

# Objective Evaluation Equation for Primary Hands of Top Sheet of Disposable Diapers

MATSUDAIRA Mitsuo\*, TAKEUCHI Chino\*, DEMISE Mayumi\*,  
KONDOU Kouji\*\* and HANA O Hiroyuki\*\*

\*Faculty of Education, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192, Japan

\*\*Daio Paper Converting Co., Samukawa, Iyomishima, 799-0431, Japan

Received 12 November, 2002; accepted for publication 22 April, 2003

## Abstract

In order to evaluate fabric handle of top sheet of disposable diapers objectively, primary hands for the top sheet were selected and defined from the opinions of consumers (mothers) who are using disposable diapers for their children. Four primary hands such as "NAMERAKASA", "SOFUTOSA", "KOSHI" and "FUKURAMI" were defined for the top sheet and they could explain 87% of the descriptions used for hand evaluation. "NAMERAKASA" is considered to be a peculiar primary hand of top sheet of disposable diapers. Objective evaluation equation (DPC M-1) of the top sheet using those basic mechanical parameters was developed by stepwise regression method with high accuracy and small errors.

**Key Words :** Primary hand; Disposable diapers; Top sheet; Objective evaluation

## 紙おむつ用トップシートの基本風合いおよびその客観評価式

松平 光男\*, 竹内 千乃\*, 出店真由美\*, 近藤 耕司\*\*, 花生 裕之\*\*

### 1. 緒言

布の風合いを基本力学特性から客観評価する方法が川端、丹羽らにより開発され<sup>1,2)</sup>、現在では、紳士用スーツ地、婦人用スーツ地、婦人用薄手布、外衣用ニット地、肌着用ニット地など、用途別の風合い客観評価式が一般に用いられている<sup>3)</sup>。また最近では、松平らにより、ふとん側地の基本風合いの定義及びその客観評価式も報告されている<sup>4-6)</sup>。更に最近では、不織布の風合い客観評価<sup>7)</sup>や、紙おむつ用トップシートの風合い客観評価法の試みが検討されている<sup>8,9)</sup>。しかしながら、これらの評価においては、依然として紳士スーツ地用に定義された基本風合いを用いており、紙おむつ用トップシートの風

合いとしては、必ずしも満足できる結果は得られていないと考えられる。そこで本論文では、実際に乳幼児を持ち、紙おむつの風合い評価を日常的に行っている消費者(母親)を対象に、トップシート独自の基本風合い用語を定義し、その客観評価式を開発する。

### 2. 方法

#### 2.1 紙おむつ用トップシートの基本風合い用語の定義

与倉らの研究においては<sup>8,9)</sup>、紙おむつ用トップシートの基本風合いとして、紳士スーツ地用の、“こし”、“ぬめり”、“ふくらみ”を用いているが、一般消費者の意見

Table 1 Details of Top Sheet Samples Used for Experiments

No.	Kind	Materials	Fineness (tex)	Weight (mg/cm <sup>2</sup> )	Thickness* (mm)
1	Bicomponent-Spunbond	PE/PP	0.20	2.126	0.306
2	Spunbond	PP	0.20	1.831	0.288
3	Air-Through	PE/PET	0.22	1.654	1.654
4	Cotton-Air-Through	PE/PP:Cotton=97:3	0.22	1.779	0.865
5	Cotton-Point-Bond	PP:PE/PP:Cotton=73:25:3	0.22	2.013	0.434
6	Spunlace	Rayon:PET=8:2 Rayon;0.17, PET:0.16		2.341	0.440
7	Air-Through	PE/PP	0.22	1.974	1.505
8	Air-Through	PE/PET:PE/PP=8:2	0.22	2.078	1.396
9	Spunbond	PP	0.18	1.794	0.217
10	Air-Through	PE/PP	0.22	1.682	1.545
11	Air-Through	PE/PP	0.33	1.735	1.585
12	Air-Through	PE/PET	0.22	1.963	1.468
13	Air-Through	PE/PET	0.33	1.706	1.707

\*Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm<sup>2</sup>.

