技 術 報 文

紙の不均一性評価システムの開発と応用*

王子製紙株式会社 総合研究所分析センター 泉 英樹, 吉田 芳夫

Development and Application of a System for
Determining Paper Nonuniformity

Hideki Izumi and Yoshio Yoshida

Material Analysis Center R & D Div., Oji Paper Co., Ltd.

泉 英樹

吉田芳夫

The nonuniformity of paper is one of the important factors affecting print quality etc.. The Density variation of paper is the most important factor of the nonuniformity of paper, however, it cannot be measured because of no appropriate instrument. A system for determining paper nonuniformity, including density variation, was developed and applied to the specimens. The system comprises the three dimensional thickness tester, the beta formation tester, the micro-photometer and PC for image analysis. In this article, we describe the system configuration and the measurement results of the nonuniformity of newsprint and the felt mark intensity on laboratory sheets.

Keywords : Quality of Paper, Nonuniformity, Density Variation, Thickness Variation, Mass Variation, Gloss Variation, Newsprint, felt mark

分類 : Q₆ 紙板紙品質試験法, S₁ 紙の性質一般, Y₈ 印刷

1. 緒 言

厚さムラ, 坪量ムラ, 密度ムラ, 光沢ムラなど微小部分の紙質不均一性は, 印刷面品質への影響が大きく紙の重要な品質項目のひとつである。例えば, 密度ムラが大きい紙はインキ吸収性ムラが大きく印刷適性が劣る^{1,2)}, 地合ムラは印刷ムラに影響する^{3,4)}など紙の不均一性は印刷面品質を低下させる要因のひとつになっている。また, 坪量ムラは紙の強度低下の一因になっている^{1,2)}。

このように紙の不均一性は重要な品質項目であるため,

坪量ムラを測定する β 線地合計, 光沢ムラを測定する微小光度計などの装置はあるが, 厚さムラおよび密度ムラを高精度で測定できる装置はない。また, 紙の不均一性をシステムとして総合的に評価できる装置もない。

筆者らは紙の表および裏の表面粗さデータから厚さムラを測定する3次元厚さ計を新しく作製すると共に, 既存の β 線地合計の坪量ムラデータから密度ムラを算出するソフトを作成した。これらの装置に, 光沢ムラが測定できる微小光度計を加えて, 紙の不均一性を総合的に評価できるシステムを開発した。本報では, このシステムの概要を述べると共に, 新聞用紙などの測定例を報告する。

*本報告の一部は第66回紙パルプ研究発表会で発表した。

2. 紙の不均一性評価システム

この評価システムは、新しく作製した3次元厚さ計および既存の β 線地合計、微小光度計、画像処理用パソコンで構成されており、試験機の追加も可能である(図1)。

2.1 3次元厚さ計

紙の表および裏の表面粗さデータから厚さムラを測定する3次元厚さ計を新しく作製した。測定原理を図2に示す。上側変位計には(株)キーンズ製レーザーフォーカス式変位計LT-8010を、下側変位計には同LT-8110を使用した。X-Yステージには(株)三啓のASS-100、X-Yステージのコントロールには(株)三啓の製品

を使用した。厚さ T は、紙の同一個所における表・裏の表面粗さデータ X および Y から計算で求めた。測定スポット寸法は上側変位計が直径 $2\mu\text{m}$ 、下側変位計は直径 $7\mu\text{m}$ である。測定例では、X-YステージをX方向へ速度 3.8 mm/sec で移動させ、 0.5 mm 毎に平均データを取込み、長さ 50 mm を測定した。X方向の測定が終わる毎に、Y方向に 0.5 mm 移動させ同様の測定を繰返し、 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ を測定した。

2.2 β 線地合計

坪量ムラはAMBERTEC社のBeta Formation Tester⁵⁾で測定した。測定原理を図3に示す。図3の式 $I/I_0 = e^{-kx}$ にある k は元素の β 線吸収係数である。 k の値は元素の影響が小さくほぼ一定で、紙のように多

Fig.1 System for determining paper nonuniformity

Fig.2 Principle of measurement three dimensional thickness tester

種類の元素が混在していても坪量を測定することができる。 β 線源には放射性同位元素 ^{147}Pm を使用、測定スポット寸法は直径1mmである。測定例では、測定ピッチ1mmで70mm×83mmを測定した。

