印刷製版における網点画像

大日本スクリーン製造株式会社 小 野 善 雄

印刷製版におけるハーフトーン法の性質ならびにハーフトーンドットジェネレーターについて概観した。ハーフトーン法の調子再現特性には連続調のそれとは異なる特質がある。網点形状には種々の形式があるが、通常網点とチェンドットが広く利用されている。ドットジェネレーターもいくつかの形式が実用化されており、なお発展中である。

1. ま え が き

印刷、とくに平版と凸版の印刷において、写真や絵画のように濃淡をもった連続調原稿を複製する場合、ハーフトーン (halftone) 法が用いられる。平版と凸版では、印刷版のないうインキ膜厚は原理的に均一であるため、画像を微小要素の集まりに分割し、それらの微小要素の面積の大小によって原稿に対応した調子の明暗を表現する。このような大小の微小要素の集まりによって表現される調子がハーフトーンである。微小要素としては、一定ピッチで規則正しく配列された大小の網点 (ハーフトーンドット) を用いる網点方式が一般に広く利用されている。網点ピッチの粗細はスクリーン線数で表わされ、普通 20~100 線/cm の範囲内である。なお、グラビア印刷には大別してコンベンショナルグラビアと網グラビアがあり、前者は網点面積一定でインキ膜厚を変化させる方法なので連続調に近く、後者はそれとハーフトーンとの中間的性質をもっている。

連続調の写真をハーフトーン画像に変換するためには、光学的方法と電子的方法とが利用できる。前者は光学的なハーフトーンスクリーンを用いて写真撮影する方法であり、後者は光電走査式画像複製機において出力走査記録側にハーフトーンドットジェネレーター (またはハーフトーンジェネレーターあるいはドットジェネレーター) を用いるものである。ハーフトーンスクリーンは 19 世紀後半に発明されたが今日も広く利用されており、ドットジェネレーターは最近実用化されてきた。

ハーフトーン法は、網点を利用するために、調子再現性において連続調法のそれとは異なる性質をもっており、また網点による利点と問題点をもっている。本稿では、ハーフトーン画像のこれらの性質や問題を概説し、

あわせてドットジェネレーターの最近の発展について紹介する。

2. ハーフトーンスクリーンによる網点画像の形成

ハーフトーンスクリーンには、大別して、ガラス交線スクリーンとフィルム製のコンタクトスクリーンとがある。ガラススクリーンは長年にわたって独占的に使用されていたが、近年ではコンタクトスクリーンにほとんどとって代られている。

ガラス交線スクリーンは、2 枚のガラス板の片面にそれぞれ同一線数の平行線群を食刻し、そこに黒色の顔料を充填したものを、それらの面を内側にして、両者の線群が直交するように貼り合わせたものである。ガラススクリーンは感光材料の直前にわずかの距離 (スクリーン距離) をおいて使用する。これにより露光の際に感光乳剤面上で適当な光の網目状強度分布パターンが得られる (図 1 参照)。

図 1 ガラス交線スクリーンによる光の網目状強度分布パターンの形成

“Halftone Images in Graphic Arts” by Yoshio Ono (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd., Kyoto)

写真1 コンタクトスクリーンの拡大写真

コンタクトスクリーンは写真フィルムから製作されるもので、スクリーン自体に適当な網目状濃度分布パターンが内蔵されている（写真1参照）。これを感光乳剤と密着させて使用すると、乳剤面上にはその濃度分布に応じた光の強度分布が生ずる。

したがって、どちらのスクリーンを使う場合でも、連続調画像が網目画像に変換される原理は同じとみなすことができ、図2のように表わすことができる。すなわち光学的スクリーンを用いたハーフトーン撮影（網撮り）露光の際には、同図(a)のような明暗をもった原稿の濃度分布と、スクリーンの濃度分布パターン（同図(b)：光の対数強度分布パターンを逆向きにしたもの）とを加算した濃度分布が乳剤面上にもたらされる（同図(c)）。そこで、感光材料として、ある臨界露光量を境にして、露光がそれより大か小かに応じて、黒か白か（完全黒化か透明なまか）二者択一という性質をもったリス型フィルムを用いると、前記濃度分布(c)を逆にした光の強度分布(d)において点線で示した臨界露光量を越える強度のところは現像によって黒化し、それ以外のところは透明となり、結果として、同図(e)に示すように、原稿濃度に対応した網点の大小が得られる。

