〔報 文〕

Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles
Vol. 9, No. 1 (1985)

織物의 保溫性에 關한 統計學的硏究

李 光 培·李 東 杓*

崇田大學校 工科大學 纖維工學科

A Statistical Study on the Warmth Retaining Properties of Fabrics

Kwang Bae Lee, and Dong Pyo Lee*

Dept. of Textile Engineering, College of Engineering, Soong Jun University

(1985. 1. 24 접수)

Abstract

In order to investigate the warmth retaining properties of fabrics some characteristics such as thickness, porosity, packing density, thermal conductivity, moisture regain and air permeability were measured and experimental results were analysed statistically to relate the warmth retaining properties with those characteristics.

From the analysis, the following results were obtained.

1. When the warmth retaining properties of fabrics (Y) are dependent variable and thickness (χ_1), porosity (χ_2), packing density (χ_3), thermal conductivity (χ_4), moisture regain (χ_5) and air permeability (χ_6) are independent variables, the regression equation of warmth retaining properties can be represented as follows.

1) $Y=1.6005+46.8174\chi_1$ ($R=0.9487$)

2) $Y=-1.4187+26.5072\chi_1+0.2055\chi_2$ ($R=0.9704$)

3) $Y=-3.6908+17.4482\chi_1+0.1782\chi_2+28.3243\chi_3$ ($R=0.9756$)

4) $Y=0.9202+16.9553\chi_1+0.1167\chi_2+30.3577\chi_3+1.8884\chi_4$ ($R=0.9792$)

5) $Y=0.9353+17.2266\chi_1+0.1177\chi_2+28.9821\chi_3-1.8302\chi_4+0.0151\chi_6$ ($R=0.9792$)

6) $Y=0.7583+17.2343\chi_1+0.1196\chi_2+28.8830\chi_3-1.8336\chi_4+0.0187\chi_6+0.0004\chi_6$ ($R=0.9792$)

2. The warmth retaining properties of fabrics are merely affected by adding thermal conductivity, moisture regain and multiple regression equation which contains thickness, porosity and packing density as variables.

Therefore the multiple regression which contains thickness, porosity and packing density as variables $Y=-3.6908+17.4482\chi_1+0.1782\chi_2+28.3243\chi_3$ is highly practical.

* 韓國原絲織物試驗檢査所
Korea Yarn & Fabric Inspection Testing Institute

Ⅰ. 緒　　論

衣服의 機能에는 여러가지가 있지만 主機能은 人間의 體溫을 外部의 環境으로부터 一定하게 維持하는 데 있다.

體溫의 放散은 大體로 皮膚를 통하여 傳導되기 때문에 衣服을 着用함으로써 抑制된다. 따라서 衣服의 保溫性을 利用하여 人體가 추위로부터 保護될 수 있으므로 衣服의 素材인 織物의 保溫性에 關한 硏究가 要求되는 것이다.

衣服材料의 熱的 性質에 관한 最初의 硏究에는 圓板法에 의하여 熱傳導度를 測定한 Lees[1]의 硏究가 있으며, Niven 등[2]은 含氣率과 熱傳導度와의 關係를, Pierce[3], 中朝子[4], Baxter[5], Morries[6], 相川福[7]等은 織物의 密度와 熱傳導度와의 關係를, 小川安郎[8], 土田[9]等은 水分과 熱傳導度와의 關係를, Baxter[10], Marsh[11]는 織物의 重量과 熱傳導度와의 關係를, Fonceca[12]는 風速과 熱傳導度와의 關係를 硏究하였다.

國內에서는 金[13]은 緯編織物의 構成과 保溫性에 관하여, 李[14]는 織物의 熱傳達에 관하여, 李[15]는 織物間의 空氣層의 形成方法이 熱傳達에 미치는 影響에 關하여, 金[16~19]은 第 1 報[16]에서는 冷却法을 使用하는 測定裝置의 再現性의 檢討에 관하여, 第 2 報[17]에서는 無風時의 衣服의 開口位置 및 開口面積이 衣服의 保溫性에 미치는 影響에 관하여, 第 3 報[18]에서는 風速의 變化에 따른 衣服의 保溫性과 風速과 衣服의 開口位置 사이의 保溫性의 관계에 관하여, 號 4 報[19]에서는 冷却法에 의한 保溫性測定方法으로 水分量과 이에 따른 布地의 種類密度가 保溫性에 미치는 影響에 硏究報告하였다.

本 硏究에서는 織物의 保溫性과 이것과 關聯이 있는 織物의 두께, 氣孔度, 充塡密度, 熱傳導度, 水分率, 空氣透過度等을 實驗을 通하여 測定하고 이들을 重回歸分析[20~21](multiple regression analysis) 의하여 織物의 保溫性을 推定할 수 있는 推定回歸式을 求하여 關聯性을 檢討하는데 그 目的이 있다.

Ⅱ. 試料 및 實驗方法

1. 試　料

國內에서 生産되는 織物 30種類를 求得하여 供試布로 使用하였으며 그 組成은 Table 1과 같다.