2.3 密度ムラの算出

3次元厚さ計の厚さデーターと β 線地合計の坪量データーを、図4のようにをマーカーで位置合せを行な

$$I/I_0 = e^{-kx}$$

I : Intensity of transmitted β ray radiation

I_0 : Intensity of incident β ray radiation

k : Absorption coefficient independent on elements

x : Basis weight

Fig.3 Principle of measurement Beta Formation Tester

い、密度ムラを求めるソフトを作成した。

2.4 微小光度計

光沢ムラは阿部設計㈱の微小光度計ドラムスキャンデンシトメーター2605型で測定した。光学系は45°入射45°受光方式で、測定スポット寸法は直径0.5mmである。測定例では、測定ピッチ0.1mmで70mm×83mmを測定した。光学系が透過光または45°入射0°受光方式の反射光が測定できる装置もこのシステムに接続している。

2.5 データ処理用パソコン

試験機のデータをLANでパソコンへ送り、データ処理した。紙質ムラは標準偏差、変動係数、分布図、ヒストグラムで表示すると共に一部の試料については周波数解析も行なった。ソフトには、㈱アイ・スペックのIOMatoを使用した。

3. 測定例

3.1 新聞用紙の紙質不均一性

抄紙機が異なる2種類の新聞用紙について、印刷光沢ムラも含めた紙の不均一性を比較した。

3.1.1 試料

試料AおよびBは抄紙機が三菱重工㈱製の新聞用紙である。試料AはCP (Consistency Profiler) 装置付コンセプトIV-MHヘッドボックス+カウンタブレード付MHフォーマーのソフトカレンダー処理品、試料Bはコンバーフローヘッドボックス+ベルベIIフォーマーのマシンカレンダー処理品である。印刷物は、RIテスターを用いて、東洋インキ㈱製の新聞オフ輪用墨インキを転色し作製した。

3.1.2 結果

1) 紙質不均一性の比較

紙質ムラを、表1では標準偏差および変動係数で、

Fig.4 Calculation of sheet density

Table 1 Nonuniformity of newsprint

Sample No.			A	B
Basis weight g/m ²	Basis weight		45.3	45.3
	S. D.		2.3	2.9
	C. V. %		5.1	6.4
Thickness μm	Thickness		62.0	61.0
	S. D.		3.1	3.3
	C. V. %		5.0	5.4
Sheet density g/cm ³	Sheet density		0.72	0.75
	S. D.		0.04	0.05
	C. V. %		5.6	6.7
Gloss grey level	TS	Gloss	158.1	158.3
		S. D.	3.1	3.4
		C. V. %	2.0	2.2
	WS	Gloss	154.3	152.4
		S. D.	2.9	3.2
		C. V. %	1.9	2.1
Ink gloss grey level	TS	Ink gross	188.9	187.1
		S. D.	9.0	9.9
		C. V. %	4.8	5.3
	WS	Ink gross	193.5	194.3
		S. D.	10.5	11.4
		C. V. %	5.4	5.9

TS : Top side WS : Wire side

S. D. : Standard deviation

C. V. : Coefficient of variance

図5～10では分布図を紙質平均値に対する百分率で、図11～16ではヒストグラムで示した。

試料Aは、試料Bより坪量ムラが小さい(表1, 図5, 6, 11, 12)。坪量ムラが小さいことおよびソフトカレンダーの影響と推定するが、試料Aは、厚さムラおよび密度ムラも試料Bより若干小さい(表1, 図7～10, 13～16)。又、試料Aは、試料Bより白紙光沢ムラが若干小さく、印刷光沢ムラも小さい(表1)。紙質ムラに関しては、試料AがBより優れていた。

2) 密度ムラと印刷光沢ムラの関係

密度ムラを図17の密度分布図で示す。図の赤い個所は密度が高く、青は中位、白は密度が低い個所であ

る。印刷光沢ムラを図18の印刷光沢分布図で示す。図の黒い個所は光沢が高い個所である。図19は、図17の密度分布図と図18の印刷光沢分布図を重ねた図である。図19から判るように、密度が高い赤い個所と印刷光沢が高い黒い個所は重なっている個所が多く、密度ムラと印刷光沢ムラには関係があると推定する。

