
印刷物における光沢性の評価技術

Gloss Evaluation Technology of Printed Materials

曾根 拓郎*
Takuroh SONE

日野 真*
Makoto HINO

船橋 一樹*
Kazuki FUNAHASHI

要 旨

光沢性は、色再現性、階調性、鮮鋭性、粒状性と並ぶ重要な画質特性であり、光沢性を評価するための研究が数多く行われてきている。しかし、印刷物に関する光沢性の従来評価技術をまとめた報告は少なく、評価技術の向かうべき方向性の議論が不十分である。そこで、印刷物における光沢性を分類し直し、標準化という観点で従来の評価技術の動向を概括した。さらに、我々が開発した新しい電子写真の光沢性評価技術についても紹介する。今後の展開として、主観的な見えと相関が高くかつシンプルな計測法の開発と、各光沢性評価法の標準化が必要と考える。また、感性や視覚認知のさらなる研究と、計測技術開発の両面から光沢評価技術を成熟させていくことが期待される。

ABSTRACT

Gloss is an important image quality factor as well as color reproduction, tone reproduction, sharpness, and graininess. Many researches have been done for evaluating gloss. However, there are few reports which reviewed the conventional technology for evaluating gloss of printed materials. The gloss types of printed materials were reclassified and the conventional research were summarized including our examination result. Various Measurement methods have been proposed depending on the types of gloss in printing industry. Standardizations of the evaluation method are required. In addition, it is expected that the gloss evaluation technology evolves by continuing the study of vision science and measurement technology.

* 画像エンジン開発本部 ICT開発センター
Imaging Core Technology Center
Imaging Engine Development Division

1. 背景と目的

画質の評価は、主に色再現性、階調再現性、鮮鋭性、ノイズ特性（粒状性など）に分類され、評価・解析が行われてきた。これらの評価法に関しては、数多くの研究が行われ、基礎的な研究段階は終了しつつあり、現在は高次レベルの視覚特性を導入する試みがなされている¹⁾。

印刷業界においては、近年、高付加価値画像への要求が高まっており、フォトプリント画像や電子写真における透明トナーの採用など、特に「光沢性」が上記の画質評価項目と並ぶ重要な画質特性となってきた。

光沢性に関する計測、評価技術に関してまとめた文献²⁾はあるが、印刷物に関して、光沢性の種類、および計測評価技術をまとめた報告は少ない。そこで、本論文では印刷物の画質を決める重要特性である「光沢性」に注目し、以下の4点について述べる。

- (1) 印刷物における光沢性の分類
- (2) 従来評価技術の動向調査
- (3) リコーで新規開発した光沢性評価技術の紹介
- (4) 今後の光沢性評価に関する技術展望

2. 光沢性の分類

光沢知覚に関しては古くから研究されており³⁾、特にHunterら⁴⁾が報告した光沢性の分類が広く知られている。しかしながら、印刷物における光沢特性は主観的な光沢性のみならず、画質を損なう因子としての光沢ノイズも含まれる。そこで、我々は印刷物の光沢特性を「印象特性」と「ノイズ特性」とに分け、Table 1のように分類した。本章では、分類した各光沢特性について説明する。

Table 1 Types of gloss.

特性 [Characteristic]	種類 [Type]
印象特性 [Perception characteristic]	光沢感 [Subjective gloss, Gloss perception] 写像性（像鮮明性） [Clarity, Distinctness of image] メタリック、パール感 [Metallic/Pearlescent color] マイクロ光輝感 [Sparkle, Glint, Gloss graininess (granularity), Micro brilliance]
ノイズ特性 [Noise characteristic]	光沢ムラ [Gloss noise, Microgloss, Gloss graininess (granularity)] 光沢スジ [Gloss streak] 段差感（レリーフ感） [Appearance of image height difference, Relief sense] 光沢均一性 [Gloss uniformity]

2-1 光沢の印象特性

光沢感とは、印刷物表面に対する心理的な光沢の大きさ、あるいは艶の大きさを表したものであり、写像性（像鮮明性）とは、表面に写り込んだ像の鮮明さを表す。近年、光沢感は写像性の寄与も大きいといわれ、光沢感を評価するために写像性評価値を組み込んだモデルが提案されている^{5,6)}。井出⁷⁾の報告によると、写像性は面質を決める主要な因子とも述べている。

メタリック感とは金属光沢の見えを表し、パール感とは真珠のような干渉色による色相変化と光沢の見えを表す。このような特性は特殊印刷において重要となる。メタリック色の金は真鍮の粉末を、銀はアルミの粉末を使ったインキを用い、パールは雲母の粉末を酸化チタンで処理したインキを用いることで、メタリックやパール画像を形成することが出来る⁸⁾。あるいは、金属箔などの箔を後加工で箔押しすることで作成することも可能である。その他、電子写真において、低面積率の有色トナー上にクリアトナーを載せることで、パールのような効果が出せると報告されている^{9,10)}。ただし、干渉による色相変化は

起きないため、評価の際は上記のパール感とは切り分ける必要があると考える。

マイクロ光輝感は粒子感、スパークル感やグリントなどとも呼ばれ、光輝材の粒子径や分布、反射特性、配向条件によるテクスチャのきらきら感のことを示す。ラメ印刷などでは重要な特性であり、メタリック感にも寄与する要素として考えられている¹¹⁾。

