

## 研究論文

## 接触冷感向上に関する要因解析

杉山 儀\*1、池上大輔\*2、藤田浩文\*3

## Factorial Analysis on Improvement of Contact Cold Sensation

Tadashi SUGIYAMA\*1, Daisuke IKEGAMI\*2, Hirofumi FUJITA\*3

Owari Textile Research Center\*1~3

冷感に優れた夏用繊維製品を開発するため、接触冷感と布特性、布・糸構造との相関関係を明らかにした。接触冷感、布素材の熱伝導率（見掛け）との相関が低く、布特性（表面摩擦係数、厚さ、表面粗さ）との相関が高いことを確認した。また、この布特性は布・糸構造（密度、番手、撚り数）との相関が高いことを確認した。つまり、接触冷感は布・糸構造によって決定されることが分かり、接触冷感の高い布の開発手法が明らかになった。

## 1. はじめに

繊維業界では冷感に優れた製品が注目され開発・販売されている。この冷感の指標の一つである接触冷感、人が布に触れたときに感じる「ヒンヤリ」感のことをいい、これまで布の熱伝導率や表面特性と接触冷感を関連付けたものはあるが<sup>1~3)</sup>、直接布・糸構造と接触冷感を関連付けたものはない。今後、夏用繊維製品開発を進めていくために、この要因を解明することが尾州地域の繊維関連中小企業から強く求められている。

そこで本研究は、接触冷感の高い布の開発手法を明らかにするため、接触冷感を向上させるための要因解析を行い、接触冷感と布特性や布・糸構造との相関関係を明らかにしていく。この接触冷感評価値として得られる熱吸収量最大値  $q_{max}$  は、人が布に触れたときのヒンヤリ

とする感覚を数値化したもので、広く一般的に用いられているものである。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料と測定条件

春夏用生地（ウール (W)、綿 (C)、麻 (Li, RM)、キュプラ (Cu)、ポリエステル (E)、ポリウレタン (Pu)、アセテート (AT)) 28 点の試料の熱物性、表面・圧縮特性、布・糸構造（密度・番手、撚り数）を測定し、それぞれの相関関係を調べた。

○測定機器 KES F7 サーモラボII型（熱物性）

KES FB4・FB3（表面・圧縮特性）

○測定・温湿度条件 表1・20°C、65%RH

表1 熱物性、表面・圧縮特性及び糸・布構造と測定条件

特性・構造	特性項目	特性値の内容	単位	備考	測定条件
熱物性	K	消費熱量	W	大きいほど保温性が小さい	$\Delta T$ 10°C
	k	熱伝導率	W/cm <sup>2</sup> °C	大きいほど熱が伝わりやすい	
	$q_{max}$	接触冷感	W/cm <sup>2</sup>	大きいほど冷たい	
圧縮	LC	圧縮剛さ	-	大きいほど剛い	圧縮面積 2cm <sup>2</sup>
	WC	圧縮仕事量	g・cm/cm <sup>2</sup>	大きいほど圧縮しやすい	
	RC	圧縮レジリエンス	%	大きいほど回復性がよい	最大荷重 6g/cm <sup>2</sup> (熱伝導率測定時)
	TO	圧力0.5g/cm <sup>2</sup> 時の厚さ	mm	大きいほど厚い	
	TM	最大荷重時の厚さ	mm	-	
表面	MIU	摩擦係数	-	大きいほど滑りにくい	圧縮速度 20 $\mu$ m/sec 巾 20cm 測定距離 2cm 試料移動速度 0.1cm/sec 摩擦荷重 20g 粗さ荷重 10g
	MMD	摩擦係数の変動	-	大きいほど摩擦係数にばらつきがある	
	SMD	表面凹凸の変動	$\mu$ m	大きいほど凹凸が大きい	
糸構造	番手	単位重さあたりの長さ	Nm	大きいほど細い	-
	撚り数	単位長さあたりの撚り数	回/m	-	-
	撚り係数	単位長さあたりの撚り数	-	大きいほど撚りが強い	番手と撚り数より算出 ※4)より参照
布構造	密度	単位巾あたりの糸本数	本/in	大きいほど糸が詰まっている	-
	CF	糸と空間との比率	-	大きいほど空間内に糸が詰まっている	番手と密度より算出 ※5)より参照
	目付	単位面積あたり重量	g/m <sup>2</sup>	大きいほど重い	-