によると、特に基本風合い“ぬめり”に対する理解の困難さと、実際のトップシートとの不一致感が指摘されていた。そこで、現在実際に紙おむつを使用している、0～2歳の乳幼児を持つ母親（25～35歳）36名に一同に集まって頂き、紙おむつ用トップシートの風合い（手触り、肌触り）を評価する用語を自由記述して頂いた。この際、現在最も大量に使用されているトップシートの見本3種類を手で触りながら、自由記述を試みた。次に、出現頻度の高い用語の選択及び統一を筆者らが行い、紙おむつトップシートの風合いを評価するための必要最小限度の用語を基本風合いとして定義した。

## 2.2 基本風合いの主観評価

定義された紙おむつ用トップシートの基本風合いを用いて、評価のために収集した試料を7段階SD法で主観的に等級付けした。但し、評価値の信頼性を高めるため、ここでは、一対比較SD法を用いた。即ち、まず試料の中から基本風合いの点で、最も平均的な試料を基準試料（3.2に詳述）として選び、それに対して、ある基本風合いが、極めて高い、高い、やや高い、同じ、やや低い、低い、極めて低い、の7段階で評価した。基準試料と同じ試料を5点とし、全ての試料を2～8点の間で数値化した。

主観評価者としては、基本風合いの定義に協力頂いた消費者（母親）29名と、金沢大学教育学部所属の20名の女子学生をお願いした。共に、20cm×20cmの試料を折り曲げたり、伸ばしたり、さすったりして評価した。

## 2.3 試料

評価のために収集した紙おむつ用トップシートを表1に示す。合計13点しかないが、これらは、現在（2001～

2002年）の日本で製造使用されている紙おむつ用トップシートのはほぼ全てである。

## 2.4 布の基本力学特性の測定

布の引っ張り特性、曲げ特性、せん断特性、圧縮特性、表面特性、等の基本力学特性の測定はKESシステム<sup>10)</sup>を用いた。トップシートの場合、不織布であるため、織物地とは異なるため、以下のように測定条件を変更した<sup>7,8)</sup>。

引っ張り特性は、婦人用薄手布に用いられる高感度条件<sup>11)</sup>、即ち、最大引っ張り荷重を50gf/cmとして、基本力学パラメータ；LT（引っ張りの直線性）、WT（引っ張り仕事量）、RT（引っ張りの回復性）を求めた。曲げ特性では、布によっては折れ曲がる挙動を示したため、それ以前の曲げ剛性；B、ヒステレシス；2HBの他に、降伏点での曲率；K<sub>y</sub>を機械方向、よこ方向の両者について求めた。せん断特性についても、やはり降伏点が認められたため、せん断角の小さな領域（±0.5degree）におけるせん断難さ；G、ヒステレシス；2HG、5度におけるヒステレシス；2HG5、の他に、降伏点を示すせん断角度；φ<sub>y</sub>を機械方向、よこ方向の両者について求めた。圧縮特性では、婦人用薄手布に用いられる高感度条件、即ち、最大圧縮力を10gf/cm<sup>2</sup>として基本力学パラメータ；LC（圧縮の直線性）、WC（圧縮仕事量）、RC（圧縮の回復性）を求めた。表面特性については、標準条件と同様（但し張力；10gf/cm）、MIU（表面摩擦係数の平均値）、MMD（MIUの平均偏差）、SMD（厚みの平均偏差；表面粗さ）を求めた。厚み；T、重さ；Wも測定した。

今回は更に布のねじり特性を表すパラメータ；ねじり抵抗を以下の方法で求めた。カトーテック製ねじり試

Table 2 Terms and Definitions of Primary Hands of Disposable Diaper's Top Sheet

No.	Term	Definition	Remark	Frequency
1	NAMERAKASA (Smoothness)	A mixed feeling come from smooth and dry feeling, having slippery touch without hitching to fingers. (さらさらして滑らかであり、指に引っかかりがなく、つるつるしている感覚)		28 %
2	SOFUTOSA (Soft feeling)	A soft feeling, mixed feeling of bulky, flexible and smooth feeling. (柔らかく、ソフトな感覚。曲げ柔らかく、しなやかな感覚)	Same definition as HESC (HESCと同じ定義)	26 %
3	KOSHI (Stiffness)	A feeling related to bending stiffness. Springy property promotes this feeling. (触って得られる曲げ硬さ、反撥力、弾性のある充実した感覚。例えば弾力性のある繊維と糸で構成され、ている、そして適度に高い糸密度の布の持つ感覚)	Same definition as HESC (HESCと同じ定義)	21 %
4	FUKURAMI (Fullness & softness)	A feeling come from bulky, rich and well formed feeling. Springy in compression with warm feeling. (かさ高でよくこなれたふくよかな布の手触り感覚。圧縮に弾力があり、暖かみを伴う厚み感覚)	Same definition as HESC (HESCと同じ定義)	12 %