2-2 光沢のノイズ特性

電子写真画像は定着によってトナーを溶かして光沢を出すため、均一な加圧、加熱処理が行われないと、光沢ノイズが出やすい。

光沢ムラは、Fig.1に示すような微小な光沢差による光沢ノイズのことをいい、用紙の繊維に入り込んだトナーが十分に加熱・加圧されないため¹²⁾、あるいはブリスタ¹³⁾によって生じる。

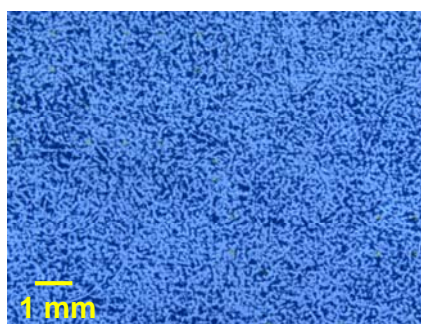


Fig.1 Gloss graininess of the electrophotographic image.

光沢スジは、印刷物を正反射条件で観察した際に現れる、Fig.2に示すようなスジ状のノイズのことをいう。加熱ロールや搬送時のガイドなどの磨耗・傷などにより、周辺の画像よりも光沢が増加してしまうことにより生じる光沢ノイズである。

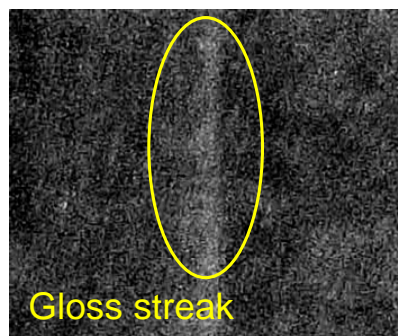


Fig.2 Gloss streak of the electrophotographic image.

段差感とは、非画像部と画像部、あるいは画像部同士の境界付近における段差の見えの度合いのことである。境界領域での表面反射光の落ち込みを人は識別し、段差感を感じると考えられている¹⁴⁾。コート紙上に定着したB色とR色のトナーソリッド画像をFig.3に示す。非画像部と画像部の境界部に段差が生じている。

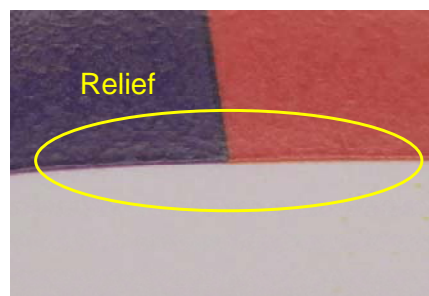


Fig.3 Relief sense of the electrophotographic image.

光沢均一性とは、上記で説明した光沢ムラよりもマクロなムラのことである。ページ内、ページ間の光沢度変動や、色材量および面積率による光沢度変動のことをいう。

以上の光沢ノイズは画像品質を著しく低下させるため、各社対策が行われている^{15,16)}。

3. 従来の光沢評価技術について

本章では、第2章で説明した光沢特性に対する従来の評価法について、今後の印刷評価における標準化という観点からまとめる。

3-1 光沢感

光沢を計測する方法として、JIS Z 8741¹⁷⁾ ISO 2813¹⁸⁾ ASTM D523¹⁹⁾で規定されている鏡面光沢度測定法が広く使用されている。しかし、主観的な光沢の見えと鏡面反射光（正反射光）の強さは必ずしも相関が高くないことが課題とされていた²⁰⁻²⁴⁾。そのため、正反射光以外の拡散反射光も使用した評価法が提案されてきた。

1997年に、用紙を円柱に巻きつけ、計測した反射光分布に網膜の受容野分布を畳み込んだ分布から光沢感を求める方法が提案されている²⁰⁾。同様に円柱形状のオブジェクトをサンプルとした光沢感評価法が報告されている²¹⁾。Phongモデルにおける鏡面反射率と拡散反射率に加え、刺激の呈示時間を考慮したモデルを提案していることが特徴である。ほかに、内部拡散反射光が小さいほど光沢感が増すという報告がある²²⁾。

ISO 15994で規定されているVisual Lustre²³⁾は、45°入射、0°受光の拡散反射光成分と、45°入射、45°受光の正反射光成分に基づいて光沢を評価する方法である。しかし、桑田²⁴⁾の報告では、サンプルの色が異なる場合に、主観的光沢感との相関が十分ではないと述べられている。同文献では、CCDエリアカメラで計測した画像から算出した光沢ムラ量を用いたモデルを提案している。

光沢感に関する最新の報告として、2012年に井上ら^{25,26)}により、鏡面反射点拡がり関数に着目した用紙の光沢感評価法が提案されている。用紙の二次元的なMTFを得られるため、オプティカルドットゲインの解析にも応用可能と筆者は注目している。

新規に計測装置を開発している報告が多い中、従来の計測器を用いて、簡易的にインクジェット用紙

の光沢感を評価する方法が、2006年に提案されている⁵⁾。30°鏡面光沢度と、“3-2 写像性”で後述する2°ヘーズ値とDOI値を用いたモデルで、主観との相関が非常に高い。

以上までの報告の共通点をまとめると、光沢感は拡散反射光成分の影響を考慮しなくてはならず、鏡面光沢度のみでは主観と対応しないという点である。課題としては、光沢感に関して数多くの提案がなされているが、未だ標準手法となり得る評価法が存在しない点と考えられる。様々な印刷物に対して主観との相関が高い、かつシンプルな光沢感計測評価法が開発できれば広く普及するだろう。この課題に対して我々が取り組んだ検討結果は第4章に述べる。