図2 ハーフトーンスクリーンによる網点形成の原理

3. ハーフトーン法の調子再現特性

与えられた原稿画像を複製する場合、複製画像は原稿画像と同じ調子（階調）を有することが原則として望まれる。連続調の写真材料を用いて複製を行う場合、この要求を満足するためには使用材料の調子再現特性（濃度対濃度の特性曲線）が直線的であることが理想といえる。これに対して、ハーフトーン法による製版印刷プロセスにおいては、網点画像の性質のために非直線的な調子再現特性が一般に要求される。しかも、連続調のポジ原稿から網ネガ（ハーフトーンネガチブ）を作る場合と連続調ネガ原稿から網ポジ（ハーフトーンポジチブ）を作る場合とでは異なる特性が要求される。これもハーフトーン法の特質のひとつである。

連続調ポジ原稿の濃度を D_0 、それから作成される網ネガの濃度を D_{hn} 、さらにそれから作成される網ポジの濃度を D_{hp} とする。また、これらの網ネガと網ポジの網点面積割合を、それぞれ A_{hn} と A_{hp} とする（単純に考えると $A_{hp} = 1 - A_{hn}$ である）。ハーフトーンの理想調子再現特性について単純な理論的考察を行うと、連続調ポジ原稿から網ネガを作成する場合について、次式の特性が要求される。

$$D_{hn} = \log_{10} \frac{1}{1 - 10^{-D_0}} \quad (1)$$

この関係式をグラフで示したのが図3の曲線である。これは Tritton-Wilson の曲線と称される¹⁾。

他方、網ポジを連続調ネガから作成する場合については、連続調ネガの原稿に対する濃度特性は直線的であると仮定すると、

$$D_{hp} = K - k D_{ch} \quad (2)$$

でなければならない。ただし、ここに D_{ch} は連続調ネガの濃度、 K と k は定数である。これをグラフで示すと

図3 単純な理論による網ネガおよび網ポジの理想調子再現特性

図3の直線のようになる。

しかし、実際には図3に示すような特性を有する網ネガまたは網ポジから製版、印刷を行っても、理想的な調子再現をもったハーフトーン印刷物は得られないのが普通である。これは主として製版、印刷の際の網点面積の変化（たとえば $A_{hp}=1-A_{hn}$ にはならない、等）と、印刷用紙の内部への光の浸透と散乱などの影響によっている。これらのうち、後者については次のようなことがいえる。

ハーフトーン印刷物において、網点面積割合を A 、濃度を D 、ベタ刷り部分の濃度を D_s とすると、任意の個所における D と A の関係は、単純に考えると、

$$D = \log_{10} \frac{1}{1 - A(1 - 10^{-D_s})} \quad (3)$$

という式で表わされる。この式は Murray-Davies の式と呼ばれている²⁾。

しかし、現実の印刷物においては、紙の内部への光の浸透と散乱などのために、この式は成立しない。Yule と Nielsen によれば、むしろ次式が実際の濃度と網点寸法の関係をよりよく表わしている³⁾。

$$D = n \log_{10} \frac{1}{1 - A(1 - 10^{-D_s/n})} \quad (4)$$

ここで n は印刷用紙やスクリーン線数によって変化するパラメーターで $n \geq 1$ であるが、用紙の光拡散性が強いほど、またスクリーン線数が大きいほど、その値は大きくなる。種々の n の値について(4)式をグラフで表示すると図4のようになる。ここで及川の実験によればアート紙とスクリーン線数 24~34 線/cm とを用いた場合に $n=1.2$ で、上質紙と 53~60 線/cm の場合に $n=5$ となる⁴⁾。