Table 1. Details of the Samples

Sample No.	Cloth structure	Blend ratio (%)	Yarn count (Ne)	Cloth count (2.54 cm^{-1})	Thickness (mm)
1	Plain	Wool 100	48×48	64×60	0.52
2	〃	〃	48×48	67×61	0.61
3	〃	〃	48×48	52×54	0.35
4	〃	〃	60×60	68×72	0.49
5	〃	〃	60×60	68×70	0.45
6	〃	〃	60×60	84×77	0.64
7	〃	〃	60×60	68×78	0.54
8	〃	〃	52×52	60×62	0.50
9	〃	〃	52×52	76×72	0.59
10	〃	〃	52×52	86×80	0.76
11	〃	P/C 50/50	34×34	94×60	0.31
12	〃	〃	34×34	94×55	0.32
13	〃	〃	24×24	96×53	0.37
14	〃	〃	24×24	96×63	0.39
15	〃	〃	24×24	96×58	0.38
16	〃	〃	34×34	96×50	0.27
17	〃	〃	34×34	94×65	0.33
18	〃	〃	34×34	96×68	0.42
19	〃	〃	24×24	96×48	0.29
20	〃	〃	24×24	94×48	0.23
21	〃	Cotton 100	16×16	60×50	0.45
22	〃	〃	16×16	60×48	0.44
23	〃	〃	16×16	60×56	0.46
24	〃	〃	16×16	60×58	0.47
25	〃	〃	16×16	60×60	0.48
26	〃	〃	16×16	55×48	0.43
27	〃	〃	16×16	55×40	0.40
28	〃	〃	16×16	55×50	0.45
29	〃	〃	16×16	55×44	0.37
30	〃	〃	16×16	60×54	0.47

P : polyester, C : cotton

2. 實驗方法

1) 保溫率의 測定

ASTM에 準하여 製作된 保溫性試驗機(日本東洋精機株式會社製)를 使用하여 測定하였으며 試驗板에 試料를 덮었을 때와 無布狀態일 때의 一定溫度維持에 必要한 電力消費量을 다음式에 의하여 算出하였다:

$$保溫率(\%)=(1-b/a)\times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

여기서,

a; 試驗板의 無布狀態일 때의 電力消費量(W/hr)

b; 試驗板의 覆布狀態일 때의 電力消費量(W/hr)

이때 試驗板의 溫度는 人體의 溫度와 같도록 36°C로

測定시켰다.

2) 두께의 測定

두께測定機(日本東洋精機株式會社製)를 使用하여 K-SK 0506에 依據하여 測定하였다.

3) 氣孔度의 測定

氣孔度는 다음과 같은 式에 의하여 算出하였다.

$$氣孔度(\%)=\left(1-\frac{W}{\rho AL}\right)\times 100 \quad \cdots\cdots(2)$$

여기서,

W; 試料의 무게(g/cm²)

ρ; 纖維의 比重

A; 試料의 面積(cm²)

L; 試料의 두께(mm)

4) 充填密度의 測定

充填密度는 다음 式에 의하여 算出하였다.

$$充填密度(g/cm^3)=\frac{W}{L}\times\frac{1}{\rho} \quad \cdots\cdots(3)$$

여기서,

W; 試料의 무게(g/cm²)

L; 試料의 두께(mm)

ρ; 纖維의 比重

5) 熱傳導度의 測定

熱傳導度는 KSK 0446에 依據하여 다음과 같이 算出하였다.

$$V_1=\frac{P}{A(T_p-T_a)} \quad \cdots\cdots(4)$$

여기서,

P; 試驗板의 消費電力(W/hr)

A; 試驗板의 面積(cm²)

T_p; 試驗板의 溫度(°C)

T_a; 大氣中의 溫度(°C)

V_1; 混合熱傳達係數

$$\frac{1}{V_2}=\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_{bp}} \text{ 또는 } V_2=\frac{V_{bp}\times V_1}{V_{bp}-V_1} \quad \cdots(5)$$

여기서,

V_2; 試料의 熱傳達係數

V_{bp}; 試驗板의 熱傳達係數

$$K=V_2\times L/1000 \quad \cdots\cdots(6)$$

여기서,

L; 試料의 두께(cm)

K; 熱傳導度(W·m/hr·K)

6) 水分率의 測定

水分率은 KSK 0220에 準한 Oven 法에 의하여 測定하였다.

$$水分率(\%)=\frac{W-D}{D}\times 100 \quad \cdots\cdots(7)$$

여기서,

W; 試料의 무게(g)

D; 乾燥된 試料의 무게(g)

7) 空氣透過度의 測定

空氣透過度試驗機(美國 Clement Manufacturing Co.)를 使用하여 Frazier 型에 의하여 測定하였으며 試料의 密度에 따라 Orifice 直徑 4 mm, 8 mm 을 選擇하여 使用하였다.

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

全試料에 대하여 保溫率, 두께, 氣孔度, 充填密度, 熱傳導度, 水分率, 空氣透過度를 測定한 結果는 Table 2와 같다.

重回歸分析의 모든 값을 컴퓨터를 使用하여 計算하였으며 織物의 保溫性과 두께, 氣孔度, 充填密度, 熱傳導度, 水分率 및 空氣透過度와의 相關係數는 Table 3과 같았으며 織物의 두께가 가장 컸고 다음이 氣孔度, 充填密度, 熱傳導度, 水分率, 空氣透過度의 順이었으며 대체로 모두가 相關關係가 컸다.