3.2 密度及び不均一性に及ぼすカレンダー条件の影響

3.2.1 試料

カレンダー処理していない新聞用紙に、テストカレンダーでハードニップカレンダー処理およびソフトニ

Fig.5 Grammage variation map of sample A

Fig.6 Grammage variation map of sample B

Fig.7 Thickness variation map of sample A

Fig.8 Thickness variation map of sample B

Fig.9 Density variation map of sample A

Fig.10 Density variation map of sample B

Fig. 11 Grammage histogram of sample A

Fig. 12 Grammage histogram of sample B

Fig. 13 Thickness histogram of sample A

Fig. 14 Thickness histogram of sample B

Fig. 15 Density histogram of sample A

Fig. 16 Density histogram of sample B

ップカレンダー処理をした。処理条件を表2に示す。

3.2.2 結 果

1) 密度に及ぼすカレンダー条件の影響

密度は、3次元厚さ計の厚さから算出した密度およびJIS P 8118の厚さから算出した密度を求めた。両密度の関係を図20に示す。今回の試料では、両者には直線関係が成立し、3次元厚さ計の厚さから算出した密度は、JIS P 8118の厚さから算出した密度より高く

出る。ここでは、一般に使用されているJIS P 8118の厚さから算出した密度を用いて検討した。

カレンダー線圧と密度の関係を図21に示す。カレンダー線圧を上げると密度は高くなるが、ハードニップカレンダーはソフトニップカレンダーより密度の上昇が大きい。

2) 密度に対する紙質不均一性の関係

密度に対する紙質不均一性について、ハードニップ

Fig. 17 Density variation map
red : high density, blue : middle density,
white : low density

Fig. 18 Ink gloss variation map
black : high gloss, white : low gloss

Fig. 19 The relationship of density variation map to
ink gloss variation map

Fig. 20 The relationship of thickness-3 dimensional
tester to JIS method

Table 2 Calendering condition

Calender	Type	Soft nip	Hard nip
	Top side	Soft roll	Chilled iron roll
	Bottom side	Chilled iron roll	Chilled iron roll
Speed	m/min	660	660
Number of Nip		1	1
Line load	kN/m	25, 75, 150	25, 75, 150
Bottom side chilled iron roll Tem.	℃	50	60

カレンダーとソフトニップカレンダーの効果を比較した。

①厚さムラ

密度と厚さムラ（標準偏差）の関係を図22に示す。密度が高くなると、厚さムラは小さくなる。密度0.60 g/cm³で比較すると、ソフトニップカレンダーの方が厚さムラは大きい。

②密度ムラ

密度と密度ムラ（標準偏差）の関係を図23に示す。密度が高くなると、密度ムラは大きくなる。密度0.60 g/cm³で比較すると、ソフトニップカレンダーの方が密度ムラは小さい。

③光沢ムラ

密度と紙の裏面光沢ムラ（標準偏差）の関係を図24に示す。密度が高くなると、光沢ムラは大きくなる。密度0.60 g/cm³で比較すると、ソフトニップカレン

Fig. 21 The relationship of density to line load

Fig. 22 The relationship of thickness variation (S. D.) to density
S. D. : Standard deviation

Fig. 23 The relationship of density variation (S. D.) to density
S. D. : Standard deviation

Fig. 24 The relationship of gloss variation (S. D.) to density
S. D. : Standard deviation

Table 3 Pressing condition and felt mark intensity*

Sample No.	1 Press	2 Press	Felt mark intensity* μm	
	Roll press	Shoe press		
	Double felt	Double felt		
	Line load kN/m	Line load kN/m	Top felt side	Bottom felt side
1	80	200	0.83	0.69
2	80	600	1.34	1.47

*Felt mark intensity : standard deviation of surface roughness extracted as felt mark by frequency analysis

Fig. 25 The FFT power spectrum of sheet surface roughness data

Fig. 26 The FFT power spectrum of felt mark data

ダーの方が光沢ムラは小さい。

このように、密度ムラおよび光沢ムラに関しては、ソフトニップカレンダーはハードニップカレンダーより不均一性が小さかった。

3.3 手抄きシートのフェルトマーク解析

プレス条件の異なる手抄きシートについて、表および裏の表面粗さデータを周波数解析しフェルトマークの強度を比較した。

3.3.1 試料

坪量 400 g/m² の手抄シートをダブルフェルトで、第1プレスでは線圧 80 kN/m でロールプレス処理を、第2プレスでは線圧 200 kN/m および 600 kN/m でシュープレス処理をした。処理条件を表3に示す。

