研 究 報 文

知覚による紙と印刷の品質評価

第1報：上質紙の品質評価

(株)日本紙パルプ研究所 岡 川 章 夫

東京農工大学・農学部 岡 山 隆 之

Sensory Evaluation of Paper and Print Qualities.

I. Quality of Wood-free Printing Paper.

Akio Okagawa

Japan Pulp and Paper Research Institute, Inc.

and

Takayuki Okayama

Tokyo University of Agriculture and Technology

Although many analytical and testing methods for various properties of paper are available, not all of them are satisfactory for evaluating paper quality for its end use. In many cases, subjective judgement by human sense is known to be better for quality evaluation of paper than the objective tests. In order to understand the implication of sensory evaluation, paper and print qualities were evaluated by a large number of panelists from paper maker and user. As the first series of investigations the results of sensory evaluation on 9 samples of commercial wood-free printing paper is presented in this paper. Properties related to the color of paper were correlated each other well in both paper maker's and user's evaluations. Opacity showed fair correlation with smoothness, texture etc only by paper maker's judgement. Formation and thickness of paper correlated well indicating that thickness is an influential factor for the judgement of formation. Factor analysis of correlation matrix gave major independent factor for paper quality evaluation. Three factors extracted from maker's evaluation are color property, surface property and formation. On the other hand, by user's evaluation there is only one major factor extracted, which involved all three properties.

Keywords: Wood-free printing paper, Sensory evaluation, Rating method, Factor analysis, Whiteness, Opacity, Formation, Smoothness, Stiffness.

* この報告の一部は第48回紙パルプ研究発表会（昭和56年）及び第49回紙パルプ研究発表会（昭和57年）で発表したものである。

1. 緒 言

私たちは美しい人を見たら美しいと感じ、うまいものを食べたらうまいと感じる。つまり、それぞれの対象物にはそれぞれの性質があり、人間はそれを感覚によって受けとめて評価している。このように人間の感覚をもとにして物の性質を評価したり、検査を行うことを官能検査という。

官能検査が用いられるのは主に次の2つの場合である。ある特性を評価する場合に、理化学的方法によって測定することは可能であるが、その方法が複雑であったり、時間がかかりすぎるなどの理由で、官能検査によって判定する方が有利な場合に使われる。もう一つは理化学的方法では測定することが不可能な特性、特に人間の嗜好に関する特性を判定する場合には官能検査が導入される。

紙にはその使用目的に応じてさまざまな特性が要求される。それらの多くの特性は理化学的試験法によって評価することができるが、要求される品質を適確に評価しているとは限らない。印刷会社、出版社などの紙加工業者や、紙の取引をする流通業者の中には、長年の経験を有する実務者による感覚的な判断によって紙の特性を評価する場合が多く、またその評価の信頼度はかなり高い。

高橋¹⁾は紙の「風合い」を28種類の様々な紙を用いて感覚的な評価をし、その結果「風合い」に係わる特性は3つの因子に集約できることを示した。

人間の感覚による紙の品質評価は、いったい何を基準に評価しているのだろうか？ 最新の分析機器や試験装置ではなぜ評価できないのだろうか？

このような疑問を少しでも明らかにするために、紙の官能検査と各種の品質試験を行い、それらの相関関係について検討した。本報では一般市販上質紙の官能検査と物性試験の結果について報告する。

官能検査の手法やその解析方法については大系がで

きている²⁾³⁾。しかし、対象とする特性評価に対し、どの手法が適切であり、どんな解析をしなければいけないのかについては明確ではない。従って、本報告で用いた手法は必ずしも最適な手法とは言えないが、いくつかの予備実験の結果から選んだ手法を用いた。

2. 方 法

2.1 試料およびパネル

官能検査に用いた試料は市販上質紙9種類で、その坪量は64g/m²と表示されているものである。それぞれの試料は記号A～Iで表示し、官能検査ではA4版に裁断したものをを用いた。

官能検査を依頼した人員は紙パルプ製造会社より43名（以後メーカーと略す）および紙流通業者、出版社、印刷会社より44名（以後ユーザーと略す）である。パネルの男女別、年齢別、職種別の人員構成を表1に示す。女性がわずかに5名であることを除けば、年齢、経験年数、職種ともに幅広い層に渡っている。これらのパネルは日常、紙パルプの製造あるいは加工に何らかの形でたずさわっている人であり、いわゆる一般の消費者とは異なり、紙の品質に対してより厳格な姿勢を持っている。

2.2 官 能 検 査

10数名による予備検査の結果から、官能検査は以下に述べる方法で実施した。

試料は黒色のプラスチック袋に包装して、パネリスト各人に送付し、表2に示す14項目について評価を依頼した。（検査項目の名称は用語を明確にするために日本語・英語を併記した。）

検査する場所および時間は各人の自由としたが、色に関する検査項目は自然光のもとで行うように指示した。各検査項目の評価は試料の中で最も良いものを1、最も悪いものを5に格付けし、残りの試料全てをこれにもとづいて1～5に分類するものとした。従って、全ての検査項目について1～5に分類する格付け法と

Table 1 Composition of Panelists by Age, Sex and Profession.

Age	<30	30 ~ 34	35 ~ 39	40 ~ 44	45 ~ 49	50 ~ 54	>55
Maker	3	5	9	5	15	3	3
User	14	10	4	7	4	4	1

	Male	Female	Technical	Non-technical	Total	Average
Maker	40	3	29	14	43	42.8
User	42	2	27	17	44	35.8

Table 2 List of Sensory Evaluation Items

1. Whiteness 白さ	5. Formation 地合い	11. Thickness 厚さ
2. Blueness 青味	7. Two-sidedness 表裏差	12. Hardness かたさ
3. Yellowness 黄味	8. Smoothness 平滑性	13. Stiffness 腰
4. Brightness 明暗	9. Tezawari 手触り	14. Total Evaluation 総合評価
5. Opaqueness 不透明性	10. Texture 肌	

呼ばれるもので、検査項目の絶対的評価ではなく相対的な評価である。

各検査項目とその格付け基準は次の通りである。

- (1) 白 さ……白いものを1とする。
- (2) 青 味……青味の強いものを1とする。
- (3) 黄 味……黄味の少ないものを1とする。
- (4) 明 暗……明るいものを1とする。
- (5) 不透明性……最も不透明なものを1とする。
- (6) 地 合 い……地合いの良いものを1とする。
- (7) 表 裏 差……表裏差の少ないものを1とする。
- (8) 平 滑 性……表裏両面を平均して滑かなものを1とする。
- (9) 手 触 り……表裏両面の手触りの良いものを1とする。
- (10) 肌 ……両面の肌を総合して感じ良いものを1とする。
- (11) 厚 さ……手で触って厚いものを1とする。
- (12) か た さ……かたいと感じるものを1とする。
- (13) 腰 ……腰のあるものを1とする。
- (14) 総合評価……印刷用紙Aとして総合的に良いものを1とする。

