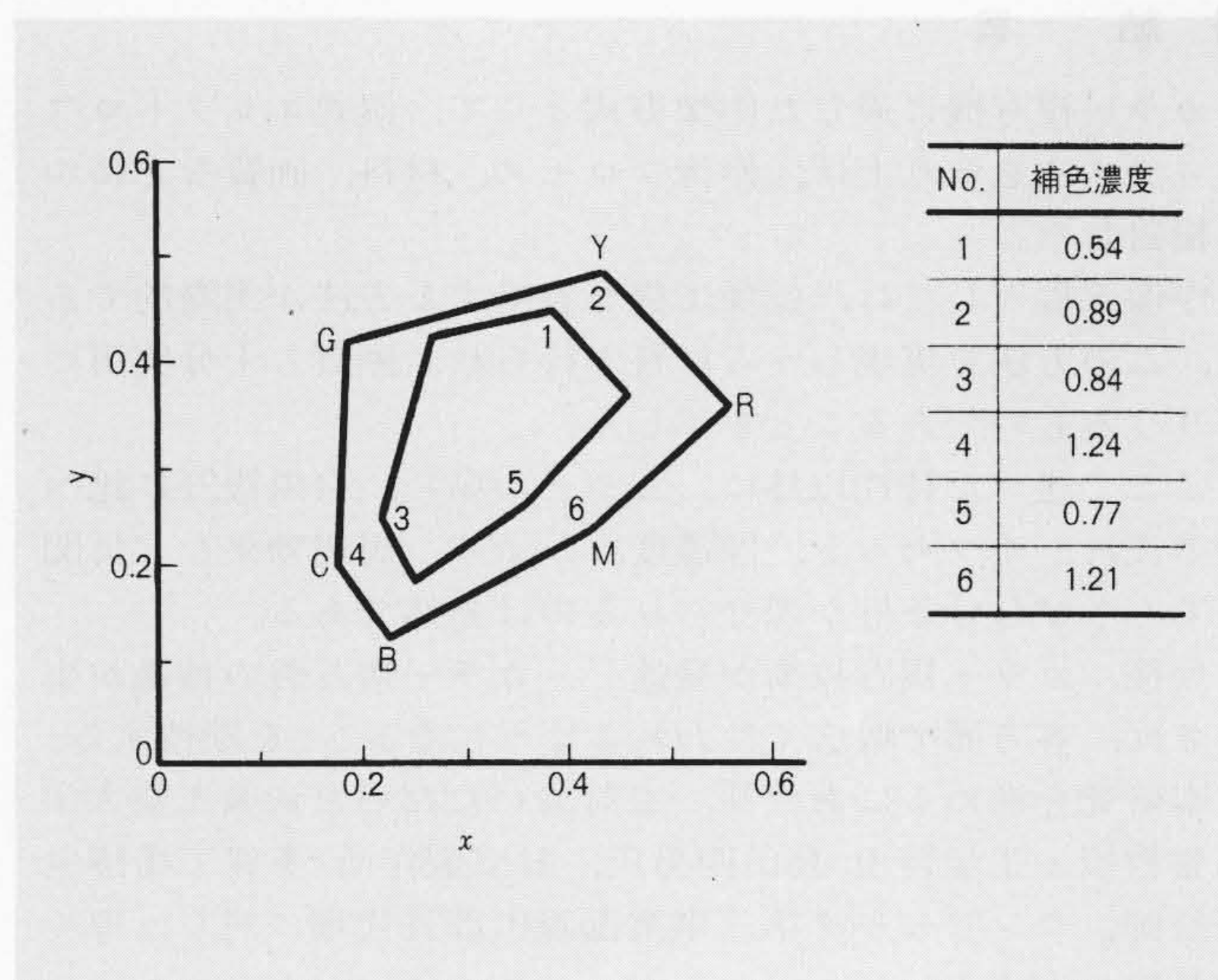


図11 画像濃度と色再現範囲 図4と比較すると色濃度を0.7~0.12とすれば、印刷に近いものとなることがわかる。

Fig. 11 Chromaticity Diagrams as a Function of the Image Density

抵抗値、付着力および凝集力によっても変わるが、現状の材料でしかも、本方式による作像法では、上述した特性となるのが普通のようなのである。

多くの場合、図10の例のように、低濃度域では $y > 1$ 、高濃度域では $y < 1$ となる。低濃度域の特性は、トナーのしゃ光効果によるもの、高濃度域の特性は、トナー間の反発力によるものである。