3-2 写像性

写像性計測法として、JIS K 7374²⁷⁾と、ASTM E430²⁸⁾で規定されているものが知られている。JIS K 7374は、サンプルに対してスリットを通過させた光を照射し、光学くしを移動させて、反射光量の変動から写像性評価値を算出する方法である。ASTM E430ではDOI、ヘーズと呼ばれる写像性計測評価法が規定されている。DOI値はサンプルに対して30°で入射したときの正反射光と、正反射方向から±0.3度離れた角度で計測された反射光の比で定義され、ヘーズ値は±2°（2°ヘーズ）あるいは±5°（5°ヘーズ）での反射光の比で定義される。ヘーズはASTM D4039²⁹⁾においても規定されており、60°光沢度から20°光沢度を差し引いた値をヘーズ値としている。

JIS K 7374に対応しているスガ試験器（ISM-1T）を用いた評価例として、インクジェット用紙の光沢を評価するために使用された報告がある^{6,30)}。どちらの文献も、光沢感は写像性の寄与が大きいと指摘をしている。ただし、JIS K 7374の測定法は、プラスチックのような高い写像性を持たない印刷用紙において、測定困難となる場合が多いなど印刷物を評価する際の問題点を指摘している報告もある²⁶⁾。

DOI、ヘーズ値に関してはBYK-Gardner社のMICRO-HAZE、WAVE-SCANや村上色彩研究所の

像鮮明度光沢度計DGM-30で計測している報告^{5,31,32,33)}が多く、評価対象サンプルは高光沢インクジェット用紙が主である。

以上までの報告例から、光沢感と同様に印刷物を対象とした写像性測定法は定まっておらず、各団体、各企業で計測法が異なっている。また、インクジェット用紙以外の印刷物における写像性評価の事例は少ない。ASTMやJISで規定されている写像性の測定法は、高光沢である金属塗層面、プラスチック面を主な対象として規定された計測法であることが影響していると考えられる。

2009年に印刷物を対象とした写像性評価法として、シンプルな新規計測法が報告された³⁴⁾。前記計測法は、スランテッドエッジをサンプルに投影させ、計測した画像から求めたSFR（空間周波数応答）とCSF（コントラスト伝達関数）をコンボリューションする（畳み込み）。畳み込んだ値に基づいて評価値を算出し写像性を評価する。上記計測法はノイズに強く、かつ低光沢のサンプルにも対応できる方法と報告されており、今後、標準手法となり得る評価法として期待されている。

3-3 メタリック、パール、光輝感

メタリック・パール・光輝感は、主に顔料・塗装・化粧業界において評価されている項目であり、印刷業界で提案された評価法³⁵⁾は少ないため、ここでは、顔料・塗装分野で使用、あるいは提案されている従来評価法を紹介する。

計測法に関して、馬場³⁶⁾と大住^{37,38)}の報告で、従来から最新までの技術動向が記述されている。メタリック・パールは、非等方的な光学特性を持っているため、多数の照明や受光角で計測可能なマルチアングル型の分光光度計や変角光度計が用いられ、ASTM E2194³⁹⁾、DIN 6175-2⁴⁰⁾で規定されている幾何光学条件を満たした測色機が多くメーカーから市販されている。

パールやメタリックの評価法としては、色相変化や色差の色評価と、フロップインデックスの評価が主に行われる。色相は a^*b^* 面での受光角度に対する

色相変化量を評価し、色差は ΔE_{2000} が使用される。フロップインデックスとは反射角度付近と後退角度付近の間で見られる明度の相対的な変化であり、変化量が大きいほどフロップ感（見る角度による色変化）を感じる。

マイクロ光輝感については、BYK-Gardner社からモノクロイメージング計測を可能とするシステムが市販されており、光輝感を評価するスパークル値、グレイネス値を出力できる。ほかにも、計測した画像の周波数特性に基づいた評価法⁴¹⁾や高光輝部領域の明るさで評価している報告⁴²⁾がなされている。

視覚認知の分野では、周囲物体の映り込みにより形状認識し、人は金色と認識するという研究結果がある⁴³⁾。また、画像の輝度ヒストグラムの歪度と光沢感に相関があるという興味深い研究結果⁴⁴⁾も発表されている。これらの研究から得られる知見に基づき、従来の計測法を展開していくことで、より視感と合う計測評価法が開発されていくことが期待される。

3-4 光沢ムラ、光沢スジ、段差感

藤原ら⁴⁵⁾は正反射画像を計測できる装置を開発し、光沢ムラを定量評価する検討を行っている。また、藤原らが開発した計測器を改良した走査型微小光沢度計を用いた評価事例も報告されている⁴⁶⁾。

MacGregor⁴⁷⁾らは、エリアカメラを用いて2次元の正反射光分布を計測し、微小面の正反射光の変動を用いて光沢ムラを評価する方法を提案している。また、微小面の傾斜角と光沢との関係を、共焦点レーザー顕微鏡を用いて解析し、傾斜角によって光沢変動を良く説明できることを示している。

2004年には、塗工紙の微小面の傾斜角を三次元表面粗さ計で計測し、傾斜角を適切な閾値で二値化したときの面積率を用いることで目視評価値と高い相関が得られることが報告された⁴⁸⁾。