(3)式により与えられる網点寸法対濃度の曲線が図4

図4 ハーフトーン印刷物の網点面積と濃度の関係 (Yule-Nielsen の式による)

中の $n=1$ と記した曲線になるのに対して、現実の曲線は中間調部分において $n=1$ の曲線よりも多少とも高い濃度値を示す。このことは現実に対応した網ネガ、網ポジの理想調子再現特性曲線は図3の単純理論によるそれよりも互いに近づき合うべきことを意味している。

標準的な実際作業条件に適合したハーフトーン法の理想的調子再現特性については多くの研究がなされていて種々の理想特性が発表されている⁵⁾。これらの特性曲線はだいたい類似した傾向を示しており、普通のオフセット平版印刷の製版の場合については、図5に示すような曲線を実際に即した標準的理想特性とみなすことができる。図5では、図3の特性にくらべて、網ネガと網ポジの間の特性差は縮まっている。しかし、両者の間に明確なちがいが必要とされるというハーフトーンプロセスの本質はやはり残されている。図5の曲線は濃度対濃度で表わされているが、これを濃度(連続調)対網点面積率の関係に換算して表わすと図6のようになる。

実際の製版工程においては、仕事の種類に応じて(例

図5 網ネガおよび網ポジの実際の標準的理想調子再現特性(濃度対濃度)

図6 網ネガおよび網ポジの実際の標準的理想調子再現特性(濃度対網点面積)

えば印刷用紙のちがいに応じて) この理想特性が変動するので、それに合わせて網撮り作業を行わなければならない。網撮り用のコンタクトスクリーンは多くの異なる種類のものがあるが、前記の特性になるべく適合するように、網ポジ用と網ネガ用の区別を設けて製造されている。したがって、それぞれの網撮り用途に合ったコンタクトスクリーンを選択使用することが望まれる。ただし現実には、網撮り時の調子再現性コントロールの可能性やその他の要因をも考えて、コンタクトスクリーンの特性は設定されている。

なお、ハーフトーンによる調子再現についての上記およびその他の問題のより詳しい記述については別の文献を参照されたい⁶⁾。

4. 網点形状と調子再現

網点によるハーフトーン画像には、網点の形状または構成によっていろいろな種類のものがある。

最も標準的な網点画像は、ハイライト (最小網点部) とシャドウ (最大網点部) では小さな円形の網点、中間の 50% 網点部では市松模様構成 (正方形網点) をして、その間は円形から正方形へまたはその逆へと漸次変化している (図 7 (a) 参照)。50% 部において網点が正方形よりもやや丸味を帯びたものを樽形と称し、逆に正方形の四辺がややくびれているものを糸巻形と称する。これら三者を一括して通常網点構成形と呼ぶことができる。その特質として、図 7 (b) に示すように、この形式の網点構成は 4 つの方向に関して対称性を有している。

網点ハーフトーン印刷法は、普通、個々の網点寸法が大きく変動することが少ないので、安定した調子再現を得られる特長をもっている。通常網点構成は、それに加えて、四方向対称性ゆえに方向性が比較的目立ちにくく、また一定濃度領域内での網点寸法の同等性ゆえに均一性にすぐれている。一方、その短所としては、網点面積率 50% 付近とハイライト部の最小網点寸法領域の両方において調子の飛躍を生ずることがあげられる。また、網点画像一般に共通した短所としては、網点構成ゆえの解像力の制約がある。これらの短所を克服するために、近

