

研 究 報 文

印刷面品質の客観的評価法（第1報）

ソリッド印刷面品質の計測評価法およびその応用

王子製紙株式会社中央研究所 西川 一哉, 押野 博, 青木 英明,
齊藤 充利, 福地 良輔

Objective Evaluation Method of Print Quality (Part I)

Instrumental Evaluating of the Print Quality in Solid Areas : Method and Application

*Kazuya Nishikawa, Hiroshi Oshino, Hideaki Aoki, Mitsutoshi Saito
and Ryosuke Fukuchi*

Oji Paper Company Ltd.

In order to establish the quantitative methods for evaluating print quality, affecting factors on print have been selected. In this paper, determination methods of print gloss, smoothness on print and print unevenness of solid areas have been examined in detail.

The results obtained are as follows :

- (1) Print gloss : Specular gloss has been determined for different incident/receptor angles for three different papers, i.e., gloss type coated paper, wood-free paper and newsprint. It has been found that 45°/45° or 60°/60° specular gloss is appropriate for coated paper, while 75°/75° gloss is the best for wood-free paper and newsprint. By these evaluations ; small difference in print gloss has been detected evidently.
- (2) Smoothness on print : Center line average height (Ra) and surface length ratio (SL) have been obtained on print surface by use of the tracer methods. Average roughness curves have been evaluated in terms of Ra and SL. Wavelength and amplitude have been analyzed from waveform data by Fourier Transformation. Both methods have been shown to be effective to describe real changes in smoothness on print.
- (3) Print unevenness : Print unevenness has been evaluated in terms of standard deviation of optical micro-density variation, which has been measured by use of the Microphotometer. The standard deviation has clearly demonstrated unevenness of printing surface in micro scale, and this agreed with visual observation result.

Keywords: Print quality, Objective evaluation, Print gloss, Smoothness on print,
Print unevenness, Optical properties

1. 緒 言

市場からの印刷面品質の高度化および多様化要求が高まりつつある中で¹⁾, これを満すためには印刷の基本五要素と呼ばれる原稿, 版材, 色材 (インキ), 印刷条件 (印圧) および被印刷体 (用紙) の各分野の技術を結集して対処する必要がある。特に被印刷体としての用紙の物性は, インキが印圧下でこれに転移し, 固定化することにより始めて印刷物が完成することから, とりわけ重要度の高い要素である。

印刷面の画質の良否は, 人間が視覚観察し最終的な判断が下されるが, この主観的評価 (Subjective Evaluation) には技術的要因のほかに個々の観察者の心理的要因が大きく関与し, このため画質に対する統一的评价結果が得られにくいのが実情である。画質要素を物理的尺度で計測し, 総合的に評価しようとする客観的評価 (Objective Evaluation) の試みの歴史は古く, 1957年西ドイツで開催された国際会議でも取り上げられ²⁾, その後も積極的に研究が行われている³⁾⁻¹⁰⁾。客観的評価法の研究は, 細分化された画質要素を品質管理用ゲージ等を利用して計測し, 視感的評価の結果との対応を解析する方法が一般的であるが,

- (1) 印刷面品質を支配する画質要素の選定および相互の関係が十分体系化されていないこと
 - (2) 評価設備が完全ではなく, 目的に応じて精度よく計測する技術が必要なこと
 - (3) 解析手法に検討を要する点が残されていること
- 等の理由により未だ完成の域には至っていない。また, 近年, 画像解析装置に代表される光学的分析設備の開発, コンピュータとの連携による高度解析技術の応用

等が可能になりつつあり¹¹⁾¹²⁾, さらには主観的評価との関係を心理的計測法の一つである多次元尺度構成 (Multidimensional Scaling) 法を導入する等の新しい試みも見られる¹³⁾⁻¹⁵⁾。しかし, いずれも実用的応用段階には達しておらず, 市場の品質要求の厳しさが増す中で, 適切な画質評価法を確立するための研究は急務と考える。