験機を用いて、機械方向(18cm)×よこ方向(10cm)の試料を、機械方向に一定張力(5gf/cm)下で、最大±30degreeの範囲でねじって測定した、ねじり力対ねじり角度の関係曲線から求めた勾配(+5~+15degree)をねじり抵抗値;TRとした。

測定は全て標準条件(20±0.5℃, 65±5%RH)で行った。

### 3. 結果

#### 3.1 紙おむつ用トップシートの基本風合い用語の定義

消費者(母親)によって定義された紙おむつ用トップシートの基本風合いを表2に示す。これら4個の基本風合いで、自由に記述された風合い用語の87%を占めていた。“なめらかさ”は今回初めて定義した用語であり、さらっと感やつるつる感を含んだ、紙おむつ用トップシート特有の基本風合いであると考えられる。細いカシミア繊維からもたらされる“ぬめり”とは大きく異なっている。“ソフトさ”は風合い計量と規格化研究委員会(HESC)が婦人外衣用中厚手布に定義した基本風合い<sup>1)</sup>と同様に定義した。“こし”と“ふくらみ”については、HESCが定義した紳士秋冬用スーツ地と同様である。これら以外の用語としては、温熱的用语、快適性に関する用語、布の構造に関する用語、等で、13%を占めていた。

#### 3.2 主観評価値

実際の数値は省略するが、母親29名と女子学生20名の主観評価結果について、まず各グループ内での結果を検討した。即ち、各基本風合いごとに、各群の平均値を求め、平均値と相関の小さい(有意水準5%)個人の値を

Table 3 Number of Panels Whose Results Agreed with One Another

Primary Hand	Consumer	Student	Total
NAMERAKASA	25	19	44
SOFUTOSA	26	16	42
KOSHI	17	16	33
FUKURAMI	24	17	41

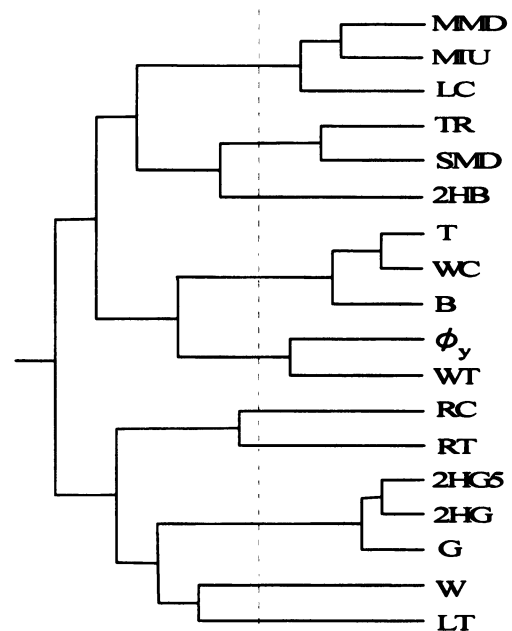


Fig. 1 Dendrogram of variable cluster analysis.

除いた。その結果、個々の基本風合いについて、表3に示す人数の結果が互いに一致していた。それ故、基本力学パラメータと回帰する目的変数としては、母親のみの

Table 4 Basic Mechanical Parameters Used as Variables for Regression with Subjective Data

Primary Hand	Mechanical Parameters									
NAMERAKASA (Smoothness)	MMD	SMD	2HB	T	$\phi y$	RC	RT	G	W	LT
SOFUTOSA (Soft feeling)	LC	TR	2HB	B	$\phi y$	RC	RT	G	W	LT
KOSHI (Stiffness)	LC	SMD	2HB	B	$\phi y$	RC	RT	G	W	LT
FUKURAMI (Fullness & Softness)	LC	TR	2HB	WC	$\phi y$	RC	RT	G	W	LT

