紙質と印刷物の色調について

北越製紙株式会社 研究所 金子昇兵, 日野正彦

Relationship between Paper Qualities and Color Reproduction of Prints

Hokuetsu Paper Mfg. Co., Ltd. Research Laboratory Shohei Kaneko and Masahiko Hino

Evaluation of prints is finally performed by vision. However, we confirmed that the GATF system which is used for checking of the color of process inks in the ink industry is useful for that purpose. Then, we examined that how paper qualities influenced to the values of the GATF system.

In the all literatures on this problem, discussion has been done covering wide range from art paper to low grade paper. Hence, the authors have missed the evidence that a paper quality of each kind of paper influences differently to the color reproduction.

This paper is a report on fine paper. We found that the gloss, the oil absorbability, the light scattering ability, and the color specification of a white color of paper, in the order of increasing, give influence to the color reproduction. The color specification is a main factor. We proposed a new equation to indicate the color specification of a white color of paper. Using this value, we can estimate the color reproduction of prints which is influenced by a white color of pulp or effect of a whitener.

1. 緒 言

印刷界では最近のカラー化に伴って色調に関する要求が益々 Severe になり、市場では印刷物の極めてわずかな色の相違でその優劣があらそわれているのが現状である。

印刷物の色調とそれに影響をおよぼす紙質との関係についての文献は今までも多くの人々によって発表されている(1)~(9), しかしいづれもアート紙から新聞下級紙に至る幅の広い範囲で現象を追求しているため、細部にわたって2, 3の疑問点がでていたので、これを究明する。また印刷物の色調に影響する主たる紙の特性はその光学的性質によることを示し、紙の白さを評価しそれによって色調を予告できる方法を確立することが目的で本実験を行った。

2. 測定法および評価法

2.1 試 料

印刷物の色調は多くの紙の性質が複雑に影響し合っている所以その中の主要因の紙の性質についてはできるだけシンプルな特性とするため、紙はすべて手抄き

シートを作りテスト紙とした。対象とした紙は上質紙でコート紙については今回はふれない。性質は各々独立して常識的な範囲でわずかずつ違っている。例えば吸油度が違っても紙の光沢、白度、光の内部拡散などは一定のもの、またパルプの白度が同じで蛍光染料やブルーイングの程度だけを変えたもの、吸油度と光沢が共に変化したものなどである。吸油度その他が同じで紙の構造に関係の深い光拡散係数だけが変化したものなどである。これらは印刷物の色調に影響をおよぼす紙質の全部であるといっても過言でない程の重要性をもつものと判断される。使用した紙の性質の範囲を示すため、製紙条件、測定法を含めてその概略を第一表に示した。

2.2 印刷条件

- 印刷機 Original Heiderberg Cylinder KORD 64 オフ
- 速度 4,500 枚/時
- 印 圧 0.08 mm
- 版 式 オフセット P S 版ベタから 10% まで
- インキ 東洋キング, プロセス G Cyan, Magenta.
- 印刷室 20°C±1°C, R・H 65%±3%

第 1 表

製紙条件 下記条件の一つまたはそれ以上の組み合わせで条件を変える

1. パルプ白色度	79~87 の範囲のもの
2. バ ン ド	2 %
3. コ ロ パ ー ル	3 %
4. ク レ ー	灰分 0~20 %
5. メチルヴァイオレット	9 段階
6. クリスタルヴァイオレット	4 段階
7. マ ゼ ン タ	4 段階
8. 螢 光 染 料	5 段階
9. Wet プ レ ス	3 段階
10. フ リ ー ネ ス	3 段階

測定法と紙の性質の範囲

項 目	測 定 法	性質の範囲
紙 の 光 沢 度	75°, -75°	5—15%
紙 の 吸 油 度	JIS	2—60
紙 の 白 色 度	JIS ハンター	79—84%
紙の光拡散係数	Kubelka and Munk 式の S 値	26—40
白 紙 効 率	本 文	
色 差	色差計 UCS 系の L,a,b	
濃 度	WELCH の DENSICHRON 反射濃度	
視 覚 判 定	本文 (判定, 規準, 照明)	
印 刷	本文 (条件)	
色調 (色相誤差, 濁り効率)	本 文	

2.3 印刷物の色の物理的評価

印刷物の評価は最終的には主観, 感覚によって評価されるから, これを物理量で客観的に評価することは容易なことではないが, その基準を明確にしておかなければならない。色を評価する表色系としてはいくつかあるが, 印刷物の主観的判定と最も相関するであろうと思われる次の二つの表色系をとり上げた。

主としてインキメーカーが使用しているプロセスカラーの性能や, 色修正などいわゆる製版とプロセスカラーだけを対象とした表色系を GATF が発表しているが, これを印刷物の色調評価に使う。これは感覚との対応も簡明であり, 測定も数値の計算も容易である。