図 8 チェンドットの網点構成

年種々の新しい網点構成が発表されている。

比較的新しい網点構成の中でも実用上最も成功をおさめているのがチェンドットあるいはエリプチカルドット形式である。これは最小網点と最大網点は通常網点と同様であるが、中間調部の網点は一方のスクリーン線の方に伸びた形状をしていて、2 方向に関してのみ対称形となったものである (図 8 参照)。通常網点構成では、面積率 50% 付近の中間調において、個々の網点の四隅で隣接網点との接触が同時に生ずるため、調子の飛躍が生ずる。チェンドットではこれが二隅ずつに分けて生ずるため、分割された 2 つの小さな飛躍は目立ちにくく、中間調をよりなめらかに表現することができる (図 9 参照)⁷⁾。このことは明部から中間調にかけての調子の漸進的变化が重要な主題 (ポートレート、その他) の再現にとって品質を向上させる意義をもっている。

通常網点構成のハイライト部における調子の飛躍、すなわち白紙部から最小網点への突然の移行に対する改善としてはダブルドット形式または親子網点形式が知られている。これには現在コンタクトスクリーンとして実用化されているものが 2 種類ある。そのひとつは、図 10 (a) に示すように、基本の通常網点配列の中間により小さな網点が入るものである。いまひとつは、同図 (b) に

(a)

(b)

図 7 通常網点構成の (a) 拡大ハーフトーンスケール、(b) 網点の 4 方向対称性

図 9 網点面積率 50% 付近での調子の飛躍

図 10 親子網点形式の網点構成例

示すように、基本の通常構成網点の近傍に3つの網点加わってくるものである。これらはハイライト部において網点面積率でみれば、より小さな網点表現が可能で、最小網点部での調子再現域が広がる利点がある。けれども、子供網点が入り始める比較的明るい領域で余計な調子の飛躍が生ずるという重大な欠点がある。このためこの形式のスクリーンは広くは利用されていない。

網点画像に共通した解像力の制約を緩和するために、まったく新しい網点構成として提案されたものにコンスタントドット形式がある。これは、通常網点の平均的寸法よりもさらに小さい一定寸法の微小単位網点を設け、表現すべき調子の明暗に応じてその微小網点（コンスタントドット）の密度を変化させるというものである。もっとも、密度可変とはいっても、普通には、通常網点の単位網点区画に相当するサイズをやはり単位区画として、その区画の中のコンスタントドットの個数を変化させることによって階調を表わしている。たとえば、1区画を $4 \times 4 = 16$ 個のサブアレイに分割すれば、それらのサブアレイのおおのにコンスタントドットを入れるか

入れないかによって、白から黒まで全部で $16+1=17$ 段階の階調が表現できる（図11 参照）。この形式のハーフトーンは、次章で述べるように、当初、電子的方法によるものが発表されたが⁹⁾、その後コンタクトスクリーンによる方法も試みられている⁹⁾。

コンスタントドット形式の特長は、上記単位区画に基づいてスクリーン線数を表現した場合、同一スクリーン線数の通常網点方式よりも解像力が良いことである。通常網点形式でも、画像のディテールの影響で網点形状は微細な変形を受け（前記の対称性から逸脱し）完全な対称形網点の集まりのみから構成される場合よりも良好な解像力を示す。コンスタントドット形式では、画像ディテールに応じて微小網点の配列がより変化を受けやすくそれだけ解像力が改善される。しかしながら、実際にこの形式を印刷に利用しようとすると、個々の微小網点の寸法や微小網点どうしのつながり具合が製版印刷条件のわずかなちがいで変動を受けやすい。このため、ハーフトーン法の特長である調子再現の安定性がこの形式では失われやすい。しかも、単位網点区画内のサブアレイ個数を大きくとらないと階調のなめらかな表現が期待できないが、これを満足させようとするほど安定性がますます悪くなるという矛盾をかかえている。このため、コンスタントドットは現在のところ印刷の分野では実用になっていない。

5. ハーフトォンドットジェネレーター

光電走査式画像複製によって、光学的スクリーンを用いることなしに、写真フィルム上にハーフトーン画像を直接記録しようとする試みは古くから行われている。

H. E. Ives は、回転円筒走査式の装置において、連続調画像信号に応じて開口寸法を変化するライトバルブと回転セクターディスクとを記録用光学系内に用いて、やや特殊な網点構成の網ネガを作成した¹⁰⁾。S. W. Levine は記録用光学系内に山形のアパーチャー、ガルバノメーターミラー、ナイフエッジ、特殊プリズム等を用いて、山形アパーチャーの投影像を特殊プリズムにより網点形状にし、ガルバノメーターミラーの振れに応じてナイフエッジでの中間結像位置を変化させて網点寸法を制御した¹¹⁾。しかし、これらの試みは実用化にはつながらなかった。