結果, 学生のみ, 両者の混合した結果, の3種類について検討した。

主観評価の際の基準試料としては, 各々の基本風合いに最も寄与すると予測される基本力学パラメータが中間値を示す試料を選択した。即ち, “なめらかさ” については, 表面粗さ; SMDを用い, “ソフトさ” については, ねじり抵抗; TRを用い, “こし” については, 曲げ剛性; Bを用い, “ふくらみ” については, 厚み; Tを用いた。

### 3.3 客観評価式の誘導

トップシートの基本力学パラメータは19個もあり, 試料数13点に比べて多すぎるため, 互いに相関の強い変数を除くため, 相関分析及びクラスター分析<sup>12)</sup>を行った。図1に基本力学パラメータの変数クラスター分析樹形図を示す。但し, 曲げ特性における降伏点での曲率;  $K_y$ は, 計測できない試料もあったため, 今回は省略した。また, 機械方向, よこ方向の両方向計測可能な特性はそれらの平均値を採用した。樹形図より10個の変数に絞ったが, 同一クラスター内の類似している変数内では, 目的変数(基本風合いの主観評価値)と相関が高く, 経験的にも矛盾のない変数を各クラスターの代表変数として選択した。選択された変数を表4に示す。

主観評価値の結果は, 母親の結果と学生の結果とは極めて良く一致しており(“なめらかさ”の相関係数は $r=0.947$ , “ソフトさ”では $0.938$ , “こし”では $0.950$ , “ふくらみ”では $0.975$ ), 変数として選択された基本力学パラメータには, 母親の値, 学生の値, 両者の混合した値, 全てにおいて全く差がなかった。それ故, 両者の混合した主観評価値を回帰に用いることにした。客観評価式の誘導は, 市販の多変量解析ソフト“エクセル”を用い, 変数増減法による重回帰分析<sup>13)</sup>を行った( $F$ 値 $2.0$ )。

重相関係数として $0.8$ を目途に求めたところ, 変数は $3 \sim 4$ 個取り込まれ, 以下の客観評価式が得られた。

$$Y = C_0 + \sum C_i \frac{X_i - M_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

但し,  $Y$ ; 客観的に求まる各基本風合い,

$C_0, C_i$ ; 係数 ( $i=1 \sim 3, 4$ ),

$X_i$ ; 基本力学パラメータ,

$M_i$ ; 基本力学パラメータの平均値,

$\sigma_i$ ; 基本力学パラメータの標準偏差。

Table 5 Coefficients of Parameters for Evaluating “NAMERAKASA” of Disposable Diaper’s Top Sheet.

Parameters		$C_0=4.028$ $C_i$	$R=0.974$ $M_i$	$\sigma_i$
1	SMD	-0.6621	3.563	0.439
2	MMD	-0.5488	0.0097	0.00164
3	RT	0.4464	50.19	6.568
4	T	-0.2632	1.032	0.608

Table 6 Coefficients of Parameters for Evaluating “SOFUTOSA” of Disposable Diaper’s Top Sheet.

Parameters		$C_0=4.866$ $C_i$	$R=0.858$ $M_i$	$\sigma_i$
1	LC	-0.8285	0.673	0.0547
2	RC	0.6789	70.14	6.287
3	TR	-0.6220	0.055	0.014

Table 7 Coefficients of Parameters for Evaluating “KOSHI” of Disposable Diaper’s Top Sheet

Parameters		$C_0=4.130$ $C_i$	$R=0.958$ $M_i$	$\sigma_i$
1	LC	0.5035	0.673	0.0547
2	SMD	0.4718	3.563	0.439
3	B	0.3241	0.0711	0.0614
4	RT	-0.2072	50.19	6.568

Table 8 Coefficients of Parameters for Evaluating “FUKURAMI” of Disposable Diaper’s Top Sheet.

