資 料

印刷工業における調子再現性 ^{UDC 655.3.02}

Tone rendering in graphic arts industry

国 司 竜 郎*
KUNISI Tatuo

ま え が き

印刷による複製方式は、現在では実用上の便宜にしたがって、凸版・平版（オフセット主体）凹版（グラビア主体）のように分類され、この3者は最終結果についても、かなりの特徴を示すことが多い。これらの印刷物は、多くの場合どの版式によって作られたかを感覚的に判別することはできるが、しかし、この印象を機器による値で示す確実な方法は今のところ考えられていない。そこで調子再現は複製物と、原稿の対応する点の濃度を比較検討することに限られている。

また3版式で原稿を複製する場合には、そのおのこのについて、写真撮影→製版→印刷といった工程があり、（電子製版では、写真・製版段階を一度に行なう場合が多い）各工程についてそれぞれ調子再現に及ぼす要因がかなり多く存在している。

したがって各版式により tone rendering が異なるのはもちろん、同一版式を使って同一写真原版から同一印刷物を得ることはかなりむずかしい。

このようなことから、普遍性のある、または再現性のある調子再現性を求めるのはかなり困難であるが、与えられた条件内で、それらを実験的に追及したものはいくつかある。以下、代表例を紹介するとともに、各プロセス中での調子再現に影響を与える点二、三をひろってご参考の一端に供する。

1. 網ネガ、網ボジの調子再現性

凸版、平版印刷では原稿濃度を写真操作により点の大小に表わして焼付け用原版とするが、これら網写真の調子再現に関しては、まず Tritton & Willson¹⁾の考察がある。

すなわち原稿のある点の濃度を d とすると、その部分の透過率 X は $X=1/\text{antilog } d$ X を1から引いた値が理想的な網ネガの濃度である（点の中心間の距離はすべ

図1 計算値による理想的な網ネガ

て等しく、単位面積に対する黒点のしめる面積により透過率すなわち網写真の濃度が定まる）ところから、そのネガ濃度は $\log 1/1-X$ で与えられるとし、 d から $\log 1/1-X$ を算出して図1の曲線を得た。

この図から、理想的な網ネガに要求される性質は、同図中の線2で示される理想的な連続調ネガとかなり異なっていることがわかる。発時の感光材料を使用して得られた網ネガの曲線は図2の線1で示され、これから密着

図2 実際の撮影による調子再現曲線

昭 36.11.25 受理

* 千葉大学工学部

で得たポジは同図線2で示される。これらの傾向は現在でも根本的な変化はなく、網写真の調子は原図のそれと、かなり隔りがある。

もちろん、網写真の作成には、スクリーン距離、露光量、絞りの大きさ、スクリーンの線幅比の組み合わせが数多く考えられ、また露光についても一枚のネガ作成のために3~5種類の絞りを変えているからそれらの性質は厳密に工場によって一定しているとはいえないし、Tritton 以後、かなりの実験が行なわれている。

網写真作成について付言すれば、スクリーン距離については Penumbral theory, Diffraction theory では一致せず、主に前者に属するものとして指定され、実行されているものは、Screen Opening/Screen Distance= n lens aperture/camera extension なる比例式で、Screen distance= $64 \cdot$ Screen ratio, camera extension= $64 \cdot$ Lens aperture のような値が使われる。

一方 Diffraction theory での Screen distance は $L = a^2/k\lambda$ で示され、 a は Screen Opening で k の値は提唱者により 3(A. Fruwirth) 2.5(W. Harrison) 4(E. Stahl) などそれぞれ異なっており、この状態を図3に示す。

図3 種々のスクリーン距離

同様に露光についても、原稿の調子を描出するための主露光、ハイライトコントラストを上げるためのハイライト露光、濃度域の大きい原稿を網写真の描出限界に入れるためのフラッシュ露光があり、その他の補足露光も入れると問題はかなり複雑である。ハイライトコントラストを理想線に近づけるためには、スクリーンなしの露