2005年に桑田²⁴⁾は、エリアカメラで取得した正反射光画像に視覚の周波数応答特性を反映させ、正反射光の変動から光沢ムラ評価値を算出する方法を提案しており、2007年に、Arney⁴⁹⁾らは円筒に巻き付けたサンプルをエリアカメラで計測し、各角度にお

ける反射光の変動を解析することで、任意の角度での光沢ムラを評価できる方法を報告している。

以上、説明したように、光沢ムラ評価法は未だ検討され続けている。

また、上記で説明したマイクロ光輝感と光沢ムラは、どちらも”Gloss granularity”と呼ばれるように、印象特性かノイズ特性か分類の違いのみで、物理的には近い性質を持っていると考える。各々提案された計測法を相互に参考にしながら、より見えとの相関の高いマイクロ光輝感および光沢ムラ評価法が開発されていくことを期待する。

光沢スジに関しても、INCITS W1.1⁵⁰⁾において初期段階での解析が行われているが、定量評価まではいたっていない。我々は、電子写真画像を対象とした標準手法となり得る光沢ムラ、光沢スジ評価法を開発したので第4章で紹介する。

段差感に関しては報告例が少なく、井出ら¹⁴⁾によって解析は行われているが、定量評価法を確立するまでには至っておらず、今後さらなる研究が必要だろう。段差感を抑制する手段としては、クリアトナーを用いた画像形成装置が報告されている⁵¹⁾。

3-5 光沢均一性

伊藤⁵²⁾により、IS/IEC CD 19799（光沢均一性測定規格）の最新動向の詳細が報告されている。CD 19779では、印刷物における光沢の不均一性を表す客観的な測定手順を提案することを目的としているが、測定器による測定値の違いが生じる原因の明確化、構成方法の検討を課題としている。また、現状の評価法による光沢特性値と、主観的な見えとの相違も指摘しており、今後も光沢均一性に関する標準化の審議が進められていくだろう。

その他、電子写真の分野では、濃度、あるいは明度に対する光沢度の変化を、オフセット印刷を目標値として評価している例が報告されている^{53,54)}。

4. 新規光沢性評価技術の紹介

前章で示したとおり、光沢性評価技術は数多く提案されているが、未だ標準となり得る評価法が確立されていない。本章では、光沢感と写像性、光沢ムラ、光沢スジに関して、我々が開発した簡易的かつ、主観と相関の高い新規光沢性評価法技術を紹介する。

4-1 光沢感、写像性評価法

従来の鏡面光沢度計を用いた簡易的な光沢感、写像性評価法を開発した⁵⁵⁾。詳細は、参考文献に記載してあるため、本報告では概要を説明する。

4-1-1 技術的特徴

本評価法の技術的特徴は以下の2点である。

- ・ 鏡面光沢度計の計測値を使用
- ・ 20°光沢度 G_{20} と60°光沢度 G_{60} の比と差を変数としたモデル式を提案

4-1-2 評価モデルと結果

光沢感と写像性に寄与する因子を探るため、まず変角光度計を用い、電子写真、インクジェット、オフセット印刷物の反射光分布を計測した。分布から抽出した各種特徴量と光沢感および写像性の主観的な見えとの相関性を調査し、光沢感は反射光分布の幅、写像性は反射光分布の角度に対する変化率の最大値と相関が高いことを確認した。また、上記特徴量は光沢度計の G_{20} と G_{60} の比および差と相関が高いことが分かった。 G_{20} と G_{60} はそれぞれ受光開き角が異なるためと考えられる。式(1)~(3)に、上記の値を変数としたモデル式を示す。式中の係数は主観評価点から決定した。

$$\text{光沢感} = a_1 \cdot \exp\{a_2 \cdot G_{20} / G_{60}\} + a_3 \quad (1)$$

$$\text{写像性} = b_1 \cdot \Delta G^2 + b_2 \cdot \Delta G + b_3 \cdot G_{20} / G_{60} + b_4 \quad (2)$$

$$\Delta G = G_{20} - b_0 \cdot G_{60} \quad (3)$$

$$a_{1\sim 3}, b_{0\sim 4} : \text{parameters}$$

主観評価実験の条件をTable 2に示す。銀塩写真、インクジェット、電子写真、昇華型のサンプルを用いた。サンプル色はC, M, Y, R, G, B, K色のソリッド画像と用紙 (W) である。R色についてはハーフトーン画像も含めた。

Table 2 Experimental condition of the gloss and clarity.

Sample types	Silver-halide, IJ, EP, Thermal
Color	C, M, Y, R, G, B, K, W
Sample size	40×50 mm
Number of observers	14
Number of samples	37 (Gloss evaluation samples) 47 (Clarity evaluation samples)

光沢感評価値と主観点との相関結果をFig.4に、写像性評価値と主観点との相関結果をFig.5に示す。どちらも寄与率は0.9以上であり、高い相関が得られている。本評価法は、印刷業界で広く使用されている光沢度計のみで、簡易的に光沢感と写像性両方を評価できるため、有用性が高い評価法と考えている。

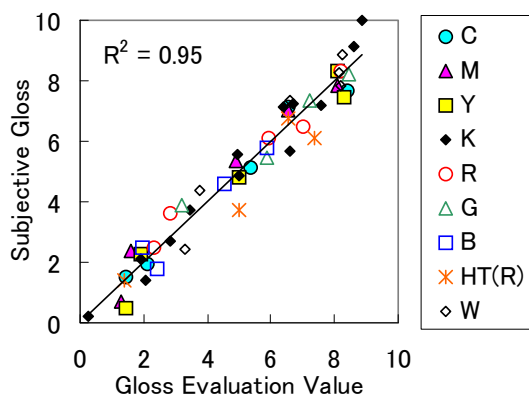


Fig.4 The subjective gloss and the gloss evaluation value.

