一致を示した。

(3) フォームの経度面に圧縮モジュラスの異方性が存在するのは、フォームの幾何学的構造を示す量 $K (=l_z/l_x)$ が、 $K \approx 1$ であることに起因する。ここに、 l_z および l_x は発泡方向に平行および垂直方向のセル・サイズである。

(4) 圧縮実験に際し、試料を均質体として扱うためには、 β の角度をもつ $Y(\beta)$ 測定用試料はすべて、試料の厚さ方向に少なくとも $[N] = 20$ 数個のセルの積み重なりが必要である。このことから、均質性を現わす最小の試料厚は、セル・サイズおよび β に依存する。

(5) セルの対角線の方向と試料の厚さ方向が一致する場合は、試料の厚さ方向の単位長さに対するセル個数が最小のケースであるので、この際の均質性をあたえる試料厚 $[t]$ をそのまま他の角度をもつ試料の厚さにすれば十分である。この場合、 $[t]$ は、 $[t] = [N] \cdot \sqrt{l_z^2 + l_x^2 + l_y^2}$ として計算される。

終りに、本稿のご高閲を賜りました京都工芸繊維大

学井上友一教授ならびに若山一夫教授に深謝致します。
また、フォームの複雑な裁断にご協力いただきましたM.T化成工業に謝意を表します。

文 献

- 1) 篠原; 織工学, 19, 807 (1966)
- 2) たとえば, R.J. Roe, W.R. Krigbaum; *J. Appl. Phys.* 35, 2215 (1964)
- 3) たとえば, 山井; 林試報, 113 (1959)
- 4) C.J. Benning; *Plastic Foams, the physics and chemistry of product performance and process technology, Volume 2 Structure Properties and Applications*, p.16-20, John Wiley and Sons, New York (1969)
- 5) 大沢, 中山, 三平; 高化, 26, 443 (1969)
- 6) 藤野, 川端, 碓, 山口; 材料, 13, 698 (1964)
- 7) J. A. Talalay; *Ind. Eng. Chem.*, 46, 1530 (1954)
- 8) 大村; 織学誌 31, T111 (1975)
- 9) 大村, 若山, 井上; 織学誌 25, 248 (1969)
- 10) 大村, 若山, 井上; 織学誌 26, 23 (1970)
- 11) W.W. Moseley; *J. Appl. Polymer Sci.*, 3, 266 (1960)

(昭和50年8月5日受理)

縫製時における針温度とその解析*

東京農工大学工学部 鎌田佳伸・原田雅之**
木下陸肥路・志村奉美

THE SEWING NEEDLE TEMPERATURE AND ITS ANALYSIS

By Yoshinobu Kamata, Masayuki Harada, Rikuhiko Kinoshita and Tomoyoshi Shimura

(Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology,
Koganei, Tokyo 184, Japan)

The sewing needle-temperature rises considerably in accordance with increase of machine velocity and the number of fabric layers. The temperature rises under constant number of fabric layers increases rapidly first and then slowly, and may level off at very high machine velocity. The dependence of the temperature rise under constant machine velocity on the number of fabric layers has also similar behaviors described above.

The complex shape of the needle is simplified as a semi-infinite rod having a uniform cross-sectional area. Then, it was derived the reasonable formula of the needle-temperature rises as a function of machine velocity and the number of fabric layers during the sewing without thread. This formula explains the relationship between the heat generation for a needle to move in and out of fabrics and the heat dissipation from the needle surface. The dissipation involves both the heat transfer to air and the heat transmission to fabrics. The formula has well-agreed not only with the experimental results but also with those reported in the literature.

(Received August 5, 1975)

*この報文を「縫製時における針の温度上昇とその機構に関する研究(第1報)」。Studies on the Needle-Temperature Rise and its Mechanism During the Sewing (part 1).」とする。

**現在の所属: 蝶理株式会社東京支社(東京都中央区日本橋堀留町2-9)

Present address: Chori Co. Ltd., Tokyo Branch, Horidome 2-9, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo, Japan.