\*1 尾張繊維技術センター 素材開発室（現三河繊維技術センター 産業資材開発室） \*2 尾張繊維技術センター 素材開発室 \*3 尾張繊維技術センター 素材開発室（現三河繊維技術センター 製品開発室）

表2 全試料の番手、撚り数、密度及び熱物性、表面・圧縮特性値

試料名	組成	目付け (g/m)		毛番手(Nm) <sup>※1</sup>		撚り数(回/m) <sup>※2</sup>		撚り係数		密度(本/in)		CF			表面(たて)			表面(よこ)			圧縮					熱物性		
		たて	よこ	たて	よこ	たて	よこ	たて	よこ	たて	よこ	たて	よこ	全体	MIU	MMD	SMD	MIU	MMD	SMD	LC	WC	RC	TO	TM	qmax	K	k(×10 <sup>-4</sup> )
1	W100	156	24.8	26.7	S 535	S 584	107	113	50	42	13	11	19	0.133	0.0182	10.300	0.145	0.0678	8.328	0.247	0.112	70.31	0.510	0.356	0.154	2.76	3.930	
2	W100	246	30.6	31.0	S 563	S 656	102	118	42	33	10	8	15	0.135	0.0137	2.553	0.138	0.0128	2.633	0.313	0.110	72.56	0.570	0.486	0.154	2.30	4.471	
3	W100	201	34.0	34.6	S 776	S 873	133	148	79	69	18	15	23	0.153	0.0116	2.587	0.151	0.0118	2.502	0.355	0.139	67.28	0.597	0.510	0.143	2.04	4.151	
4	W100	143	37.2	40.5	S 761	S 803	125	126	69	59	15	12	21	0.133	0.0178	5.307	0.122	0.0132	5.717	0.305	0.076	83.09	0.383	0.315	0.176	3.12	3.931	
5	W100	126	45.0	38.1	S 771	S 793	115	128	73	55	14	12	20	0.133	0.0167	4.690	0.124	0.0111	4.928	0.327	0.068	83.91	0.340	0.281	0.167	3.24	3.642	
6	W100	153	23.4	30.3	S 655	S 603	135	110	42	33	11	8	16	0.158	0.0218	16.945	0.180	0.0218	15.778	0.302	0.119	58.87	0.610	0.488	0.125	1.88	3.670	
7	W100	152	20.9	20.9	S 560	S 600	122	131	42	32	12	9	17	0.157	0.0218	14.963	0.179	0.0240	13.417	0.292	0.115	60.01	0.619	0.505	0.133	1.93	3.889	
8	C100	100	87.4	73.2	Z 1072	Z 1064	115	124	103	76	14	12	20	0.169	0.0138	4.697	0.154	0.0189	3.447	0.305	0.214	37.82	0.607	0.405	0.139	2.82	4.563	
9	C100	162	67.2	67.2	S 697	S 648	85	79	136	107	22	17	26	0.133	0.0090	2.070	0.157	0.0135	3.872	0.233	0.153	45.90	0.644	0.444	0.170	2.85	5.056	
10	C100	126	98.9	100.0	S 1165	S 1121	117	112	171	103	22	13	25	0.117	0.0234	3.097	0.119	0.0131	2.438	0.284	0.178	42.45	0.485	0.349	0.168	3.50	4.879	
11	C100	184	26.9	27.1	S 439	S 425	85	82	67	43	17	11	21	0.165	0.0277	11.085	0.148	0.0283	7.320	0.289	0.199	43.67	0.711	0.532	0.150	2.46	5.224	
12	C100	284	26.1	26.0	S 448	S 437	88	86	106	57	27	15	28	0.146	0.0093	2.488	0.179	0.0202	6.355	0.304	0.263	33.86	0.979	0.735	0.131	2.10	6.159	
13	C100	173	68.2	64.7	S 703	S 743	85	92	154	112	24	18	27	0.167	0.0204	4.893	0.150	0.0113	3.145	0.300	0.210	43.97	0.662	0.488	0.143	2.43	4.734	