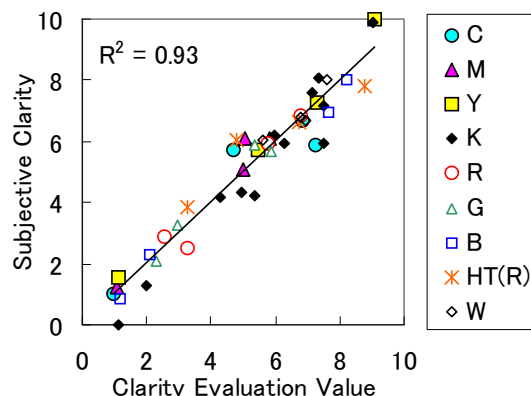


Fig.5 The subjective clarity and the clarity evaluation value.

4-2 光沢ムラ評価法

光沢ムラ評価法について検討された結果は報告されているが、標準となり得る評価法は未だ確立されていない。そこで、我々は新規に電子写真画像のベタ画像における光沢ムラ評価法を開発した。

4-2-1 技術的特徴

計測法、評価法ともに桑田²⁴⁾の提案した評価法と類似しているが以下の点で異なる。

- ・ 装置の小型化、均一照明に有利な0°/0°幾何光学系を採用
- ・ 色の影響も考慮し、ハンター白色度⁵⁶⁾をモデル式に補正項として追加

4-2-2 計測装置

計測装置の構成図をFig.6に示す。垂直落射照明を用いることで、0°入射0°受光の幾何光学系を構築した。これにより、計測装置の小型化、カメラや照明の位置・角度調整が容易となる。また、内部拡散反射光を抑えるために、照明とレンズには、偏光フィルタを挿入した。さらに、照明光を平行光にするためライトコントロールフィルムを照明装置に組み込んだ。第2章のFig.1に示した光沢ムラ画像は、本装置で計測した画像である。Table 3に本装置を構成している各パーツの詳細を示す。

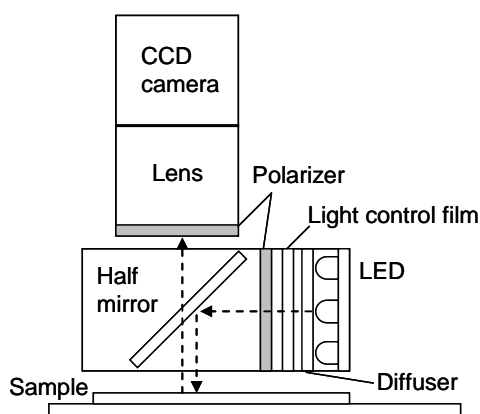


Fig.6 Schematic illustration of the gloss noise instrument.

Table 3 Details of the gloss noise instrument.

Product	Model number
CCD Camera	C7780 (Hamamatsu Photonics K.K.)
Lens	MAF75B, AE20B-2 (FUJINON)
Illumination	LV2-50SW2 (CCS Inc.)

4-2-3 モデルと結果

CCDカメラで計測した二次元画像のRGB値を、均等色空間の表色値 $L^*a^*b^*$ に変換する。変換は特定の条件化における $sRGB \rightarrow XYZ$ 変換式を用い、 $L^*a^*b^*$ を算出した。各画素の L^* から L^* 平均値を差し引いた画像を二次元フーリエ変換し、一次元化後に視覚の空間周波数特性を乗じ、積分した値を光沢ノイズ成分 N とした。視覚の空間周波数特性は、Dooley&Shaw⁵⁷⁾のモデルではなく、より低周波側に感度ピークを持つModelFest⁵⁸⁾で検討されたモデルを採用した。主観的な見えと画像を解析した結果、光沢ムラの見えは高周波よりも低周波側で厳しく評価される傾向があったためである。また、色の影響も考慮し、ハンター白色度 W_h を補正項に含めたモデル式を提案した。提案式を式(4)に示す。

$$\text{光沢ムラ評価値} = c_1 \cdot N^{\frac{1}{3}} \cdot (100 - W_h)^2 \quad (4)$$

$c_{1,2} : \text{parameters}$

Table 4に示す実験条件で、C, M, Y, R, G, B, Kベタ画像をサンプルとした主観評価実験を行った。取得した光沢ムラ主観点と、式(4)で算出した評価値との相関をFig.7に示す。寄与率は0.9以上と高い相関を得ることができた。

Table 4 Experimental condition of the gloss noise.

