

羊毛の縮絨性に関する一考察

洗剤・濃度・機械作用・温度の影響とその推計学的検討¹⁾

A Statistical Consideration of Wool Felting

Factorial Experimentation of Ternary System Comprising Detergent, Concentration and Mechanical Action

矢部章彦・薄田京子²⁾ (Akihiko Yabe and Kyôko Susukida)

Laboratory of Dyeing Chemistry, Faculty of Home Economics,
Ochanomizu University, Tokyo

Summary

There were introduced a number of procedures for quantitative determination of wool shrinkage, but owing to their inaccuracy we were unable to come to any general conclusion in the case of wool yarn. Therefore, a simple but well controlled testing method was devised by us for wool yarn shrinkage. After repeated preliminary experiments, a statistical method was adopted for experiments.

The results of the experiments underwent variance analysis of the ternary system consisting of alkyl-arylsulfonate and alkylsulfate type detergents, their concentration and mechanical action, and the following conclusions were reached.

- (1) Detergent type causes a considerable degree of felting.
- (2) Shrinkage is affected by decrease in detergent concentration, and pure water is most responsible for felting.
- (3) Increasing mechanical action increases shrinkage.
- (4) Temperature also has a remarkable effect on felting.
- (5) Na-carbonate solution has almost no effect on shrinkage.

羊毛の収縮率測定には従来多くの方法があるが¹⁾, 主体は毛織物の収縮に限定され, しかも精度が充分でないばかりか, 多量の材料を要する欠点がある。我々は毛糸編物の縮絨について, 所謂中性洗剤 (アルキルアリルスルホン酸塩型及びアルキル硫酸エステル塩型) の影響をしらべる目的で, 平織, ガーター編, メリヤス編等の編物試片を作製し, その洗浄に際しての収縮を測定したが, 精度, 再現性共に不良で, 定量的な結論は殆ど得られなかつた。

そこで, 直接毛糸の収縮率を測定すると共に, 編物に於ける糸の相互作用をも考慮に

¹⁾ Contribution from Department of Clothing, Faculty of Home Economics, Ochanomizu University, No. 2.

²⁾ Mie University, Mie Pref.

入れた比較的精度の高い実験方法を案出し、異つた温度条件毎に、洗剤の種類、洗剤の濃度、機械作用、を三因子とする要因分析を行つた結果、興味ある二三の成果を得たので、茲に報告する。

実 験

試料の調製 日本毛織製中細毛糸を約 110 cm に切断し、一端を画鋏で固定して 2.0 g の分銅をつけて 1 時間懸垂する。(糸内部の不均一な歪を除く。) 次いで之を一夜間(約 12 時間) 塩化カルシウムデシケーター中で乾燥し、10 本を一束として秤量する。(洗浄試験終了後の乾燥状態を定めるため。) 之を再び垂直な板に上端を画鋏で留めて懸垂し、2.0 g の荷重で 1 時間放置した後 100.00 cm の長さの色糸で正しく目印をつける。

洗浄試験 Launder-Ometer 型のお茶の水式洗浄試験機⁽²⁾を用いた。洗浄瓶中に予め計画した濃度の洗剤 100 cc を加え、之に毛糸試料 10 本を一束にして、洗浄試験中ばらばらにならぬ様軽く一定に緊縛して投入する。予備試験の結果、縮絨に及ぼす機械作用の影響が可成り顕著であることが判つていたので、6 mmφ の硝子玉を計画に応じた量ずつ添加して洗浄試験を行つた。(毎分 16.5 回転、5.5 回転毎に逆転。) 洗浄時間 30 分の後、糸をとり出して洗液を除去する程度に軽くしぼり、機械作用を同一条件として、100 cc の蒸留水で 3 分間すすぎを行い、すすぎを 2 回繰返す。大判濾紙で水分を除去し、40°C 恒温槽で一夜間乾燥する。本操作で糸束の重量は略試験直前に復するから、更にデシケーター中に放置して完全に同一吸湿状態まで戻して、縮絨によりほつれ合っている 10 本の糸を、出来るだけ横方向の力のみでほぐす様にして分離し、2.0 g の荷重で 1 時間懸垂後収縮を測定する。収縮の糧単位⁽¹⁾の読みが、直ちに収縮百分率となる。