筆者等は, 被印刷体としての好適な用紙の製造を指向する立場から, 過去, J. W. Jorgensen 等¹⁶⁾ が述べているとおり, 印刷面品質の判断基準を「原稿の複製の忠実性」に限定して研究を行っている。本報では, 上記の見地から印刷面品質を支配する画質要素をもれなく選定し, 図1に示すとおり互いの因果関係を位置付けるとともに, ソリッド印刷面の品質に関与する印刷面光沢, 色再現性 (色調および色濃度), 印刷面平滑性および印刷面均一性のうち, 課題が残されているものの, 計測評価が可能なる色再現性を除く各画質要素の評価法ならびに応用例を記す。

2. 実 験

2.1 印刷物の作成

2.1.1 用 紙

印刷用紙として下記の3種を供試し, いずれも表面に B-3 横目通しで印刷した。

- (1) 塗工紙: 王子製紙株式会社 米子工場製
OK コート, 定量米坪 84.9 g/m²
- (2) 上質紙: 同 日南工場製
サンフラワー, 定量米坪 64.0 g/m²
- (3) 新聞用紙: 同 苫小牧工場製
新聞用紙, 定量米坪 46.0 g/m²

2.1.2 印 刷 機

Table 1 Color Density of solid area*)

Printing ink		Coated paper	Wood-free paper	News print
Yellow	Target	1.00	0.80	0.80
	Observation	0.96	0.78	0.84
Magenta	Target	1.40	1.10	1.10
	Observation	1.44	1.15	1.09
Cyan	Target	1.30	1.10	1.20
	Observation	1.28	1.08	1.18
Black	Target	1.60	1.10	1.20
	Observation	1.57	1.11	1.22

*) Measuring apparatus: Macbeth Reflection Densitometer RD-914

Heidelberg KOR 型印刷機により 2,000 枚/時間の速度で印刷した。

2.1.3 インキ

下記のインキを供したが印刷機が単色機のため、4 回通し(4色)で印刷した。

- (1) 上質紙, 塗工紙: 大日本インキ化学工業株式会社製 Super Apex N. (紅, 藍, 黄および墨の順で印刷した。)
- (2) 新聞用紙: 東洋インキ製造株式会社製 Web King. (藍, 紅, 黄および墨の順で印刷した。)

なお, インキは目標濃度を設定し供給したが, 各用紙のインキ別目標濃度およびマクベス濃度計による反射濃度の実績値は表1のとおりである。

2.1.4 湿し水

インプロビアルアルコール5%含有蒸留水を用いた。

2.1.5 版および画像

- (1) 版: ポジタイプアルミ PS 版を用いた。
- (2) 画像: 絵画像のほか品質評価用ゲージとして 1次, 2次, 3次および4次色ソリッド印刷部, 各色グラデーションスケール, プルナースケール, グレタクスケール等を配置した図柄を用いた。

2.2 印刷画質要素の評価

2.2.1 印刷面光沢度

1次, 2次, 3次および4次色ソリッド印刷面について, デジタル変角光沢度計 UGW-5D 型(スガ試験機株式会社)により入射角/受光角=20°/20°, 45°/45°, 60°/60°, 75°/75° および 85°/85°の鏡面光沢度を測定し

た。

2.2.2 印刷面平滑性

2.2.1と同じ印刷面について, 万能表面形状測定器, サーフォーダー SE-3C(株式会社小坂研究所)を用いて触針法による表面粗さを測定した。走査方向は用紙のマシン方向, 速度は 0.1 mm/sec とし, 縦倍率 1,000 倍の条件で得られた波形のデータをトランジェントメモリー TMR-100(川崎エレクトロニカ株式会社)に記憶させ, 次いでパーソナルコンピュータ NEC PC-9801(日本電気株式会社)により, 中心線平均粗さおよび表面長さ率(小坂研究所法)を算出した。

また, 万能形状測定器により得られた粗さ曲線の波形を, 周波数解析装置 Spectrum-Correlation Analyzer(小野測器株式会社)によりフーリエ変換し, 周期成分の波長と振幅の関係も併せて評価した。

2.2.3 印刷面均一性

2.2.1と同じ印刷面についてマイクロフォトメーター MPM-2 型(ユニオン光学株式会社)を用い, 印刷面上約 10 mm を,

光源	ハロゲンランプ (24 V, 150 W)
スリット幅	100 μm
走査速度	2 mm/min.
チャート速度	15 mm/min.