14	Li100	161	26.2	27.6	Z 436	Z 430	85	82	54	50	14	12	20	0.145	0.0194	4.530	0.150	0.0168	4.058	0.294	0.206	41.53	0.655	0.483	0.143	2.61	5.043	
15	Li100	243	20.1	18.8	Z 609	Z 611	136	187	51	43	15	13	21	0.168	0.0207	9.405	0.189	0.0534	7.700	0.332	0.306	40.06	0.995	0.745	0.136	1.94	5.781	
16	Li100	151	28.3	25.8	Z 384	Z 463	72	91	54	42	13	11	19	0.118	0.0126	4.662	0.123	0.0242	6.478	0.241	0.161	48.32	0.542	0.330	0.166	3.32	4.382	
17	Li100	182	17.0	16.5	Z 383	Z 353	93	87	39	32	12	10	18	0.139	0.0148	13.265	0.152	0.0201	7.828	0.203	0.141	41.45	0.692	0.464	0.161	2.65	4.952	
18	Li100	217	16.9	15.4	Z 406	Z 292	99	74	42	35	13	12	19	0.149	0.0182	14.703	0.168	0.0209	8.075	0.340	0.330	38.33	0.883	0.662	0.150	2.15	5.680	
19	RM100	182	23.1	24.5	S 509	S 491	106	99	53	49	14	13	21	0.159	0.1184	11.900	0.150	0.0302	7.162	0.271	0.188	47.28	0.686	0.483	0.151	2.39	4.608	
20	RM100	119	115.4	68.7	測定不可	Z 803	測定不可	97	149	93	18	15	23	0.163	0.0267	4.513	0.180	0.0212	4.238	0.304	0.164	55.82	0.494	0.369	0.160	3.02	4.450	
21	RM62 E38	253	53.6	45.0	測定不可	S 848	測定不可	126	187	95	33	18	30	0.145	0.0141	3.667	0.158	0.0186	5.558	0.493	0.103	55.84	0.553	0.522	0.162	2.48	5.178	
22	Cu100	106	56.3	60.0	Z 1024	Z 1025	136	132	82	61	14	10	19	0.117	0.0149	7.502	0.121	0.0120	7.080	0.231	0.088	56.27	0.396	0.283	0.162	3.69	4.171	
23	Cu100	125	63.8	64.7	S 806	S 825	100	103	103	81	17	13	22	0.151	0.0076	1.600	0.135	0.0111	2.560	0.265	0.103	54.93	0.412	0.303	0.180	3.67	4.448	
24	Cu100	114	68.2	61.6	S 1291	Z 997	156	127	82	69	13	11	19	0.170	0.0226	3.098	0.190	0.0166	4.567	0.311	0.238	52.67	0.683	0.491	0.121	2.33	4.576	
25	Cu100	164	58.1	57.0	Z 1039	Z 1061	136	141	126	90	22	16	25	0.117	0.0157	7.048	0.111	0.0158	4.705	0.282	0.109	66.33	0.532	0.420	0.174	2.79	4.687	
26	E94Pv6	197	44.3	43.9	S 853	S 908	128	137	107	92	21	18	26	0.130	0.0109	3.235	0.139	0.0169	2.397	0.482	0.048	82.72	0.397	0.378	0.184	3.32	5.012	
27	C58 L42	174	50.0	36.0	S 659	測定不可	93	-	114	73	21	16	25	0.138	0.0103	3.790	0.168	0.0121	2.588	0.236	0.185	41.83	0.695	0.464	0.152	2.74	5.085	
28	C78	126	69.2	67.7	Z 868	Z 936	104	114	99	94	16	15	22	0.156	0.0169	5.867	0.180	0.0925	6.517	0.277	0.224	31.15	0.763	0.510	0.128	2.10	4.274	
	AT22	126	65.7	61.9	Z 751	Z 466	93	59	99	94	16	16	23	0.156	0.0169	5.867	0.180	0.0925	6.517	0.277	0.224	31.15	0.763	0.510	0.128	2.10	4.274	