上記トラッピングの直線性から考えると、色順序は現状の材料では、 $Y \rightarrow M \rightarrow C$ とするのが良い。もし、 $M \rightarrow C \rightarrow Y$ のようになると、マゼンタ色や青色の再現ができにくくなる。

色順序は、トラッピングが著しく悪いトナーを含む場合や特定の色を強調したい場合、あるいはしゃ光効果の少ないトナーの場合には上記順序以外のものも良い結果を与えることもある。

5.5 色再現範囲

図11は、このカラー複写法における色再現範囲を、図9の分光特性を持つトナーで調べたものである。

図4と図11とを比較すると、印刷と同程度の色範囲を得るには、色濃度0.7~1.2であればよいといえる。

湿式EF法における像は、表面光沢の少ない像であるが、得られたプリント表面に透明ワニス塗布(グロススプレー)すると単に光沢がつくだけでなく、トナー層の透明度が増加し、カラー濃度も増加する。また混色効果が大きくなり、色範囲が広がる⁽²⁾などの効果により像の深みが出て、画像品位が上がる。

したがって、プリントをグロススプレーするのが色再現上好ましい。

5.6 現像剤の安定性

現像剤には多くの特性が要求される。特に、この複写法により実際の複写機で長期間、安定な画像をプリントするには、現像剤が安定でなければならない。

