研究論文：論文

高品位印刷における物理的画像特性

高品位印刷における視知覚・心理特性の定量化(1)

金子良二*、関卓*、森典彦**

*東京工芸大学芸術学部、**東京工芸大学大学院

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF HIGH DEFINITION PRINTING IMAGES

VISUAL PERCEPTION AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HIGH DEFINITION PRINTINGS(1)

Ryoji KANEKO*, Takasi SEKI* and Norihiko MORI**

*Faculty of Art, Tokyo Institute of Polytechnics, 2-9-5 Honcho, Nakano-ku, Tokyo, 164-8678, Japan

**Graduate School of Tokyo Institute of Polytechnics, 2-9-5 Honcho, Nakano-ku, Tokyo, 164-8678, Japan

Abstract : High definition, FM printing method, a way of high grade printing, was examined, and its physical characteristics, color difference, and characteristics of Lab color system were determined. Mainly aim of this study is to investigate high definition, FM printing method by color measurement. Compared to the 175 lines per inch of conventional printing method, high definition, FM printing method provided better chroma and resolving power considering its physical color measurement. Meanwhile, high definition printing method showed the increase of color difference according to the increase of screen ruling. However, no significant difference was found among FM printings dot size of $40 \sim 12.5 \mu\text{m}$. This suggests that there is some limit for the effect of dot minimization. Value of color difference by sensitive expression, its value in between 175 $\sim$ 300 lines per inch, 300 $\sim$ 700 lines per inch indicate (noticeable), FM printing in between 40 $\sim$ 12.5 μm showed many (trace or slight).

Keywords : High definition printing, FM printing, Color difference

1. 本研究の背景と目的

印刷物における高品位化は従前からの印刷製版法に対し、品質面での高画質化を主目的とし各種の印刷方式が出現した。特に、高精細およびFM印刷法は高品位化の中心として実用化され、多くの関心を集めている。

各高品位印刷における特性は物理的な側面からのインキ転移や網点の変動、印刷時の版と保水量等の印刷適性〔注1-2〕、単色印刷での発色性〔注3〕、また微小網点形成の出力方式〔注4〕を中心に研究が進められている。高精細およびFM印刷法の特性として、メリットは解像度、彩度の向上、またデメリットは階調再現性の減少、粒状性の問題等が挙げられるが、これらに関して具体的に主観的評価との関連を目的としてコントラスト、シャープネス、色度等を調べたものはない。元来、網点による再現方式は階調再現性や混色特性において複雑な要因〔注5-7〕が介在するとされ、主観的評価における影響が問題とされている。ここには高品位化の要因の組み合わせ方によって新たな特性が生じるであろうと予測〔注8〕される。

また、将来的にも高品位印刷は印刷画素のミクロ化や高濃度再現化等のさまざまな技術的な展開が推察されるが、ここには高品位化の結果として視知覚の主観的評価に及ぼ

す効果面での特性を明確にする必要がある。

本研究は高品位印刷において、印刷物の物理特性と視知覚・心理特性の関係を分析するための前段階として、予め印刷原版から印刷物への画像再現特性について調べておくことを目的とする。

2. 実験方法

2.1. 高精細印刷、FM印刷の基本表現形態

高精細印刷は一般の印刷物と同様に、網点の面積大小(面積比)による濃淡表現により階調表現(ハーフトーン表現と呼ばれる)や色調表現がなされる。網点面積大小の緻密さの度合はスクリーン線数(1インチ当りの網点列数/lines per inch : lpiと略される)により決定される。

本来、高精細印刷はスクリーン線数が300lpi以上のものを前提とするが、本実験では新聞印刷等に用いられるスクリーン線数が低く目の粗い85lpi、また一般商業印刷で用いられる175lpiをスクリーン線数の高低による特性を求めるために試料として含めた。各スクリーン線数の網点パーセンテージはインキ部、紙部が1:1の50%で中間部となり、また網点パーセンテージ30%と70%とはインキ部、紙部の面積が逆転した関係となる。ここで、高精細印刷における網点

形状の例として5、10、30、50%網点を図1、またこれらの網点径サイズを表1に示す。

	85lpi	175lpi	300lpi	700lpi
50%				
30%				
10%				
5%				

図1 網点形状と面積比(倍率48倍)