の条件で測定し, チャート上に描かれた濃度曲線の波形の凹部および凸部の濃度を読み取り, 平均値ならびに標準偏差を求めた。

3. 結果および考察

印刷画質の客観的定量評価を可能にする手法を体

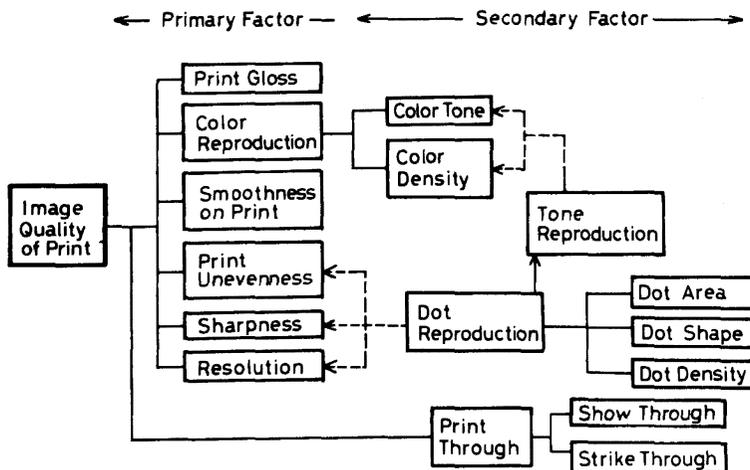


Fig. 1 Factors affecting image quality of print

系化する目的で、これに関する画質要素を選定し、個々の画質要素の因果関係を考慮して図1のとおり位置付けた。

すなわち、印刷面画質は印刷面光沢 (Print Gloss)、色再現性 (Color Reproduction)、印刷面平滑性 (Smoothness on Print)、印刷面均一性 (Print Unevenness)、鮮明性 (Sharpness) および解像性 (Resolution) の6種の一次要因に支配され、さらに階調再現性 (Tone Reproduction) および網点再現性 (Dot Reproduction) 等もこれらに関する二次要因として重要である。また、一般に透過し (Show Through) および裏抜け (Strike Through) の総称とされているプリントスルー (Print-Through) を防止する印刷不透明性も、両面印刷物等においては影響要因と考えるべきである。

3.1 印刷面光沢

印刷面品質に関する要因の中で、画質要素としての印刷面光沢は印刷物の高級感を左右する重要な因子であるが、目視評価における印刷物間の差が計測評価において識別できない状況にしばしば遭遇する。

紙およびその印刷面の光沢は、入射角/受光角=75°/75°の鏡面光沢度 (Specular Gloss) で評価する方法が汎用されている。しかし、本法は JIS-Z 8741 に規定されているように、光沢度値 15~70% の測定面に適用されるものであり、例えば 70% 以上の場合には 20°/20° の条件で測定すべきとされている。

図2に塗工紙、上質紙および新聞用紙の3種の用紙の1次色から4次色に至る印刷面光沢を、入射角/受光角を変化させて測定した結果を図示した。

塗工紙の場合、印刷面の光沢は 75°/75° 値で 60~80% の水準にあり、ほぼ妥当な評価が可能と考えられるが、本図に示されるとおり 45°/45° あるいは 60°/60° の測定値の方がインキの異なる印刷面の光沢の差が顕著に示されており、印刷面の光沢の差異を一層明確に識別するためには、75°/75° の条件に比べより好適といえる。