※1 単糸相当の番手 ※2 上撚り数 単糸の撚り数

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 測定結果及び相関関係

表2の測定結果より接触冷感と熱物性、表面・圧縮特性、布・糸構造(密度・番手、撚数)との相関関係(R<sup>2</sup>値)を求めた(表3、表4、表5)。ただし、表2で、たて、よこの値があるものについては、平均値から相関関係を求めている。またqmaxは、温度を時間で微分した非定常状態での量であり、Kやkは定常状態での熱量である。

#### 3.2 接触冷感と熱物性、表面・圧縮特性との関係

表3より、各素材のqmaxと熱伝導率(k)との相関関係をみると、麻以外の相関は見られなかった。しかし、kを算出する前の消費熱量(K)との相関は非常に高いことが確認された。これはkが、布としての見掛けの熱伝導率ではあるものの、接触冷感には大きな影響は与え

表3 素材別及び全試料のqmaxと熱物性、表面・圧縮特性とのR<sup>2</sup>値

	MIU	MMD	SMD	TO	TM	k	K	目付
W	0.9379	0.0265	0.4658	0.7860	0.682	0.0087	0.8615	0.0235
C	0.6574	0.0061	0.0782	0.4752	0.4498	0.1350	0.5892	0.2229
Li, RM	0.3539	0.1034	0.0521	0.6118	0.5796	0.4508	0.5756	0.1195
Cu	0.6393	0.6984	0.0003	0.6655	0.4938	0.0145	0.5097	0.2120
全試料	0.6125	0.0972	0.1436	0.4409	0.393	0.0042	0.6349	0.0113

≥0.25

ず、接触冷感には布の厚みに依る処が大きいことが考えられる。次式はkの算出式であり、k、K、厚さ(TM)の関係性を示している。kは定数とみなせるため、KとTMは反比例の関係にある。

$$k = (K \times TM) / (A \times \Delta T)$$

A: 熱伝導率測定器と布との接触面積(cm<sup>2</sup>)

実際にTMとKとの相関を見ると、強い負の相関が確認できる(図1)。またqmaxと布の厚さの観点から見ると、全ての素材でTMより初期圧縮荷重厚さ(TO)の方がより相関が強く、負の相関を確認できる(表3、図2)。TMはTOより、より強い荷重で圧縮された状

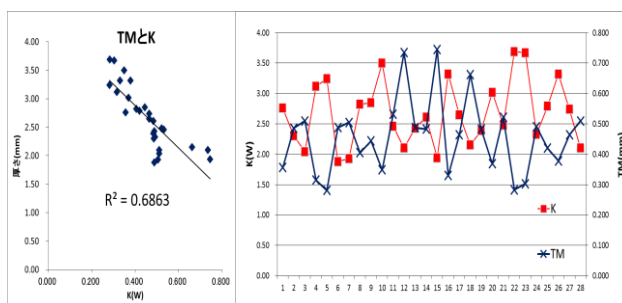


図1 全試料のTMとKとの相関図と相関関係

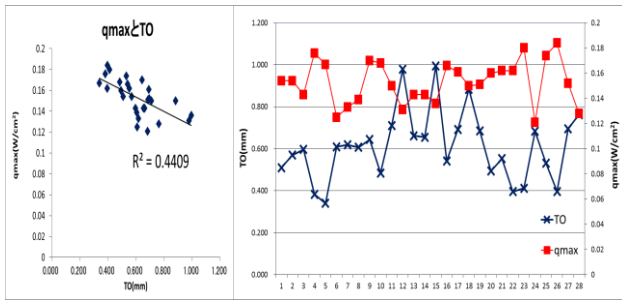


図2 全試料の qmax と TO との相関図と相関関係

態での布の厚さであり、つまり接触冷感は接触した瞬間の厚みがより重要であることが分かる。これは、各繊維の熱伝導率に比べて約 1/10 の値で極端に熱が伝わりにくい空気量が、布にどれだけ含まれているかが接触冷感に作用する要因の一つと考えられる。