1. 緒 言

高速縫製における針温度は針と布との摩擦により発生する熱のためきわめて大きくなる。そのため、縫糸切れ化繊布に対する溶融穴、天然布に対するこげ穴、針の焼き戻しによる硬度低下等の種々の障害が生じる。この針の温度上昇の問題に関して、数年来数多くの研究¹⁻⁶⁾がなされてきた。しかしながら、針温度の定量的、総括的知見を得るためには解析的扱いが必要であるが、この点に関する研究はHoward等⁷⁾によってのみ目指されたにすぎない。彼等の得た式は複雑かつ具体性に欠けるものであり、結論的には針表面からの熱放散について言及するにとどまっている。そこで本研究では、縫糸を使用しない縫製条件において、ミシン回転数と布の重ね枚数に対する針の温度上昇の測定を行なった。そして、その解析のために針の温度上昇を表わす式を導いた。得られた式は実験および文献に報告されている測定結果とよい一致を見た。さらに、発熱と放熱の針温度への影響についても若干の知見を報告する。

2. 実験方法

表1に示す縫製条件にて、縫糸を用いない場合の平衡針温度を測定した。実験に用いた針の直径に比べ充分細い熱電対(クロメル-アルメル、線径0.1φ)を温度測定に利用した。そのため、熱電対を通しての熱の逃げは無視できると考えられる。図1に熱電対の取り付けを示す。熱接点を接着剤(α -シアノアクリレート)により針溝に注意深く固定した。その位置は針先端から4.5mm 針穴中心より1.0mmである。冷接点は流動パラフィンを満た

Table 1. Sewing conditions.

Machine	Janome DB-J 701, 5 stitches/cm.
Needle	Organ DBx1 #16, chrome-plated.
Material	35% cotton-65% polyester blended, 40s, 58 ends/cm, 28 picks/cm, 0.2 mm thickness under the pressure of 3 kg/cm ² .
Thread	None used.
Room conditions	20±0.3 °C, 65±3% RH.

Fig. 1 A combination of the needle and thermocouple.

したジュワービンとした。したがって、針温度を室温からの上昇分として、レコーダー(横河、タイプ3046)により直接記録した。

3. 実験結果

針の温度上昇の典型的な測定例を図2に示す。布を1枚用い、3,000rpmのミシン回転数で測定を行なった。A点で縫製を開始する。AB部分で針温度の急激な上昇が見られる。20秒後のB点から針温度はほぼ平衡になっていると認められる。Cが縫製の停止点であり、CDは冷却曲線である。BC部分における温度上昇の変動は針と布との摩擦状態の変化によるものと思われる。それゆえ、この部分の平均値を針の温度上昇として以下の実験に用いた。最大測定誤差は1回縫製において±3°C以内、同一縫製条件で±7°Cであった。

図3および図4に布の重ね枚数とミシン回転数に対する針の温度上昇の依存性を示す。両図とも同一の測定値を用いて描いた。針の温度上昇は布の重ね枚数あるいは

Fig. 2 A typical trace of needle-temperature rise.

Sewing conditions:
machine velocity - 3,000 rpm;
the number of fabric layers - 1 ply.

Fig. 3 The needle-temperature rise as a function of number of fabric layers for different machine velocities.

Fig. 4 The needle-temperature rise as a function of machine velocity for different number of fabric layers.

Data are the same as used in Figure 3.

Table 2. Temperature profile along the needle.

Position x [mm]	1.0	2.5	5.5	8.5
Temperature rise θ [°C]	134	122	76	44

$x=0$ at the center of needle eye. Number of fabric layers: 2 plies. Machine velocity: 3,000 rpm.