一方、上質紙および新聞用紙の印刷面は、いずれの条件で評価した場合もほとんどが 15% 以下の低い値を示している。このような低光沢紙には偏光角 57.5° の対比光沢度 (Contrast Gloss) が適切といわれるが¹⁷⁾¹⁸⁾、本法は着色物には適用できない。鏡面光沢の測定において、入射角/受光角を増加させると光沢度値が上昇するといわれるが¹⁹⁾、本実験の上質紙および新聞用紙の印刷面では、85°/85° 値 (Sheen) に比べ 75°/75° 値が高い値を示した。この原因は、おそらく印刷表面の粗構造が高い入射角/受光角の条件で拡散

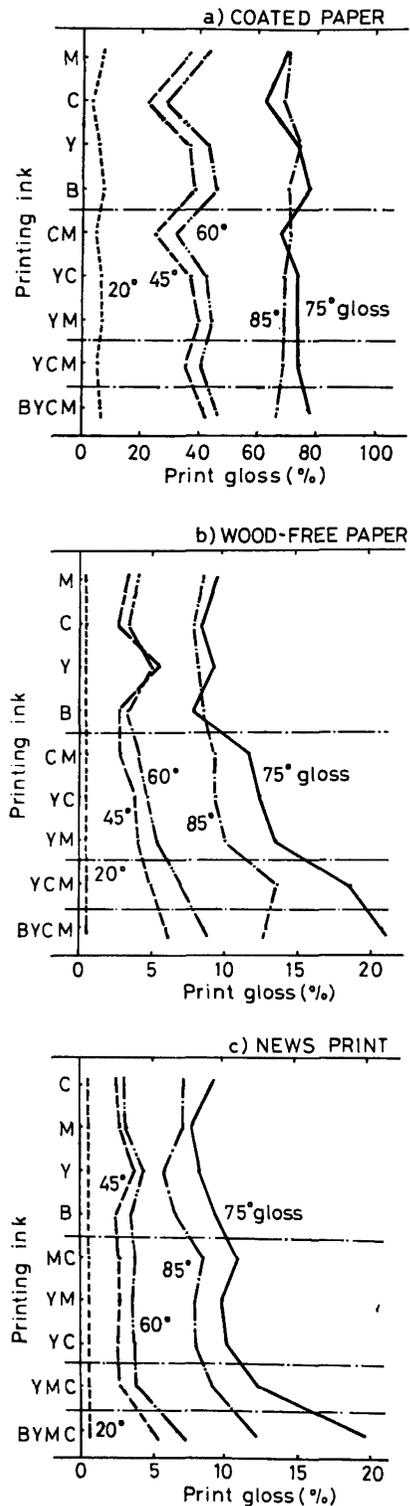


Fig. 2 Effect of incident angle/receptor angle on specular gloss of solid area

反射を増加させたためと推定され、このような光沢水準の低い非塗工紙では75°/75°の鏡面光沢で評価するのが、最も印刷面光沢の差異を識別しやすく、粗表面の用紙に1次色、2次色から3次色および4次色へとインキが転移する過程で、光沢度値が次第に上昇する傾向にあることが示されている。

3.2 印刷面平滑性

白紙表面の評価等に広く用いられる触針法による表面粗さ測定法を、ソリッド印刷面の微視的領域での平滑状態の評価に応用した。

本研究では万能表面形状測定器により得られたソリッド印刷面の粗さ曲線の波形のデータから、JIS規格²⁰⁾による中心線平均粗さ(Ra)を求めた。しかし、Raは凹凸の深さおよび高さを表示するものであり、この凹凸がどの程度の周期で生じているかを評価することはできない。従って、理想的な平面、すなわち水平長を基準に粗さ状態を表示する表面長さ率(SL)も算出した。RaおよびSLは図3に示す波形において、中心線の方向に測定長をL、中心線をX軸、縦倍率の方向をY軸とし粗さ曲線を $y=f(x)$ で表わし、触針の先端が実際に描いた曲線の長さを $\sum_{i=1}^n l_i$ としたとき、