Wrattan Filter No. 47B, No. 58G, No. 25A を装備した濃度計 (ここでは WELCH DENSICHRON) により測定した三つの濃度値 (最高 H, 中間 M, 最低 L) から次式により計算して完全なプロセスカラーか

らの色の偏りを示す色相誤差 (Hue Error), 色の純粋さを示す濁り (Grayness) およびその性能を示す効率 (Efficiency) を求めることができる。

$$\text{色相誤差} = \frac{M-L}{H-L} (\%)$$

$$\text{濁り} = \frac{L}{H} (\%)$$

$$\text{効 率} = 1 - \frac{L+M}{2H} (\%)$$

今一つの表色系は視感覚との相関が非常によいといわれている Recherd S. Hunter により工夫された色差計を利用する方法である。ここで色の規準としては, インキメーカーが発表している原色インキのカラーパッチを, 得られるインキの理想値として, その L, a, b を測定し, サンプルの L_1, a_1, b_1 との差すなわち理想値からの色差を算出して使うことにした。

$$\text{すなわち 色差 } \Delta E = \sqrt{(L-L_1)^2 + (a-a_1)^2 + (b-b_1)^2}$$

この値が小さければ小さい程良好な発色を示す。

2.4 視覚的評価と物理的評価の相関性の比較

第 1 図

第1図はこれら二つの方法によって測定された値のうち、どちらの方法が視感覚との相関性がよいかを実験した結果を示したものである。

なお視感覚の判定規準を次のような観点においた。

1. 判定者、識別能力の訓練を経た者2名の平均、
2. 印刷面の色の鮮明さ、コントラストの強さ、色および光沢の均一性
3. 判定者2名の判定順位の明らかな一致が見られたためあえて一致性の検定は行っていない

この主観的な色調の印刷効果の順位と前記二つの物理的表色系のそれぞれの相関関係を比較すると、スペアマンの順位相関は1%で極めて有意であり、総じて色差によるより、GATFの表色系による方が、より良いことが第1図により明らかである。

3. 実験結果および考察

3.1 紙の光沢度の影響

紙の光沢は必ずしも印刷面の光沢と相関がないことは大部分の人々による過去の経験的テストならびに過去の文献(1)によっても明らかである。他の文献(6)で

第2図

は色調に影響するものは印刷面光沢であり、紙の光沢、平滑、吸油度などは第二義的であると述べている。

しかし W. Christensen⁽⁹⁾ は紙の各性質中、光沢が最も色調に影響していると述べている。その他二、三の文献でもいろいろの説が発表されている。

第2図は紙の光沢と印刷物光沢の関係を示したものであるが、このサンプルは吸油度も8から103まで変化しているので、紙光沢だけの影響を示すカーブは得

第3図

第4図

られなかった。他のサンプルで紙の光沢が一定、吸油度が印刷光沢におよぼす影響だけを見ると第3図のごとく明瞭な相関関係がある。したがって前図のように紙の光沢が高くかつ吸油度の大きい(非吸油性)紙はこの2つの特性が相乗されて印刷光沢を広範囲に高めている。

次に印刷光沢が色調におよぼす影響を第4図a, bに示した。紙の光沢が一定で、吸油度が変ったために印刷光沢が変化したサンプルでは、a図のように影響が見られるが、吸油度一定で紙の光沢によって変動した印刷光沢と色調とは無関係であった。

Wet press, 叩解度などを種々に変えて作られた多くのサンプルの中から、吸油度が大体一定のサンプルを抜き取り、これらの紙の光沢は5%~15%(上質紙変動範囲)に変化しているが色調との相関に得られなかった。

3.2 吸油度の影響

上記の結果によってもすでに吸油度が影響することは大体わかっているが、また種々の文献でも最も重要視している。一方、W. Christensen⁽⁹⁾は影響はないといっている。そこで更に詳細に実験することにした。

灰分量, Wet press, 叩解度などをいろいろ変えて得た多くのサンプル中から、表面状態, 光沢, 色などが極めて近似し、吸油度だけが変化したものを供試片とした。

他の紙質を変えることなく、上質紙としては常識的範囲に吸油度だけを変えた場合の結果を第5図に示した。吸油度が小さく、すなわち吸収性が増すにつれて、色相は理想値より少しずつずれてくるが濁りは少くなるため色の効率は良くなる。これはインキフィルムをだんだん厚くして印刷したときと同じような現象がでている。マゼンタでは吸油度は色相誤差、シアンではグレイネスへの影響が比較的大きい。吸油度が大きくなるにつれて濁りが大きくなり、全体としての色の効率が低下していることは、これまでの文献などで見られる現象と逆になっていることがわかる。