ミシン回転数の増加に従って、初めは急激な増加を示すが、次第に増加の割合が小さくなり、一定値をとると思われる。測温点は針穴中心より1mmの位置であるから、針穴中心付近の平均温度は測定値以上であり^{2,9,10}さらにその場所の針と布との摩擦面温度はより高くなっているものと推測される。

表2に針軸に沿った針の温度分布を示す。縫製条件として布の重ね枚数は2枚、ミシン回転数は3,000rpm、その他は表1と同じである。結果は針温度が針軸に沿って急激に減少することを示している^{2,9,10}。

4. 考 察

4.1 針温度の解析

針が布を貫通して戻るときに発生する摩擦熱により上昇する針温度は、針表面から空気中への熱伝達により、あるいは布を通しての放熱のため平衡になると考えられる。このヒート・バランスから平衡針温度の式が得られる。それゆえ、本実験に合致した解析を以下に試みる。

針の形状が複雑なため、針と布との摩擦による熱発生は針の位置により異なる。この要因を考慮することは容易ではない。そこで、問題を単純化して図5に示すごく針の形状を一樣断面の細長い棒とする。そして、その棒の先端のある長さ l の部分で単位時間当り Q の熱が摩擦により発生し、その部分の温度は一定値 T_0 に保たれて

Fig. 5 A simplified model of a sewing needle, and coordinate system. The shaded space shows the generated region of frictional heat.

いるとする。棒の断面積を A 、周囲長を p 、熱伝導率を λ 、そして棒表面から温度 T_0 の空気中への熱伝達率を h とする。 λ と h の温度依存性は無視できるとし、さらに棒の同一断面内の温度勾配も無視できるとすると、棒の長さ方向の位置 x における温度 T は次式で与えられる⁹⁾。

$$T = T_e + (T_0 - T_e) e^{-mx} \quad (1)$$

$$\text{ここで, } m = \sqrt{ph/\lambda A} \quad (2)$$

熱発生部(図5の斜線部分)から空気および布へ放散する熱量は、その伝熱係数を K とすると、 $K(T_0 - T_e)$ で表わされる。ただし、針周辺の布の温度と空気の温度は等しいと仮定する。したがって、 $Q - K(T_0 - T_e)$ の熱が $x=0$ の面を通して針軸方向に流入するから、

$$-\lambda A \left(\frac{dT}{dx} \right)_{x=0} = Q - K(T_0 - T_e) \quad (3)$$

となり、上式と(1)式より

$$\theta = \frac{Q}{\lambda A_m + K} e^{-mx} \quad (4)$$

を得る。ここで、 $\theta = T - T_e$ (室温からの上昇分)である。(4)式は針先端における発熱量 Q による針軸に沿った温度上昇分布を与える。

図6の黒丸は表2に示した我々の実験結果の図示であり、白丸は我々と同様に熱電対を用いた Dorkin 等⁴⁾の測定結果を示す。さらに、図7-aはHoward等²⁾の赤外ふく射温度計による測定結果であり、図7-bにその針幹

Fig. 6 The natural logarithm of needle-temperature rise vs the positions on the needle.

The origin is taken at the center of the needle eye. Closed circles: the experimental results are shown in Table 2. Open circles: those of Dorkin et al.⁴⁾

Fig. 7-a The needle temperature profile along the needle quoted from Howard et al.²

7-b The natural logarithm of needle-temperature rise vs the positions on the shank of the needle. Data are obtained from Figure 7-a.

部分の温度分布の書き換えを示す。いずれも $\ln \theta$ と x に充分直線関係が認められ、よく(4)式と一致する。

次に、布の重ね枚数 (n ply) とミシン回転数 (N rpm) による(4)式の拡張を試みる。この場合、 Q , K は n , N の関数、そして h は N の関数と考えられるので、順次それ等について検討する。

(a) Q について： Q は針が布を貫通して引き抜く時の摩擦によって発生する単位時間当りの熱量である。したがって、 Q は布の重ね枚数とミシン回転数に比例し、

$$Q = n N q \quad (5)$$

と考えられる。ここで、 q の単位は kcal/hr rpm ply であり、 $q/60 \text{ kcal}$ の熱が布1枚、ミシン1回転で発生することになる。なお、若干の速度依存性が q に考えられるが⁽¹¹⁾、簡単のためこれを無視する。