図 11 コンスタントドット形式の網点構成

近年、カラスキャナー(電子色分解機)がカラー製版の分野において重要な地歩を占めるようになるにつれてドットジェネレータの実用化への努力が強化された。

R. L. Hallows, Jr. と R. J. Klensch は、CRT 上で微小なスパイラル走査により大小の網点を発生させるドットジェネレータの実験を行った¹²⁾。かれらはまた、コンスタントドット方式やレーザービームオンオフ変調式のドットジェネレータについても実験、提案を行っている。

さらに R. J. Klensch らは、コンスタントドットジェネレータを試作した⁹⁾。これは、図 12 に示すような回路を用い、前章で説明したコンスタントドットのサブアレイの各番地ごとに異なる閾値を割当て、出力画像信号がそれより高いか低いかに応じて個々のコンスタントドットを露光するかしないかを制御する。このデジタル式の方法では、サブアレイの各番地に割当てる閾値を適当に選ぶことにより、市松模様、チェーンドット等、任意に通常網点構成のハーフトーンをも発生することができる。

Dr. -Ing. Rudolf Heil 社では、この種のデジタル方式にしたがって網点信号をあらかじめメモリーしておく、Ar レーザからの光束を 6 本に細分割し、それらをカラスキャナーの色調修正済み画像信号によってメモリーから読出した網点信号に応じて、6 個の光変調器を介して、同時に個別オンオフ制御するドットジェネレータを実用化している¹³⁾。細光束 6 本分で網点ピッチのだいたい半分を露光するので、画像ディテールに応じた網点の変形もいくらか可能である。

カラー製版では、通常 4 版に共通のスクリーン線数を用いるとともに、それらのスクリーン角度を 15° 、 45° 、 75° および 90° (ただし 90° は黄版) にとって、モアレの生成を防止しているが、Hell 社の装置では、 15° と 75° の代りに、主走査方向に対するスクリーン角度 θ を $\tan \theta = 1/3$ および $3/1$ となるように選んでいる (図 13 参照)。またスクリーン線数は、これらの角度と 45° 、 90° の 3 種の版について、 $1/\sqrt{10} : 1/\sqrt{8} : 1/\sqrt{9}$ という比率で異なる値を割当てている。

Crosfield Electronics 社でも類似のドットジェネレータ Laserdot を最近発表している¹⁴⁾。この装置も Ar レーザからの 6 本の並列細光束を単一の画像信号により同時に個別変調して網点を形成する。ただし、ここでは単一の光変調素

図 12 Klensch らのドットジェネレータ回路の概略⁹⁾
(n : 階調段階数, m : サブアレイ個数)

図 13 $\tan \theta = 1/3$ のスクリーン角度でのデジタル式網点発生例 (Hell 社, 網点面積率 50%)

子を使用し、実質上通常のスクリーン角度を用いている。なお、手工の色調修正 (ドットエッチ) 特性の改善のために、網点の周縁部では露光量を弱くするように細光束に段階的変調をかけている。

図 14 PDI Computot のレーザーヘッド光学系¹⁵⁾

Printing Developments 社 (PDI) では、標準スクリーン角度とアナログ式網点発生を結びつけたドットジェネレーター Compudot を同社の 4 色スキャナ用 に供給している¹⁵⁾¹⁶⁾。これは図 14 に示すような構成をしている。Ar レーザー (最近 はハロゲンランプ) からの光を 4 色の各記録用ヘッドに均等に配分し、各ヘッドには露光用光束の幅と位置を決めるための幅ミラーと位置ミラーを備えている。画像信号によって網点寸法が決まると並行して、コンピューターでたえず計算される網点位置情報が供給されるので、これらに応じて前記両ミラーをそれぞれのガルバノメーターで個別制御し、網点画像を露光していく。なお、画像ディテールに応じて網点の位置を変位させたり、網点形状を変形させたりする処理も同時に実施できる。