これらの検査項目のうち、不透明性、地合い、表裏差、手触り、肌、腰などの評価は各人が常時実行している基準で判定することとした。

官能検査によって得られた格付けデータの統計的解析方法については統計解析の項で述べる。

2.3 物性試験

官能検査に用いた市販上質紙9種の物性は、表3に示した各項目について、紙パルプメーカー9社および大学、試験機関で測定した。各試験項目は原則として、JIS法あるいはTAPPI法に準じて測定した。表3に列記した物性以外の試験も行ったが、官能検査と関係の少ないもの、あるいは類似の特性は除外した。紙パ

Table 3 List of Physical Properties Measured.

Item	Unit
1. Basis Weight 坪量	g/m ²
2. Caliper 厚さ	mm
3. Density 密度	g/cm ³
4. Brightness (Hunter) 白色度	%
5. Opacity (Hunter) 不透明度	%
6. Color (L, a, b) 色相	—
7. Fluorescence 蛍光強度	%
8. Smoothness (Bekk) 平滑度	s
9. Breaking Length 裂断長	km
10. Tear Factor 比引裂強さ	m ²
11. Folding Endurance (MIT) 耐折強さ	—
12. Stiffness (Clark) こわさ	cm ³
13. Formation Index 地合指数	%

ルプ試験法として一般に良く知られている方法の説明は省略し、ここでは蛍光強度、 β 線地合い測定について、その方法を簡単に述べる。

(1) 蛍光強度

蛍光強度を測定する装置はいくつかあるが、ここでは日立製蛍光光度計 MPF-2A 型を用いて、励起波長 380 nm、蛍光波長 420 nm、励起側スリット幅 3 mm、蛍光側スリット幅 3 mm の条件で、9種の試料の中で蛍光強度の最も強い試料を100%とし、他の試料の蛍光強度を相対値として百分率で求めた。

(2) β 線地合い測定

試料片に密着させたX線フィルムに試料側から β 線を照射し、得られたX線フィルムの光学濃度の変動から紙の坪量変動を検出した。紙の地合いを表わす方法はいくつか知られているが、ここでは最も一般的な坪量変動の標準偏差を平均坪量の百分率で表わしたものを地合指数とし、試料のMDとCDを別々に測定した。

3. 集計結果

3.1 官能検査

アンケート方式による官能検査であるために、必ず

Table 4 Raw Data on Whiteness Evaluation.

Sample	Rank	Maker (Total=36)					Mean Score	User (Total=40)					Mean Score
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
A		0	10	18	7	1	3.03	1	13	21	5	0	3.25
B		2	24	8	1	1	3.69	2	24	11	3	0	3.63
C		1	8	20	6	1	3.06	1	6	22	10	1	2.90
D		7	19	9	1	0	3.89	20	12	7	0	1	4.25
E		0	1	9	20	6	2.14	1	2	5	23	9	1.95
F		0	1	7	23	5	2.11	1	3	2	26	8	2.08
G		0	0	1	14	21	1.44	0	0	1	10	29	1.30
H		0	0	0	7	29	1.19	0	1	1	7	31	1.28
I		34	2	0	0	0	4.94	35	4	0	1	0	4.83

しも全員,あるいは全項目について指示通りの5段階格付けによる評価ができなかったものがあり,それぞれの項目についてパネリストの総数は若干異なる。例として,官能検査の「白さ」について,各試料をそれぞれの格付けに評価したパネリストの数を集計したものを表4に示す。試料Aについての評価ではメーカーのパネリスト36名中10名が2位,18名が3位,7名が4位,1名が5位に格付けしたことを示している。この集計をもとにして,格1~5に対してそれぞれ得点5~1を与え,数平均した値を平均得点として表4に示した。従って,得点は5~1の範囲にあり,得点が高いほどその項目の格付けが良いことを意味している。官能検査全項目の平均得点を付録表A-1(メーカー)および表A-2(ユーザー)に示す。官能検査のうち特に総合評価についてメーカーとユーザーの平均得点を図1に比較した。メーカー,ユーザーともに試料Iの評価が最も高く,次いで,試料A, B, C, DのグループとE, F, G, Hのグループに分けられる。しかし,試料Dについてはメーカーとユーザーの評価に大きな差がある。

Fig. 1 Mean Score of Total Evaluation for 9 Wood-free Papers.

3.2 物性試験結果

試料A~Iについて11機関で測定した紙試験の平均値を付録表A-3に示す。それぞれの試験機関によっては表3に掲げた項目を全て測定できるわけではなく,また試験方法にも差があるので,共通のものについてのみ平均値を算出した。市販上質紙として標準的な試料であるにもかかわらず,坪量は62~68 g/m²とかなり幅広い分布がある。付録表A-3には平均値のみで,そのばらつきについては示していないが,坪量,厚さ,密度,白色度,不透明度などは測定機関によるばらつきは少ない(標準偏差1~2%以内)。しかし平滑度は標準偏差が20%を越える。力学的強度に関しては,耐折強さを除き,標準偏差は10%前後である。

試験方法で述べた2項目は,特定の一試験機関で測定したものを採用したが,その他は全て付録表A-3に掲げた平均値を使って以下の解析に供した。

4. 統計解析

4.1 独立性, 一致性の検定

官能検査で得られた集計結果からさまざまな情報を得ることができる。ここで用いた格付け法の格1~5の階級を分類尺度あるいは順位尺度とみなして処理することができる。分類尺度とみなした場合は,各試料間の品質に有意差があるか,あるいはパネリスト間の格付けの仕方に有意差があるかを知ることができる。これを独立性の検定と言う。

まず「試料間には差がない」あるいは「パネリスト間には差がない」という帰無仮説をたて,それぞれの格付けの期待値を計算し,それと実際の集計値(実測値)とを比較し,期待値からのずれ方を次式によって計算する。

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{実現値} - \text{期待値})^2}{\text{期待値}} \quad (1)$$

Table 5 Test of Independence among Samples and Panelists.