(b) h について： h は針表面から空気中への熱伝達率であり、対流だけでなく、ふく射による熱伝達も含む。細線がその長さ方向に往復運動している場合の熱伝達に関する研究は見られない。それゆえ、本報では h の N に対する依存性の知見を得るため次の付加実験を行なった。

針温度の測定に使用した針と同一グループの針の太さ一様な針幹部分を切りとり、これを試料とした。この試料を針棒に固定された熱絶縁性の把持器に取り付け、針表面から空気中への熱伝達率を測定した。まず熱風により適当な温度(約120°C)まで試料を加熱し、続いて加熱停止と同時にミシンを一定速度で運転する。その冷却温度を前と同様に熱電対により検出し、レコーダーに記録した。得られた冷却温度-時間曲線から熱伝達率 h を下記の式により求めた。ニュートンの冷却の法則により、この場合の冷却温度は容易に導かれる。

$$\theta = C_e^{-p'h/A'\rho c} \quad (6)$$

ここで、 θ は時刻 t における冷却温度(室温からの上昇分)であり、 C は積分定数である。また、 p' , A' , ρ , c

Fig. 8 The values of $p'h/A'\rho c$ vs machine velocity.

して c はそれぞれ、試料の周囲長、断面積、密度、そして比熱である。試料の両端および熱電対を通しての熱の逃がしは無視できるとし、さらに試料内温度は一樣と仮定した。 t に対する $\ln \theta$ の測定結果は各回転数ごとにきれいな直線となる。したがって熱伝達率の温度依存性は認められなかった。この測定結果の勾配のミシン回転数に対するプロットを図8に示す。図の測定値間に直線性が認められることから次の実験式を得る。

$$\frac{p'h}{A'\rho c} = 0.111 \times N + 143 \quad (1/\text{hr}) \quad (7)$$

あるいは

$$h = 19(1 + 7.7 \times 10^{-4} N) \quad [\text{kcal/m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}] \quad (8)$$

上式の計算に用いたデータは次の通りである。 $A' = 5.9 \times 10^{-7} \text{ m}^2$, $p' = 3.8 \times 10^{-3} \text{ m}$, $\rho = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $c = 0.11 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$, ただし、 A' と p' は実測値であり、 ρ , c は文献⁽¹⁰⁾からの推定値である。

したがって、(8)式を一般化すると

$$h = h_0(1 + aN) \quad (9)$$

となり、この式は針表面から空気への熱伝達率のミシン回転数依存性を表わす。

再び、図6の我々の実験結果に戻って、実線の勾配を計算すると

$$-m = -\sqrt{p'h/\lambda A} = -116 \quad (1/\text{m}) \quad (10)$$

となる。ここで、前出の実測値： $p = p'$, $A = A'$ を用い、 h は $N = 3,000 \text{ rpm}$ と(8)式から計算し、 λ の値は文献⁽¹⁰⁾からの推定値(20~40)の平均 $30 \text{ kcal/m hr } ^\circ\text{C}$ を用いた。ところで、図6の実線の勾配を実測すると $-1.2 \times 10^3 \text{ } 1/\text{m}$ となり、計算値と一致する。このことから、針を半無限の細線とした仮定の妥当性が認められる。

(c) K について： K は熱発生部における伝熱係数である。これは空気への熱伝達と布への熱移動にわけられる。前者による伝熱係数を K_a , 後者のそれを K_f とすると、 $K = K_a + K_f$ である。まず K_f について考える。布への熱移動は空気への熱伝達と同様に熱伝達率 h' で行なわれるとし、さらに布1枚が針と接触する面積を S' とする。実際