表1 スクリーン線数と網点径サイズ(単位: μm)

網点%	85 lpi	175 lpi	300 lpi	700 lpi
5%	75	37	22	9
10%	106	52	30	13
30%	184	90	52	23
50%	299	145	85	36

FM印刷では、画像の濃淡表現は網点の面積大小によらず、8~40 μm の同一サイズのドットの密度で行う方式である。

FM印刷におけるドットの基本形状の例として25、50%を図2に示す。

	40 μm	30 μm	20 μm	12.5 μm
50%				
25%				

図2 FM印刷ドット形状と網点比(倍率87倍)

2.2. 試料作成と印刷条件

高精細およびFM印刷試料としてつぎの画像により構成された原稿をA2サイズフィルムに出力し印刷した。

- ・カラスケール：網点パーセンテージが0~100%において5%間隔のCyan、Magenta、Yellow、Black、Red、Green、Blue各色スケール。
- ・写真原稿：[静物]、[機械]、[風景]、[人物]の4種。
- ・印刷管理用スケール：スターターゲット、コントロールストリップ。

これらのレイアウトを図3に示す。

図3 原稿のレイアウト構成

・高精細印刷

スクリーン線数：85lpi、175lpi、300lpi、700lpi。

印刷インキ：TKハイエコーSOY(大豆油インキ)
/TOYOインキ

印刷用紙：コート紙 四六判/135Kg

印刷順：Black→Cyan→Magenta→Yellowインキ

印刷機：三菱オフセット印刷機ダイヤ4G-6

ベタ濃度：Cyanインキ/1.77 (Red-filter density)

Magentaインキ/1.69 (Green-filter density)

Yellowインキ/1.73 (Blue-filter density)

Blackインキ/1.96 (Non-filter density)

・FM印刷

FM印刷ドット径：FM印刷で通常使用される

12.5 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 。

印刷インキ：合同インキ匠-2

印刷用紙：コート紙 四六判/110Kg

印刷順：Cyan→Magenta→Black→Yellowインキ

印刷機：大日本スクリーンKF-124-GL

ベタ濃度：Cyanインキ/1.67 (Red-filter density)

Magentaインキ/1.60 (Green-filter density)

Yellowインキ/1.58 (Blue-filter density)

Blackインキ/1.90 (Non-filter density)

なお、ベタ濃度誤差は各試料共 ± 0.05 以内とした。

測定機器は反射濃度計として

GRETAG SPM50 SPM100-II

サンプルモード：AUTO-D

フィルム原版の網点パーセンテージの測定用として

FUJIフィルム製/ドットメーター (DOTTIE-II)

印刷物の網点パーセンテージの測定は

Mac SCOPE version 2.1 (NITANI CORPORATION)

を使用した。

3. 印刷による再現特性の結果および考察

3.1. 画像試料のコントラスト再現特性

印刷物網点パーセンテージはフィルム原版の網点パーセンテージと同一であれば理想的とされるが、実際には印刷物網点パーセンテージは印刷時の印圧等により増大する現象が生じ、この現象はドットゲインと呼ばれる。ドットゲインはスクリーン線数が高くなるに従い増大し、また中間調部(網点パーセンテージ40~60%)においてピークとなると云われている[注9]。

このドットゲインは画像再現性の劣化を生じさせる原因にもなり、また階調再現のコントラスト特性に影響を与えるので、高品位印刷において避けられない問題点となっている。

ここで、高精細印刷におけるフィルム原版の網点パーセンテージに対する再現特性を各スクリーン線数別にCyan、Magenta、Yellow、Black版インキでの網点パーセンテージの平均値として求めた。また、この再現特性曲線からフィルム原版網点パーセンテージの0~20%(ただし、700lpiのみ

10～30%)における曲線の立ち上がり部の傾斜により画像コントラストを求めた結果を図4に示す。

図4 高精細印刷におけるコントラスト特性

高精細印刷では、フィルム原版網点パーセンテージ50%において85lpiで13%、175lpiで20%、300lpiで32%、700lpiで26%程度のドットゲインが認められる。

スクリーン線数300lpiのドットゲインは700lpiと比較すると大きく、また700lpiではフィルム原版網点パーセンテージの低いところ、すなわちハイライト部の微細な網点が発刷物では再現されない傾向を示した。