織物의 保溫性(Y)을 從屬變數로 하고 두께(X_1), 두께와 氣孔度(X_2), 두께와 氣孔度 및 充填密度(X_3), 두께와 氣孔度와 充填密度 및 熱傳導度(X_4), 두께와 氣孔度와 充填密度와 熱傳導度 및 水分率(X_5), 두께와 氣孔度와 充填密度와 熱傳導度와 水分率 및 空氣透過度(X_6)를 獨立變數로 하여 重回歸分析을 行하였다.

1. 보온성과 두께와의 關係

織物의 두께는 保溫性을 決定하는 重要한 因子이다. 織物의 保溫率과 두께와의 相關關係를 調査한 結果 相關係數 0.9740으로 매우 큰 相關關係가 있었다. 織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로, 두께(X_1)을 獨立變數로 하여 最小自乘法에 의하여 다음과 같이 式(8)을 얻을 수 있었고 이 式의 相關係數는 0.9000으로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y=1.6005+46.8174X_1 \quad \cdots\cdots(8)$$

이 경우의 分散分析表는 Table 4와 같았으며 F比의 값이 自由度(1,28)의 F分布에 따라서 危險率 1%로 檢定하였든바 F分布 1%의 값이 7.64이므로 99%의 信賴限界로 매우 有意하였다.

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値를 Table 5에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 1과 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

Table 2. Results of the samples

Sample No.	Warmth retaining ratio (%)	Thickness (mm)	Porosity (%)	Packing density (g/cm^3)	Thermal conductivity ($W \cdot m/hr \cdot k$)	Moisture regain (%)	Air Permeability ($cm^3/min/cm^2$)
1	27.7	0.52	67.54	0.348	0.340	13.37	522.4
2	30.1	0.61	75.56	0.317	0.269	15.09	522.9
3	20.5	0.35	57.51	0.297	0.716	15.59	771.1
4	26.2	0.49	68.18	0.312	0.384	15.47	340.5
5	21.7	0.45	54.62	0.284	0.546	21.13	307.8
6	31.8	0.64	75.73	0.371	0.235	15.43	1002.1
7	29.5	0.54	75.43	0.364	0.330	13.59	621.7
8	26.4	0.50	68.60	0.324	0.378	15.05	413.5
9	30.0	0.59	75.38	0.353	0.329	14.88	913.1
10	34.8	0.76	80.24	0.409	0.214	12.74	329.3
11	15.8	0.31	48.15	0.217	0.784	5.30	4593.3
12	16.3	0.32	38.78	0.232	1.737	4.47	899.1
13	16.5	0.37	45.73	0.238	1.192	4.71	609.1
14	16.8	0.39	47.36	0.246	1.717	5.17	676.6
15	17.3	0.38	49.84	0.241	1.085	7.49	3358.8
16	14.5	0.27	32.68	0.219	1.073	6.35	2828.2
17	16.0	0.33	52.73	0.224	0.958	4.43	998.7
18	18.8	0.42	63.73	0.262	0.854	5.84	1498.6
19	17.9	0.29	48.96	0.213	0.810	6.14	3894.7
20	13.6	0.23	37.63	0.208	1.979	4.82	2350.0
21	19.4	0.45	50.37	0.263	0.917	8.96	2459.7
22	20.9	0.44	60.17	0.258	0.536	7.24	1414.8
23	23.0	0.46	61.38	0.278	0.515	8.16	1077.4
24	25.5	0.47	68.54	0.251	0.427	8.67	935.2
25	25.8	0.48	65.89	0.294	0.386	8.34	1013.4
26	22.4	0.43	52.47	0.255	0.624	6.68	2476.1
27	19.7	0.40	50.78	0.248	0.898	8.73	2865.7
28	24.7	0.45	63.91	0.268	0.401	9.42	1006.3
29	16.8	0.37	41.87	0.235	0.994	5.68	2938.5
30	24.2	0.47	62.36	0.276	0.399	7.42	1008.3

Table 3. Correlation coefficients between warmth retaining properties and various characteristics

Variable	Correlation coefficient
Thickness	0.9740
Porosity	0.9699
Packing density	0.9641
Thermal conductivity	0.9116
Moisture regain	0.8384
Air permeability	0.8150

2. 보온성과 두께 및 氣孔度와의 關係

織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로 두께(X_1) 및 氣孔度(X_2)를 獨立變數로 하여 重回歸分析을 行한 結果 式(9)를 얻을 수 있었고 이式의 重相關係數는 0.9704로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y = -1.4187 + 26.5072X_1 + 0.2055X_2 \quad \cdots\cdots (9)$$

이 경우의 分散分析表는 Table 6과 같았으며 F比의 값이 自由度(2,27)의 F分布에 따라서 有意水準 1%로 檢定하였든바 F分布 1%의 값은 5.49이므로 危險率 1%로 매우 有意하였다.