白黒製版においても、ECRM 社はデジタル式ドットジェネレーターを組み込んだ He-Ne レーザー平面スキャナ Autokon を供給している¹⁷⁾。また IBM 社ではフルページ写真植字機に回転円筒走査式ドットジェネレーターを用いている¹⁸⁾。これは出力用光源として並列配置の 8 個の LED を使い、それらを同時個別制御して、やはりデジタル式に網点を発生させる。

これらの実用化されたドットジェネレーターは、光学的スクリーン不要、網点現象の安定性向上、場合により、リスフィルム の代りにより安価なフィルム使用可能等の利点がある一方、デジタル式網点の調子再現の安定性の問題、アナログ式の網点発生スピードの制約、非通常スクリーン角度でのモアレ発生 の可能性、ハードな生成網点における手工的色調修正の制約等の問題を残している。これらの問題点を克服し、あるいは従来のハーフトーン法に共通する問題点を解決すべく、新しいハーフトーンドットジェネレーターの開発の試みが内外で活発に行われている。

J. P. Allebach らは、個々の網点の中心位置をそれぞれの単位網点区画内においてランダムに変位させるという新しいハーフトーン法を提案している¹⁹⁾。この準周期性ランダムドットハーフトーン の利点は、原稿画像に周

期的パターンがある場合等にモアレが抑制できることであり、しかも同じ利点を有する従来の砂目スクリーンにくらべると粒状性が軽減できる。

P. G. Roetling は、モアレを抑制できるとともに解像力を改善できる新しいドットジェネレーター方式 ARIES (alias-reducing image-enhancing screener) を提唱している²⁰⁾。これは図 15 に示すような構成をしている。従来のハーフトーン法は、光学的と電子的とを問わず、スクリーン濃度分布信号と画像信号とを加算し、それを一定の閾値で弁別して網点を発生させているのに対して、この方法では網点単位区画ごとの平均画像信号値に相応する面積率の網点をつねに発生するように閾値を可変にしている。さらに、スクリーン濃度分布信号の抑制によりディテール強調効果を強め、解像力を改善できる。

R. L. Antos らは、コンスタントドット形式における階調段階数の制約を緩和するために、隣接微小ドットをたがいにくらかオーバーラップし合うようにしたコンスタントドットジェネレーターを試作している²¹⁾。この方法によれば、単位区画内に並べうる微小ドット個数よりも多くの段階数の階調を表現することができる。

レーザービームを音響光学光偏向器 (AOD) で偏向させることによりドットジェネレーターを構成することも試みられている。たとえば、回転円筒走査式の装置において、①主走査線幅いっぱい に微小光点をたえず高速に偏向走査し、所要網点形状に応じて光束をオンオフ変調する方式、および②前記と類似の偏向走査において所要網点に相当する幅だけを走査露光する方式が考えられている。さらに図 16 に示すように、③光束を主走査方向にせまい扁平状とし、これを所要網点幅に応じてたてに偏向させて連続的に幅の変化するスリットを通過させ、それをフィルム面上に結像させるという方式が提案されている²²⁾。大日本スクリーン製造ではこれら 3 つの方式について比較実験を行い、どの方式においても良好な網

図 15 Roetling の新しいハーフトーン法 ARIES²⁰⁾

図 16 レーザービームと光偏向の組合せによるスリット利用のドットジェネレーター²²⁾

点を得ている。

なお、ドットジェネレーターについてのより詳しい解説としては別の文献がある²³⁾。

6. む す び

以上、印刷製版における網点画像について論じた。網点によるハーフトーン画像表現方式は連続調を安定性良く再現できるという長所をもっており、今後も印刷には不可欠の方式といえる。しかし、網点方式の解像力の制約やモアレの問題を避けるために、網点を用いないスクリーンレス（連続調）印刷の実用化が試みられ、近年一部で実用化されている。網点方式も、高度の画像品質を要求される用途などにおいて、以上に述べた改良を含む新しい試みが実用化されて、さらにその性能の向上が達成されていくことを期待したい。（昭和53年3月10日受付）