の針と布との接触は間歇的であるから、この S' には接触の時間割合も含まれる。そうすると、

$$K_f = n S' h' \quad (11)$$

ここで、布への熱伝達率として定義した h' の回転数依存性を考えてみる。単位時間当りの針と布との接触時間は一定である。しかしながら、1ストロークの針と布との接触時間が長いと、最初室温である布の針のまわりの温度は時間とともに上昇し、布への熱移動は小さくなる。言い換えれば、回転数が大きいほど布への熱移動は大きくなる。それゆえ、 h' は N の増加に伴い大きくなると予想できる。そこで h' は簡単に h と同型の次式で与えられと仮定する。

$$h' = h_0'(1 + bN) \quad (12)$$

ここで、 b は布への熱移動の回転数依存性を表わす係数であり、 h_0' は針が静止している場合の布への熱伝達率である。次に K_a について考える。熱発生部から空気への放熱面積はその一部が布により遮蔽されるから、熱発生部の表面積を $S (=l_p)$ とすると、

$$K_a = (S - nS')h \quad (13)$$

よって、(11)と(13)式より

$$K = Sh + nS'(h' - h) \quad (14)$$

ところで一般に、固体の熱伝導率、熱容量は気体のそれらよりかなり大きい。それゆえ、ある固体の加熱面が他の固体面あるいは空気へごく短時間接触する場合を考えると、固体への熱移動量は空気へのそれよりきわめて大きい。したがって、針から布への熱伝達率は空気へのそれより充分大きいと考えてよいであろう。すなわち、 $h' \gg h$ 。よって、(14)式は簡単化され、次式となる。

$$K = Sh + nS'h' \quad (15)$$

以上の(5)と(15)式を(4)式に代入すると、布の重ね枚数とミシン回転数を考慮した場合の針の温度分布の式

$$\theta = \frac{nNq}{\lambda Am + Sh + nS'h'} e^{-mx} \quad (16)$$

を得る。ここで、 h と h' はそれぞれ(9)と(12)式で与えられる。上式の分子は摩擦による発熱量を、分母は針からの放熱の割合を表わす。分母の最初の2項は空気への伝熱係数であり、最後の項は布への伝熱係数である。また、 e^{-mx} は針軸に沿った針温度の減少の程度を表わしている。

(16)式の逆数をとると、

$$\frac{1}{\theta} = F(N) \frac{1}{n} + G(N) \quad (17)$$

ここで、

$$F(N) = \frac{\lambda Am + Sh}{Nq} e^{-mx} \quad (18)$$

$$G(N) = \frac{e^{-mx} S' h'}{Nq} = \frac{e^{-mx} S'}{q} \left(h_0' \frac{1}{N} + h_0' b \right) \quad (19)$$

$F(N)$ は布への熱移動が空気への熱移動に比べて無視できる場合の布1枚当りの針の温度上昇の逆数を意味し、 $G(N)$ はそれとは逆に布への熱移動が放熱を支配する場合の針の温度上昇の逆数を意味する。(17)式から、 $1/\theta$ は $1/n$ に比例する。その勾配は $F(N)$ 、切片は $G(N)$ である。また(19)式から $G(N)e^{-mx}$ は $1/N$ に比例する。以上の関係と実験との一致を調べる。図9は針温度の測定結果(図3)を書き換えたものであり、各回転数における測定値間の直線性は明白である。その直線の切片から図10が描かれた。この図においても、(19)式との一致はきわめて良い。また、Dorkin等⁷⁾は2種類の布を用いて、布の重ね枚数による針の温度上昇を図11-aのごとく報告している。図11-bはそれを書き換えたものであるが、これにおいても $1/\theta$ と $1/n$ との間に直線関係が布ごとに見うけられる。したがって、布、針等の縫製条件が異なっても(16)式が成立すると期待できる。

なお、図11-bにおいて、2直線は切片で一致する。これは、(19)式から発熱量と布への伝熱係数の比は布によらず一定という興味ある示唆を与えるが、この問題は先の課題である。

Fig. 9 Reciprocal of needle-temperature rise vs reciprocal of number of fabric layers. Data are obtained from Figure 3.

Fig. 10 The value of $G(N)e^{-mx}$ vs reciprocal of machine velocity.

Fig. 11-a The needle-temperature rise as a function of number of fabric layers for 2 different fabrics quoted from Dorkin et al.⁴. Fabric A: terylene sailcloth. Fabric B: terylene/worsted. Machine velocity is 3,000rpm.

11-b Reciprocal of needle-temperature rise vs number of fabric layers.