Table 4. ANOVA table for warmth retaining properties by thickness

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	843.5833	1	843.5833	252.0004	7.64
Error	93.7313	28	3.3476	—	—
Total	937.3146	29	—	—	—

Table 5. Observations, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	25.9455	1.7545	0.9589
2	30.1	30.1591	−0.0591	−0.0323
3	20.5	17.9866	2.5134	1.3737
4	26.2	24.5410	1.6950	0.9067
5	21.7	22.6680	−0.9683	−0.5292
6	31.8	31.5636	0.2361	0.1292
7	29.5	26.8819	2.6181	1.4310
8	26.4	25.0092	1.3908	0.7602
9	30.0	29.2228	0.7772	0.4248
10	34.8	37.1817	−2.3817	−1.3017
11	15.8	16.1139	−0.3139	−0.1716
12	16.3	16.5821	−0.2821	−0.1542
13	16.5	18.9229	−2.4229	−1.3243
14	16.8	19.8593	−3.0593	−1.6721
15	17.3	19.3911	−2.0911	−1.1429
16	14.5	14.2412	0.2588	0.1415
17	16.0	17.0502	−1.0502	−0.5740
18	18.8	21.2638	−2.4638	−1.3466
19	17.9	15.1775	2.7225	1.4880
20	13.6	12.3685	1.2315	0.6731
21	19.4	22.6683	−3.2683	−1.7863
22	20.9	22.2002	−1.3002	−0.7106
23	23.0	23.1365	−0.1365	−0.0746
24	25.5	23.6047	1.8953	1.0359
25	25.8	24.0728	1.7272	0.9440
26	22.4	21.7320	0.6680	0.3651
27	19.7	20.3275	0.6275	−0.3429
28	24.7	22.6683	2.0317	1.1104
29	16.8	18.9229	−2.1229	1.1603
30	24.2	23.1365	1.0635	−0.5813

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値는 Table 7에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 2와 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

Table 7. Observations, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness and porosity

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	26.2467	1.4533	1.0208
2	30.1	30.2807	−0.1807	−0.1269
3	20.5	19.6790	0.8210	0.5767
4	26.2	25.5830	0.6170	0.4334
5	21.7	21.7357	−0.0357	−0.0251
6	31.8	31.1108	0.6892	0.4840
7	29.5	28.3985	1.1015	0.7737
8	26.4	25.9344	0.4656	0.3270
9	30.0	29.7136	0.2864	0.2012
10	34.8	35.2187	−0.4187	−0.2940
11	15.8	16.6949	−0.8949	−0.6285
12	16.3	15.0341	1.2659	0.8891
13	16.5	17.7879	−1.2879	−0.9046
14	16.8	18.6531	−1.8531	−1.3015
15	17.3	18.8977	−1.5977	−1.1222
16	14.5	12.4550	2.0450	1.4363
17	16.0	18.1664	−2.1664	−1.5216
18	18.8	22.8129	4.0129	−2.8185
19	17.9	16.3312	1.5688	1.1018
20	13.6	12.4121	1.1879	0.8343
21	19.4	20.8621	−1.4622	−1.0270
22	20.9	26.6113	−1.7113	−1.2020
23	23.0	23.3902	−0.3902	−0.2740
24	25.5	25.1268	0.3732	0.2621
25	25.8	24.8473	0.9527	0.6692
26	22.4	20.7636	1.6364	1.1493
27	19.7	19.6211	0.0789	0.0554
28	24.7	23.6451	1.0549	0.7409
29	16.8	16.9946	−0.1946	−0.1367
30	24.2	23.5916	0.6084	0.4273

3. 保溫性과 두께, 氣孔度 및 充填密度와의 關係

織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로 두께(X_1), 氣孔度(X_2) 및 充填密度(X_3)을 獨立變數로 하여 重回歸分析

Table 6. ANOVA table for Warmth retaining properties by thickness and porosity

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	882.5813	2	441.2907	217.6889	5.49
Error	54.7334	27	2.0272	—	—
Total	937.3137	29	—	—	—

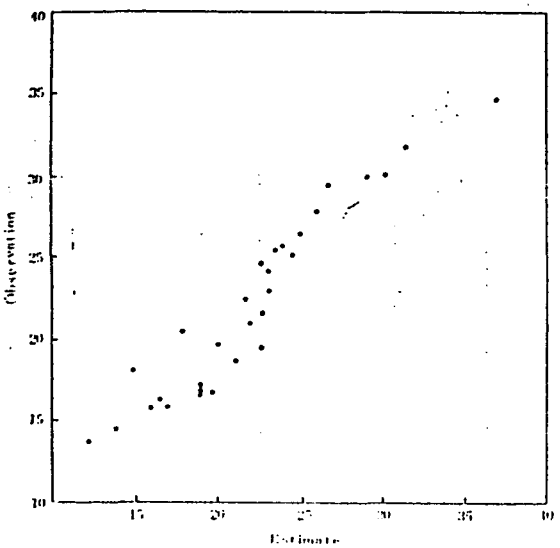

Fig. 1. Relationship between estimate and observation of warmth retaining properties by thickness.

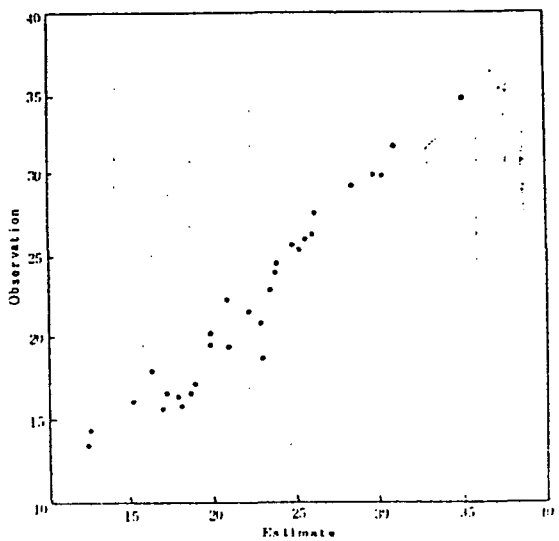

Fig. 2. Relationship between observation and estimate of warmth retaining properties by thickness and porosity.