現像剤が安定であるか否かの目安として、現像剤中のトナー粒子が安定に分散しているかどうかで判定することができる。

現像剤のように荷電粒子の安定性を論ずるときには、粒子と分散剤とで形成する電気二重層、粒子相互間の立体障害、

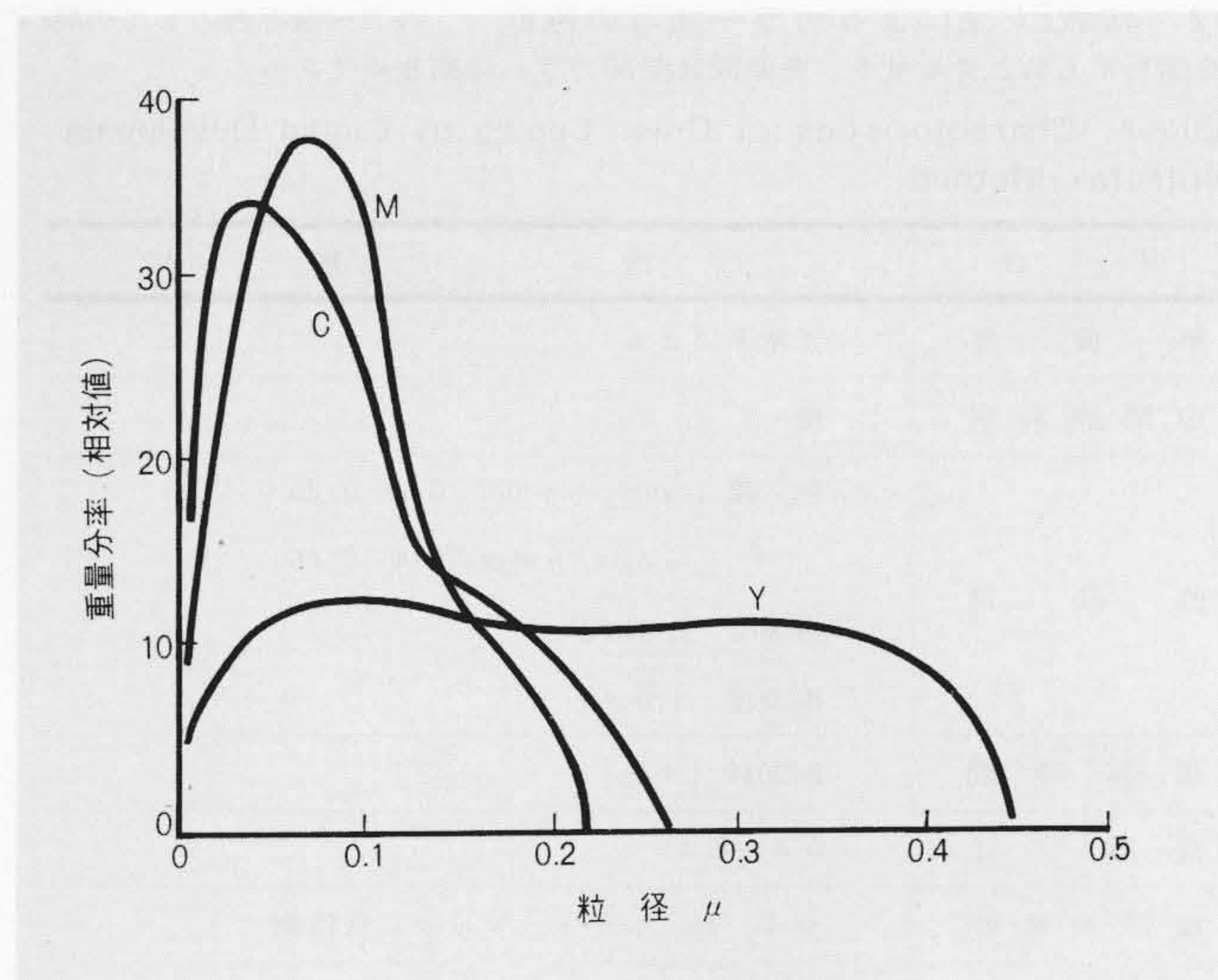


図12 トナーの粒度分布 平均粒径は $M=0.05$ 、 $C=0.05$ 、 $Y=0.25 \mu$ である。

Fig. 12 Distribution of Toner Particle Size

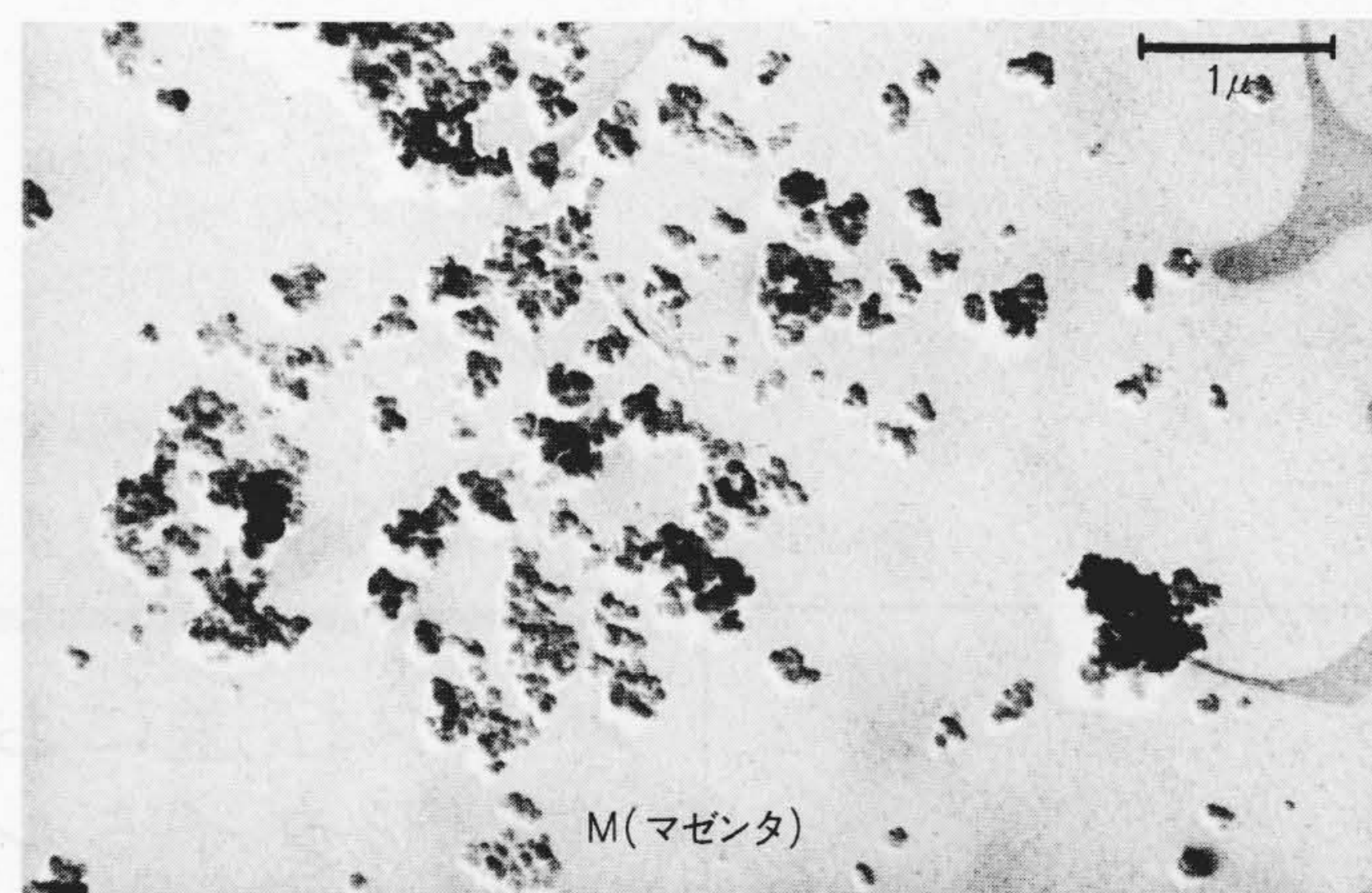


図13 トナーの電子顕微鏡写真 図12の平均粒径とよく一致していることがわかる。

Fig. 13 Electron Microscope Photograph of Magenta Toner

ブラウン運動などを考えねばならない。

凝集や沈殿を起こさないためには、粒子は 0.1μ 前後で、電位が100mV以上必要である⁽⁴⁾。

図12は、カラートナーの粒度分布を光透過法により測定したものであり、図13はマゼンタトナーの電顕写真を示すものである。

両者の測定による平均粒度は一致している。

M、C、Yの平均粒度はそれぞれ 0.05μ 、 0.05μ 、 0.25μ である。また、電気泳動法による電位の測定では、 $C=133\text{mV}$ 、 $M=186\text{mV}$ 、 $Y=170\text{mV}$ であった。

粒度および電位の測定から、この現像剤は、安定なものと判定できる。事実プリントテストによれば、数ヶ月の放置後であっても安定な画像が得られた。

6 湿式EF法カラー複写の性能

湿式EF法の基本特性は、5.で述べたようなものである。これを実際の複写機とした場合、実用的なプリント時間、画質であるものが得られるように、感光紙の感度、現像液濃度、現像時間などを選定したときの性能は、ほぼ表2のようになる。

表2 湿式EF法によるカラー複写の性能 カラー複写機としての特性を満たすものと見なせる。色範囲は新聞カラー印刷並みである。

Table 2 Characteristics of Color Coping by Liquid Developing Electrofax Method

項 目	性 能
解 像 度	光学系による
中 間 調 再 現	良
色 品 質	色 度 $x_{min}, y_{min} : 0.2 \sim 0.25$ $x_{max}, y_{max} : 0.4 \sim 0.45$ 白濃度 0.2以下 黒濃度 1.0以上
複 写 時 間	約90秒(4色)
複 写 寸 法	A4~B4
複 写 対 象 物	文字, 絵, シート, ブック, 立体物
操 作, 保 守 性	容 易