3.3 紙の白色度の影響

前節で吸油度や光沢の色調におよぼす影響は比較的

第 5 図

小さいことがわかる、それにもかかわらず市場のサンプルは依然としてかなり色相の差が感ぜられる。これはインキをのせる基盤である紙の地色の影響に左右されるためである。すなわち次に述べる紙自身の白さ（白さの色合い）が重要な要素になっていることがわかる。

透明インキを使って印刷画像を生ずるメカニズムを考察して見ると明らかなごとく、第 6 図のように反射体としての紙の色によって選択吸収、反射の様子がインキの色調に影響していることがわかる。特に *tone* のある印刷ではインキと紙は複雑に作用し合って印刷画像を再現するから、インキや紙の色の表現特性と共に両者を関連させる研究が必要である。

紙の白さの評価

紙の白さはその光学的性質中特に重要な要素に属し本題の中心的課題となっている。紙は一般に白さを保つために青系の染料が添加され、あるいはまた蛍光染料が用いられているが、これは印刷したときの色調にどのように影響するものであろうか、このような問題

第 6 図

The selective absorption, reflection of Ink

を明らかにするため、先ず紙の白さ評価方法を検討した。

あるハンター白さ度をもったパルプを用いて、これに染料（メチルバイオレット）でブルーイングする。このサンプルを UCS 系の L, a, b 色度図上にプロットすると第 7 図のように直線的に変化していくことがわかる。また異った白さ度のパルプを使ってブルーイングすれば、これも色度図上を同方向へ直線的に変化していく、また同種の紙にそれぞれ蛍光染料を入れたものの測定値をプロットすると別の方向へ移動して、系統的なパターンが得られることを第 7 図は示している。ブルーイングしたものは、漂白を進めたパルプが

第 7 図

L, a, b chromaticity diagram of Paper

たどると同じ軌跡をたどっている。視感的な白さは図表では中心のニュートラルに近く、かつ値の高いもの程よい結果となっている。この色合いの紙は無彩色に極めて近く、とりまなおさず市場的にも好ましい紙とされていることがわかる。

白色も一種の色であり、これは色立体の頂上付近にある色であり、見た目の白さいわゆる視覚と最もよく相関する白さを客観的に評価するため、この図を数値化することにした。視感との相関を種々、検討した結果、中心への近ざきかたすなわち無彩色の度合（過去の文献でもいろいろの方法が試みられている）を何倍して重みをつけた方がよいかを実験した結果、最終的には次式を得た。これを便宜上白紙効率と呼ぶことにした。

$$W.E.F = 100 - [(100 - L) + (2\sqrt{a^2 + b^2})]$$

紙の白さの影響

第8図はこの値と視覚との関係をプロットしたもの

で高度に相関していることがわかる。ただし蛍光効果についての関連は色差計や濃度計の光源のスペクトルエネルギー分布を見ると紫外部が非常に少ないので、これを一律に考えて行くことに若干の危懼の念がある。

第9図は Magenta インキによる印刷で、紙の白紙効率と色調の関係を示したものである。グレイネスは一般には白紙効率が高い程少くなるが、ブルーイングしたものでは白紙効率が高いにもかかわらず、グレイネスが高くなり、色の純粋さが低下している。しかし白紙効率との著るしい相関はむしろ Hue Error との相関であり、したがって総合的ないわゆる色の効率

は Hue Error が主効果となって白紙効率が高い程良好となっていることがわかる。これはブルーイング、蛍光染料の添加、パルプの漂白の程度を進めることが適確に白紙効率を高めそれによって色調を良くしていることがわかる。

次に Cyan の場合の印刷物について考察して見る、第10図のようにブルーイングを進めたサンプルでは白紙効率が高いにもかかわらずむしろ Hue Error が若干大きい、これはブルーイングに使用した染料が Violet 系のものを用いたためである。しかしブルー

第 9 図

第10図

イングしないサンプルでは漂白を進めればパルプの黄色度が下り、前述の L, a, b 色度図のような軌跡を移動して、白紙効率が高くなり、それにつれて Magenta の場合と同様、Hue Error が明らかに低下してよりよい印刷物となる。Cyan では色相誤差と白紙効率との相関は Magenta の場合のような著しい相関関係はないが、グレイネスとの相関は全サンプルを通して比較的高く、これが色の効率におよぼす主効果となっている。

以上総括すると用紙の白紙効率は Magenta では Hue Error, Cyan では Greyness との相関関係が特に高く、これが印刷物の色調を良好にせしめている主なる要因となっていることがわかる。

従来のいわゆるハンター白色度ブライトネスと色調との関係の一例を第11図にプロットした。ここでは両者の相違を見出すことができない。

以上のことから白色度の評価方法として白紙効率が有効であり、その値が高い程、印刷物の色調が良好になり、すなわち紙の白紙効率を測定することにより色調を予測することができる。