〔参 考 文 献〕

- 1) F.J. Tritton & E.T. Wilson: Tone Rendering by Transparent Screen Negatives and Positives, *Phot. J.*, **79** (1939) 396-406, 412
- 2) A. Murray: Monochrome Reproduction in Photo-Engraving, *J. Franklin Inst.*, **221** (1936) 721-744
- 3) J.A.C. Yule & W.J. Nielsen: The Penetration of Light into Paper and its Effect on Halftone Reproduction, *Modern Lithography*, **19**, 9 (1951) 69, 71 72; **19**, 10 (1951) 68, 71
- 4) 及川善一郎: 凸版および平版のトーンレプロダクション, *印刷雑誌*, **39**, 11 (1956) 62-68
- 5) 例えば, V.G.W. Harrison, et al.: Tone Reproduction in Offset Lithography, *J. Phot. Sci.*, **3** (1955) 97-106
- 6) 小野善雄: 網点によるハーフトーンプロセスの調子再現, *画像技術*, **2**, 1 (1971) 61-72
- 7) R.E. Maurer: A Study of Dot Shapes for Contact Screens, *TAGA Proc.* 1963, 51-64
- 8) R.J. Klensch, et al.: Electronically Generated Halftone Pictures, *TAGA Proc.* 1970, 302-320; *RCA Rev.* (Sep. 1970) 517-533
- 9) 和田善男: コンスタントドットスクリーンの研究, 日本印刷学会研究発表会, 大阪 (1971年11月); (*印刷雑誌*, **55**, 2 (1972) 26-27)
- 10) H.E. Ives: *J. Opt. Soc. Amer. & Rev. Sci. Instrum.*, **15** (1927) 96-109
- 11) S.W. Levine: An Electronic Halftone Camera, *TAGA Proc.* 1958, 99-108
- 12) R.L. Hallows Jr. & R.J. Klensch: Electronic Halftones, *IEEE Spectr.*, **5**, 10 (1968) 64-72
- 13) E. ヘニッグ: クロマグラフ DC 300 型スキャナのエレクトロニックダイレクトスクリーニング, *印刷雑誌*, **57**, 5 (1974) 3-11
- 14) P.J. Wood: New Development in Colour Scanning, *Professional Printer*, **21**, 1 (1977) 2-4
- 15) B. Chapman: Electronic Scanning, *Penrose Ann.* **68** (1975) 130-136
- 16) 板倉孝宣: コンピュドット・システムの実用化, *印刷雑誌*, **59**, 7 (1976) 3-12
- 17) Anon: The ECRM Autokon Electronic Process Camera, *Seybold Report*, **5**, 8 (1975) 8-1-8-18
- 18) Anon: 日経エレクトロニクス, No. 132 (1976. 4. 19)
- 19) J.P. Allebach & B. Lin: Random Quasiperiodic Halftone Process, *J. Opt. Soc. Amer.*, **66**, 9 (1976) 909-917
- 20) P.G. Roetling: Halftone Method with Edge Enhancement and Moiré Suppression, *J. Opt. Soc. Amer.*, **66**, 10 (1976) 985-989
- 21) R.L. Antos & G.A. Helgeson: Digitized Image Display Using Ink-Jet and Laser Printing Techniques, *J. Appl. Phot. Eng.*, **2**, 4 (1976) 166-175
- 22) 坂本卓, 上田定男: 網目版画像走査記録方法及び装置, 特開昭 51-88301
- 23) 小野善雄: ハーフトーンドットジェネレータについて, 信学会画像工学研究会資料, IE 77-54 (1977.10.26) 45-53