同様に、FM印刷での結果を図5に示す。

図5 FM印刷におけるコントラスト特性

FM印刷では、フィルム原版網点パーセンテージ50%において40μmで22%、12.5μmで27%程度のドットゲインが認められた。この間において、20、30μmはドット径差の大小に対応したドットゲイン量となる。

ここで、画像のコントラストは特性曲線の傾斜、図中に示した b/a すなわち $\tan \theta = b/a$ によりその強弱が判定できる

ので、両印刷方式でのフィルム原版網点パーセンテージ0～20%における $\tan \theta$ を求めた結果を表2に示す。

表2 高精細・FM印刷における $\tan \theta$ 値

高精細印刷		FM印刷	
85lpi	$\tan \theta = 1.40$	40 μm	$\tan \theta = 1.80$
175lpi	$= 1.60$	30 μm	$= 1.85$
300lpi	$= 2.05$	20 μm	$= 1.90$
700lpi	$= 2.35$	12.5 μm	$= 2.03$

この結果、高精細印刷試料の $\tan \theta$ の値から175lpiに対し300lpiは1.28倍、700lpiでは1.47倍でコントラストは強くなる傾向が認められた。これに対し、FM印刷の12.5～40μmではコントラストの差異は少なく、40μmの $\tan \theta$ 値に対して12.5μmは1.13倍と低く、本実験試料での両印刷方式のコントラストの差異が確認できる。また、高精細印刷の300lpiとFM印刷の12.5μmは $\tan \theta$ 値がほぼ等しく、コントラスト特性が近似することが分かる。

3.2. 画像試料の反射濃度特性

高精細印刷での網点による濃淡表現では同一網点パーセンテージ（印刷用紙、インキベタ濃度は同一とする）であれば、スクリーン線数が高い程その反射濃度は高くなるとされる。この反射濃度（D）はYule-Nielsen式〔注10〕により

$$D = -n \log (1 - a + a \cdot 10^{-d/n})$$

a : 印刷物網点パーセンテージ

d : インキベタ（網点100%部）濃度

n : 補正係数

として求められる。

ここで、高精細印刷とFM印刷にこの式を適用し、網点パーセンテージと実測反射濃度との関係、またこの実測反射濃度に最も近似するn値を求めた。高精細印刷のCyanインキ版を例として図6に示す。

図6 高精細印刷における反射濃度とn値の関係

この結果、スクリーン線数差が大きい高精細印刷では線数が高くなるに従い、濃度が高くなる傾向が明確に認めら

れ、網点パーセンテージ70~80%において700lpiの反射濃度は85lpiに比べ最大0.4程度高くなった。

また、FM印刷での結果を図7に示す。

図7 FM印刷における反射濃度とn値の関係

FM印刷では、ドット径差が少ないため反射濃度差が顕著には現れないが、12.5μmは40μmよりも網点パーセンテージ70~80%で最大0.17程度上昇した。

この反射濃度が高くなる原因としては、印刷物の紙の中に光が入った場合、光の内部拡散により一部は紙の外へ出ていき、一部は印刷されているインキ膜に吸収されるが、スクリーン線数によってこの挙動が変化するとされる。すなわち、インキ部の網点に対し、紙部の面積が広い場合は紙の外へ出る光の量が多く、スクリーン線数が高く紙部の面積が狭いと隣接するインキ部の網点に光が吸収され、反射率が低下する結果〔注11-12〕とされる。この現象は色度、明度、彩度においても影響を与えると考えられる。

ここで、各Cyan、Magenta、Yellow、Blackインキ色版での実測反射濃度に対するn値を調べた。なお、網点パーセンテージ5%間隔で得られた実測反射濃度とn値による濃度差の絶対値を平均して平均誤差とした。この結果を表3および4に示す。

表3 高精細印刷におけるn値と平均誤差

インキ色版	Cyan版	Magenta版	Yellow版	Black版
線数	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差
85lpi	1.4 / 0.02	1.2 / 0.03	1.4 / 0.01	1.5 / 0.02
175lpi	1.8 / 0.01	1.5 / 0.01	1.8 / 0.01	1.8 / 0.03
300lpi	2.4 / 0.02	2.0 / 0.02	2.1 / 0.01	2.7 / 0.01
700lpi	3.1 / 0.01	2.9 / 0.01	3.2 / 0.05	3.6 / 0.01