을 行한 結果 式(10)을 얻을 수 있었고 이 式의 重相關係數는 0.9518로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y=-3.6908+17.4482X_1+0.1782X_2+28.3243X_3 \cdots(10)$$

이경우의 分散分析表는 Table 8과 같았으며 F比의 값이 自由度(3,26)의 F分布에 따라서 有意水準 1%로 檢定하였든바 F分布 1%의 값은 4.72이므로 危險率 1%로 매우 有意하였다.

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値를 Table 9에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 3과 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

4. 保溫性과 두께, 氣孔度, 充填密度 및 熱傳導度와의 關係

織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로 두께(X_1), 氣孔度(X_2), 充填密度(X_3) 및 熱傳導度(X_4)를 獨立變數로 하여 重回歸分析을 行한 結果 式(11)을 얻을 수 있었고 이 式의 重相關係數는 0.9588로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y=0.9202+16.9553X_1+0.1167X_2+30.3577X_3 -1.8884X_4 \cdots(11)$$

Table 8. ANOVA table for warmth retaining properties by thickness, porosity and packing density

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	892.0929	3	297.3643	170.9678	4.72
Error	45.2218	26	1.7393	—	—
Total	937.3147	29	—	—	—

Table 9. Observations, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness, porosity and packing density

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	27.2712	0.4288	0.3251
2	30.1	29.3923	0.7077	0.5366
3	20.5	21.0737	−0.5737	−0.4350
4	26.2	25.8421	0.3579	0.2714
5	21.7	21.9354	−0.2354	−0.1785
6	31.8	31.4472	0.3528	0.2675
7	29.5	29.4506	0.0494	0.0374
8	26.4	26.4313	−0.0313	−0.0237
9	30.0	30.0309	−0.0309	−0.0234
10	34.8	35.4490	−0.6490	−0.4921
11	15.8	16.4423	−0.6423	−0.4870
12	16.3	15.3724	0.9276	0.7033
13	16.5	17.6529	−0.1529	−0.8742
14	16.8	18.5188	−1.7188	−1.3033
15	17.3	18.6445	−1.3445	−1.0195
16	14.5	13.0451	1.4549	1.1032
17	16.0	17.8055	−1.8055	−1.3690
18	18.8	22.4118	−3.6118	−2.7386
19	17.9	16.1244	1.7756	1.3464
20	13.6	12.9174	0.6826	0.5176
21	19.4	20.5835	−1.1835	−0.8974
22	20.9	22.0132	−1.1132	−0.8441
23	23.0	23.1442	−0.1442	−0.1094
24	25.5	23.8295	1.6705	1.2667
25	25.8	24.7498	1.0502	0.7963
26	22.4	20.3820	2.0180	1.5301
27	19.7	19.3592	0.3408	0.2584
28	24.7	23.1372	1.5628	1.1850
29	16.8	16.8803	−0.0803	−0.0609
30	24.2	23.2622	0.9378	0.7111

이 경우의 分散分析表는 Table 10과 같았으며 F比의 값이 自由度(4,25)의 F分布에 따라서 有意水準 1%로 檢定하였든 바 F分布1%의 값은 4.18이므로 危險率 1%로 매우 有意하였다.

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値를 Table 11에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 4와 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

5. 保溫性과 두께, 氣孔度, 充填密度, 熱傳導度 및 水分率과의 關係

織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로 두께(X_1), 氣孔度

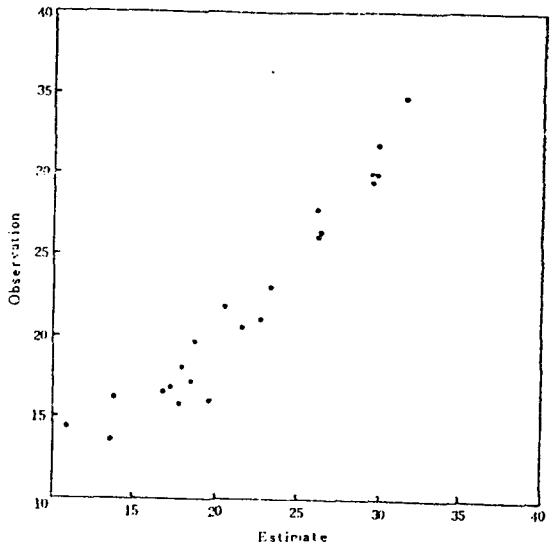

Fig. 3. Relationship between estimate and observation of warmth retaining properties by thickness, porosity and packing density.