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |f(x)| dx$$

$$SL = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n l_i$$

として算出される。3種の用紙の印刷面について評価した結果を表2に示したが、Raが同等の場合、SLが大きいほど凹凸の波長は短く、小さいほど長い波長で変動していることを意味する。さらに凹凸の状態

を明確に把握するため、これらの値をもとに平均的な波長と振幅の関係を解析することを試みた。図4に示す断面曲線を仮定した場合、凹凸の頂点から中心線への垂線は $2 \times Ra$ で表わすことができ、波長をa、頂点から中心線への距離をbとしたとき、SLが水平長 $a \times n$ における粗さ曲線の長さ $4n \times b$ の比であることを利用して下式により波長aを算出することができる。

$$SL = 4nb/na$$

$$b^2 = (2Ra)^2 + (a/4)^2$$

$$\therefore a = 8Ra / \sqrt{[(SL)^2 - 1]}$$

本法により求めた平均的な凹凸状態の模式図を図5に示したが、各用紙におけるソリッド印刷面の平滑状

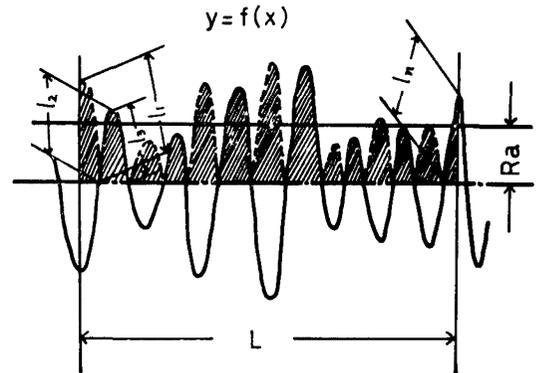


Fig. 3 Measurement of center line average height(Ra) and surface length ratio (SL)

Table 2 Center line average height and surface length ratio of solid area*)

Printing ink**)	Coated paper		Wood-free paper		News print	
	Ra	SL	Ra	SL	Ra	SL
Y	0.58	1.0025	1.9	1.035	2.6	1.032
M	0.56	1.0024	2.0	1.034	2.7	1.056
C	0.58	1.0031	2.4	1.044	2.8	1.035
B	0.61	1.0023	2.1	1.037	3.1	1.047
YM	0.63	1.0015	2.0	1.043	2.8	1.028
YC	0.58	1.0019	2.2	1.025	2.7	1.035
CM	0.55	1.0017	2.4	1.042	2.7	1.048
YCM	0.50	1.0021	2.2	1.020	3.2	1.023
BYCM	0.63	1.0020	2.2	1.024	2.4	1.017

