新面感評価法の各種塗工紙への適用について*

JSR 株式会社 高分子研究所 ○富士田嘉介, 松田信弘, 松井 尚, 座間義明

Application of New Evaluation Method of Sheet Appearance to Various Coated Papers

○Kasuke Fujita, Nobuhiro Matsuda, Hisashi Matsui and Yoshiaki Zama
Polymer Research Laboratories, JSR Corporation

富士田嘉介

Coated paper is required to have excellent sheet appearance. And it is well known that sheet appearance is affected by gross profile. Evaluation of sheet appearance is generally determined by visual inspection. However the evaluation method is subjective and not quantitative, so that the evaluation of sheet appearance is too difficult. For purpose of quantitative evaluation of sheet appearance, a few methods have been reported.

We reported that we developed a new evaluation method of sheet appearance of coated paper with using Scanning White-Light Interferometer (ZYGO New View system). And we found that the standard deviation of average of surface slope angles (ASSA) was strongly related to sheet appearance. That is, we can conclude that the more distribution of ASSA becomes uniform, the more sheet appearance becomes better.

In this paper, we measured distribution of ultra fine surface profile of various commercial coated papers, and studied influence of the standard deviation of ASSA to sheet appearance.

As a result, we found that the optimal threshold of ASSA at binarization changes with kinds of coated papers and optimal threshold is $\pm 7^\circ$ for A 2 coated paper or $\pm 10^\circ$ for A 3 coated paper. We also found that correlation with sheet appearance is the best, when it is not concerned with the kind of coated papers but the slope angle area ratio (SAAR) at binarization becomes 70%.

Keywords : Sheet Appearance, Coated Paper, Surface Profile, Standard Deviation, Scanning White-Light Interferometer, Surface Slope Angle, Binarization

分類 : S₂ 塗工印刷用紙 (微塗工印刷用紙含む), Q₆ 紙板紙品質試験法

1. 緒 言

塗工紙の重要な品質の一つに白紙の「面感」があり、近年ますます重要視されるようになってきている。こ

*平成 13 年度年次大会講演 (講演 No. B 4)

の「面感」とは文字通り塗工紙表面を見たときの「感じ」であるが、その良否は微視的に均一性を感じるか否かである。微視的に不均一さを感じる塗工紙には微小な光沢ムラが存在しており、塗工紙の場合、この微小な光沢ムラが「面感」の良否を決定すると言われている。

塗工紙の面感、すなわち微小光沢ムラは、多くの場合目視で判定されている。しかし、目視判定では個人の主観が入りやすく、且つ定量性に欠けるため、機器を使用して客観的定量的に評価しようという検討がなされている。藤原ら¹⁾は、走査型微小光沢度計を用いて微小光沢の変動を求め、その大小から微小光沢ムラを評価する方法を報告している。また、MacGregorら²⁾は画像解析装置を用いて各波長範囲毎に抽出した光沢画像と目視の微小光沢ムラとの相関を調べ、0.4～0.8 mmの波長における光沢の変動と相関性が高いことを報告している。

以前の報告において、我々はこの微小光沢ムラが塗工紙表面の微小な凹凸の不均一性によって生じると考え、塗工紙表面の微細形状を精度良く測定・解析し、塗工紙の白紙面感に影響を与える因子について検討した³⁾。

その結果、試料に市販 A2 オフ輪用塗工紙(坪量: 104.7 g/m²)を用いた場合、塗工紙表面の傾斜角分布が塗工紙の白紙面感に大きく影響を与えており、塗工紙表面における $\pm 3^\circ$ 以内の傾斜角面積率の標準偏差が小さくなるほど白紙面感が良好になることを明らかにした。

本論文において、我々はさらに上記の新面感評価法の適用範囲を広げ、種々の市販塗工紙を用いて本法の有用性について検討を行った。

その中で、本法を種々の市販塗工紙に適用する際には、その対象となる塗工紙の種類ごとに二値化する上で最適な傾斜角のしきい値が存在していることが明らかとなった。加えて、その最適な傾斜角のしきい値とは白紙面感に影響を与える傾斜角面積率が70%程度になるような範囲の角度であり、人間の目視による白紙面感の良否判定がミクロ領域(一辺が0.2～0.3 mm程度)の約70%の明部と約30%の暗部にあたる微小光沢ムラを認識し、その均一性により判断していることが示唆されたのでここに報告する。

2. 実 験

2.1 試 料

今回の実験には、以前の報告で用いた市販 A2 オフ輪用塗工紙(坪量: 104.7 g/m²)に加えて、坪量・

図 1 ZYGO 平滑度計概略図

用途・グレードの異なる市販塗工紙を用いた。サンプルの内容を表1に示す。

なお、白紙面感の優劣の評価は、前回同様、塗工紙品質評価に関わる専門家による目視判定(1:劣, 5:優)にて行い、その平均値を目視面感評価値とした。

2.2 装 置

塗工紙表面の微細形状の測定には白色光干渉方式の非接触式三次元表面粗さ計(米国 ZYGO 社製 New View 200, 以下 ZYGO 平滑度計と略す)を用いた。装置の概略を図1に示す⁴⁾。