Item	Maker		User	
	Among Samples χ^2	Among Panelist χ^2	Among Samples χ^2	Among Panelist χ^2
1 Whiteness	534.6**	54.0	537.0**	51.1
2 Blueness	229.3**	58.0	279.0**	55.2
3 Yellowness	263.1**	70.2	408.8**	46.3
4 Brightness	301.6**	53.6	438.4**	42.7
5 Opaqueness	73.6**	56.2	65.7**	45.1
6 Formation	286.9**	49.4	132.0**	68.3
7 Two-sidedness	109.0**	49.8	103.4**	46.6
8 Smoothness	85.5**	38.0	97.7**	59.8
9 <i>Tezawari</i>	56.5**	30.1	59.7**	55.5
10 Texture	47.2*	38.1	59.2**	47.4
11 Thickness	96.7**	37.0	73.8**	52.2
12 Hardness	43.8	47.1	57.5**	50.0
13 Stiffness	95.7**	49.7	63.8**	51.7
14 Total Evaluation	123.8**	35.1	159.7**	53.9

Level of Significance : * 5%, ** 1%

この値は自由度 $(m-1) \times (n-1)$ の χ^2 分布に従う。ここで m と n は格付け級数の数、試料の数を表わす。もし(1)式の χ^2 の値が χ^2 分布の 1%あるいは 5%の点での値より大きければ、それぞれ 1%あるいは 5%以下の危険率で仮説を捨てることができる。すなわち試料間には差があると言える。製紙メーカーとユーザーの官能検査の結果から計算した χ^2 の値を表 5 に示す。

この表から明らかなように、ほとんど全ての評価項

目は χ^2 分布の 1%以内に入っている。すなわち一部の特性を除いて、それぞれの特性について試料間には十分に判別可能な差があることが認められた。パネリスト間の独立性の検定も同様に計算すると、全て χ^2 分布の 5% 以内には入らない。すなわち帰無仮説である「パネリスト間には差がない」ということが成立する。

次に得られた格付けの結果を順位尺度とみなして、

Table 6 Coefficient of Concordance and Friedman's Test.

Item	Maker		User	
	Coefficient of Concordance W	Friedman's Test χ^2	Coefficient of Concordance W	Friedman's Test χ^2
1 Whiteness	0.74	214.0**	0.72	231.0**
2 Blueness	0.41	107.3**	0.56	166.4**
3 Yellowness	0.28	76.0**	0.48	150.7**
4 Brightness	0.46	125.8**	0.60	180.6**
5 Opaqueness	0.15	37.5**	0.10	27.4**
6 Formation	0.48	123.3**	0.27	80.8**
7 Two-sidedness	0.12	29.7**	0.20	63.3**
8 Smoothness	0.13	32.8**	0.16	50.2**
9 <i>Tezawari</i>	0.09	21.8**	0.05	15.5*
10 Texture	0.07	17.6**	0.06	18.4*
11 Thickness	0.23	47.2**	0.09	27.5**
12 Hardness	0.08	20.5**	0.08	24.0**
13 Stiffness	0.14	34.0**	0.06	18.8*
14 Total Evaluation	0.27	59.9**	0.32	92.7**

Level of Significance : * 5%, ** 1%

一致性の係数 W を計算することによって、パネリスト間の順位づけがどの程度共通性があるかを調べることができる。パネリストの数を n 、試料の数を k とすると W は

$$W = \frac{12S}{n^2(k^2 - k)} \quad (2)$$

で与えられる。ここで S は、それぞれの試料についてパネリストがつけた順位の和に関する偏差平方和であり詳細については成書¹⁾に述べられているので、ここでは省略する。一致性の係数 W は0～1の値をとり、順位が完全に一致していれば1となる。式(2)に従って計算した各検査項目の一致性の係数を表6に示す。

この一致性の係数 W の有意性については、次式によって求めた χ^2 の値と自由度 $k-1$ の χ^2 分布と比較することによって判定できる。

$$\chi^2 = n(k-1)W = \frac{12S}{nk(k+1)} \quad (3)$$

これをフリーデマンの検定と言う。

順位の一致性は「白さ」、「青味」、「黄味」、「明暗」のような色に関するものは非常に高いが、「平滑性」、「手触り」、「かたさ」、「腰」といった触感にたよる検査の一致性は低い。メーカーとユーザーの差が大きいのは「地合い」に関する評価で、ユーザーに比較してメーカーの一致性は高い。

フリーデマンの検定でもほとんどの項目について1%以内の有意水準に入っており、この一致性の係数は十分に信頼できると言える。

一致性の高い官能検査項目8種を選び、それらの平均得点をパターン化したものを図2に示す。この図で

は直線あるいは破線に囲まれた面積の大きいものが評価が高い。特定の項目で評価が高くて、他の項目で評価が低いなど、それぞれの試料の特徴を知ることができる。例えば、試料Bは青味が強く、平滑な紙であるが不透明さに欠ける。反対に試料Gは不透明さが高く、腰の強い紙であるが、白さ、明暗では評価が低い。総合評価で高得点である試料Iはほとんど全ての項目で評価が高い。また試料Dはユーザーの評価が全ての項目で高く、メーカーの評価は低い。

4.2 相 関 係 数

官能検査の集計によって得られた平均得点(付録表A-1およびA-2)をもとに、官能検査項目間の相関係数を計算した結果を付録表A-4に示す。図3は相関係数が0.7以上の組合せについて、メーカーとユーザーの評価を比較できるように模式化したものである。メーカー、ユーザーともに「白さ」、「青味」、「黄味」、「明暗」などの色相間の相関係数は非常に高い。「不透明性」はメーカーの評価のうち「平滑性」、「手触り」、「肌」などと負の相関があるのは興味深い。すなわち不透明さの高いものは、平滑さがないことを意味している。しかしながら、ユーザーの評価では、「不透明性」と相関のあるものはない。紙の「地合い」と相関の高いのは、「厚さ」あるいは色に関する感覚であり、厚みのある紙や白い紙は自然と「地合い」が良いと評価されるようである。

「平滑性」、「手触り」、「肌」はメーカーでもユーザーでも互いに相関がある。ユーザーの評価では、これらの触感による評価でも色といくつか相関があり、一部紙の色に影響されていることがわかる。

Fig. 2 Comparison of Mean Score Patterns between Maker's and User's Evaluation.

Fig. 3 Visual Presentation of Correlation Coefficients among Sensory Evaluation Items. Lower left represents those for Maker's, and Upper right for User's.