光を加えることも提唱され、交差線スクリーンの白黒線幅比についても実験が行なわれている。

また交差線スクリーンのほかに、近年でたコンタクトスクリーンでは、調子再現性はスクリーン性質によって左右されてしまう。原稿の濃度域によりマゼンタコンタクトスクリーン*では、ローズ・エローのフィルターをかけて調子を変えることが可能である。この場合はコンタクトスクリーンの一ツツの点の実質上働く濃度分布が異なり、おのおの場合について質の異なったグレーコンタクトスクリーン**を使ったことと同じ効果になる。

網写真作成条件はガラス交差線スクリーンの場合より複雑ではない。

Tritton の場合感光材料の性質は現在使用されているものより性能が悪く、ネガからポジに返して点のフリントを除き測定しているが、この場合にも多くの手法を使用し、これらが根本的に大差を認めなかったとしている。したがって完全な複製物を網ポジ形式で得るためには、網写真撮影の時に入る前記の効果を補償せねばならぬとしその原稿となるネガを連続階調とし、これを図4のようにゆがませた。

図4 網ポジ用原稿

図4において、A部は、ハイライトにマスクをつけ、B部は感光材料の足を利用している。このネガから網ポジを作って原稿と対応させたところ、直線的な関係を得、さらにこのポジを密着して網ネガとしたところ、前記の計算値と一致することを示した。

Tritton の考察では網写真の black dat は全く光を透

* スクリーン上の点がマゼンタ色をしているもの

** スクリーン上の点が灰色をしているもの

過せず, Clear space は 100% の光を通過させることを仮定したが, これが成り立たないような場合については, つぎの式も提示されている³⁾。

$$D_t = \log \frac{1}{1-a(1-\text{antilog } dw/\text{antilog } d)} + dw$$

D_t : tone density a : dot area d : dot density

dw : clear space の density

上式で實際上 $dw=0.04\sim0.05$ でその antilog はほぼ 1, また $d=3(\text{antilog } 1000)$ であれば $\text{antilog } dw/\text{antilog } d \approx 0$ で, 式は

$$D_t = \log \frac{1}{1-a} + dw$$

網目印刷物を考慮した網写真

Tritton などの考察は上述のような仮定に立ち, また網ボジの段階で完全複製物であるように試みた。

しかしわれわれが実際使用するのは印刷物であって, これらでは, 点の反射濃度はかなり低い。すなわち, ベタ刷りの濃度は, 凸版: 0.8~1.7, 平版: 1.2~1.4, 新聞: 0.8~0.9 のようであって, これらを最終結果とすると, Tritton の式にかなりの修正を加える必要がある。これについて, Davis, Murray など⁴⁾は網点一個の濃度を考慮してつぎの式を提示した。

$$D_t = \log \frac{1}{1-a\left(1-\frac{1}{\text{antilog } d}\right)}$$

D_t : tone density a : dot area (面積比)

d : 点濃度

Murray-Davis の式より, dot area density の関係を図 5 に示す。図から予想されるように, 点面積比が一樣に増加すると, シェードではその変化が大きく響き, ハイライトでは変化が目立たない。

これは実際面について, 網凸版腐食の際に, シェード

図 5 点面積と濃度

の点は, わずかな判定の狂いでも, 大変明る過ぎたり, 暗くなり過ぎたりするし, 塗り止めのムラが目だが, ハイライト部には影響するところが少ないことからわ

かる。また網ネガを撮影して, ネガの黒い部分にムラがあり, 明るい部分にムラがないものを得た場合, これをボジにすると, ボジの明るい部分 (したがってネガで黒かった部分) には全くムラを認めず, ボジの黒い部分 (したがってネガで明るかった部分) に逆にムラが出てくることなどからも実証できる。

また, dot area を一定とした場合の tone density と dot density の関係を図 6 に示す。

図 6 Tone Density と Dot Density の関係

これらの関係は Murray-Davis の式を d または a でそれぞれ微分すれば明りようになる。これらの事項を検討すると, 印刷時の dot density の変化により点の大きさを補正しなければならないことがわかる。