3.3.2 解析方法

プレス処理シートの表および裏の表面粗さを3次元厚さ計で測定した。X方向は0.2 mm毎に平均データを取込み、Y方向は0.2 mmピッチで51.2 mm×

51.2 mmを測定した。表面粗さデータからフェルトに由来する周期成分を抽出し、抽出した表面粗さデータの標準偏差を求めた(表3)。図25は表面粗さデータを周波数解析した後のパワースペクトルで、図中の○印はフェルトマークに由来する周期成分である。フェルトに由来する周期成分の抽出は、富士写真フィルム製のプレスケールにフェルトを重ねて圧力をかけてプレスケールにフェルトの基布マークを発色させた。そのプレスケールの透過光ムラを測定し、データを周波数解析して求めた。フェルトマークのパワースペクトルを図26に示す。

3.3.3 結果

第2プレスのシュープレス線圧 200 kN/m は、線圧 600 kN/m よりフェルトマークに由来する表面粗さの標準偏差が小さい(表3)。表3以外の処理条件のシートも含めてフェルトマークの官能評価とフェルトマークに由来する表面粗さの標準偏差との関係を検討した。フェルトマークの官能評価と標準偏差には高い相

Fig. 27 The relationship of felt mark intensity* to organoleptic evaluation of felt mark

*Felt mark intensity standard deviation of surface roughness extracted as felt mark by frequency analysis

関性があり、官能評価の劣るシートは標準偏差が大きかった (図 27)。

4. 結 論

紙の表および裏の表面粗さデータから厚さムラを測定する 3 次元厚さ計を新しく作製した。3 次元厚さ計

の厚さムラと既存の β 線地合計の坪量ムラデータから密度ムラを算出するソフトを作成した。これらの装置に光沢ムラが測定できる微小光度計およびパソコンを追加して紙の不均一性を総合的に評価できるシステムを開発した。このシステムでは、紙の不均一性を標準偏差および変動係数で表示するだけでなく、紙の同一個所における厚さ、坪量、密度、光沢などのデータを比較することが可能で、不均一性をより詳しく検討することができる。新聞用紙などの測定例を示し、紙の不均一性の評価に本システムが有効であることを確認した。

引用文献

- 1) 結城幸一：紙パ技協誌 50 (12) 47 (1996)
- 2) Peter Svenka, 小野豪臣：紙パ技協誌 50 (12) 54 (1996)
- 3) Kajanto I. M.: Paper and Timber 72 (6) 600 (1990)
- 4) Popil R. E.: TAPPI 1996 Process and Product Quality Conference, TAPPI PRESS, Cincinnati, OH, 1996, p 103
- 5) Ambertec: Beta Formation Tester Operation Manual

(受理: '00.8.9)

叩解の熱処理した繊維から調製したシート全体の面内剪断弾性率は未処理の場合と比べて低い値を示した。ここでの結果は、繊維壁の弾性係数を増加させる熱処理の効果を表しており、一般に角質化として知られているものである。

(本文 104 ページ)

紙の不均一性評価システムの開発と応用

王子製紙株式会社 総合研究所分析センター 泉 英樹, 吉田 芳夫

厚さムラ、坪量ムラ、密度ムラ、光沢ムラなど微小部分の紙質不均一性は、印刷面品質への影響が大きく紙の重要な品質項目のひとつである。例えば、密度ムラが大きい紙はインキ吸収性ムラが大きく印刷適性が劣る、地合ムラは印刷ムラに影響するなど紙の不均一性は印刷面品質を低下させる要因のひとつになっている。また、坪量ムラは紙の強度低下の一因になっている。このように紙の不均一性は重要な品質項目であるため、坪量ムラを測定する β 線地合計、光沢ムラを測定する微小光度計などの装置はあるが、厚さムラおよび密度ムラを高精度で測定できる装置はなく、紙の不均一性をシステムとして総合的に評価できる装置もないのが実状である。筆者らは、紙の表および裏の表面粗さデータから厚さムラを測定する3次元厚さ計を新しく作製すると共に、既存の β 線地合計の坪量ムラデータから密度ムラを算出するソフトを作成した。これらの装置に、光沢ムラが測定できる微小光度計を加えて、紙の不均一性を総合的に評価できるシステムを開発した。本報では、このシステムの概要を述べると共に、新聞用紙などの測定例を報告する。

(本文 109 ページ)