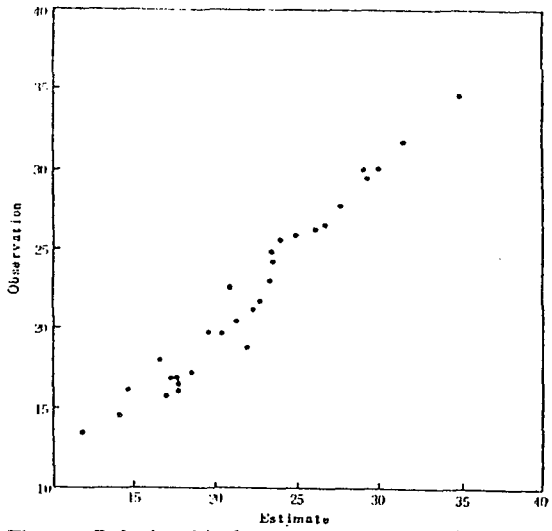

Fig. 4. Relationship between estimate and observation of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density and thermal conductivity.

(X_2), 充填密度(X_3), 熱傳導度(X_4) 및 水分率(X_5)을 獨立變數로 하여 重回歸分析을 行한 結果 式(12)을 얻을 수 있었고 이 式의 重相關係數는 0.9589로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y = 0.9353 + 17.2266X_1 + 0.1177X_2 + 28.9821X_3 - 1.8302X_4 + 0.0151X_5 \quad \cdots\cdots (12)$$

Table 10. ANOVA table for warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density and thermal conductivity

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	898.7212	4	224.6803	145.5429	4.18
Error	38.5935	25	1.5437	—	—
Total	937.3147	—	—	—	—

Table 11. Observations, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density and thermal conductivity

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	27.5422	0.1578	0.1270
2	30.1	29.1972	0.9028	0.7266
3	20.5	21.2309	−0.7309	−0.5882
4	26.2	25.9322	0.2678	0.2155
5	21.7	22.5155	−0.8155	−0.6563
6	31.8	31.3988	0.4012	0.3289
7	29.5	29.2764	0.2236	0.1800
8	26.4	26.5264	−0.1264	−0.1018
9	30.0	29.8166	0.1834	0.1476
10	34.8	35.1834	−0.3834	−0.3086
11	15.8	16.9032	−1.1032	−0.8879
12	16.3	14.6349	1.6651	1.3401
13	16.5	17.5052	−1.0052	−0.8090
14	16.8	17.1859	−0.3859	−0.3106
15	17.3	18.4475	−1.1475	−0.9236
16	14.5	13.9344	0.5656	0.4552
17	16.0	17.6608	−1.6608	−1.3367
18	18.8	21.8206	−3.0206	−2.4311
19	17.9	16.4881	1.4119	1.1363
20	13.6	11.7892	1.8108	1.4574
21	19.4	20.6813	−1.2814	−1.0313
22	20.9	22.2233	−1.3233	−1.0650
23	23.0	23.3504	−0.3504	−0.2820
24	25.5	23.7021	−1.7979	1.4470
25	25.8	24.9452	0.8548	0.6880
26	22.4	20.8978	1.5022	1.2091
27	19.7	19.4620	0.2380	0.1916
28	24.7	23.3878	1.3122	1.0561
29	16.8	17.3375	−0.5375	−0.4326
30	24.2	23.6231	0.5769	0.4643

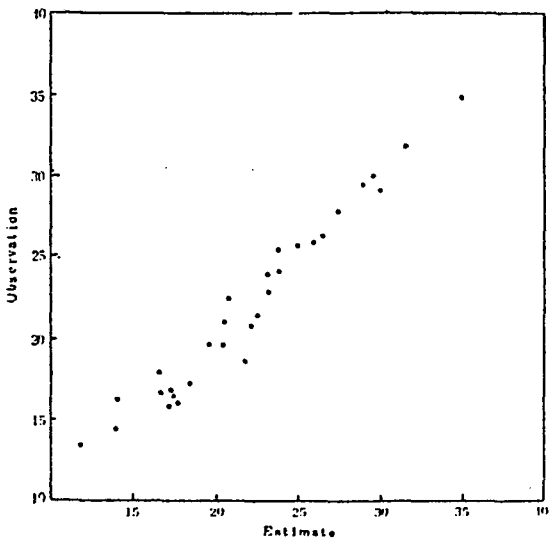

Fig. 5. Relationship between estimate and observation of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity and moisture regain.

이 경우의 分散分析表는 Table 12와 같았으며 F比의 값이 自由度(5,24)의 F分布에 따라서 有意水準 1%로 檢定하였든 바 F分布 1%의 값은 3.90이므로 危險率 1%로 매우 有意하였다.

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値를 Table 13에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 5와 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

6. 保溫性과 두께, 氣孔度, 充填密度, 熱傳導度, 水分率 및 空氣透過度와의 關係

織物의 保溫率(Y)을 從屬變數로 두께(X_1), 氣孔度(X_2), 充填密度(X_3), 熱傳導度(X_4), 水分率(X_5) 및 空氣透過度(X_6)를 獨立變數로 하여 重回歸分析을 行한 結果 式(13)을 얻을 수 있었고 이 式의 重相關係數는 0.9588로 매우 큰 相關關係가 있었다.

$$Y=0.7583+17.2343\,X_1+0.1196\,X_2+28.8830\,X_3 -1.8336\,X_4+0.0187\,X_5+0.0004\,X_6 \quad \cdots\cdots(13)$$

이 경우의 分散分析表는 Table 14와 같았으며 F比

Table 12. ANOVA table for warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity and moisture regain