表 1 点面積比と濃度

線 数	65	133	133	150
dot area	64.5%	76.6%	45.1%	61.1%
透 過 濃 度	0.45	0.63	0.26	0.41
反射濃度アルミ	0.52	0.74	0.32	0.44
コーテッド紙	0.60	0.94	0.47	—
アンコーテッド紙	0.64	1.08	0.47	—
オパールガラス	0.97	1.35	0.61	0.97

表 2 紙質, 線数と n 値

線 数	コーテッド紙の n	アンコーテッド紙の n
64	1.3	2.0
150	1.8	—
300	3.0	—

さらにこの式は被印刷物の質により補正しなければならないことがわかった。すなわち, J. A. C. Yule, W. J. Nielsen⁵⁾ は Stripping Film を種々のシートの上に張り, その濃度を測定して, 同じ点面積比の網パターンが表 1 に示すように同一の濃度をもたらさないことを指摘

した。これは紙内部の繰り返し反射によるものだとし、実験的に Murray の式を補正してつぎの式を提出した。

$$D = -n \log[1 - a(\text{antilog} - D_s/n)]$$

式中の n 値は被印刷物によりそれぞれ表 2 の値を入れると実測値とかなりよく一致することを示している。

種々の n 値を与えた場合の上式による計算値 D と dot area の関係を図 7 に示す。

図 7 計算濃度と点面積比

Yule はまた、紙内の繰り返し反射、拡散を考えてつぎの式を出している。

$R =$

$$\frac{KS/(1-S) + [r \times (1-a+at)]^2 / -r(1-X)(1-a+at^2)}{(KS/(1-S) + \{r \times [1-r(1-X)]\})}$$

S : 表面反射 r : 紙から射出する方向の光量比

t : インキ皮膜の透過率 a : 網点面積比

$1-X$: 紙-空気界面で反射する光量比

K : 表面反射のスペキュラー成分

実用できる式では、網版印刷物の濃度を予測するためには網点の大きさの測定はぜひ必要である。このためには図上で積分値を求める手法を転用するのがよいと思われるが、Lesseur の式を利用してもよい。これはつぎのように与えられている。

$$O = D^2(S\sqrt{1-S^2} + \pi/360 \sin^{-1}(2S^2-1))$$

$$S = A/D \quad P\% = 100 n^2 \cdot O$$

D : 点の screen direction の直径, A : 点の screen direction と 45° の直径, O : 点の面積, $P\%$: Printing area の%, n : cm 当りのスクリーン線数

点濃度については、1 個の点の中にも極端な濃度の差が存在している（たとえば凸版）ことが多く、確定的な方法は提出されていない。

以上は網目印刷物、網写真に関する一般的な事項について述べたが、最初に述べたように、各版式で複製する過程はかなり異なるので、その間の事象を 2, 3 ひろい上げてつぎに述べる。

平版（平凹版）

A) 網ポジ平凹版用ポジは dot etching による修正を見越して、普通、点を大きい目に作り、一般にポジの理想曲線はハイライトおよび中間調で直線、シャドーと少々コントラストがついたものがよいといわれる⁶⁾、ポジを作るには網ネガからの密着による方法と、連続調ネガからの網撮りによるものが、これらでは最初に述べた Tritton の曲線から推察されるように、ネガの性格はかなり異なる。

A. 密着法でポジを作る場合。

網ネガの見かけの点の大きさと、密着ポジを作る時に有効に働く面積とは差があり、網点は顕微鏡観測の場合より小さく働く。この関係は図 7 に示される。Harrison によれば⁷⁾、この実験値と予測値は非常によく一致し、ここですでに前述の Tritton の曲線との相違が見られる。