Correlation Coefficient :

◎ 1.00~0.90 ; ○ 0.89~0.80

△ 0.79~0.70 ; ▲ -0.79~-0.70

総合評価と各官能検査項目の相関係数はメーカーの場合、「表裏差」、「地合い」、「明暗」、「白さ」などが高い値を示しているが、ユーザーの場合は色に関する項目が非常に高い値を示し、「地合い」は少し低くなっている。また注目すべきことは、総合評価と「不透明性」はメーカー、ユーザーのいずれの場合でも全く相関がないことである。このことは上質紙に関しては、「白さ」、「地合い」が重要な因子であり、「不透明性」は判断の材料とならないことを示唆している。

次に官能検査項目と物性試験項目との相関係数を計算した。付録の表 A-5 および A-6 にその結果を示しているが、相関のある組合せ、あるいはない組合せから認められる事項は以下の通りである。

- (1) 「白さ」、「青味」、「黄味」、「明暗」等に関する官能検査とハンター白色度は全く関連がない。
- (2) 色に関する評価と関連があるのは、色相の b 値および蛍光強度である。また一部耐折強さとも相関が認められる。
- (3) 官能による「不透明性」はハンター不透明度と良い相関がある。メーカーの相関はユーザーよりもかなり高い。
- (4) 「地合い」と紙の厚さ、および耐折強さと相関が認められる。

- (5) 「平滑性」とベックの平滑度とは全く関係がない。ユーザーの評価では、「平滑性」と蛍光強度に相関があるが、メーカーでは全くない。
- (6) 「肌」と物性との相関では、メーカーとユーザーに大きな差がある。メーカーではクラーク剛度と相関があるのみであるが、ユーザーの場合では色相の b 値、蛍光強度、耐折強さと相関がある。
- (7) 官能による紙の厚さの判断は、メーカーの場合にマイクロメーターによる厚さ測定とよく一致しているが、ユーザーの判断では相関が低い。メーカーの評価ではベック平滑度と相関があるが、ユーザーではない。反対にユーザーは耐折強さと相関が認められるが、メーカーでは相関がない。
- (8) 「かたさ」の評価はユーザーの場合、比引裂強さやクラーク剛度と一部相関があるが、メーカーの場合はクラーク剛度とのみ相関がある。
- (9) 紙の「腰」はメーカーによる評価では、紙の縦方向のクラーク剛度とのみ相関がある。ユーザーの場合にはそれらは認められない。
- (10) β 線写真から判定した坪量指数と相関の認められたものは、ユーザーによる「腰」の評価のみで他の項目とは相関がない。
- (11) 「総合評価」についてはメーカーの場合、厚さ、裂断長、横方向のクラーク剛度と相関がある。ユーザーの場合では、色相の b 値および蛍光強度と相関がある。

以上、官能検査と物性試験の相関について述べたが、現在、一般に測定されている物性試験では官能検査の評価を説明することが困難であることを示している。

4.3 因子分析

総合評価を除いた 13 項目の官能検査項目間の相関係数行列（付録表 A-4）を、因子分析法に基づいて解析し、官能検査項目で共通であると説明できる因子を抽出した。

因子分析法については、すでに多くの成書³⁾⁴⁾に述べられているので、ここではその結果についてのみ述べる。

因子分析の結果、官能検査の 13 項目はメーカー、ユーザーの場合とも 8 因子に集約される。それぞれの因子の固有値とその寄与率を表 7 に示す。この初期抽出された因子の因子負荷を求めると、抽出されたそれぞれの因子が、初めの官能検査のどの項目に対応するのかはわかる。しかしながら、寄与率の低い因子は実際にはあまり意味がない。そこで、寄与率の和が約 95 % になる第 4 因子までを主因子と考えて、それぞれの因子に対応する官能項目を求めた。すなわち 4 因子あ

Table 7 Eigen Values and Its Contributions of Extracted Factors by
Factor Analysis of Correlation Matrices.

Factor	Maker		User	
	Eigen Value	Contribution %	Eigen Value	Contribution %
1	6.17	47.48	7.80	59.99
2	3.82	29.37	2.36	18.12
3	1.33	10.20	1.59	12.20
4	0.95	7.32	0.63	4.85
5	0.35	2.67	0.32	2.44
6	0.20	1.56	0.15	1.18
7	0.13	1.03	0.13	0.96
8	0.05	0.37	0.03	0.26

Table 8 Factor Loadings of First Four Extracted Factors after Varimax Rotation.

Item \ Factor	Maker				User			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Whiteness	0.89	0.08	0.44	0.02	0.94	0.07	0.09	0.30
2 Blueness	0.96	0.20	0.04	0.06	0.92	0.01	0.10	0.36
3 Yellowness	0.94	0.02	0.31	0.08	0.95	0.00	0.10	0.27
4 Brightness	0.76	0.03	0.62	-0.05	0.94	0.08	0.06	0.29
5 Opaqueness	0.03	-0.93	0.06	0.08	-0.15	0.89	-0.13	-0.36
6 Formation	0.40	-0.09	0.84	0.08	0.78	0.52	0.09	0.17
7 Two-sidedness	0.51	0.45	0.69	0.06	0.32	-0.08	0.38	0.87
8 Smoothness	-0.08	0.91	0.04	0.35	0.59	-0.34	0.56	0.34
9 Tezawari	0.19	0.90	-0.10	0.26	0.92	-0.07	0.05	-0.23
10 Texture	0.36	0.87	0.28	0.16	0.86	0.07	0.45	0.09
11 Thickness	0.24	-0.02	0.91	0.12	0.69	0.57	0.31	-0.16
12 Hardness	0.13	0.50	-0.49	0.68	0.06	0.23	0.93	0.22
13 Stiffness	0.03	0.33	0.38	0.87	0.16	0.87	0.29	0.27
Eigen Value	3.84	3.81	3.15	1.47	6.67	2.35	1.76	1.60
Contribution, %	29.5	29.3	24.2	11.3	51.3	18.1	13.5	12.3

れば、ここで実施した官能検査の結果を95%説明できる。

上位4つの因子について、更にバリマックス回転と呼ばれる因子負荷の最適化を行うと、それぞれの因子と対応する官能検査項目が更に明確化される。バリマックス回転により得られた4因子の負荷行列および各因子の固有値、寄与率を表8に示す。メーカーによる官能検査から抽出された4因子は：

第1因子：白さ、青味、黄味

第2因子：不透明性、平滑性、手触り、肌

第3因子：地合い、厚さ

第4因子：腰

である。「明暗」、「表裏差」「かたさ」の評価はいくつ

かの因子に分配されており、4因子のいずれかに帰属させることができない。

ユーザーによる官能検査から抽出された4因子は：

第1因子：白さ、青味、黄味、明暗、地合い、手触り、肌

第2因子：不透明性、腰

第3因子：かたさ

第4因子：表裏差

である。「平滑性」および「厚さ」は分類されない。

それぞれの因子に分類された官能検査の項目はその評価に共通点があることを示している。メーカーの評価では、第1因子から第4因子まで、それぞれ特徴ある性質を表わしているが、ユーザーの評価では、第1

Table 9 Factor Scores of Samples and Correlation with Total Evaluation.