*) Ra : Center line average height, SL : Surface length ratio

***) Y : Yellow, M : Magenta, C : Cyan, B : Black

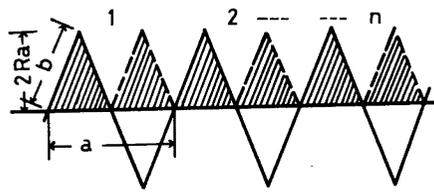


Fig. 4 Model roughness curve for calculating of average wavelength and amplitude

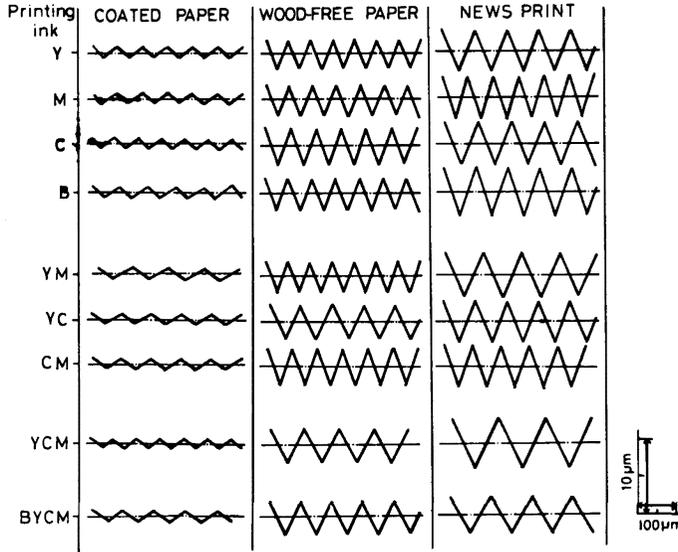


Fig. 5 Comparison of various solid areas regarding average roughness curve

態の差が明確に表わされている。

一方、上述の平均的粗さ状態に加え、如何なる波長領域でどの程度の粗さを有しているかを解析する目的で、図6に示すとおりトランジェントメモリーに記憶させた波形のデータを周波数解析装置 (Spectrum Correlation Analyzer) でフーリエ変換し、波長と強度の関係を表わすパワースペクトルを得た。得られたパワースペクトルから 10, 50, 100µm の波長領域の強度 (単位: デシベル dB, 各々 RF₁₀, RF₅₀ および RF₁₀₀ と表示) を読み取った結果を図7に示したが、上質紙および新聞用紙の印刷面の凹凸の変動が、全波長領域に亘って著しく、10µm の微視的領域においても変動の強度が大きいのに対し、塗工紙では全領域で平坦であり、100µm の比較的長い波長領域でもかなり変動が小さい等の特徴が識別できた。なお、この方法はワイヤーマーク、シャドウマークおよびその他の原因による規則的な周期で生じる平滑変動の検出には特に有力と考える。

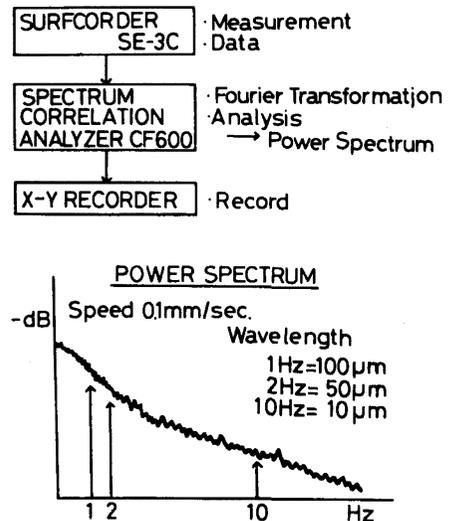


Fig. 6 Flow chart of calculating for smoothness on print with the Spectrum-Correlation Analyzer

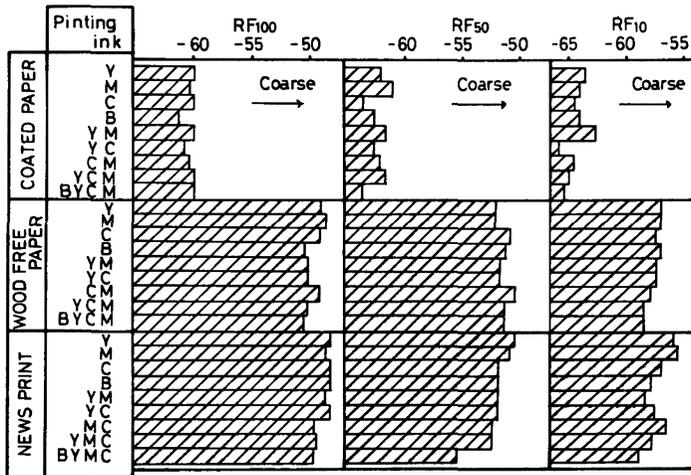


Fig. 7 Comparison of various solid areas regarding wavelength and amplitude calculated by the Spectrum-Correlation Analyzer