B. 連続階調ネガからポジを作る場合。

連続調ネガは図 4 に示した形に持って行きたい。このためには、感光材料の足を使うこと、ハイライトコントラストを上げるために現像を押すことがすすめられた

図 8 網ネガと密着ポジ濃度

り、軟、硬調の2枚の感光材料を使うことがすすめられる。図9はこの間の状態を示す。dot etchingに適するのは図中B, C, 線の中間だといわれる⁸⁾。

図9 連続調ネガからの網ネジ

焼付け、腐食の場合には点の質が調子再現に大きく影響する。すなわち点のフリンジが小さい hard dot のものでは露光時間による点面積の変化は soft dot のものに比べて小さい。この関係は図10に示す。

図10 露出時間による点の変化 (現像5分)
.....hard dot — soft dot

実験的に、つぎのことがいわれている。すなわち hard dot のものは品質一定化に大きく寄与する。ある限界以上では露光時間の変更は効果が少ない。露光時間がある限界より長くすれば他の条件(腐食その他)に影響

される場所が少ない⁹⁾。

B) 網ポジ対印刷物

網ネガから密着によって作った網ポジから、製版印刷した一例を図11に示す(Harrison)。

図11 ポジ対印刷物濃度

ポジ-印刷物の間には当然直線的な関係は存在しない。Harrisonの実験で特に注目し値する結論は、網ネガから作った surface plate と、同じ網ネガから網ポジとして平凹版に作った版ではほぼ同じ印刷物ができるという点であり。この結論が常に正しければ彼の主張するとおり、網ポジすなわち平凹版を作るに適した網ネガ撮影の条件は surface plate 用網ネガにもそのまま適用できるから、製作者の手数はかなり簡単にすることができる。

Harrisonの示した網ネガの理想曲線に近い原板は交差線スクリーンを使って実現し得ることは、小野が実験している¹¹⁾。

図12 交差線スクリーン、マゼンタコンタクトスクリーンの調子再現 —・— 理想複製物 — 133線交差線スクリーン .....マゼンタスクリーン

マゼンタコンタクトスクリーンと、ガラス交差線スクリーンを使って得た網ネガの調子再現性を図 12 に示す¹²⁾。これらの曲線はこの後改良されている。

C) 点の拡大効果を考えた場合。

印刷工程では前述のようにインキ濃度の問題もあるが、スクリーン線数もかなり大きな影響を及ぼす。版から印刷物になる場合の点の拡大については線の精粗に関係がないということがいわれており、したがって Fine Screen ではこの影響が目だつ。この拡大例を表 3 に示す。

たとえば、200 線と 133 線を比較しよう、この拡大により、75% の点を考えると、133 線で 86% の点となり 200 線では 90% の点となる。

これら点の拡大を考慮した網ポジ、と印刷物の関係は図 13 に示す¹³⁾。B. E. Torry は tone compression の

図13 max. $D=1.35$ の場合の網ネジ——印刷物濃度の関係

図14 Torry の理想曲線

際に濃度よりも Munsell value を使用するべきだと唱えたが、印刷物についても心理的效果を考慮して図 14 の形のものをすすめている。

凸版¹⁴⁾

凸版用網ネガは必要な深さを得るための腐食で、サイドエッチ効果が大きく、これを補償するため、ハイライトの clear space をかなり大きく作っておかねばならない。このためにネガでは濃度域が平版用のそれと比較して小さくこの状態は図 15 に示される。また焼付け、腐食の外に塗り止めによる個人誤差がはいるために定量的な決定はかなりむずかしい。

図15 凸版ネガと原稿濃度

これらの問題をもう少し詳しく検討する。まず焼付け時に網点が hard dot であるとしても、すでに mirror image ではなく、丸点で 0.0005 インチの拡大があり、一般にネガから期待したものより shadow contrast がよいとの報告がある。網ネガから焼付け、および製版、印刷した場合の点の変化を図 16 に示すが、これは顕微鏡で最大最少径を測った値、濃度は直接に濃度計で測定するか、または $D = \log 1/1-a$ で算出したものによる。