Sample	Factor	Maker				User			
		1	2	3	4	1	2	3	4
A		1.29	-1.26	0.05	-0.86	1.14	0.75	-0.64	-1.75
B		1.00	2.26	-0.55	0.38	0.54	-1.45	0.70	1.03
C		0.09	1.07	2.06	-1.44	0.07	-0.06	-0.11	0.53
D		2.97	0.50	0.14	0.05	0.66	-0.06	0.09	1.33
E		-1.49	-1.08	-1.21	0.92	-0.68	0.01	-0.34	-0.50
F		-1.44	-1.16	-1.28	-1.22	-0.37	-1.08	-2.11	-0.08
G		-3.23	-1.25	-0.54	1.05	-1.80	1.66	0.02	0.92
H		-4.04	-0.19	-2.04	-0.54	-1.14	-0.87	1.71	-1.42
I		4.84	1.11	3.38	1.66	1.59	1.10	0.69	-0.04
Correlation with Total Evaluation		0.70	0.62	0.93	0.20	0.86	0.16	0.24	0.35

因子に多数の項目が集中しており、ユーザーはそれぞれの特性を区別せず、品質を総合的に評価していることがわかる。バリマックス回転して得られた各因子の固有値、寄与率からも同じことが言える。すなわち、メーカーの評価から抽出された4因子のうち、第3因子まではほぼ等しい寄与率であるが、ユーザーの場合には第1因子の寄与率が50%以上であり、他の3因子の寄与率が低い。

以上の様にして抽出された4因子の負荷に従って、試料9種の官能検査得点を配分したものが、因子得点であり、各因子に対する試料の得点が求められる。結果を表9に示す。因子分析では平均値が原点となるように得点を計算するもので、因子得点は正負両方に分布することになる。更にこの因子得点と官能検査の総合評価との相関係数も表9に示す。メーカーの場合、第1因子から第3因子まで総合評価と相関があり、特

に第3因子（地合い、厚さ）とは高い相関係数が得られた。この第3因子までの得点を3次元プロットしたものが図4である。官能検査に用いた9種の上質紙は第2因子（不透明性、平滑性）での広がり少ないが、第1因子と第3因子平面に広がっている。全体としては、試料Iから試料Hに向けて9種の紙が分布しているが、例外は試料Cであり、この紙は色に関しては平均的な品質であるが、地合いは非常に良い。

一方、ユーザーの場合、相関係数が高いのは第1因子のみで、第2因子以外は総合評価とは全く相関がない。このことは因子負荷行列でも明らかであり、ユーザーが紙の品質を評価する場合、個々の特性を評価する場合でも、常に他の特性に影響されていることを示している。

5. 考 察

同一品種で坪量もほぼ等しい紙であるにもかかわらず、知覚によってその品質を評価することは十分に可能である。試料間の独立性の検定では、ほとんど全ての官能検査項目が有意水準1%以内であり、人間の知覚がそれらの特性を、判断できるほど敏感であることを示すと同時に、試料間にはかなりの差があることが認められた。試料間に差があることは認められても、一致性の係数にみられる様に、評価項目によっては、その格付け順位が必ずしも一致しているわけではない。「白さ」、「明暗」などの色に関する評価、すなわち視覚による評価は一致性が高く、パネリスト間の評価に共通性がある。しかし、同じ視覚による評価でも、「不透明性」の一致性は低い。また「平滑性」、「手触り」、「肌」のように触覚も含めた評価では一致性が低く、品質評価に個人の嗜好差があることを示している。

Fig. 4 Configuration of Sample Papers in Three-dimensional Coordinates of Extracted Factors by Maker's Evaluation.

因子分析によって抽出された官能評価因子はメーカーとユーザーとは大きな差がある。メーカーの場合は少なくとも3つの主要因子が、それぞれ独立に評価されているが、ユーザーの場合には第1因子に大部分の官能評価が集中している。これはユーザーのパネルが紙の「手触り」や「肌」を評価する場合に、紙の「白さ」に影響されているためである。一方、メーカーの評価から抽出された因子のうち、第1因子、第3因子は特性が明確である。第2因子は「不透明性」と「平滑性」、「手触り」、「肌」の共通因子として抽出された。このことは、官能検査項目間の相関係数でも同じ傾向が現われている。すなわち、不透明性の高い紙は平滑性、手触りが良くない紙であると評価されている。不透明な紙ほど表面がざらざらしているということで、表面が粗いと光の乱反射が大きくなり、不透明性に寄与するためであると考えられる。

総合評価と他の官能検査項目を比較してみると、白い紙に対する評価が高く、特にユーザーではその傾向が強い。紙の「白さ」はハンター白色度ではなく、むしろ、色相のb値であり、蛍光強度に大きく影響されている。メーカーの場合には、色だけでなく「地合い」も大きな評価因子となっている。紙の品質に対する総合的な評価をいくつかの因子に集約して考えることもできるが、ユーザーの因子分析で得られた様に個々の因子を特定できない場合もあり、紙の品質基準を何に求めるかは更に紙の使用目的、印刷後の品質評価とも合わせて検討すべき問題である。

謝 辞

この報告は㈱日本紙パルプ研究所が幹事会社として、紙パルプ業界、関連大学・官庁研究所などで組織して

いる物性研究会の課題として実施した調査結果をまとめたものである。官能検査に協力していただいた紙パルプ各社の皆様、印刷会社、出版社の多数の方々深く感謝いたします。

また、紙試験に協力していただいた紙パルプ各社研究所・試験室の方々にも合せて深謝いたします。

引用文献

- 1) 高橋寅雄, 長谷川信夫, 柳川明夫: 印刷局研究所報告, 第50号, 1 (1981)
- 2) 佐藤 信: 「官能検査入門」 日科技連出版社 (1978)
- 3) 日科技連官能検査委員会編: 「官能検査ハンドブック」 日科技連出版社 (1973)
- 4) 奥野忠一, 久米 均, 芳賀敏郎, 吉沢 正: 「多変量解析法」 日科技連出版社 (1971)

(受理: 61. 3. 28)

付 録

上質紙9種を試料として行った官能検査および、物性試験の結果、更にそれらの相関係数の値を付録の表A-1からA-6に示す。表A-1およびA-2はそれぞれメーカーおよびユーザーのパネリストによる官能検査の各項目の平均得点である。表A-3は試料9種の物性測定の平均値の表である。表A-4は表A-1およびA-2の官能平均得点より計算した各項目間の相関係数で左下半分がメーカーによる評価、右上半分がユーザーによる評価である。表A-5およびA-6はそれぞれメーカーおよびユーザーによる官能平均得点と物性値との相関係数である。

Table A-1 Mean Score of Sensory Evaluation by Makers.