この場合、解像度は光学系によって決まると言ってもよく、通常の文字を再現するには、6 pl/mm、絵画などを再現するには4 pl/mm以上必要である。

色範囲は、ほぼ新聞カラー印刷並みと考えてよい。

色ずれ(各色の位置ずれ)を起こさず、上記性能を出しうるような装置システムとしては、オリジナルと紙とを固定した状態で、各工程が遂行される方法が適している。

7 結 言

カラー複写機に適した作像方式として、湿式エレクトロファックス法を取り上げ、作像プロセス、材料、画質などにつき検討した。

作像工程としては、乾燥工程を省略する方法が实际的であり、この方法を実現しうる材料が得られ、画質も十分実用になりうるものであることを示した。

ここで述べた特性以外に、カラーの場合、白黒複写に比べ像の流れ、オフセット、像濃度、かぶり、周辺効果などに関してもきびしい条件が課せられるのは当然である。

今後、カラー複写技術が発達し、カラー複写機の特徴が生かされ、各方面で幅広く使われるようになることを期待する。

本研究を進めるにあたり、ご討論いただいた武蔵工業大学名誉教授・工学博士 鳥山四男氏、日立製作所 多賀工場主任技師、コンピュータ第二事業部森山部長代理に対し、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 朝日新聞、(昭47-5-17)
- (2) 安西：「湿式エレクトロファックス法によるカラー複写」、画像電子学会予稿 72-06-3
- (3) 安西：「湿式カラーエレクトロファックスのトラッピング特性」、電子通信学会画像工学研究会資料、IT72-27
- (4) 角田、水石：「顔料分散の基礎」、塗装と塗料 1972(8) 29('72)
- (5) 徳江、中尾、成田：「カラー写真伝送とその複製」、電写研究会雑誌 8(2) 1-4('61)

論文抄録

パルス伝送における非線形タイミング抽出の解析

日立製作所 高崎喜孝

電子通信学会論文誌 55-A, 12, 647 (昭47-12)

デジタル通信においては信号をすべてパルスの形に変換して伝送する。したがって雑音に強く、伝送路上でのひずみの累積がきわめて少ない。信号の処理にも適しているため将来通信ネットワークはすべてデジタル方式で構成されることになる。

このデジタル通信にも一つの重大な欠陥がある。それはジッタ(パルスの時間位置が所定の位置より時間的にゆらぐこと)である。これは伝送距離が長くなるほど増加して行き、通信の大きな障害となる。

このジッタ発生の原因は中継器にある。中継器とは伝送路上数キロメートルおきに設置されるもので、伝送路でひずみを受けまた振幅も小さくなったパルス波形を増幅し、ひずみを取り除く役めをする。またパルスの時間位置も補正する。この補正がうまくいかないとジッタが生ずるわけである。

時間位置の補正のためには正しい時間標準を持ってくる必要がある。ただし、中継

器は遠く山野を越え人里離れた場所にも設置されるので、外部から時間標準を供給することはきわめて困難である。このため、通常時間標準を信号から取り出す(これをタイミング抽出という)。ただし、信号はタイミング情報を含んでいないので、これにある非線形操作を施すことによってタイミング情報を発生させ、これにより時間標準を取り出す。このタイミング抽出がうまく行かないとジッタを発生する。

本論文では上記の非線形操作によるタイミング抽出について検討し、(1)ジッタ発生の原因を明らかにし、(2)ジッタを除去するための条件を求めたものである。

従来、ジッタがどのような機構で発生するかは不明であったが、本検討の結果ジッタは、(1)非線形操作の不完全性および(2)パルス波形の不完全性により発生することが明らかになった。またこの場合について、ジッタを信号パターンにのみ依存するパ

ー関数とパルス波形のみに依存する波形関数の内積として表示できることを明らかにした。この関係式はジッタの解析にきわめて有効な手段を与える。たとえば、この関係式によりジッタ量の上限をただちに求めることができる。次にジッタを除去する条件を求めた。非線形操作については有理関数系において最適関数を求めたところ、最適解が二次の有理関数で与えられることがわかった。またジッタを生じないパルス波形について検討した。従来は、対称な波形がジッタを生じないものと考えられていたが、特殊な非対称波形(広義の対称波形)を用いることによってジッタを対称波形の場合よりも1/5以下に抑圧できることを示した。現在画像通信などにおいてジッタによる画質の劣化が大きな問題となっている。本理論の応用により、ジッタを生じない中継器の設計が可能になり、高品質のデジタル回線が実現される。