図16 原稿濃度対点面積比

——理想曲線 ○金属板上 ×腐食した版
□校正刷り

図17 ○版に焼付けるもの ×機械腐食 □機械腐食版よりの校正刷り △静止現像による版

上記の版の印刷効果を図 17 に示すが、マシンエッチ静置腐食では効果が異なり、一般にマシンエッチでは硬調に仕上がる。当然、電解エッチその他の製版法では網ネガの性質に関して全く異なった網ネガが必要となる。

版→印刷物間は凸版、平版ではかなり異なる。すなわち凸版印刷物では網点周囲へのインキのはみ出し効果はかなり大きく、シャドー部では clear space がこのために全くこわれ、凹版状の効果を表わす。

このインキのあふれを生ずるのはインキの物理的性質、着肉量、圧、紙質などに影響されるが、他の条件を一定にすると、あふれを生ずる時の濃度、線数の間には図 18 のような例が示されている¹⁵⁾。

印刷物の tone rendering も平版で述べたように線数、皮膜厚さ、紙質によりかなり変わる、一例を 40/cm の網版で中質紙に印刷したものについて示すと図 19 のようになる。

図18 スクリーン線数とあふれを生ずる場合の濃度 1. アート紙 2. マシンコート紙 3. 中質紙

図19 点面積比と濃度 図20 紙濃度の影響

また紙濃度が変った場合の影響を図 20 に示す。上記のことから印刷操作で単色であっても、紙質、スクリーン線数、インキ皮膜にかなり気を使う必要があり、またこれらによって要求される版、ネガの形もかなり変えねばならないことに気付こう。

最後に粗目スクリーンで平滑紙に印刷したものは調子再現がもっともよく、細線スクリーンで平滑紙に印刷したものはデテール再現性がよいという特徴がいわれているのは注目に値する。

グラビア

グラビアの調子再現曲線は、カーボンチッシュの使用、現像の end point の肉眼による判定、腐食操作の融通性などのことから、もっとも再性、普遍性を求めにくいものと思われる。

図 21 はそのおよその調子再現曲線を示したもので、これらについては、ハイライト・シャドーのどちらが描

図21 グラビアの調子再現

図22 グラビア用特殊乳剤 ——試作品 .....理想線

表 3

A	シャドー (in)	ハイライト (in)
砂目なし版	0005	0002
ファイングレイン版	0007	0003

B	腐食液 A	腐食液 B	差
HCl	0.027%	0.024%	3/1000
Ferric Sulfate	4.06	4.10	4/100
粘度(センチポイズ)	10.43	9.40	1/100
表面張力(ダイン)	68.34	60.30	以下

図23 2種の腐食液による深度の差

↑図24 種の腐食液による穴の大きさの差

←図25 理想ネガの作図

印刷物濃度

原稿濃度

3

2

出しにくいといった意見はかなりまちまちで、1つの試みとして図22の示すようにハイライトの立ち上った感光材料を用いて、修正をシャドーのみにとめようとする試みもある¹⁶⁾。

グラビアで一定の品質を得られない大きな原因の一つに腐食条件がある。腐食条件による影響の一例をつぎにあげる¹⁷⁾。

この例ではカーボンチッシュの代わりに Rotofilm を使っており、表3に示す。全く同じような(測定誤差と考えられる差)腐食液を使った結果であるが、図23、図24に示すように腐食の早さの相違から深度、点の大きさに変化を生じたもので、これらを体積になおすとかなりの差が予想され全く異なった印刷物を得ることになる。

以上いろいろ述べたように、各版式に

ついて、後段に入って来るヒズミを補償するためには、その製作所固有のクセも考慮して原板を作り、最終複製物で原稿と濃度またはマンセル値で直線的な関係にあるように持ってゆきたい。

この原板の調子を求める一例として図 25 に示す形のものがある。

図中 (1) の理想曲線から (4) に水平線を引く、(4) から (3) に垂線をおろす、(3) から (2) に水平線を引く、(2) において (1) から垂線との交点をプロットする。