実験計画

温 度	T ₁ , T ₂	40°C, 60°C
洗 剤	D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅	
	D ₁	A 社家庭用アルキルアリル型ソープレスソープ
	D ₂	B 社工業用アルキルアリル型ソープレスソープに 2% C.M.C.添加
	D ₃	B 社家庭用アルキルアリル型ソープレスソープ
	D ₄	C 社高級アルコールエステル塩型洗剤
	D ₅	D 社家庭用アルキルアリル型ソープレスソープ
濃 度	C ₁ , C ₂ , C ₃	0.05%, 0.3%, 1.0%
機械作用	M ₀ , M ₁ , M ₂	0 g, 20 g, 40 g (洗浄瓶中の硝子玉の重量)

第1表 各条件下に於ける羊毛の収縮率

C	M	D		D ₁		D ₂		D ₃		D ₄		D ₅	
		T		T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
C ₁	M ₀			10.09	13.02	9.38	11.67	8.87	10.29	12.25	15.85	6.25	12.95
	M ₁			11.37	14.86	11.07	16.37	11.95	13.60	14.67	14.55	12.13	14.85
	M ₂			14.79	18.76	17.18	17.12	11.42	24.11	12.27	18.57	15.68	18.25
C ₂	M ₀			7.22	10.84	7.22	10.01	7.40	9.64	8.03	9.74	8.19	8.32
	M ₁			9.52	13.98	8.39	13.37	8.48	15.38	8.59	14.05	8.15	11.22
	M ₂			10.53	15.81	10.55	13.36	12.30	12.66	12.15	14.21	11.39	14.98
C ₃	M ₀			5.64	6.44	4.31	4.19	4.61	3.89	6.78	5.81	6.24	7.50
	M ₁			7.57	8.01	6.15	7.59	6.16	8.14	9.07	11.69	8.39	10.51
	M ₂			11.52	10.40	8.58	10.24	5.64	7.09	7.48	12.76	8.21	11.06

第2表 蒸溜水及び炭酸ソーダ
溶液中の羊毛の収縮率

			T	
			40°C	60°C
D	C	M		
Na ₂ CO ₃ 水溶液	0.3%	M ₀	2.71	1.51
		M ₁	3.51	2.67
		M ₂	4.71	2.97
	1%	M ₀	—	1.42
		M ₁	—	2.75
		M ₂	3.46	7.30
蒸溜水		M ₀	12.51	15.18
		M ₁	13.20	19.32
		M ₂	11.95	19.82

脱液，水洗後洗浄を行った。

40°C, 60°C の各温度毎に夫々 D, C, M の組合せ 45 条件を実験順序を完全に無作為化して，(乱数表による) 洗浄試験を行つた。此の際蒸溜水及炭酸ソーダ水溶液による縮絨試験は，実験計画中には組込まず，各試験の前後に一応無作為化して繰入れたので，以下の検討に際しては参考記録として参照するに止める。

各瓶毎の 10 本の平均収縮率を第 1 表に示す。第 2 表は蒸溜水及炭酸ソーダ水溶液による収縮率を示すが，試験法，測定法は一切計画実験と同じである。但し毛糸に防水加工が施してあつた為，このまゝでは湿潤しないので，予め 0.01% Igepon T 溶液に浸漬し

実験結果の解析及考察

第 1 表の値の小数点以下 2 桁目を四捨五入して，変数変換を行い， T_1, T_2 につき夫々三元配置法による分散分析法を適用し，第 3 表，第 4 表の結果を得た。

第3表 分散分析表 ($T_1=40^\circ\text{C}$)