Data are obtained from Figure 11-a.

以上の解析から、簡潔に針の温度を予測する式を得ることができた。式に含まれるパラメータの予想値は単独の実験から知ることができるが、次に述べるように針温度の測定結果より計算できる。

4.2 パラメータの計算

実験に用いた針の観察より S の大きさは $5 \sim 15 (\times 10^{-6} \text{ m}^2)$ と推定すると、(18)式と図9の勾配より q の値は $9 \sim 11 (\times 10^{-6} \text{ kcal/rpm hr ply})$ と求められる。そこで、平均値を用いて $S = 10^{-6} \text{ m}^2$ 、 $q = 10^{-4} \text{ kcal/rpm hr ply}$ が得られる。さらに(19)式と図10より、

$$\frac{S' h'_0 b}{q} = 1.9 \times 10^{-8} \quad (1/^\circ\text{C}) \quad (20)$$

$$\frac{S' h'_0}{q} = 2.3 \quad (\text{rpm}/^\circ\text{C}) \quad (21)$$

これらの式と上記の q 値から、 $b = 8.3 \times 10^{-4} \text{ 1/rpm}$ 、 $S' h'_0 = 2.3 \times 10^{-4} \text{ kcal/hr } ^\circ\text{C ply}$ を得る。ただし、以上の計算に用いた数値は $x = 10^{-3} \text{ m}$ を除いて前述と同じである。本実験では $q/60 \approx 1.7 \times 10^{-6} \text{ kcal}$ であるから、針が1枚の布を貫通して戻るときにこれだけの熱が発生していると推測される。

この熱は針が布を貫通する仕事の測定から、この仕事がつすて熱に変わるとして求められる。我々の仕事量からの測定結果と比較するとオーダー的に一致している。これについての詳細は別の機会に報告したい。

4.3 針温度の減少に関する検討

(16)式より、針の最高温度は

$$(\theta)_{x=0} = \frac{n N q}{\lambda A m + S h + n S' h'} \quad (22)$$

当然のことながら、 q 値、すなわち発生熱量を小さくす

Table 3. Comparison between the heat transfer from the needle to the air and the heat transmission to the fabrics in the experiments.

(x 10 ⁻² kcal/hr °C)						
N [rpm]		500	1000	2000	3000	4000
Y		0.16	0.18	0.23	0.27	0.31
	n [ply]					
Z	1	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10
	3	0.10	0.13	0.18	0.24	0.30
	5	0.16	0.21	0.31	0.40	0.50
	10	0.33	0.42	0.61	0.80	0.99

n : number of fabric layers. N : machine velocity.

$Y = \lambda A m + S h = \sqrt{\lambda A p h_0 (1 + a N)} + S h_0 (1 + a N)$.

$Z = n S' h' = n S' h'_0 (1 + b N)$.

ることは針の温度上昇を小さくする直接的方法である。上式において、分母の最初の2項は針から空気への熱移動の割合を意味し、最後の項は布へのそれを意味する。前出の実験値および計算値を用いた両者の比較を表3に示す。布の重ね枚数の少ない場合の放熱は針から空気への熱移動が支配的であるが、一方、重ね枚数が大きく(布が厚い)、高速で縫製する場合には布への熱移動が支配的となる。Howard等¹⁾は針表面から空気中への熱移動を検討しているが、それに加えて、針が短時間布と接触する時の熱移動の効果もまた充分考慮する必要がある。縫糸を用いた普通の縫製における針温度は縫糸を用いない場合より低くなると報告^{2,6,8)}されているが、この事実は布(繊維)と針との接触による熱移動がきわめて大きいという我々の結果から理解できる。

5. 結 論

ミシン回転数と布の重ね枚数に対する平衡針温度の依存性をおもに調べた。針温度はミシン回転数あるいは布の重ね枚数の増加に伴いはじめは急激な増加を示すが、次第に上昇の割合が小さくなり、ついには一定になると思われる。