Number of paper types	6 types
Solid color	C, M, Y, R, G, B, K
Sample size	30×30 mm
Number of observers	14
Number of samples	38

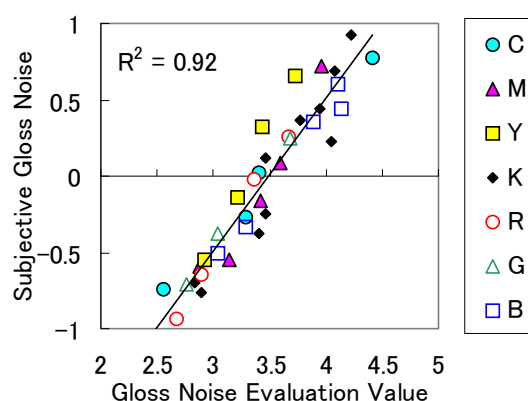


Fig.7 The subjective gloss graininess and the gloss graininess evaluation value.

4-3 光沢スジ評価法

光沢スジの評価は、段階見本による官能評価が行われることが多いが、光沢スジの見本は、同一品質の見本の作成が困難、見え方が観察環境に影響される、評価者によるバラツキが大きいなどの問題があり、定量化に対する要望が高い光沢ノイズ特性である。

4-3-1 技術的特徴

評価対象は、電子写真画像における直線状の1本の光沢スジ、もしくはステップ状の光沢段差の見えであり、複数本の光沢スジに対する総合的な評価は対象外とした。計測では、露光時間の異なる複数の

画像から反射率を求める手法を採用し、広範な光沢度を持つサンプルでの測定精度の向上を図った。

4-3-2 計測装置

計測装置の構成図をFig.8に、本装置を構成している各パーツの詳細をTable 5に示す。光沢スジ検出光学系は、斜め方向から照明する光学配置とし、照明と受光にテレセントリックレンズを用いることで、コントラストの高い光沢スジ画像の取得を図った。

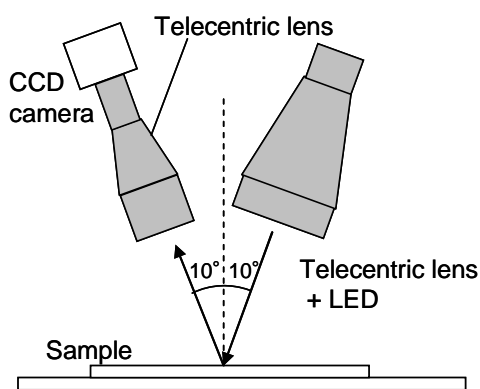


Fig.8 Schematic illustration of the gloss streak instrument.

Table 5 Details of the gloss streak instrument.

Product	Model number
CCD camera	ORCA-R2 (Hamamatsu Photonics K.K.)
Lens	TCL0200-M (Optart Corporation)
Illumination	LT-CL-144 (Opto Engineering)

4-3-3 評価モデルと結果

計測した光沢スジをスジ方向に一次元化したときの反射率分布の例をFig.9に示す。光沢スジは図中の(a)や(b)のように、スジや段差が単独で存在するものや、(c)のように複合的に発生するものがある。光沢スジの見えを定量化するために、スジ部分の反射率積分値S（スジ強度）と段差部分の反射率高さG（光沢差）を算出した。また、Y色のような明る

いサンプルでは光沢スジが見えにくいことから、測色器で計測したサンプルの明度 L^* も用いた。

光沢スジの見えは、 $S=G=0$ のとき評価値=0（スジが見えない）となり、 $S=G \neq 0$ かつサンプルの L^* が小さいほど評価値が大きくなる（スジがよく見える）傾向があるため、式(5)に示すモデル式を提案した。

$$\text{スジ評価値} = p_0 \cdot (100 - L^*) \{1 - \exp(p_1 \cdot S + p_2 \cdot G)\} \quad (5)$$

$p_0 \sim p_2$: parameters

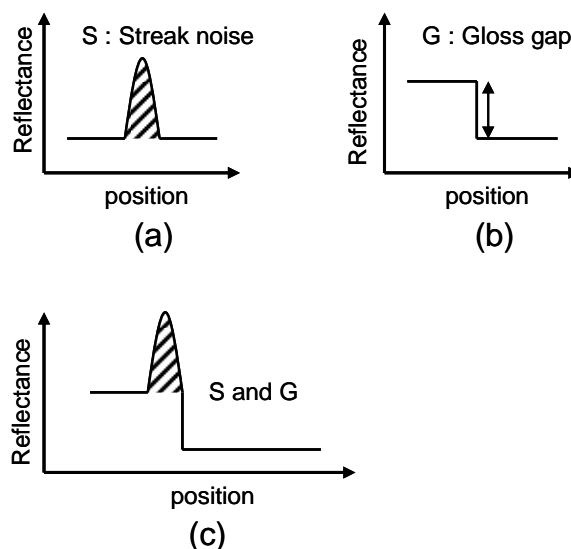


Fig.9 Types of the gloss streaks.

モデル式の妥当性を確認するために主観評価実験を実施し、係数を決定した。主観評価実験条件をTable 6に示す。画像サンプルは電子写真で形成されたC, M, Y, R, G, B, Kベタ画像であり、サンプルの60°光沢度の範囲は30~65%である。

主観点と評価値の相関結果をFig.10に示す。寄与率は0.90と高い相関を持つことを確認した。

Table 6 Experimental condition of the gloss streak.