Sample Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Whiteness	3.03	3.69	3.06	3.89	2.14	2.11	1.44	1.19	4.94
2 Blueness	3.15	4.36	2.33	3.39	2.45	2.52	1.73	1.79	3.91
3 Yellowness	3.26	3.50	2.74	3.44	2.74	2.47	1.91	2.09	4.24
4 Brightness	2.97	3.06	3.41	3.59	2.12	2.44	1.91	1.65	4.68
5 Opaqueness	3.88	2.13	2.41	2.69	3.25	3.03	3.09	2.53	3.13
6 Formation	3.34	2.34	3.53	2.88	1.75	1.91	2.84	1.97	4.84
7 Two-sidedness	2.67	3.47	3.63	2.87	2.70	2.43	2.63	2.30	3.67
8 Smoothness	2.35	3.87	3.19	2.68	2.77	2.39	3.16	3.61	3.19
9 Tezawari	2.61	3.87	2.97	2.74	2.74	2.68	2.87	3.39	3.16
10 Texture	2.61	3.58	3.24	2.94	2.73	2.55	2.79	3.03	3.27
11 Thickness	2.85	2.62	3.73	2.46	2.96	2.77	2.69	2.42	4.42
12 Hardness	2.42	3.48	2.39	3.03	3.19	2.58	3.00	3.26	2.97
13 Stiffness	2.23	3.16	2.81	2.84	3.16	2.39	3.61	2.65	3.65
14 Total Evaluation	3.07	3.14	3.70	2.50	2.36	2.18	2.46	2.32	4.25

Table A-2 Mean Score of Sensory Evaluation by Users.

Sample Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Whiteness	3.25	3.63	2.90	4.25	1.95	2.08	1.30	1.28	4.83
2 Blueness	3.22	4.00	2.84	3.89	2.00	2.11	1.62	1.35	4.35
3 Yellowness	3.26	3.77	2.87	4.00	2.33	2.44	1.59	1.77	4.64
4 Brightness	3.38	3.49	3.13	4.28	2.15	2.21	1.44	1.44	4.62
5 Opaqueness	3.61	2.11	2.67	2.78	2.97	2.75	3.72	2.86	3.25
6 Formation	3.62	2.81	3.49	3.24	2.08	2.14	2.76	1.95	4.24
7 Two-sidedness	2.00	3.92	3.23	3.82	2.41	2.36	3.05	2.41	3.41
8 Smoothness	2.79	3.85	3.00	3.49	2.10	2.46	2.41	3.13	3.36
9 Tezawari	3.63	3.29	2.92	3.29	3.05	2.79	2.34	2.79	3.42
10 Texture	3.17	3.31	3.14	3.06	2.64	2.47	2.56	2.81	3.53
11 Thickness	3.38	2.78	3.05	3.00	2.73	2.53	2.88	2.88	4.05
12 Hardness	2.74	3.23	3.00	3.31	3.05	2.18	3.21	3.44	3.44
13 Stiffness	3.13	2.79	2.95	3.18	3.00	2.26	3.53	2.61	3.39
14 Total Evaluation	3.17	3.61	3.33	3.64	2.33	1.83	2.11	1.83	4.03

Table A-3 Results of Physical Properties of Samples Used for Sensory Evaluation.

Sample Property	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Basis Weight	66.1	66.1	64.2	63.6	65.3	65.8	63.8	67.5	67.2
2 Thickness	0.081	0.077	0.083	0.077	0.080	0.079	0.079	0.077	0.084
3 Density	0.82	0.86	0.77	0.83	0.82	0.83	0.81	0.88	0.81
4 Brightness	80.5	81.1	81.2	80.0	80.4	81.5	79.5	78.9	80.6
5 Opacity	83.5	79.0	79.1	79.9	81.4	81.1	81.0	80.1	83.2
6 Color L	92.1	92.5	94.1	93.2	91.9	92.7	92.4	91.8	92.5
6 Color b	2.80	2.24	4.23	3.27	3.44	3.74	4.76	4.49	1.93
7 Fluorescence	24.3	80.5	53.0	100	6.9	7.9	6.4	6.6	81.5
8 Smoothness F	68.3	66.0	42.0	79.4	52.7	61.1	70.3	97.4	46.1
8 Smoothness W	41.6	66.4	38.3	71.4	43.9	64.9	63.6	84.0	51.7
8 Smoothness M	55.0	66.5	40.2	75.6	48.3	63.0	67.0	90.7	48.9
9 Breaking T	4.61	5.56	5.52	6.03	5.73	5.93	6.23	5.68	5.12
9 Breaking Length Y	3.26	3.24	3.07	3.38	3.76	2.67	3.38	3.30	2.47
9 Breaking Length M	3.94	4.40	4.30	4.71	4.75	4.30	4.81	4.49	3.80
10 Tear T	65.4	63.2	54.6	52.6	55.7	64.9	61.5	50.6	55.8
10 Tear Factor Y	60.4	68.3	62.6	53.2	62.9	75.6	61.8	53.8	61.9
10 Tear Factor M	62.9	65.8	58.5	52.9	59.3	70.3	61.6	52.2	58.8
11 Folding T	20	43	49	31	55	55	41	48	19
11 Folding Endurance Y	21	29	29	28	41	21	30	32	9
11 Folding Endurance M	21	36	39	30	48	38	36	40	14
12 Stiffness T	53.4	62.5	60.7	68.3	60.2	61.0	70.9	55.7	66.0
12 Stiffness Y	30.6	31.5	32.0	30.0	31.5	27.5	29.5	31.9	33.2
12 Stiffness M	42.0	47.0	46.4	49.2	45.9	44.2	50.2	43.8	49.6
13 Formation T	10.0	10.5	9.57	7.95	10.4	10.4	7.41	10.6	9.36
13 Formation Index Y	9.91	10.4	9.54	8.24	9.95	10.2	8.21	10.4	10.0
13 Formation Index M	9.96	10.5	9.56	8.10	10.2	10.3	7.81	10.5	9.68

Note: 1. Unit of each property is given in Table 3.