3.3 印刷面均一性

印刷面均一性は、印刷画像が如何に均一に再現されているかに関連するものであり、ソリッド印刷面に限らず画線部あるいは網点部においても重要な要素である。しかし、ソリッド部の均一性は、観察者に印刷面画質の良否を強く印象づけるため、特に重要性が高い。

本研究では、ソリッド印刷面の微視的な変動状態を定量的に評価する目的で、マイクロフォトメーター (Microphotometer) により計測する方法を検討した。本装置の光学系を図8に示したが²¹⁾、試料台に固定させた印刷物を定速で水平移動し、ハロゲン光源により入射角 45° で印刷面に照射した光を垂直方向で受光してスリットに結像させ、これを通過した光のみを光電

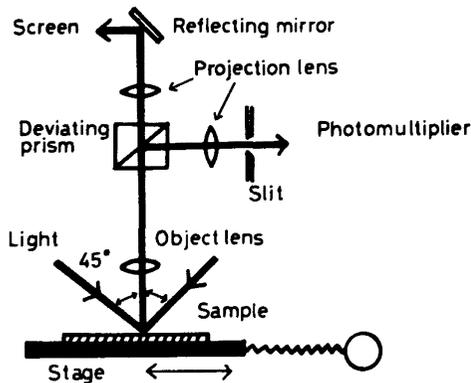


Fig. 8 Optical system of the Microphotometer

子増倍管 (Photomultiplier) で光電変換するものである。

本法による計測評価は濃度あるいは反射率の変動として表わすことができるが、観察者の検知する変動との対応を深める意味で、ここでは白紙面の濃度値をゼロに設定した条件で得られる濃度曲線の凹部および凸部の濃度値を読み取り、標準偏差を算出することにした。もちろん、この偏差は印刷面の色濃度のみでなく色調、光沢および平滑性等の総合的な均一度を表わすものである。図9は濃度を横軸に各印刷面の平均値をプロットし、得られた標準偏差の2倍 (2σ) に包括される領域を図示したものである。各用紙および印刷面の均一性の差が明確に示されているが、本実験の印刷物においては塗工紙、上質紙および新聞用紙のいずれにおいても1次色から4次色に至る過程で変動が顕著になること、濃度水準の高い上質紙に比べ、表面の粗で濃度の低い新聞用紙の印刷面が均一性の面では優れている点等興味ある結果を得ることができた。

4. 総括

印刷面品質を定量的に評価する方法を設定するため、これに関与する画質要素を選定した。このうちソリッド印刷面の品質に関連する印刷面光沢、印刷面平滑性および印刷面均一性の評価法を詳細に検討し下記の知見を得た。