Paper	OK Top Coat (Oji Paper)
Solid color	C, M, Y, R, G, B, K
Sample size	40×100 mm
Number of observers	17
Number of samples	26
Range of G60	30-65 %

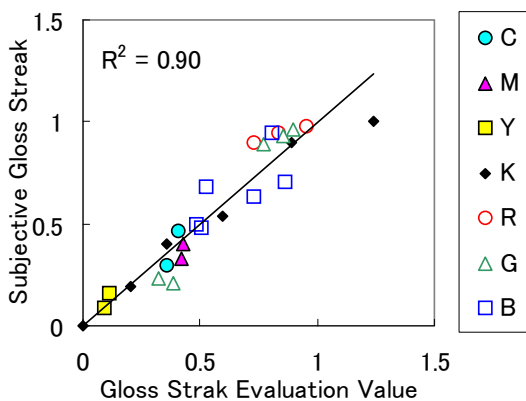


Fig.10 The subjective gloss streak and the gloss streak evaluation value.

5. まとめと展望

印刷物における光沢性の種類を分類し、従来の計測評価法を紹介した。各光沢性には様々な計測評価法があり、各社独自の評価方法を提案していることが改めて分かった。今後の課題として、様々な印刷物に対して主観的な見えと相関が高く、かつシンプルな計測法の開発と、各光沢性評価法の標準化が必要と考える。

さらなる展開として、感性や視覚認知の研究と、計測技術開発の両面から光沢評価技術を成熟させること、そして市場へどのようにアピールするかを考えていくことが課題と考える。

参考文献

- 1) 三宅洋一, 中口俊哉: 色彩画像の画質評価—現状と課題—, 電子情報通信学会 *Fundamentals Review* Vol.2, No.3, pp.29-37 (2009).
- 2) 馬場護郎: 物体色と光沢度の測定方法の変遷, 日本色彩学会誌, Vol.36, No.2, pp.110-112 (2012).
- 3) L. R. Ingersoll: A means to measure the glare of paper, *Electr. World* 63, pp.645-647 (1914).
- 4) R. Hunter and R. Harold: The Measurement of Appearance, 2nd edition, *John Wiley & Sons* (1987).
- 5) C. Cheng, M. Oakland and F. Bugner: Human Gloss Perception of Unprinted Inkjet Media, *Published in ICIS '06 Rochester*, pp.420-423 (2006).
- 6) 永田幸三ほか: 講画質インクジェット超光沢受像紙 画彩「写真仕上げPro」の開発, *FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT*, No51-2006, pp.19-24 (2006).
- 7) 井出収: 画像構造解析に基づく電子写真の画質改善, 千葉大学学位論文, pp.89-113 (2004).
- 8) DTP&印刷 スーパー仕組み辞典2007年度版, 株式会社ワークスコーポレーション, p.269 (2007).
- 9) 伊藤善邦: 透明トナーによる電子写真画像表現多様化への挑戦 imagePRESS C1+, *Imaging Conference JAPAN*, pp.121-126 (2009).
- 10) 山崎弘: 電子写真における付加価値画像の進化, 日本画像学会誌 Vol.49, No.1, pp.34-39 (2010).
- 11) 立田美佳, 小川哲史, 阿部圭子: 光学異方性をもつメタリック色の評価法, 松下電工技報, Vol.55, No.4, pp.72-76 (2007).
- 12) 竹内昭彦: 電子写真装置の定着方式, 第65回日本画像学会技術講習会, pp.268-303 (2008).
- 13) 宮坂裕ほか: bizhub PRO C6500を支える電子写真プロセス技術 高速高画質と用紙対応性能向上技術, *KONICA MINOLTA TECHNOLOGY REPORT*, Vol.4 (2007).
- 14) 井出収, 鷲野滋基, 菅原勝彦: 光沢プリントにおける段差感の解析, *Japan Hardcopy Fall Meeting*, pp.49-52 (2004).