表4 FM印刷におけるn値と平均誤差

インキ色版	Cyan版	Magenta版	Yellow版	Black版
μm	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差	n 値 / 平均誤差
40 μm	2.2 / 0.02	1.8 / 0.01	2.7 / 0.01	1.8 / 0.03
30 μm	3.1 / 0.02	1.7 / 0.01	4.5 / 0.01	1.8 / 0.03
20 μm	2.8 / 0.03	1.9 / 0.01	4.3 / 0.01	2.1 / 0.02
12.5 μm	3.5 / 0.02	1.9 / 0.02	5.6 / 0.01	2.8 / 0.02

この結果、実測反射濃度値とn値を考慮したYule-Nielsen式濃度との平均誤差値は小さい結果が得られた。しかし、高精細印刷ではスクリーン線数が高くなるに従い、n値が大きくなる傾向が認められるが、FM印刷では各色インキ版でのn値にドット径が小さくなるに従い規則的に高くなる傾向は認められない。この理由として、FM印刷では濃淡表現が同一サイズのドット密度であり、網点面積比による表現とは反射濃度に及ぼす影響が異なるためと考えられる。このため、FM印刷におけるYule-Nielsen式のn値はこのドット径間では高精細印刷と異なった傾向を示したと思われる。

3.3.画像試料の色度特性

つぎに、画像試料の各インキについて色度を求めた。

表色系としてはL*a*b*系〔注13〕を用いた。L*軸は明度を示し、L*が高い値では明るく、低い場合には暗い色空間となる。a*軸、b*軸は色度を意味し、a*は赤(+a*)と緑(-a*)、b*は黄色(+b*)と青(-b*)という補色関係をスケールとしている。この表色系はXYZ表色系を基にしているが、人間が感じる二つの色の差(色差)を基準に各色を等間隔で色空間に表わせる。

L*、a*、b*の値はXYZから

$$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}]$$

ただし、 $Y_0=100.00$ 、 $X_0=89.07$ 、 $Z_0=118.23$

より求められる。

また、これらのa*、b*から色相(h*)と彩度(c*)は

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$c^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

より得られる。

ここで、印刷画像試料の色度、色相の変化について網点パーセンテージ5、10~100% (10%間隔)の11点で、Cyan、Magenta、Yellowインキ、Red (Magenta+Yellow)、Green (Cyan+Yellow)、Blue (Cyan+Magenta)インキを測定した。高精細印刷、FM印刷のCyanインキ版を例としてa*b*色度図を図8および9に示す。

図8 高精細印刷における色度の変化 (Cyanインキ版)

図9 FM印刷における色度の変化 (Cyanインキ版)

また、各6原色インキの色度図を図10および11に示す。

図10 高精細印刷における色度の変化

図11 FM印刷における色度の変化

色度の変化は高精細印刷、FM印刷いづれにも生じ、スクリーン線数差を大きく設定した高精細印刷で変動は顕著に現われた。この結果、各色インキの色相 (h^*) も変化を生じる。この色相の変動の理由としては、高精細印刷になるに従い紙部とインキ部の間隔が狭まり光の挙動が変化する影響が考えられる。すなわち、紙部とインキ部で構成される非連続階調の濃淡表現効果から紙部の光の反射を利用しない写真画像のような連続階調表現の効果に近づくためと考えられる。

この色相の変化としてはCyan、Magenta、Red、Greenインキにおいて大きく、Yellow、Blueインキでは変化が少い傾向を示した。また、FM印刷においてもドット径差が小さいため変動は少ないが、12.5~40 μ m間での色相の変化が認められた。しかし、各色インキにおいて20、30 μ mのものは同一網点パーセンテージでの色度のバラツキが認められた。

つぎに、明度を示す L^* の特性について求めた。

高精細印刷における明度 (L^*) はスクリーン線数が高くなるに従い、明度は低くなる傾向が認められた。FM印刷においてもこの傾向は認められるが、差異は少ないものとなった。ここで、色度の変化と同様に6原色インキでの明度の差を高精細印刷では、標準スクリーン線数である175lpiに対し700lpi、またFM印刷では40 μ mに対し12.5 μ mがどの程度低くなるかを求めた。この結果を図12および13に示す。