Parameters		$C_0=4.552$ $C_i$	$R=0.988$ $M_i$	$\sigma_i$
1	WC	1.0072	0.197	0.141
2	LC	0.3363	0.673	0.0547
3	LT	-0.2372	0.867	0.0547
4	G	-0.2775	2.715	1.731

得られた各基本風合いについて, 各基本力学パラメータの平均値や標準偏差と共に, 表5~8に示す。本式に

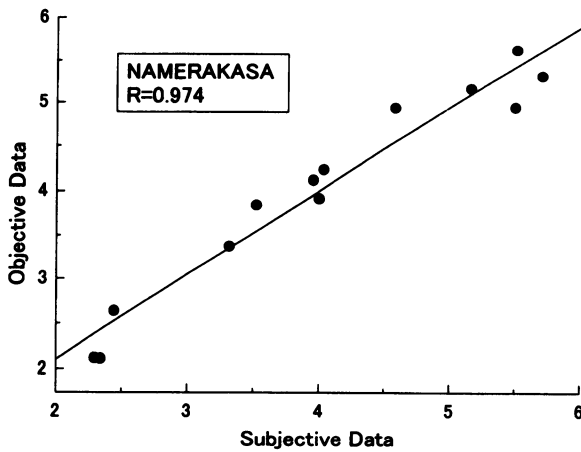


Fig. 2 Relationship between subjective and calculated values for NAMERAKASA.

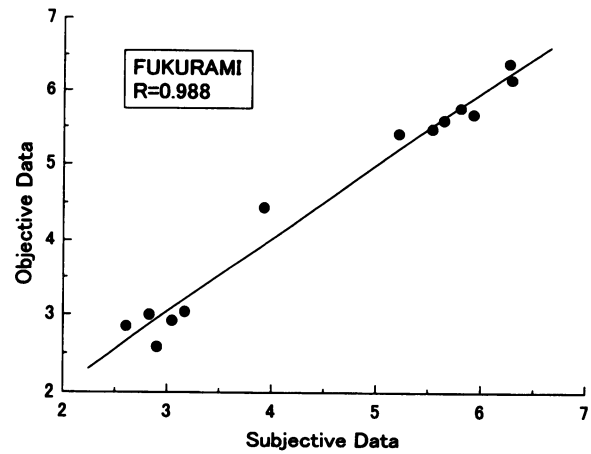


Fig. 5 Relationship between subjective and calculated values for FUKURAMI.

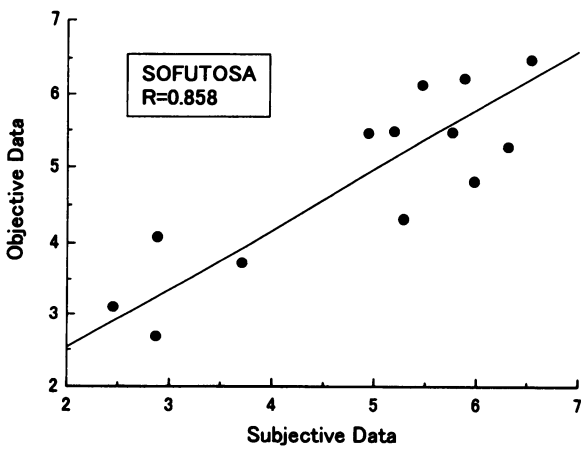


Fig. 3 Relationship between subjective and calculated values for SOFUTOSA.

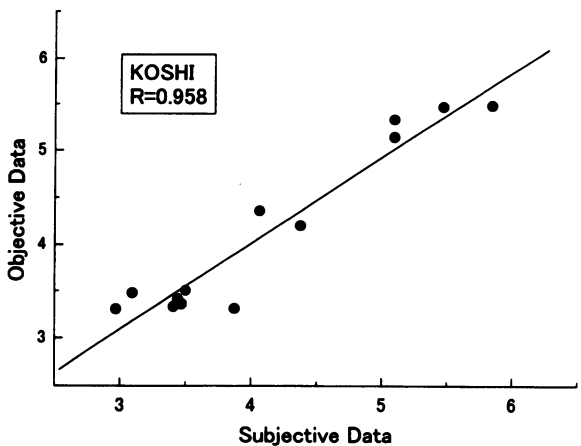


Fig. 4 Relationship between subjective and calculated values for KOSHI.