2. F:felt side, W:wire side, T:machine direction,
Y:cross machine direction, M:mean value.

Table A-4 Correlation Matrix of Sensory Scores. Lower left for Maker's Evaluation and Upper right for User's Evaluation.

Sensory Item	1 Whiteness	2 Blueness	3 Yellowness	4 Brightness	5 Opaqueness	6 Formation	7 Two-sidedness	8 Smoothness	9 Tezawari	10 Texture	11 Thickness	12 Hardness	13 Stiffness	14 Total Evaluation
1 Whiteness		0.98	0.99	1.00	-0.19	0.80	0.59	0.68	0.80	0.85	0.67	0.24	0.32	0.95
2 Blueness	0.88		0.98	0.97	-0.26	0.77	0.64	0.72	0.79	0.87	0.60	0.23	0.30	0.96
3 Yellowness	0.97	0.91		0.98	-0.24	0.75	0.58	0.69	0.82	0.85	0.65	0.23	0.26	0.93
4 Brightness	0.97	0.74	0.90		-0.18	0.81	0.56	0.65	0.81	0.84	0.66	0.21	0.32	0.95
5 Opaqueness	-0.06	-0.13	0.05	-0.02		0.27	-0.47	-0.53	-0.12	-0.18	0.41	-0.01	0.62	-0.19
6 Formation	0.72	0.39	0.64	0.83	0.20		0.39	0.43	0.58	0.81	0.86	0.24	0.62	0.85
7 Two-sidedness	0.79	0.62	0.69	0.80	-0.36	0.68		0.73	0.11	0.52	0.16	0.53	0.32	0.67
8 Smoothness	0.02	0.14	-0.01	-0.04	-0.75	0.01	0.39		0.48	0.77	0.33	0.51	0.03	0.70
9 Tezawari	0.17	0.40	0.19	0.06	-0.73	-0.03	0.41	0.93		0.76	0.56	0.07	0.11	0.74
10 Texture	0.52	0.54	0.46	0.46	-0.75	0.33	0.78	0.84	0.86		0.76	0.46	0.35	0.92
11 Thickness	0.59	0.26	0.53	0.72	0.12	0.81	0.73	0.04	-0.01	0.33		0.41	0.60	0.67
12 Hardness	-0.03	0.22	0.05	-0.21	-0.46	-0.35	-0.02	0.66	0.67	0.45	-0.33		0.66	0.38
13 Stiffness	0.25	0.15	0.19	0.24	-0.18	0.35	0.46	0.49	0.33	0.45	0.41	0.51		0.19
14 Total Evaluation	0.76	0.53	0.70	0.83	-0.06	0.88	0.89	0.26	0.28	0.61	0.87	-0.22	0.35	

Table A-5 Correlation Matrix between Physical Properties and Sensory Scores by Maker's Evaluation. F : felt side, W : wire side, T : machine direction, Y : cross machine direction, M : mean value

Sensory Item	1 Whiteness	2 Blueness	3 Yellowness	4 Brightness	5 Opaqueness	6 Formation	7 Two-sidedness	8 Smoothness	9 Tezawari	10 Texture	11 Thickness	12 Hardness	13 Stiffness	14 Total Evaluation
1 Basis Weight	0.07	0.22	0.24	0.04	0.08	0.06	-0.04	0.28	0.44	0.19	0.20	0.23	-0.12	0.22
2 Thickness	0.42	0.08	0.37	0.57	0.38	0.75	0.56	-0.21	-0.28	0.05	0.93	-0.59	0.21	0.77
3 Density	-0.26	0.11	-0.11	-0.41	-0.28	-0.55	-0.47	0.37	0.52	0.10	-0.63	0.69	-0.18	-0.48
4 Brightness	0.47	0.49	0.43	0.46	-0.06	0.13	0.50	-0.25	-0.04	0.14	0.38	-0.41	-0.22	0.37
5 Opacity	0.19	0.10	0.31	0.23	0.91	0.44	-0.14	-0.54	-0.47	-0.48	0.37	-0.39	0.00	0.22
6 Color	0.37	0.09	0.15	0.49	-0.43	0.36	0.57	-0.04	-0.11	0.30	0.34	-0.48	-0.04	0.39
7 Fluorescence	-0.84	-0.95	-0.94	-0.72	-0.12	-0.44	-0.55	-0.01	-0.27	-0.39	-0.39	-0.17	-0.14	-0.56
8 Smoothness	0.89	0.80	0.81	0.83	-0.41	0.53	0.73	0.24	0.34	0.67	0.30	0.17	0.26	0.57
9 Breaking Length	-0.47	-0.26	-0.41	-0.52	-0.23	-0.52	-0.63	0.25	0.23	-0.09	-0.75	0.43	-0.20	-0.58
10 Tear Factor	-0.30	-0.13	-0.29	-0.36	-0.49	-0.42	-0.45	0.40	0.43	0.09	-0.61	0.46	-0.02	-0.51
11 Folding Endurance	-0.40	-0.19	-0.36	-0.47	-0.30	-0.47	-0.59	0.28	0.30	-0.03	-0.73	0.52	-0.17	-0.60
12 Stiffness	-0.45	-0.45	-0.56	-0.45	-0.49	-0.51	-0.32	0.15	0.01	-0.11	-0.46	0.23	0.26	-0.60
13 Formation Index	-0.45	-0.23	-0.39	-0.54	0.09	-0.62	-0.35	0.02	-0.13	-0.14	-0.55	0.45	0.01	-0.43
14 Total Evaluation	-0.56	-0.47	-0.61	-0.63	-0.31	-0.67	-0.42	0.12	-0.06	-0.17	-0.64	0.45	0.19	-0.72
15 Thickness	-0.03	0.15	0.00	-0.12	0.13	-0.04	-0.11	-0.30	-0.08	-0.31	-0.19	-0.38	-0.24	-0.13
16 Hardness	-0.02	0.05	-0.04	-0.09	-0.12	-0.14	0.07	-0.12	0.09	-0.14	0.04	-0.39	-0.13	-0.12
17 Stiffness	-0.02	0.21	-0.01	-0.06	0.19	-0.16	0.01	-0.24	-0.04	-0.19	0.00	-0.25	-0.14	-0.04
18 Formation Index	-0.66	-0.58	-0.69	-0.68	-0.50	-0.77	-0.33	0.17	0.11	-0.14	-0.39	0.01	-0.16	-0.59
19 Thickness	-0.61	-0.42	-0.59	-0.67	-0.22	-0.79	-0.35	0.16	0.00	-0.08	-0.54	0.39	-0.02	-0.54
20 Hardness	-0.70	-0.56	-0.71	-0.74	-0.39	-0.84	-0.37	0.16	0.05	-0.13	-0.49	0.26	-0.10	-0.64
21 Stiffness	0.24	0.11	0.09	0.26	-0.21	0.25	0.27	0.13	0.00	0.19	0.13	0.25	0.72	0.07
22 Formation Index	0.43	0.39	0.47	0.47	-0.07	0.44	0.63	0.55	0.43	0.70	0.64	0.47	0.45	0.76
23 Thickness	0.37	0.19	0.23	0.39	-0.29	0.40	0.45	0.30	0.15	0.39	0.29	0.35	0.86	0.27
24 Hardness	-0.09	0.15	0.06	-0.16	-0.08	-0.36	-0.05	0.12	0.32	0.10	0.01	0.06	-0.46	0.00
25 Stiffness	0.02	0.23	0.17	-0.03	-0.07	-0.17	0.07	0.21	0.42	0.20	0.18	0.08	-0.31	0.18
26 Total Evaluation	-0.05	0.18	0.10	-0.12	-0.08	-0.28	-0.01	0.17	0.37	0.14	0.07	0.08	-0.04	0.07