- (1) 微小な印刷面光沢の差異を明確に識別する方法を設定する目的で、入射角/受光角を変化させて鏡面光沢を測定した結果、グロス調塗工紙では、

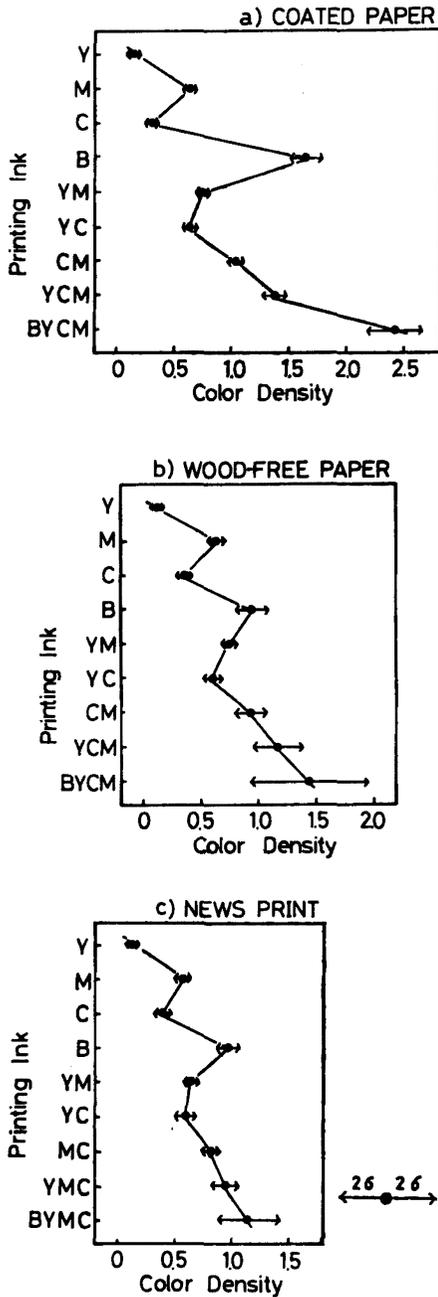


Fig. 9 Comparison of various solid areas regarding print unevenness evaluated by the Microphotometer

45°/45° または 60°/60°, 上質紙および新聞用紙では 75°/75° の条件が適切なが示された。

(2) 印刷面の平滑性を定量的に評価するため, 中心

線平均粗さ (Ra) および表面長さ率 (SL) から, 平均的な粗さ曲線を求める方法と, 粗さ曲線の波形データをフーリエ変換し波長と強度の関係解析する方法を設定し, 印刷面の平滑状態の計測評価を可能にした。

(3) 印刷面の均一性について, マイクロフォトメーターにより得られる濃度曲線の凹部および凸部の濃度値の標準偏差で評価する方法を検討した。その結果, 印刷面の微小領域における均一性の定量的評価が可能となり, 目視評価ともよく一致することが分った。

参考文献

- 1) 西川一哉: 情報処理と印刷技術, p.118 (1984) 印刷出版研究所
- 2) Internal Bulletin for Printing and Allied Trade, No. 80 (1958)
- 3) 岩井義一, 河野昌宏, 角祐一郎: 日本印刷学会論文集, 8, No. 22, p. 80 (1965)
- 4) T. Makkonen, L. Nordman: Papper och Trä, No. 9, p. 509 (1968)
- 5) S. R. C. Poulter, 51: No. 8, p. 87A (1968)
- 6) R. M. Leekley, R. F. Tyler: Tappi, 58, No. 3, p. 124 (1975)
- 7) 西 国雄: 印刷雑誌, 58, No. 6, p. 31 (1975)
- 8) 古原洋一郎, 高橋昭之介: 紙パ技協誌, 35, No. 8, p. 37 (1981)
- 9) 磯野 仁, 高柳茂直, 仁茂田豊生, 戸田静雄: 三菱重工技報, 21, No. 1, p. 71 (1983)
- 10) 伊藤良彦: 紙パ技協誌, 39, No. 1, p. 82 (1985)
- 11) M. B. Lyne, B. E. Jordan: Tappi, 62, No. 12, p. 95 (1979)
- 12) C. L. Lai, J. A. Tanner: taga, p. 394 (1981)
- 13) M. B. Lyne: Tappi, 62, No. 11, p. 103 (1979)
- 14) M. B. Lyne: 紙パ技協誌, 38, No. 6, p. 607 (1984)
- 15) J. A. Bristow: Advance in Printing Science and Technology, 15, p. 403 (1980)
- 16) G. W. Jorgensen, M. H. Bruno: International Bulletin for Printing and Allied Trade, No. 80, p. 13 (1958)
- 17) 紙パルプ技術協会: 紙パルプの種類と試験法, p. 239 (1983)
- 18) J. P. Casey: Pulp and Paper, Vol. 3, p. 1822 (1981) John Wiley & Sons Inc.
- 19) 日本色彩学会: 新編色彩ハンドブック, p. 625 (1982) 東京大学出版会
- 20) JIS Z 0601-1970
- 21) ユニオン光学㈱: マイクロフォトメータ MPM 型取扱説明書

(受理: 60. 11. 27)