- 15) 上原康博ほか: 省エネ性と利便性を両立した「RealGreen」なIH定着技術, 富士ゼロックステクニカルレポート, No.20 (2011).
- 16) 西田聡ほか: bizhub PRESS C8000における画質安定化と信頼性向上技術, *KONICA MINOLTA TECHNOLOGY REPORT*, Vol.8 (2011).
- 17) JIS Z 8741:1997 鏡面光沢度—測定方法.
- 18) ISO 2813:1994 Paints and varnishes — Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees.
- 19) ASTM D523 08 Standard Test Method for Specular Gloss.
- 20) 芹川聖一, 下村輝夫: 視覚特性を考慮した光沢度計測, 応用物理 Vol.66, No.10, pp.1067-1072 (1997).
- 21) 永田雅人, 岡嶋克典, 大住雅之: 光沢感の時間特性とその定量化, *ITE Technical Report*, Vol.30, No.21, pp.29-32 (2006).
- 22) 渡邊武, 松田信弘, 松井尚: 視感印刷光沢に及ぼす拡散反射光の影響, *JSR TECHNICAL REVIEW*, No.113, pp.58-64 (2006).
- 23) ISO 15994:2005 Graphic technology — Testing of prints — Visual luster.
- 24) 桑田良隆: 光沢むらを考慮した主観的光沢度測定法, *Japan Hardcopy Fall Meeting*, pp.92-95 (2005).
- 25) 井上信一, 小島幸夫, 滝代政幸: 鏡面反射点拡がり関数による白紙光沢の解析 (第1報), 紙パ技協誌, Vol.66, No.8, pp.66-74 (2012).
- 26) 井上信一, 小島幸夫, 滝代政幸: 鏡面反射点拡がり関数による白紙光沢の解析 (第2報), 紙パ技協誌, Vol.66, No.12, pp.112-120 (2012).
- 27) JIS K 7374:2007 プラスチック—像鮮明度の求め方.
- 28) ASTM E430 11 Standard Test Methods for Measurement of Gloss of High-Gloss Surfaces by Abridged Goniophotometry.
- 29) ASTM D4039 09 Standard Test Method for Reflection Haze of High-Gloss Surfaces.
- 30) 細川東洋一, 北島光泰: インクジェット用光沢葉書の紙質に関する調査研究, 郵政研究所月報 No.172, pp.4-27 (2003).
- 31) S. A. Monie, B. C. Stief and N. V. Krupkin: Evaluation of Glossy Inkjet Papers Using Distinctness of Image (DOI) Measurement, *IS&T's NIP19*, pp.763-768 (2003).
- 32) 三菱製紙株式会社: シリカアルミナ複合ゾル, その製造方法及びインクジェット記録媒体, 特許第4125906号 (2008).
- 33) 富士フイルム株式会社: インクジェット記録用紙, 特許第4359547号 (2009).
- 34) M. Tse, E. Hong, and D. Forrest: A Second-Generation Portable Instrument for DOI (Distinctness of Image) Measurement, *IS&T's NIP25*, pp.744-747 (2009).
- 35) セイコーエプソン株式会社: メタリック感評価装置およびメタリック感評価方法, 特開2010-175497 (2010).
- 36) 馬場護郎: メタリックトパールマイカペイントの測色, 色材, Vol.63, No.9, pp.541-549 (2009).
- 37) 大住雅之: 最近のメタリック・パール色の計測技術, 日本色彩学会誌, Vol.33, No.1, pp.40-45 (2009).
- 38) 大住雅之: 色彩, 色とは, 表面技術, Vol.61, No.11, pp.722-727 (2010).
- 39) ASTM E2194 - 12 Standard Practice for Multiangle Color Measurement of Metal Flake Pigmented Materials.
- 40) DIN 6175-2 Tolerances for automotive paint — Part 2, Goniochromatic paints, Deutsches Institut für Normung e.V. (2001).
- 41) 野村英治, 平山徹: ミクロ光輝感の官能評価と画像計測, 資料の研究, No.132, pp.22-35 (1999).
- 42) 清井計弥, 山本信次, 森川収: メタリック色の粒子感の測定, 日本色彩学会誌, Vol.30, No.1, pp.9-15 (2006).

- 43) 大良智生, 面谷信: 金色の認識メカニズムの解明—照明条件に依存した金色認識の変化による考察—, 日本画像学会誌, Vol.50, No.6, pp.498-502 (2011).
- 44) I. Motoyoshi et al.: Image statistics and the perception of surface qualities, *Nature*, Vol.447, pp.206-209 (2007).
- 45) 藤原秀樹, 加賀千鶴, 鹿野勲: 光沢度プロファイルの測定, 紙パ技協誌, Vol.44, No.10, pp.1092-1098 (1990).
- 46) 重富紘一郎ほか: 新しいスキヤニングマイクログロスメーターによる塗工紙印刷面感の評価, 紙パ技協誌, Vol.46, No.9, pp.1156-1168 (1991).
- 47) M. A. Macgregor, P.-Å Johansson, M.-C Béland: Measurement of small-scale gloss variation in printed paper Topography explains much of the variation for one paper, *Proceedings of the 1994 International Printing and Graphic Arts Conference*, pp.33-43 (1994).
- 48) 松田信弘ほか: 新規な面感評価法の各種塗工紙への適用について, *JSR TECHNICAL REVIEW*, No.111, pp.22-28 (2004).
- 49) J. S. Arney and Ling Ye: Gloss Granularity of Electrophotographic Prints, *Journal of imaging Science and Technology*, Vol.51, No.4, pp.293-298 (2007).
- 50) Yee Ng et al.: Standardization of Perceptual based Gloss and Gloss Uniformity for Printing Systems (INCITS W1.1), *In Proceedings of PICS*, pp.88-93 (2003).
- 51) 沼尾和則ほか: クリアトナー画像形成技術, 富士ゼロックス テクニカルレポート No.20 pp.20-26 (2011).
- 52) 伊藤哲也: 光沢均一性測定規格の最新動向—ISO/IEC CD19799—, *Japan Hardcopy*, pp.57-60 (2005).
- 53) 大木誠: imagePRESS C7000シリーズの画質設計—画質と安定性—, 日本画像学会 第4回技術研究会, p.29 (2011).
- 54) 浅野和夫: Color 1000 Press—オフセット品質への挑戦: プロダクションカラー市場の獲得に向けて—, 日本画像学会 第4回技術研究会, p.80 (2011).
- 55) 曾根拓郎, 日野真: 主観的光沢感および写像性の簡易評価法, *Image Conference JAPAN*, pp.221-224 (2012).
- 56) R. S. Hunter: Description and measurement of white surface, *J. Opt. Soc. Am.*, 48, pp.597-605 (1958).
- 57) R. P. Dooley, R. Shaw: Noise Perception in Electrophotography, *J. Appl. Photogr. Eng.*, Vol.5, No.4, pp.190-196 (1979).
- 58) A. B. Watson: Visual detection of spatial contrast patterns Evaluation of five simple models, *OPTICS EXPRESS*, Vol.6, No.1 (2000).