Table A-6 Correlation Matrix between Physical Properties and Sensory Scores by User's Evaluation. F : felt side, W : wire side, T : machine direction, Y : cross machine direction, M : mean value.

Physical Property	Sensory Item	Sensory Item													
		1 Whiteness	2 Blueness	3 Yellowness	4 Brightness	5 Opacity	6 Formation	7 Two-sidedness	8 Smoothness	9 Tezawari	10 Texture	11 Thickness	12 Hardness	13 Stiffness	14 Total Evaluation
1 Basis Weight		0.06	0.04	0.14	0.01	-0.08	-0.06	-0.33	0.21	0.32	0.29	0.33	0.09	-0.35	-0.05
2 Thickness		0.34	0.27	0.31	0.36	0.37	0.67	-0.12	-0.19	0.24	0.40	0.69	-0.08	0.36	0.38
3 Density		-0.20	-0.15	-0.13	-0.25	-0.32	-0.55	-0.06	0.32	0.03	-0.11	-0.30	0.21	-0.44	-0.29
4 Brightness		0.42	0.46	0.44	0.43	-0.45	0.25	0.13	0.08	0.36	0.24	-0.02	-0.61	-0.36	0.35
5 Opacity		0.19	0.12	0.20	0.19	0.75	0.38	-0.15	-0.35	0.39	0.13	0.62	-0.17	0.35	0.07
6 Color	L	0.35	0.34	0.29	0.40	-0.32	0.42	0.51	0.27	-0.03	0.25	0.03	-0.11	0.04	0.43
	b	-0.83	-0.86	-0.88	-0.80	0.21	-0.55	-0.33	-0.52	-0.86	-0.74	-0.55	-0.11	-0.14	-0.75
7 Fluorescence		0.90	0.91	0.89	0.89	-0.41	0.65	0.85	0.83	0.58	0.79	0.45	0.43	0.29	0.91
8 Smoothness	F	-0.37	-0.37	-0.36	-0.39	-0.06	-0.52	-0.05	0.20	-0.26	-0.30	-0.36	0.30	-0.22	-0.42
	W	-0.24	-0.22	-0.21	-0.28	-0.27	-0.49	0.20	0.34	-0.34	-0.25	-0.34	0.28	-0.31	-0.34
	M	-0.30	-0.30	-0.29	-0.34	-0.12	-0.50	0.03	0.28	-0.26	-0.27	-0.34	0.27	-0.26	-0.38
9 Breaking Length	T	-0.45	-0.44	-0.46	-0.46	-0.21	-0.57	0.29	-0.20	-0.78	-0.65	-0.65	0.05	-0.11	-0.47
	Y	-0.42	-0.38	-0.44	-0.40	0.03	-0.46	-0.12	-0.27	-0.15	-0.35	-0.49	0.23	0.16	-0.27
	M	-0.55	-0.52	-0.57	-0.54	-0.12	-0.65	0.14	-0.29	-0.62	-0.65	-0.73	0.16	0.02	-0.47
10 Tear Factor	T	-0.04	0.07	-0.02	-0.05	0.16	0.03	-0.23	-0.20	0.09	-0.12	-0.15	-0.66	-0.12	-0.08
	Y	-0.09	-0.01	-0.04	-0.11	-0.27	-0.18	-0.11	-0.25	-0.14	-0.23	-0.32	-0.72	-0.47	-0.18
	M	-0.07	0.03	-0.03	-0.09	-0.08	-0.10	-0.18	-0.24	-0.04	-0.20	-0.27	-0.75	-0.34	-0.15
11 Folding Endurance	T	-0.70	-0.67	-0.67	-0.69	-0.47	-0.83	-0.18	-0.42	-0.66	-0.70	-0.85	-0.32	-0.63	-0.68
	Y	-0.61	-0.57	-0.61	-0.59	-0.24	-0.70	-0.11	-0.34	-0.41	-0.53	-0.73	-0.11	-0.15	-0.47
	M	-0.73	-0.69	-0.71	-0.71	-0.40	-0.84	-0.17	-0.43	-0.61	-0.70	-0.87	-0.16	-0.47	-0.65
12 Stiffness	T	0.21	0.22	0.17	0.19	0.09	0.21	0.69	0.11	-0.35	-0.03	0.07	0.32	0.54	0.22
	Y	0.37	0.36	0.38	0.36	-0.10	0.43	0.26	0.42	0.39	0.71	0.62	0.73	0.36	0.53
	M	0.32	0.32	0.29	0.30	0.06	0.34	0.77	0.24	-0.23	0.18	0.25	0.55	0.65	0.38
13 Formation	T	-0.11	-0.09	-0.03	-0.12	-0.48	-0.35	-0.42	0.01	0.29	0.06	-0.18	-0.31	-0.74	-0.17
	Y	-0.02	0.01	0.07	-0.04	-0.40	-0.20	-0.35	0.10	0.31	0.19	0.02	-0.23	-0.64	-0.08
	M	-0.08	-0.06	0.00	-0.10	-0.45	-0.30	-0.40	0.05	0.30	0.11	-0.10	-0.27	-0.70	-0.14