針の複雑な形状を簡単化して、一様断面を有する半無限の棒と仮定することによって、針の温度上昇を予測する簡潔な式を得ることができた。その式は針と布との摩擦により発生する熱と、針から布および空気へ放散する熱との関係で表わされている。式の妥当性は我々の実験結果のみならず、文献に報告されている測定値との一致においても見られる。

式に含まれているパラメータを本実験値を用いて計算した。得られたパラメータの値は本実験のみに適用できるもので、針や布が異なればその値も異なる。しかしながら、種々の針および布を用いた針温度の測定からパラメータ値の集積がなされれば、その情報をもとに、つねに我々の得た式から容易に針温度を予測することができ

ると考える。

また、針温度の減少に関しては、直接的には熱発生を小さくすることである。針から空気および布への放熱の比較においては、特に、布の重ね枚数が多い(布が厚い)高速縫製においては針から布への熱移動の割合が空気への熱移動に比べて非常に大きくなることがわかった。したがって、この縫製条件では針表面から空気への放熱のみによって針温度を大きく減少させることは難しく、むしろ布への放熱を充分研究する必要がある。

付記：本研究にあたり終始御指導、御討議いただいた本学仲三郎教授に深謝の意を表します。本研究は繊維学会昭和50年春季研究発表会(東京)で報告致しました。

文 献

- 1) G.M. Howard, D. Parsons; *Textile Res. J.*, **38**, 606

- (1968)
 2) G.M. Howard, J.J. Sheehan, E.R. Mack, D.R. Virgilio; *Textile Res. J.*, **41**, 231 (1971)
 3) G.M. Howard, D.R. Virgilio, E.R. Mack; *Textile Res. J.*, **43**, 651 (1973)
 4) C.M.C. Dorkin, N.H. Chamberlain; Clothing Institute Technological Report No. 13, London, (1963)
 5) W.S. Sondhelm; *Textile Inst.*, **44**, T580 (1953)
 6) R.D. Laughlin; *Textile Res. J.*, **33**, 35 (1963)
 7) S.P. Hersh, P.L. Grady; *Textile Res. J.*, **39**, 101 (1969)
 8) 大村 寧; 織機学会論文集, **21**, T210 (1968)
 9) H.S. Carslaw, J.C. Jaeger; *Conduction of Heat in Solids*, 2nd ed., London, Oxford University Press, p. 135 (1959)
 10) 日本機械学会; 伝熱工学資料, 改訂第2版, (1966)
 11) R.A. Khan, S.P. Hersh, P.L. Grady; *Textile Res. J.*, **40**, 489 (1970)

(昭和50年9月10日受理)

ちりめんのフラウンホーファー像*

農林省蚕糸試験場 馬 越 芳 子
 東京工業大学工学部 石 川 欣 造

FRAUNHOFER PATTERN OF VARIOUS SILK FABRIC (CRAPE)

By Yoshiko Magoshi* and Kinzo Ishikawa**

* (Sericultural Experiment Station, Wada, Suginami-ku, Tokyo, Japan)

** (Tokyo Institute of Technology, Laboratory of Textile Physics, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, Japan)

To study the analysis of fabric structure and classification in the silk fabric, it is necessary to make clear upon the geometrical arrangement of silk fibers in yarns, and yarns in fabric. For this purpose, Fraunhofer diffraction is effective to classify silk plain fabric. We measured on Fraunhofer diffraction using 'Crape' which is one of typical silk plain fabrics.

The results obtained are as follows:

- 1) To apply Fraunhofer diffraction method for two dimensional structure of silk plain fabric having stereo-structure, the pattern of fabric projects was used. By this method, some structure of yarn and fabric can be detected.
- 2) In the standardized specimens of Crape silk fabrics, creping fabrics are ranked by Fraunhofer diffraction patterns. This ranking has good correlation with the results of the projection method.
- 3) It was found by means of Fraunhofer pattern that size and form of creping were greatly differed by the yarn number per cm of fabric and yarn denier.

(Received September 10, 1975)

*この報文を「網織物の構造特性の研究(第2報)」、Studies on Silk Fabric Structures (Part 2)」とする。