3.4 紙の光拡散係数の影響

紙の光の内部拡散がその印刷物のハーフトーンのリプロダクションにおよぼす影響は大きく、そのため色刷の印刷物の色調にかなり影響をおよぼすことが示唆

第 11 図

されている⁽¹⁰⁾ので、その関係を実験した。

この実験で使う紙は白色度、光沢、吸油度などを一定にして光拡散係数だけを異にした手抄きシートを作り、その印刷物から色調との関係を求めた。

光拡散係数は Kubelka und Munk の理論の方程式からの S 値を使っている。第 12 図はこの関係を示したもので、拡散係数がわずかに増加するにつれて、色調は確実に良好となることがわかる。S 値はクレール含量、フリーネス、ウェットプレスが互いに影響して変化する。

第 12 図

4. む す び

上質紙として市販される紙の中では、その性質が著しく異なることはない。しかしそのわずかな性質の変動で印刷物の色調が変わる。

色調に影響する紙の主な性質について、両者の関係を詳細に調べたもので、個々の性質を単独にとり上げてみると過去の文献で見られた結果と逆な現象も見出された。また単独では影響をおよぼさないが、2つの性質が重なって初めてある程度大きな影響力をあらわす場合もあり、性質の範囲のとり方、一つまたはそれ以上の性質のとり方の相違などによっていろいろの説がでていることがわかった。

上質紙では紙の白さ、色合いのわずかな変化が比較的色調におよぼす影響が大きいため、その白さを評価する方法が大切であり、それによって印刷物の色調効果を予測できた。

文 献

- (1) J. Abelsen; Tappi 43, 202A—32A (1960)
- (2) Wade, E.; Tappi 42, No.6, 194A—65A (1960)
- (3) Alvory W. Beecroft; P.T.J. July 25 (1954)

- (4) Otto Brwns & Olle Swanberg; P.P.M.C. No. 3 T-181—87 (1962)
- (5) 高畑伝; 千葉大学工業短大研究報告 Vol. 3 No. 3 p. 53 (1962)
- (6) 畑幸徳; 日本印刷学会論文集 Vol. 8 No. 22 p. 73 (1965)
- (7) 村上勇夫訳; 日本印刷学会論文集 Vol. 8 No. 22 p. 109 (1965)
- (8) Frank, M. Preucil; Tappi 45 [10] 823~826 (1962)
- (9) Chr. W. Christensen; Advan Printing Sci. Technol. 4, 438~444 (1967)
- (10) 分島拓, 国司龍郎, 金子昇兵; J.O.S.A. Vol. 58 p. 272—273 (1969)
- (原稿受付 昭 46. 1. 11)

新 製 品 紹 介

新方式による新製品！
精 密 濾 過 装 置
ユミクローナーYS型

当社が新しく開発した糖密濾過装置は濾材（湯浅電池株式会社製、商品名ユミクロン）の特性を生かし、工場廃液中に含まれている有害重金属を効率的に、さらに連続自動的に排出基準値以下に除去することのできる装置です。

●フィルターとしてのユミクロンの特長

1. 平均孔径が小さく、微粒子を殆んど完全に除去できます。
品種により、平均孔径が 0.1μ のものから 5μ のものまであります。
2. 厚みは薄く（ $0.1\sim 0.2\text{mm}$ ）、機械的強度は堅牢です。
3. 濾布プレコート材と比較して、流量が多量です。
4. 逆洗しやすく、目づまりが生じにくい。
5. ユミクロンに附着したスラッジの剝離が極めて容易です。
6. 耐酸性、耐アルカリ性です。

濾 材	流量比	逆洗使用の時濾液の カドミ濃度
濾 布 A	1	0.5 PPM
濾 布 B	1.5	0.5 PPM
ユミクロン	3	0.02 PPM

●精密濾過装置ユミクローナーYS型の特長

1. 凝集剤を用いない新しい処理方法による精密濾過なので、スラッジが少なく、廃棄物が少量です。
2. 標準型の濾布の取換えは3分以内でできます。
3. コンパクトにできているので、据付面積が少なくて済みます。
4. 連続自動式なので、殆んど人手を要しません。
5. 経費が少なくて済みます。

●前処理の必要性

ユミクロンは有害重金属を微粒子として濾過するもので、従って最適なPH調整は慎重に行なうことにより、有害対象金属イオンを固形化沈殿物し、生成沈殿物の粒子をできるだけ大きくすることが有利です。

株式会社 島 崎 製 作 所

本社営業所 東京都荒川区西日暮里2—24—2
TEL 東京 (802) 3 7 4 1 (代)