上記の操作を繰り返すと Ideal Nega または Posi の曲線を得ることができる。

文 献

- 1) F. J. Tritton, E. T. Willson : Tone Rendering by Transparent Screen Negatives and Positive The Photographic Journal, June, 1939
- 2) たとえば、小野善男：ガラス交差線スクリーンの線幅比と使用法について。日本印刷学会論文集 第3巻、第5号
- 3) L. T. F. Technical Bulletin No. 5
- 4) Journal of the Franklin Institute 221, 721~744. June 1936. Halftone density. P. W. Dort 436~439. J. O. S. A. 33 Aug. 1943. The Relation between Dot area, Dot density and Tone values for halftone Image. L. T. F. Technical Bulletin No. 51.
- 5) J. A. C. Yule, W. J. Nielsen : The Penetration of Light into Paper and its Effect on Halftone Reproduction, Modern Lithography 1951, Sep. Oct.
- 6) H. M. CARTWRIGHT, The Theory of Halftone Screen Image Formation and its Bearing on Practical Applications. The Journal of Photographic Science, vol. 7, 1959
- 7) V. G. W. Harrison : Tone Reproduction in offset Lithography 王子製紙, 訳文委員会, 訳文特集号 No. 21 紙の印刷適性より
- 8) 6) と同じ
- 9) L. E. Lawson, S. P. Winn : Tone Reproduction in Lithography-The Effect of Plate Making Variables in Deep-Etch Process, The Journal of Photographic Science 1960, Vol. 8, No. 1
- 10) 6) の文献より
- 11) 2) と同じ
- 12) 6) の文献より
- 13) Bruce E. Torry : Print Quality in Offset Lithography I, II, Process. Dec. 1956. Jan. 1957 (Austrian Printer Sep. 1956 より)
- 14) H. M. Cartwright, R. S. Cox : Letterpress Halftone Gradation and Resolution, Penrose Annual 1954
- 15) Illustrationsdruck und Tonwertwiedergabe ; Der Polygraph 21, 1959 (図 18~21)
- 16) H. M. Cartwright : Tone Reproduction by Photogravure Process, May 1956
- 17) Walter M. Thode : Etchants and Machine Etching, Gravure, Jun. 1959
(昭 36. 9. 22 日本化学会において講演)

業界ニュース

塗料用語 JIS 原案作成委員会

37. 2. 16 日塗工

1. 用語リストの最終的取捨選択を行い、用語の意味・執筆分担を決定して執筆に当たっての方針を協議した。
2. 次回原稿の持寄り印刷などの日程を協議した。

アミノアルキル樹脂塗料 IIS 原案作成委員会

37. 2. 16 日塗工(西部)

1. 規格の種別についての意見をまとめること。
2. 耐水性試験の条件(温度・時間)を種類別に決定した。
3. 加熱残分についてはワニス・エナメルとも試験用試料の量・ハカリビンの大きさ・なま試料とうすめた試料・うすめるときのシンナーの組成・うすめたもののフールドカップ流下秒時などを申し合せて次回検討する。
4. 作成性についてはその一般条件の協議決定した。
5. 乾燥時間については判定事項について協議決定した。
6. 塗膜の状態では観察の時期を決定。

7. 耐屈曲性では一般条件を検討し、各委員の実験報告を申し合せた。
  8. 耐揮発油性では観察の時期について協議した。
  9. スオードロッカー値では機差の問題を検討した。
- 西部技術協議会

37. 2. 21 日塗工(西部)

1. 昭和 37 年度塗料生産計画についての説明。
  2. サンドグラインドミルについては、日塗振とデュボン社との技術導入契約条件の説明。
  3. 容量建実施に対する容器対策委員会の中間報告など。
- 東部技術協議会

37. 3. 2 日塗工

1. 容量建に関する社内検査方法について各社の実測検討を申し合せた。
  2. 通産統計報告の様式について容量 1 本とするか否かの検討。
  3. 容器表示に容量 1 本とするか否かの検討。
  4. 37 年度塗料生産計画の報告説明。
  5. グリセリン・有機顔料・ハイソリドロッカーなどの
- (45 頁へ続く)