なお測定に当たり、試料にうねりを極力生じさせないように、試料と試料台の間に静電吸着板(キューロン(太平洋化学製品(株)製/DC コンバータ 3 kV))を設置して測定を実施した^{3,5)}。

3. 結果と考察

3.1 新面感評価法について

前回、我々は市販 A2 オフ輪用塗工紙(坪量: 104.7 g/m²)を用いて新しい白紙面感評価法を開発したことを報告した³⁾。以下にその概略を述べる。

まず、人間の目がどの程度の大きさの微小光沢ムラを認識しているかを明確にするために、図2に示すような条件にて塗工紙表面の傾斜角分布を測定し、測定条件の最適化を行った。この際、面感評価の定量化の方法として、平均傾斜角法と面積率法の二方法を用いた。

図 2 測定条件

図 3 各測定条件における平均傾斜角法・面積率法と目視面感評価値との相関係数

図 4 面積率法と目視面感評価値との相関

ここで、平均傾斜角法とは各区画毎に平均傾斜角を算出し、その平均傾斜角の標準偏差を求める方法である。一方、面積率法とは平均傾斜角法の応用であり、各測定点での傾斜角を $\pm 3^\circ$ 以内とそれ以外とに二値化した後、全測定面積に対する傾斜角が $\pm 3^\circ$ 以内に入る測定点の面積率を区画毎に算出し、その標準偏差を求める方法である。尚、この面積率法はA2グレードのような白紙光沢の高い塗工紙において、更に白紙光沢の影響を考慮することにより面感評価の精度向上を意図した方法である。

図3に各測定条件下における平均傾斜角法と面積率法の目視面感評価値との相関性について、以前の結果を示す。

図3より測定条件については条件Bが、定量化の方法については平均傾斜角法よりも面積率法の方が高い相関にあることが明らかとなった。

つまり、塗工紙の白紙面感を精度良く定量化するには条件Bにて面積率法を用いる方法が最も有用であるとの結論に至っている。参考のために、図4に条件Bにおける面積率法と目視面感評価値との相関性を示す。

表 1 塗工紙サンプル内容

グレード	用途	坪量 (g/m^2)	サンプル数
A 2	オフ輪用	104.7	11
		127.9	11
	平判用	104.7	11
		127.9	10
A 3	オフ輪用	64.0	13
		69.9	12

3.2 新面感評価法の各種塗工紙への適用

前項において、新面感評価法（条件Bにおける面積率法）がA2オフ輪用塗工紙（坪量： $104.7 \text{ g}/\text{m}^2$ ）に対して有用であったことを示した。ここでは、さらに新面感評価法の適用範囲を広げ、表1に示した試料に対して条件Bにおける面積率法を求め、目視面感

表 2 各種塗工紙での検討結果（測定条件：条件 B）

グレード	用途	坪量 (g/m ²)	サンプル数	白紙光沢 (%)	面積率法での 相関係数
A 2	オフ輪用	104.7	11	58.1～76.5	-0.88
		127.9	11	65.4～77.7	-0.78
	平判用	104.7	11	63.9～76.3	-0.81
		127.9	10	65.0～75.8	-0.88
A 3	オフ輪用	64.0	13	46.4～53.7	-0.51
		69.9	12	42.6～55.1	-0.70

評価値との相関性について検討した。結果を表 2 に示す。

表 2 より、A 2 塗工紙では坪量や用途に関わらず、面積率法と目視面感評価値との間には高い相関性が見られた。

一方、A 3 塗工紙では A 2 塗工紙の場合ほど良好な相関性は認められなかった。このように A 3 塗工紙において相関性が低くなってしまった理由としては以下のようなことが挙げられる。

もともと、面積率法は A 2 塗工紙のような白紙光沢の高いグレードに対して開発したものであり、この方法では面積率を算出する際に二値化する傾斜角のしきい値を白紙光沢の影響を重要視するために $\pm 3^\circ$ に設定している。しかしながら、通常 A 3 塗工紙は A 2 塗工紙に比べて白紙光沢の設定値が低いことから白紙光沢の影響を重要視する $\pm 3^\circ$ というしきい値が最適ではない可能性が考えられる。

そこで、次に我々は各塗工紙に対して二値化する傾斜角のしきい値の最適化を図るべく、傾斜角のしきい値を変量し、その際の面積率法の結果が白紙面感との相関性に与える影響（傾斜角依存性）について検討した。

3.3 白紙面感に影響を及ぼす傾斜角依存性

先に述べたように、白紙光沢に影響を及ぼす傾斜角依存性について検討するべく、二値化する傾斜角のしきい値を $\pm 2^\circ$ から $\pm 20^\circ$ まで変量し、各しきい値での面積率法の結果と目視面感評価値との相関性について考察した。結果を図 5 に示す。

図 5 において、A 2 塗工紙の場合、坪量や用途に関わらず $\pm 2^\circ$ から $\pm 7^\circ$ までのしきい値ではほぼ一定の高い相関性を示し、 $\pm 7^\circ$ のしきい値を境にしてそれ以降では相関性が低下する傾向が認められた。