図12 高精細印刷における明度の変化 (175lpi-700lpi)

図13 FM印刷における明度の変化 (40 μ m-12.5 μ m)

この結果、高精細印刷ではYellow、Cyanインキを除き、網点パーセンテージ40~60%の中間部を最大とし、700lpiは175lpiより明度が5~6程度明度が低い。この低下は反射濃度の場合と同様に、印刷表面における反射、吸収の挙動の影響を受けていると考えられる。FM印刷では、Redインキで最大3程度低くなる以外は、非常に差が小さい結果となった。

つぎに、鮮やかさに影響を与える彩度 (c^*) の変化につ

いて求めた。ここで、高精細印刷での85lpiに対して700lpi、300lpiに対して700lpi、FM印刷では40 μ mに対して12.5 μ mがどの程度彩度が高いかを求めた。この結果を図14～19に示す。

図14 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Cyan)

図15 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Magenta)

図16 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Yellow)

図17 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Red)

図18 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Green)

図19 高精細・FM印刷における彩度の変化 (Blue)

これらの結果、高精細印刷ではスクリーン線数が大きくなるに従い彩度は高くなり、85lpi～700lpi間では網点パーセンテージ50%を中心として700lpiが85lpiよりも12～22程度高くなった。また、300～700lpi間ではGreenインキを除き700lpiが300lpiより5前後の向上を示した。FM印刷の12.5～40 μ m間でも、ドット径の小さい12.5 μ mが40 μ mよりも3～10程度彩度が高くなる。

この彩度がスクリーン線数が多く、ドット径が小さくなるほど高くなる理由としては飽和度 (saturation) に影響していると考えられる。すなわち、3原色インキであるCyan、Magenta、Yellowインキはそれぞれの補色光Red、Green、Blue光を吸収しているが、光の内部拡散によりスクリーン線数、ドット径により分光反射率が変化し、スクリーン線数が多く、ドット径が小さくなる程、吸収すべき補色光の反射が低くなる結果、飽和度が増し、彩度が高くなる結果と考えられる。

3.4.画像試料の色差特性

つぎに、高精細印刷、FM印刷でのスクリーン線数、ドット径による変化を色差 ΔE^*_{ab} として求めた。

色差 ΔE^*_{ab} は前述の L^* 、 a^* 、 b^* より

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

さらに、NBS単位へ変換するため

$$NBS = (\Delta E^*_{ab}) \times 0.92$$

として求めた。

この色差 ΔE^*_{ab} の値は実用的には感覚的表現 [注14] に分類される。

これを表5に示す。

表5 色差の感覚的表現

色差 (NBS単位)	色差の感覚的表現
0.0～3.0	trace or slight : 微かに
3.1～6.0	noticeable : 感知する程度
6.1～12.0	appreciable : 大いに
12.0以上	very much : 非常に

また、画像試料における色差 (ΔE^*_{ab}) について彩度の測定と同様に各6原色インキで、網点パーセンテージ5%、10～100% (10%間隔) の11点で色差を測定した。

高精細印刷での各色11点の色差平均値を各スクリーン線数間で比較した

この結果を図20に示す。

図20 高精細印刷における色差の変化

色差において、高精細印刷では85-700lpiおよび85-300lpi間でMagenta、Greenでの差が大きく、色相により色差が異なる。この理由として、同一網点パーセンテージであってもスクリーン線数が異なるとインキ面積部の大きさが異なり、網点インキの表面反射特性が各インキの組成要因である顔料等により影響を受けていると考えられる。2次色であるGreenはYellowとCyanにより再現されるためトラッピング（1色目に刷られたインキ皮膜を2色目のインキが剥がしとる現象）[注15]の影響も考えられる。

175-300lpi、300-700lpi間では300-700lpi間のGreenを除き色差3.0～5.0の範囲となった。85lpiと175、300、700lpi間の6原色インキの平均色差を求めると、それぞれ4.7、6.5、11.0となり、また175lpiと300、300lpiと700lpi間は3.6、4.8になり、スクリーン線数間が大きい程、色差も大きくなることが分かった。