おいては、Yの値が大きいほど、各基本風合いの値が大きいことを示している。また、係数 $C_i$ の符号の正負で基本風合いにプラスに効くかマイナスに効くかわかり、その絶対値の大小で基本風合いへの寄与率がわかる。

“なめらかさ”については、表面粗さ；SMDや、表面

摩擦係数の変動；MMDが小さい程なめらかであることを意味しており、納得の出来る結果である。引っ張りの回復性；RTが大きく、厚みが小さいほど、やはりなめらかであることを示している。“なめらかさ”に何故RTがプラスで効くかは不明であるが、薄いほどつるつる感が増大して、“なめらかさ”が高くなると考えられる。

“ソフトさ”については、圧縮の直線性；LCやねじり抵抗；TRが小さいほど高くなっており、圧縮初期における変形量が大きい程ソフトであり、容易にねじられるトップシート程ソフトであることを示している。また、圧縮の回復性；RCが大きい程ソフトであることもわかる。“ソフトさ”は全てのパラメータが経験と一致する結果であるが、TRはねじり試験機での測定が必要であり、KESシステム以外の測定が必要である。

“こし”については、LC、SMD、曲げ剛性；Bが大きい程高くなることを意味しており、初期圧縮特性が弾力性に優れ強く、表面粗さが大きく、曲げ硬いトップシートの“こし”が高いと評価される。RTが小さい程“こし”が高くなる点については、解釈が難しいが、引っ張りからの回復性の小さなトップシートを“こし”があると判定した母親や女子学生が多かったためと考えられる。

“ふくらみ”については、圧縮仕事量；WCの寄与率が大きく、圧縮時の変形量が大きいトップシートの“ふくらみ”が大であると評価される。寄与率は小さいがLCが大きく、引っ張りの直線性；LT、せん断難さ；Gが小さいほど“ふくらみ”が高くなっており、引っ張りの初期において伸び柔らかくせん断柔らかいトップシートが“ふくらみ”があると判定されていることを意味している。

これら客観評価式を、DPCM-1式と名付ける。

今回利用した試料による回帰精度を各基本風合いについて、図2～5に示すが、全ての基本風合いで重相関係数は0.9以上であり、極めて良く一致している。

Table 9 Details of New Top Sheet Samples Used for Examination of Objective Evaluation Equation; DPCM-1, Developed in This Experiment

No.	Kind	Materials	Fineness (tex)	Weight (mg/cm <sup>2</sup> )	Thickness* (mm)
1	SMS (Spunbond-Meltblow)	PP	0.20	1.470	0.220
2	Soft SMS	PP	0.20	1.520	0.264
3	Spunlace	Cotton	0.15~0.25	3.276	0.565

\*Thickness is measured at the pressure 0.5 gf/cm<sup>2</sup>.

Table 10 Results of Agreement between Subjective Value and Objective Value

No.	NAMERAKASA		SOFUTOSA		KOSHI		FUKURAMI	
	Subjective	Objective	Subjective	Objective	Subjective	Objective	Subjective	Objective
1	5.1	6.2	4.0	4.2	3.7	3.2	2.9	2.9
2	5.4	7.7	5.4	6.0	3.7	2.1	3.1	2.2
3	4.1	3.4	4.9	4.3	4.6	3.0	4.3	3.3

#### 4. 考 察

主観評価については、現在乳幼児を持つ消費者である母親、女子学生、共に全ての基本風合いで各グループ内で良く一致した結果であり、紙おむつ用トップシートの風合い判断が比較的容易であることを示している。母親の“こし”については、一致性がやや低く、29人中17人の結果しか使えなかったが、毛羽だっているように思える試料の評価が難しい、との一部の母親からの意見があった。

母親と女子学生との主観評価が極めて良く一致していた点は予想外であったが、紙おむつ用のトップシートの風合いに関しては、両者の判定が同じであることを意味している。

主観評価の際には、判定者にはどれが基準試料かを知らせずに判定して頂いたが、基準試料に対する判定は、母親も学生も50%以上の方が基準試料と同じであると判定していた。このことは紙おむつ用トップシートの風合い判定の正確性を裏付けていると考えられる。

それ故、得られた客観評価式；DPCM-1式は信頼の高い主観評価値を基に誘導されていると考えられ、信頼性は高いと結論付けられる。

本評価式の有効性を確かめるため、今回新しく紙おむつ用トップシートを3種類製造し、その主観評価値と客観評価値との一致性を検討した。表9に、新しく製造された試料の詳細を示す。これらの試料は、その厚みや重さは現在使用されている表1の試料群の範疇に属している。