Source of Variance (要 因)	Sum of Square (偏差二乗和)		ϕ (自由度)	Mean Square (不偏分散)	F ₀ (Variance Ratio)
C	S _C	179.5	2	89.7	58.5**
M	S _M	121.3	2	60.6	39.6**
D	S _D	12.3	4	3.1	2.02
C × M	S _{C×M}	21.2	4	5.3	3.46*
C × D	S _{C×D}	12.1	8	1.5	0.98
D × M	S _{D×M}	32.3	8	4.1	2.68*
Residual (誤差変動)	S _E	24.5	16	1.53	
Total (全 変 動)	S ₀	403.2	44	—	—

* Significant at 5% level

** " " 1% level

$F_{16}^2(0.01)=6.23$, $F_{16}^4(0.01)=4.47$, $F_{16}^4(0.05)=3.01$

$F_{16}^8(0.01)=3.89$, $F_{16}^8(0.05)=2.59$,

第4表 分散分析表 ($T_2=60^\circ\text{C}$)

Source of Variance	Sum of Square		ϕ	Mean Square (Variance)	F ₀ (Variance Ratio)
C	S _C	404.9	2	202.5	54.8**
M	S _M	206.4	2	103.2	27.9**
D	S _D	17.6	4	4.4	1.19
C × M	S _{C×M}	21.9	4	5.5	1.49
C × D	S _{C×D}	32.0	8	40.	1.80
D × M	S _{D×M}	7.2	8	0.9	—
Residual	S _E	59.2	16	3.7	—
Total	S ₀	749.2	44	—	—

尚 C, M, D 各水準の収縮率に及ぼす影響を, 第5表, 第6表に示した。参考のため平均値の標準誤差, 平均値の差の標準誤差並びに, 差の信頼限界を附記した。

第5表 D の 綜 合 効 果

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	SE of mean	SED of mean	Diff. for Significance	
								10%	20%
T ₁	10.0	9.1	8.9	10.2	9.3	0.41	0.58	1.1	0.9
T ₂	12.4	11.4	11.7	13.2	12.2	0.64	0.90	1.7	1.3

SE of mean 平均値の標準誤差 ($\sqrt{V_E}/\sqrt{9}$)

SED of mean 平均値の差の標準誤差 ($\sqrt{2} \times \sqrt{V_E}/\sqrt{9}$)

Diff. for Significance $\begin{cases} 10\% \text{ 有意水準の差の信頼限界 } (SED \times t_{9-1} (0.1)) \\ 20\% \text{ 有意水準の } " (SED \times t_{9-1} (0.2)) \end{cases}$

第6表 C 及 M の 綜 合 効 果

	C ₁	C ₂	C ₃	M ₀	M ₁	M ₂	SE of mean	SED of mean	Diff. for Significance
									1%
T ₁	12.0	9.2	7.2	7.4	9.5	11.6	0.32	0.45	1.3
T ₂	15.7	12.5	8.4	9.4	12.6	14.6	0.50	0.70	2.1

Diff. for Significance 1% 有意水準の差の信頼限界

$\sqrt{V_E}/\sqrt{15} \times \sqrt{2} \times t_{15-1} (0.01)$

以上検定の結果明かとなつたことは

- (1) 洗剤の濃度が増加するにしたがつて羊毛の収縮は顕著に抑制される。

この結果は従来漠然と信ぜられていた毛織物の洗浄条件に関する常識と可成り喰違つた現象で, 羊毛の縮絨が主として分子間のアミド結合やシスチン結合の結合位置のずれ, 及び羊毛の鱗片状構造による機械的なひつかかり, の二要因によるとする考え方から見れば, 洗剤の潤滑作用が機械的な結合を妨げることによつて縮絨が防止されたとの結論を導く有力な実験的根拠となり得るであろう。

- (2) 洗浄に於ける機械作用の増加は予期通り著しく収縮を増加する。

M₂の条件は, 大体非常に乱暴な洗浄を行つた際の毛糸編物の収縮と比較し得る条件であることが, 予備実験の結果と照し合わせて推定出来る。

- (3) 洗剤の種類による影響は比較的類似した品種を選んだため決定的な差を見出すに至らなかつたが, 第5表の差の信頼限界より推定すれば, 70~80%の確率で有意差が認められそうである。すなわち, 5種の洗剤を3群に分ち平均値を比較すれば, 羊毛の収縮を促進する程度の大きい順に (D₄) > (D₁, D₅) > (D₂, D₃) なる結果が得られる。