また、FM印刷での各ドット径間での色差を比較した結果を図21に示す。

図21 FM印刷における色差の変化

FM印刷ではドット径差が少ないため全体的に色差は高精細印刷より少く、40-12.5μm間ではYellow、Greenを除いて色差5.0以内の値を示した。

Yellow、Greenが高くなる原因は高精細印刷の場合と同様であり、FM印刷でYellowが高くなるのは高精細印刷とFM印

刷では使用インキが異なり、分光反射率特性が異なるためと考えられる。

40μmと30、20、12.5μm間の6原色インキの平均色差を求めると、それぞれ2.5、2.8、4.6となり、また30μmと20μm、20μmと12.5μm間はそれぞれ2.4、2.5となった。

これらの各試料の値を色差の感覚的表現に分類した結果を表6および7に示す。

表6 高精細印刷の色差と感覚的表現

色差の感覚的表現	85-175、300、700lpi間	175-300、300-700lpi間
0.0～3.0 trace or slight : 微かに	C85-175	Y175-300、G175-300
3.1～6.0 noticeable : 感知する程度	M85-175、Y85-175、 R85-175、G85-175、 B85-175、Y85-300、 R85-300	C175-300、M175-300、 R175-300、B175-300、 C300-700、M300-700、 Y300-700、R300-700、 B300-700
6.1～12.0 appreciable : 大いに	C85-300、M85-300、 G85-300、B85-300、 C85-700、Y85-700、 R85-700、B85-700	G300-700
12.0以上 very much : 非常に	M85-700、G85-700	

(C : Cyan、M : Magenta、Y : Yellow、R : Red、G : Green、B : Blue)

表7 FM印刷の色差と感覚的表現

色差の感覚的表現	40-30、20、12.5μm間	30-20、20-12.5μm間
0.0～3.0 trace or slight : 微かに	C40-30、M40-30、 R40-30、B40-30、 C40-20、M40-20、 Y40-20、R40-20、 B40-20、C40-12.5、 M40-12.5、Y40-12.5	C30-20、M30-20、 Y30-20、G30-20、 C20-12.5、M20-12.5、 B40-12.5
3.1～6.0 noticeable : 感知する程度	Y40-30、G40-30、 G40-20、R40-12.5	R30-20、B30-20、 Y20-12.5、R20-12.5、 G20-12.5
6.1～12.0 appreciable : 大いに	Y40-12.5、G40-12.5	
12.0以上 very much : 非常に		

(C : Cyan、M : Magenta、Y : Yellow、R : Red、G : Green、B : Blue)

この結果から、高精細印刷ではスクリーン線数85lpiを基準とした各スクリーン線数間の色差では3.1～6.0《感知する程度》と6.1～12.0NBSの《大いに》の値を示すものが多いことが分かった。また、175-300lpiおよび300-700lpiのスクリーン線数間では線数差が小さくなるため、その感覚的表現は《感知する程度》のものが主体となった。

FM印刷では高精細印刷と比較し、40μmを基準とした30、20、12.5μm間では感覚的表現での差異は《微かに》のものが多く、また30-20、20-12.5μmでもドット径差が小さいため差異は《微かに》に相当するものが主体となった。

3.5.画像試料の解像力特性

高精細印刷ではスクリーン線数85、175、300、700lpiの試料を作成したが、解像度を求めるために使用される黒線と白線により構成されたチャートの再現性からこれらの解像力特性を求めた。この解像力は画像のディテール（画像細部の細かさ）のシャープネスを決定づけるものである。

ここで、網点が確実に再現できる最小網点パーセンテージとして5%を想定し、これらが黒線を構成できるチャートの黒線幅を求めた。

スクリーン線数85、175lpiを例として図22にこれを示す。

図22 85および175lpiの5%網点と解像度

スクリーン線数85lpiの5%網点径はチャートの黒線部（解像度158本/lpi）の幅に相当し、これ以下の再現は困難となる。また、スクリーン線数175lpiの5%網点径はチャートの黒線部（解像度316本/lpi）に相当する。すなわち、スクリーン線数175lpiの解像性はスクリーン線数85lpiの約2倍高くなる。また、同様に300lpiは175lpiの1.7倍、700lpiは300lpiの2.3倍の解像度をもつことになる。