一方、A 3 塗工紙の坪量が 69.9 g/m^2 の場合には $\pm$

図 5 白紙面感に影響を及ぼす傾斜角依存性

2° から $\pm 10^\circ$ までのしきい値で相関性が一定、坪量が 64.0 g/m^2 の場合では $\pm 2^\circ$ から $\pm 10^\circ$ までしきい値が大きくなるにしたがって相関性の向上が見られた。また、両坪量の A 3 塗工紙において $\pm 10^\circ$ のしきい値を境にして、それ以降では A 2 塗工紙と同様にその相関性は低下する傾向が認められた。

以上の結果は、塗工紙のグレードごとに二値化するための最適な傾斜角のしきい値が存在していることを示すものであり、その最適な傾斜角のしきい値とは A 2 塗工紙で $\pm 7^\circ$ 、A 3 塗工紙では $\pm 10^\circ$ であることが明らかとなった。このように、塗工紙のグレードごとに二値化するための最適な傾斜角のしきい値を決定することにより、白紙面感評価法の精度向上が期待される。

一方、上記のように二値化するための傾斜角のしきい値を広くするという事は、当然面積率も増加することとなる。その結果を示したものが図 6 である。

図 6 において注目すべき点は、A 2 塗工紙において最適な傾斜角のしきい値である $\pm 7^\circ$ の面積率と A 3 塗工紙において最適な傾斜角のしきい値である $\pm 10^\circ$ の面積率がいずれもほぼ 70% に集約している点である。

図 6 傾斜角のしきい値と面積率との関係

図 7 面積率による相関性への影響

つまり、塗工紙のグレードごとに最適な傾斜角のしきい値は異なっているものの、そのしきい値を決定しているものは、ほぼ70%という面積率なのではないかと考察される。この結果をグラフにしたものが図7である。

図7には、A2塗工紙・A3塗工紙の大半において面積率70%付近を超えるあたりから、その相関性が低下する傾向にあることが示されている。これは我々が白紙面感の良否を判定する際に、面積率70%という値が何かしらの作用をしていることを示唆する結果と考えられる。

この面積率70%という値の持つ意味をここで考えてみると、この部分は塗工紙の表面傾斜角が小さい方からの累積面積率であることから、塗工紙表面上では

相対的に明るい部分に相当する。一方、我々が白紙面感の良否を判定する際、我々の目は自動的に明部と暗部のある領域で二値化して判断している。つまり、人間の目による二値化の際、面積率70%という領域を我々は明部としてとらえているのではないかと考えられる。

現段階では人間の目が明部と暗部を識別する際、その比率がどのようなときに最も明瞭に区別しうるかは不明である。しかし、本知見から推測するに、明部と暗部との比率が70対30となるときが人間の目の二値化機能に最も適合しているのではないと思われる。

最後に、各塗工紙において面積率が70%になるような傾斜角のしきい値を求め、そのしきい値における面積率法と目視面感評価値との相関係数を算出した結果を表3に示す。また、グレードが異なるA2塗工紙3点、A3塗工紙3点とB2塗工紙2点の計8種類の市販塗工紙について、面積率70%での面積率法と目視面感評価値を求め、両者の相関性を検討した結果を図8に示す。

表3からわかるように、二値化する際に面積率が70%になるように傾斜角のしきい値を最適化することにより、いずれのグレードにおいても高い相関性が得られた。加えて、図8より複数のグレードにおける面積率法と目視面感評価値との相関係数は-0.94と

図 8 複数のグレードにおける検討結果

表 3 面積率が70%における検討結果

グレード	用途	坪量 (g/m ²)	面積率法での 相関係数(±3°)	面積率70%における 相関係数
A2	オフ輪用	104.7	-0.88	-0.88
		127.9	-0.78	-0.83
	平判用	104.7	-0.81	-0.80
		127.9	-0.88	-0.87
A3	オフ輪用	64.0	-0.51	-0.78
		69.9	-0.70	-0.70

非常に高く、以上の結果から、新面感評価法が多種の塗工紙へ適用可能であることがわかった。

4. ま と め

新面感評価法を用いて、各種市販塗工紙の白紙面感に関する検討を行った。その中で、新たに次のような点を明らかにすることができた。

- 1) 二値化する際の最適な傾斜角のしきい値は塗工紙の種類により異なり、A2塗工紙では $\pm 7^\circ$ 、A3塗工紙では $\pm 10^\circ$ である。
- 2) 塗工紙の種類に関わらず二値化する際の面積率が70%となる場合において相関性が最も良好である。

- 3) 本手法を用いることにより多種の塗工紙に対し白紙面感を高精度に評価することが可能である。

参 考 文 献

- 1) H. Fujiwara et al.: Tappi Coating Conference, 209 (1990)
- 2) MacGregor et al., Tappi Coating Conference, 495 (1991)
- 3) 富士田ら：第68回紙パ研究発表会予稿集, P 128 (2001)
- 4) N. Matsuda et al.: Tappi Coating Conference, 285 (2000)
- 5) 岡内ら：第66回紙パ研究発表会予稿集, P 124 (1999)