- (4) 温度の影響は同一実験計画に組むことが出来なかつたが, 大凡同一の管理状態で T₁, T₂の実験が行われたと考えてよいから, 他の三因子との適宜な組合せで, 二元配置法による分散分析を試行したところ, いづれの場合も, 温度による変動は高度に有意であるとの判定を得た。すなわち, 高温度ほど収縮率が大きいと云える。

- (5) 各因子の交互作用

40°Cの分散分析を行つた結果, 濃度と機械作用, 洗剤の種類と機械作用, に夫々交互作用があることが認められた。此の判定の具体的意義については更に検討を要するが, 例えば洗剤の種類によつて機械作用との特殊な交互作用がありそうな事は生

のデータによつても或程度推測し得るので、一応念頭におく程度として、今後の解明に俟ちたい。

- (6) 参考実験として実施した蒸留水による収縮が、予想以上に大きく、諸実験値中最大の収縮率を示したことは注目に値する。(第2表参照) すなわち水によるすぎの繰返し収縮を助長することを確かめ得たものと云えよう。
- (7) 炭酸ソーダ溶液による収縮が意外に小であつたことも本実験結果中奇異に感ぜられた現象の一つであるが、之はシスチン結合の如きアルカリに侵され易い結合が切断して、羊毛分子の伸長を助長したためとも考えられ、一層詳細な検討を進める予定である。

検定の結果実験誤差の不偏分散 (V_E) が 40°C と 60°C でかなりの開きを示し、 60°C に於ける実験では差の検出力が鈍り、 40°C で 5% 水準で有意と判定された $D \times M$, $C \times M$ の交互作用が検出出来なかつた。実際に実験の状況を反省してみると、 40°C の実験では $40 \pm 1^\circ\text{C}$ ですべての実験が行われたのに対し、 60°C では $60 \sim 54^\circ\text{C}$ と云う大幅の温度変化が実験装置から不可避であつたことが明かになつた。

又本計画に於ては繰返し実験が行われていない為、 $C \times M \times D$ の交互作用が誤差項より分離されなかつたので、差の検出力が鈍つたと考えられる。

本報告は羊毛の持つ諸特性の中収縮率のみに着目して論じたが、黄色化、抗張力の減少、重量の減少、風合の劣化等羊毛の他の特性についての之等諸要因の影響は別に論ずる。

本実験法を基礎として、実験操作、実験計画に多少の工夫改良を施せば羊毛の縮絨に関する興味ある成果が更に期待されるであろう。

結 論

簡単な統計的手法である三元配置による分散分析法を応用して、毛糸の縮絨に及ぼす洗浄時の洗剤、濃度、機械作用及び温度の影響を検討した。就中最も注目すべき結果として次の諸点を明かにした。

- (1) 洗剤濃度の増大が羊毛の収縮率を低下させること。
- (2) 蒸留水による収縮率が最大で、炭酸ソーダによる収縮率は極度に小であること。
- (3) 温度の上昇、機械力の増大は収縮率を増大させること。

本研究に種々御後援を賜った三池合成の見玉忠重氏、村上喜一郎氏、日本化薬の上原茂昭氏に深甚な謝意を表する。又実験に協力された学生諸嬢の労を多とする。

引 用 文 献

- (1) Technical Manual and Year Book of AATCC (1951): Tentative Test Method 41-49. P. 131-132.
A.S.T.M. Standards on Textile Materials (1950): Test for Felt. D-4 61-50 (p. 448). Appendix IV (p. 489-499)
Federal Specification, Textile Test Method CCC-T-1916 Method 5550, 5552, 7552, 7554, 7556. (1951).
- (2) 矢部・西村: 油脂化学協会誌 1. No. 3, 124-129 (1952).
- (3) A. J. Feuill & R. E. Wagg: Research 2, 334-7 (1948).

(Received Mar. 1, 1953)