また各素材、全試料で qmax と表面摩擦係数 (MIU) の非常に強い負の相関が確認された (表3、図3)。

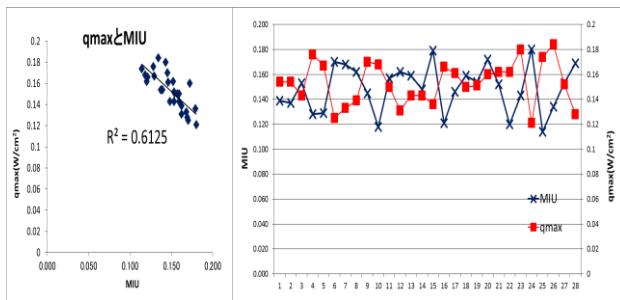


図3 全試料の qmax と MIU との相関図と相関関係

当初は MIU より表面の凹凸 (SMD) との相関が高いことを予想していたが、SMD より MIU が qmax に与える影響が大きいことが分かった。また、ウールについて

は、SMD との相関も高い (表3) ことから、表面の凹凸と接触冷感測定器と布との接触面積との関係が上手く合致したことによるものと考えられる。ウールは布の表面が滑らかかつ凹凸がない、より平らなものが接触冷感向上の要因となることが分かる。

そして MIU、TO が小さいほど qmax が大きくなることから、スケールオフや毛焼き、熱プレスをするのは接触冷感を向上させるために非常に有効な手段であることが分かる。ただし、今回用いた春夏用の試料は、MIU と TO との相関も高いことから、摩擦係数が小さいものは厚さが薄い傾向にあることが分かる (図4)。

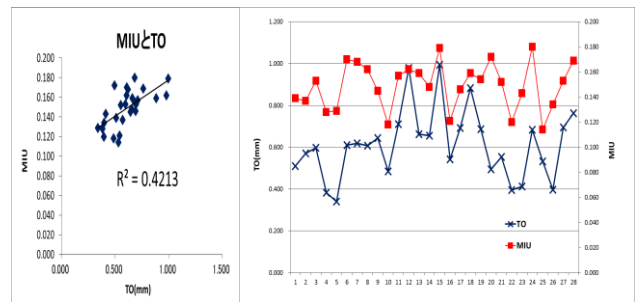


図4 全試料の MIU と TO との相関図と相関関係

qmax に対し、MIU と TO のどちらが作用しているのかは、明確ではないが、例えば試料 20、26 については TO が、試料 5、9、21 については MIU が qmax を向上させており、この部分を見ると MIU と TO が共に qmax を向上させていることが分かる (図2、3)。

全試料について、qmax と表面・圧縮特性との相関順位を示すと、高いものから MIU、TO、TM、SMD、摩擦変動 (MMD) となる (表3)。

表4 素材別試料の布・糸構造と qmax、表面・圧縮特性との R² 値

W	qmax	MIU	TO	SMD
番手	0.5824	0.5536	0.642	0.4929
密度	0.2861	0.1065	0.2764	0.413
CF	0.1870	0.1192	0.1741	0.2313
撚り数	0.2157	0.1487	0.2524	0.3508
撚り係数	0.0420	0.1145	0.0217	0.0075

C	qmax	MIU	TO	SMD
番手	0.2802	0.4265	0.7388	0.4988
密度	0.2633	0.3543	0.3014	0.6872
CF	0.0003	0.0179	0.1581	0.2466
撚り数	0.1131	0.3142	0.6349	0.3644
撚り係数	0.00002	0.1249	0.3238	0.1560

Li,RM	qmax	MIU	TO	SMD
番手	0.1422	0.0002	0.4126	0.4225
密度	0.1527	0.0537	0.3486	0.4418
CF	0.0450	0.0497	0.1313	0.2767
撚り数	0.0011	0.2870	0.0556	0.3014
撚り係数	0.2367	0.4056	0.2476	0.00006

Cu	qmax	MIU	TO	SMD
番手	0.2002	0.7970	0.1470	0.7682
密度	0.3701	0.2067	0.0015	0.0260
CF	0.4334	0.2962	0.0117	0.0100
撚り数	0.5933	0.0747	0.5597	0.2567
撚り係数	0.3870	0.0036	0.3803	0.4421