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	898.7714	5	179.7543	111.9287	3.90
Error	38.5433	24	1.6060	—	—
Total	937.3147	—	—	—	—

Table 13. Observations, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity and moisture regain

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	27.5106	0.1894	0.1495
2	30.1	29.2627	0.8373	0.6607
3	20.5	21.2864	−0.7684	−0.6064
4	26.2	25.9770	0.2230	0.1760
5	21.7	22.6689	−0.9688	−0.7645
6	31.8	31.4030	0.3970	0.3133
7	29.5	29.2405	0.2595	0.2048
8	26.4	26.5511	−0.1511	−0.1193
9	30.0	29.8274	0.1726	0.1362
10	34.8	35.1293	−0.3293	−0.2598
11	15.8	16.8790	−1.0790	−0.8514
12	16.3	14.6261	1.6739	1.3209
13	16.5	17.4806	−0.9806	−0.7738
14	16.8	17.1981	−0.3981	−0.3141
15	17.3	18.4616	−1.1616	−0.9166
16	14.5	13.9134	0.5866	0.4629
17	16.0	17.6341	−1.6341	−1.2894
18	18.8	21.7925	−2.9925	−2.3614
19	17.9	16.4790	1.4210	1.1213
20	13.6	11.8071	1.7929	1.4148
21	19.4	20.6971	−1.2971	−1.0235
22	20.9	22.2051	−1.3051	−1.0299
23	23.0	23.3235	−0.3235	−0.2553
24	25.5	23.7256	1.7744	1.4002
25	25.8	24.9020	0.8980	0.7086
26	22.4	20.8698	1.5302	1.2075
27	19.7	19.4806	0.2194	0.1731
28	24.7	23.3875	1.3125	1.0357
29	16.8	17.3162	−0.5162	−0.4074
30	24.2	23.5826	0.6174	0.4872

의 값이 自由度(6,23)의 F分布에 따라서 有意水準 1%로 檢定하였든 바 F分布 1%의 값이 3.71로 危險率

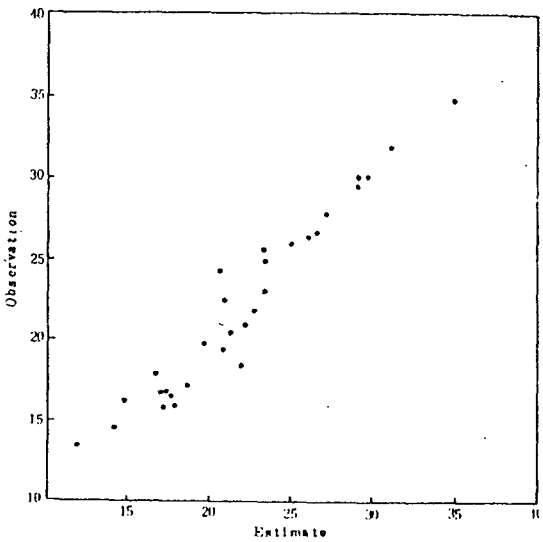

Fig. 6. Relationship between estimate and observation of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity, moisture regain and air permeability.

1%로 매우 有意하였다.

그리고 保溫率의 觀測値 및 推定値를 Table 15에 나타내었으며 그 結果를 圖示한 散布圖는 Fig. 6과 같았고 매우 좋은 結果가 보인다.

Ⅳ. 結 論

織物의 保溫性과 이것과 關聯이 있는 織物의 두께, 氣孔度, 充塡密度, 熱傳導度, 水分率 및 空氣透過度를 測定하여 이들의 關係를 統計學的으로 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 織物의 保溫性(Y)을 從屬變數로 두께(X_1), 두께와 氣孔度(X_2), 두께와 氣孔度 및 充塡密度(X_3), 두께와 氣孔度와 充塡密度 및 熱傳導度(X_4), 두께와 氣孔度와 充塡密度와 熱傳導度 및 水分率(X_5), 두께와 氣孔度와 充塡密度와 熱傳導度와 水分率 및 空氣透過度(X_6)

Table 14. ANOVA table for warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity, moisture regain and air permeability

Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F-value	F(0.01)
Regression	898.7280	6	149.7880	89.2829	3.71
Error	38.5866	23	1.6777	—	—
Total	937.3146	29	—	—	—

Table 15. Observation, estimates and residuals of warmth retaining properties by thickness, porosity, packing density, thermal conductivity, moisture regain and air permeability