FM印刷では高精細印刷の網点方式と異なり、ドットの密度で画像再現されるため単純に比較を行うことは困難であるが、ドット径比からは30 μmのものは40 μmに対し1.3倍、20 μmのものは30 μmに対し1.5倍、12.5 μmは20 μmに対し1.6倍の解像度をもつことになる。両印刷方式ともに、それぞれスクリーン線数が高く、ドット径が小さくなるに従い解像度が向上すると考えられる。

4.まとめ

高精細印刷での画像再現特性を物理的な測定から求めた結果、反射濃度およびn値はスクリーン線数に対応する傾向が認められた。また、再現特性曲線からスクリーン線数が高くなるに従いコントラストが強くなるが、700lpiでは原稿のハイライト部の網点再現が困難となり、他のスクリーン線数の再現とは異なる結果となった。

FM印刷では、通常使用される12.5～40 μmのドット径の範囲では反射濃度の上昇は認められるが、n値には規則性がなく高精細印刷とは異なった傾向を示した。また、コントラストの度合はほとんど変化しない結果となった。

色度の変化をL*a*b*系色度図で求めた結果から、高精細印刷、FM印刷で色度の変動が認められ、特にスクリーン線数差の大きい高精細印刷で大きかった。FM印刷においても変動は小さいがこの傾向が認められ、高品位印刷においても画素の緻密さの度合により確実に色度は変動することを示した。色度の変動により生じる色相の変化もスクリーン線数が高く、またドット径が小さいもので大きくなった。

明度の変化としては、高精細印刷ではスクリーン線数が高くなるに従い低くなるが、色度の変動と比較するとその変動量は小さく、FM印刷においても、明度の変動は非常に少なかった。

また、色の鮮やかさに影響する彩度の測定では、スクリーン線数大きくなるに従い高くなり、FM印刷においてもこの傾向は認められた。

つぎに、 ΔE^*ab 色差によりスクリーン線数、ドット径間での差異を求めた結果、6原色によりバラツキはあるが、スクリーン線数間が大きい程、色差は大きくなる傾向が認められた。

本来の高精細印刷である300lpiと700lpi間での色差は感覚的表現により分類すると《感知する程度》、FM印刷での40 μmと12.5 μm間では《微かに》に分類されるものが多かった。

今後においては、これらの物理的測定による結果が視覚による主観的評価においてどのような影響を及ぼすかを明確にする必要があると思われる。

謝辞

本研究を行うのに当り御協力を戴いた文化堂印刷株式会社 片桐啓悟、岡村印刷工業株式会社 日浦賢治、増田真一各氏に深く感謝致します。

注

- 1) 後山弘之：オフセット印刷システム、日本印刷学会誌、35,5,255-258,1998
- 2) 青島浩二他：高品位印刷専用ポジタイプPS版VPKの開発、印刷雑誌79,2,49-50,1996
- 3) 山崎雅彦：印刷の高精細化における発色の変化について、日本印刷学会誌、31,4,263-268,1994
- 4) 日本印刷学会西部支部編：高精細印刷画像論、80-87,1995
- 5) 金子良二、佐藤富士達、奥山 滋：網点画像における心理物理的特性（第1報）、印刷学会論文集、21,3,97-103,1983
- 6) 金子良二、佐藤富士達、奥山 滋：網点画像における心理物理的特性（第2報）、印刷学会論文集、21,3,105-113,1983
- 7) 金子良二、佐藤富士達、奥山 滋：網点画像における心理物理的特性（第3報）、印刷学会論文集、22,4,199-207,1985
- 8) 金子良二、関 卓、森 典彦：印刷画像表現と高品位化、東京工芸大学芸術学部紀要、1,5,61-66,1999
- 9) 吉川 忍：印刷の高画質化、日本印刷学会誌、35,3,116-121,1998
- 10) J.A.C.Yule;W.J.Nielsen：Proceedings of the 3rd Annual Technical Meeting TAGA,65,1951
- 11) 高分子学会編：印刷適性、印刷学会出版部、134-138,1970
- 12) 日本印刷学会西部支部編：高精細印刷画像論、28-43,1995
- 13) 日本色彩学会編：新編色彩科学ハンドブック（第2版）、東京大学出版会、275-276,1998
- 14) スガ試験機（株）編：色彩管理法、10,1977
- 15) 日本印刷学会出版部編：新・印刷一般、155,1986