主観評価者としては、現在乳幼児を持つ母親14名にお願いし、上記と同様に、基準試料に対する対比較SD法で行った。得られた結果を表10に示すが、主観評価値

は基本風合いで±1.0以内で一致していた。それ故、主観評価値はトップシートの基本力学パラメータから(1)式で算出した客観評価値と全ての基本風合いで良く一致していると言える。このことは、客観評価式が極めて有効であることを示している。

客観評価式の中で、基本風合い“なめらかさ”に引張り回復性；RTがプラスで効いている点は疑問であるが、RTとの単相関が小さい点( $r=0.41$ )を考えると、“なめらかさ”の高いトップシートの一部が、たまたまRTが大きかったためではないかと考えられる。

“こし”のRTについては、単相関係数が“なめらかさ”よりもやや大きく( $r=-0.48$ )、母親や女子学生が実際に主観評価で捉えた効果、即ちRTの小さなトップシートを“こし”が高いと判定している、と考えるのが自然であろう。但し、RTの寄与率は小さく(14%)、ほとんど問題にならないと言える。

“ふくらみ”に圧縮の直線性；LCがプラスで効いているが、母親や女子学生の主観評価でトップシートの圧縮初期の弾力感を“ふくらみ”が高いと判断しているとは言い難い。それ故、“ふくらみ”の高いトップシートの一部が、たまたまLCが小さかったためではないかと考えられる。但し、LCの寄与率は極めて小さく(7%)、全く問題にならず、場合によっては無視して(平均値を使って)計算することも可能である。

ここで検討した基本力学パラメータ以外は全て経験的な知見と合致しており、今回得られた客観評価式は極めて有効であると結論できる。

#### 5. 結 論

紙おむつ用トップシートの風合いを客観評価するため、実際に紙おむつを使用している乳幼児を持つ消費者

(母親)を対象に、トップシートの基本風合い用語を抽出し、主観評価値と基本力学パラメータとの重回帰分析を行い、以下の結論を得た。

- (1) 基本風合いとして、“なめらかさ”、“ソフトさ”、“こし”、“ふくらみ”を定義できた。このうち特に、“なめらかさ”がトップシート特有の基本風合いである。
- (2) 基本力学パラメータから基本風合いを客観的に算出可能な、信頼性の高い予測式を誘導できた。本式をDPCM-1式と命名した。

## References

- 1) Kawabata, Sueo: "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, 2<sup>nd</sup> ed.", HESC, Text. Mach. Soc. Japan (1980).
- 2) Kawabata, S., Niwa, M.: J. Text. Inst., **80**(1), 19 (1989).
- 3) Kawabata, Sueo: "Textbook of Mechanical Properties and Handle of Clothing Fabrics", Fibrous Materials Research Group, Kyoto Univ. (1988).
- 4) Matsudaira, M., Kubo, M.: J. Text. Mach. Soc. Japan, **44**(10), T201 (1991).
- 5) Matsudaira, M., Kubo, M.: J. Text. Mach. Soc. Japan, **46**(1), T18 (1993).
- 6) Matsudaira, M., Kiuchi, F., Kubo, M.: J. Text. Mach. Soc. Japan, **46**(9), T207 (1993).
- 7) Kawabata, S., Niwa, M., Wang, H.: Text. Res. J., **64**(10), 597 (1994).
- 8) Yokura, H., Niwa, M.: Text. Res. J., **70**(2), 135 (2000).
- 9) Yokura, H., Niwa, M.: Text. Res. J., in press (2003).
- 10) Kawabata, S.: J. Text. Mach. Soc. Japan, **26**(10), P721 (1973).
- 11) Matsudaira, M., Kawabata, S., Niwa, M.: J. Text. Mach. Soc. Japan, **37**(4), T49 (1984).
- 12) Okuno, T., Kume, H., Haga, T., Yoshizawa, T: "Methods of Multivariate Analysis, New Version", Japan Science & Technology Publishing Co., Tokyo, p.391 (1988).
- 13) *ibid* 9), p.25

## 謝 辞

紙おむつ用トップシートの基本風合いの主観評価に御協力頂いた、乳幼児を持つ一般消費者(母親)及び金沢大学教育学部の女子学生の皆さんに感謝致します。