Sample No.	Observation	Estimate	Residual	Normal deviation
1	27.7	27.4949	0.2051	0.1583
2	30.1	29.2721	0.8279	0.6392
3	20.5	21.2542	−0.7542	−0.5823
4	26.2	25.9663	0.2337	0.1804
5	21.7	22.6542	−0.9542	−0.7367
6	31.8	31.4562	0.3438	0.2654
7	29.5	29.2426	0.2574	0.1987
8	26.4	26.5521	−0.1521	−0.1175
9	30.0	29.8467	0.1533	0.1184
10	34.8	35.1236	−0.3236	−0.2499
11	15.8	16.9641	−1.1641	−0.8987
12	16.3	14.6270	1.6730	1.2916
13	16.5	17.4147	−0.9147	−0.7062
14	16.8	17.2202	−0.4202	−0.3244
15	17.3	18.4048	−1.1048	−0.8530
16	14.5	13.9249	0.5751	0.4440
17	16.0	17.6558	−1.6557	−1.2783
18	18.8	21.7668	−2.9668	−2.2906
29	17.9	16.4503	1.4497	1.1193
20	13.6	11.8404	1.7596	1.3585
21	19.4	20.7097	−1.3097	−1.0111
22	20.9	22.2355	−1.3355	−1.0311
23	23.0	23.3186	−0.3186	−0.2460
24	25.5	23.7250	1.7750	1.3704
25	25.8	24.8859	0.9141	0.7057
26	22.4	20.8285	1.5715	1.2133
27	19.7	19.4991	0.2009	0.1551
28	24.7	23.3789	1.3211	1.0200
29	16.8	17.3257	−0.5257	−0.4059
30	24.2	23.5610	0.6390	0.4934

를 獨立變數로 하였을 때 推定回歸式은 다음과 같았다.

1) $Y=1.6005+46.8174\,X_1$
   $(R=0.9487)$
2) $Y=-1.4187+26.5072\,X_1+0.2055\,X_2$
   $(R=0.9704)$
3) $Y=-3.6908+17.4482\,X_1+0.1782\,X_2$
   $+28.3243\,X_3$
   $(R=0.9756)$
4) $Y=0.9202+16.9553\,X_1+0.1167\,X_2$
   $+30.3577\,X_3+1.8884\,X_4$
   $(R=0.9792)$
5) $Y=0.9353+17.2266\,X_1+0.1177\,X_2$
   $+28.9821\,X_3-1.8302\,X_4+0.0151\,X_5$
   $(R=0.9792)$
6) $Y=0.7583+17.2343\,X_1+0.1196\,X_2+28.8830\,X_3$
   $-1.8336\,X_4+0.0187\,X_5+0.0004\,X_6$
   $(R=0.9792)$

2. 織物의 두께와 氣孔度 및 充填密度를 變數로 한 重回歸式에 熱傳導度, 水分率, 空氣透過度等의 變數를 加하여도 保溫性에 미치는 影響은 그다지 크지 않다.

따라서 織物의 두께, 氣孔度 및 充填密度를 變數로 하는 重回歸式

$Y=-3.6908+17.4482\,X_1+0.1782\,X_2+28.3243\,X_3$

이 實用性이 크다.

參 考 文 獻

1) C.H. Lees, On the thermal conductivities of single and mixed solids and liquids and their variation with temperature, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 191, 399~440, (1898).
2) C.D. Niven and J.D. Babbit, On the heat transmission of textile fabrics, *J. Text. Inst.*, 29, 161~172, (1938).
3) F.T. Peirce and W.H. Rees, Transmission of heat through textile fabrics, *J. Text. Inst.*, 37, 181~204, (1940).

4) 中朝子, 衣服の熱力學的研究", 第6編, 國民衛生社, 東京, 1968.
5) S. Baxter, Thermal conductivity of textile, *Proc. Phys. Soc.*, 19, 105~118, (1946).
6) G.J. Morries, Thermal properties of textile materials, *J. Text. Inst.*, 44, 449~476, (1953).
7) 相川福, 保溫材の特性と應用, 10, 月刊工業新聞社, 東京, 1963.
8) 小川安朗, 衣服と保溫性, 纖消誌(日本), 9, 18~26, (1968).
9) 土田和義, 原田隆司, 大島浩, 內山 生, 衣服材料の水分と熱の移動特性, 纖機誌(日本), 35, 28~32, (1982).
10) S. Baxter and A.B.D. Cassie, The thermal insulating properties of clothing, *J. Text. Inst.*, 34, 41~54, (1943).
11) M.C. Marsh, The thermal insulating properties of fabrics, *J. Text. Inst.*, 22, 245-273, (1931).
12) G. Fonseca and Breckenridge, Wind penetration through fabrics system (part I), *Text. Res. J.*, 35, 95-103, (1965).
13) 金泳錫, 綿編紡毛織物의 構成과 特性에 關한 硏究, 忠南大學校 工業技術開發硏究所, 2, 177-187, (1975).
14) 李在坤, 織物의 熱傳達에 關한 硏究, 韓國纖維工學會誌, 15, 12-17, (1978).
15) 李智映, 宋泰玉, 織物의 形成方法이 熱傳導에 미치는 영향, 韓國纖維工學會誌, 18, 71-78, (1981).
16) 金泰熙, 織物의 保溫性에 關한 硏究(I), 忠南大學校 論文集, 第14輯, 335-342, (1981).
17) 金泰熙, 織物의 保溫性에 關한 硏究(II), 韓國衣類學會誌, 5, 63-68, (1981).
18) 金泰熙, 織物의 保溫性에 關한 硏究(III), 忠南大學校附設資源問題硏究所, 3, 117-124, (1982).
19) 金泰熙, 織物의 保溫性에 關한 硏究(IV), 韓國衣類學會誌, 8, 95-106, (1984).
20) 李光培, 夏斗秀夫, 內山 生, 織物의 드레이프性에 關한 硏究(I), 韓國纖維工學會誌, 21, 1-9, (1984).
21) N.R. Draper and H. Smith, Applied Regression Analysis, 104-127, John Wiley and Soc. Inc., New York, (1966).