≥0.25

### 3.3 接触冷感、表面・圧縮特性と布・糸構造との関係

各素材の  $q_{max}$  や 3.2 で相関順位が高かった MIU、TO、SMD と布・糸構造との相関関係を求めた (表 4)。

ウールでは、番手はそれぞれ MIU、TO、SMD との相関が高く、 $q_{max}$  との相関も高い。また密度、撚り数は、それぞれ TO、SMD との相関が高く、 $q_{max}$  との相関も高い。これは、 $q_{max}$  がそれぞれ MIU、TO、SMD との相関が高いことによるものと考えられる (表 3)。つまりウールは、番手、密度、撚り数が接触冷感向上のための重要なファクターとなる。

綿では、番手、密度はそれぞれ MIU、TO、SMD との相関が高く、 $q_{max}$  との相関も高い。これはウールと同様に、 $q_{max}$  がそれぞれ MIU、TO との相関が高いことによるものと考えられる (表 3)。また撚り数は MIU、TO、SMD との相関が高い。 $q_{max}$  との相関はあまり高くないが、間接的に  $q_{max}$  に作用していると考えられる。

麻では、番手、密度はそれぞれ TO、SMD との相関が高く、撚り係数はそれぞれ MIU、SMD との相関が高い。これらの布・糸構造は、 $q_{max}$  が MIU と TO との相関があるため (表 3) 間接的に  $q_{max}$  に作用していると考えられる。また、撚り係数と MIU との相関が高いのは、撚り係数が MIU と相関の高い撚り数から導き出されること、また CF と SMD との相関が高いことは、CF が SMD と相関の高い密度から導き出されていることによるものと考えられる。

キュプラでは、布・糸構造が直接  $q_{max}$  に影響を与えおり、天然繊維との傾向の違いが見られ、毛羽がないことも大きな原因であると考えられる。番手は MIU、SMD との相関が高く、撚り係数がそれぞれ TO、SMD との相関が高いことは、撚り係数が TO、SMD と相関の高い撚り数から導き出されていることによるものと考えられる。ただし、キュプラは試料数が少なすぎるため試料数を増やすことで信頼性を上げる必要がある。

また、試料全体では (表 5) より全試料について、番手、密度、CF が SMD との相関が高く、CF と SMD との相関が高いことは、CF が SMD と相関の高い密度から導き出されていることによるものと考えられる。また表

3 では全試料について、 $q_{max}$  はそれぞれ MIU、TO との相関が高かったが、表 5 からは、布・糸構造と SMD 以外の強い相関は見られなかった。これは、素材によって布・糸構造の傾向が異なるためだと考えられる。

表 5 全試料の布・糸構造と  $q_{max}$ 、表面・圧縮特性との  $R^2$  値

全試料	$q_{max}$	MIU	TO	SMD
番手	0.0390	0.0090	0.1376	0.3106
密度	0.0897	0.0129	0.0490	0.3876
CF	0.0744	0.0053	0.0034	0.2840
撚り数	0.0135	0.0229	0.1838	0.1976
撚り係数	0.0081	0.0009	0.0338	0.0015
				$\geq 0.25$

## 4. 結び

本研究により、布の接触冷感の大小は、布・糸構造による影響が大きいたことが明らかになり、これより接触冷感の高い布の開発手法が明らかになった。しかし厚さが及ぼす  $q_{max}$  への影響は、厚さが大きいことによる空気層の問題、測定装置が布に触れた瞬間の接触面積と荷重が掛かった後の接触面積の増大率が厚さによって変わるためによるものと考えられるが、正確な空気量や接触面積自体を測定することができないため、その真意を明らかにすることはできていない。そして接触冷感、これらの要因がお互いに影響し合い、非常に複雑な構造の上に成り立っているため、今後も追究していく必要がある。

## 謝辞

本研究にあたり、春夏用生地 28 点の試料を提供していただいた中伝毛織(株)に厚くお礼申し上げます。

## 文献

- 1) 川端, 赤木: 織機誌, **30**, 13(1977)
- 2) 姉尾, 米田, 丹羽: 家政誌, **37**, 1049(1986)
- 3) 今井, 米田, 丹羽: 織消誌, **28**, 414(1987)
- 4) TEXTILE HANDBOOK, 愛知県繊維振興協会編
- 5) Textile Handbook Mikawa, 愛知県繊維振興協会編