(昭和53年8月24日受理)

織物の温度伝達特性の一測定法

信州大学繊維学部 鳥羽栄治・青沼 務・沢路雅夫

A MEASURING METHOD OF TEMPERATURE TRANSFER CHARACTERISTICS OF WOVEN FABRICS

By Eiji Toba, Tsutomu Aonuma and Masao Sawaji

(The Faculty of Textile Science and Technology,
Shinshu University, Ueda City)

This paper describes an attempt to detect the irregular temperature fluctuation (output signal) right after passing through woven fabrics by the use of a special CA thermopile having high sensitivity and fine frequency characteristics. By finding the ratios of changes in amplitude and phase of input-output signals, we have tried to measure temperature transfer characteristics of woven fabrics in case of the dynamic state.

The main results obtained are as follows.

1) The temperature transfer characteristics of woven fabrics are closely related to the degree of the air permeability; the higher the degree is, the better temperature transfer characteristics are.

2) $\{G(s)\}$, the temperature transfer function of woven fabrics, can be expressed as $G(s) = e^{-Ls}/(1+Ts)$. Thus, the temperature transfer characteristics of woven fabrics are evaluated by calculating the value of T and L .

(Received August 24, 1978)

1. はじめに

繊維集合体の熱伝導率あるいは温度伝達特性の測定法については、従来から多くの研究¹⁾がなされている。しかし、これらの測定法はいずれも静的な場合での測定であり、気体の流れを考慮した動的な場合での温度伝達特性の測定については、動特性の優れていてかつ高感度の温度センサーの開発がネックとなっており、研究が余り進んでいない。本研究は冷却速度法²⁾を拡張して、入力信号として人為的な温度ゆらぎ信号³⁾を円管内の気体の流れに重畳させ、織物面に連続的に印加し、織物面通過直後の温度ゆらぎ信号(出力信号)を高感度速応型CAサーモパイルで検出^{4,5)}する。入出力信号の振幅変化と位相変化の度合を求めることにより、動的な場合の織物の温度伝達特性の測定⁶⁾を試み、また、これを支配する因子について考察した。

2. 実験装置及び方法

図1に実験装置の概要を示す。管内径40mmの硬質塩化ビニル管に配管した管路系に変速ブロワーで空気を送風する。送り出された空気は電熱式加熱器を通して加熱され、不規則な温度ゆらぎが印加され、気体の流れに乗って下流に運ばれる。この温度ゆらぎ信号を管路内に垂直にセットした織物面に印加し、織物面前後の温度ゆらぎ信号 $\{\theta_1(t), \theta_2(t)\}$ を特性のそろった高感度速応型CAサーモパイルTP₁とTP₂で検出する。ここで、 $\theta_1(t)$ と $\theta_2(t)$ は線形の因果的関係にあるので、 $\theta_1(t)$ の自己相関関数 $\phi_{\theta_1-\theta_1}(\tau)$ と $\theta_1(t)$ と $\theta_2(t)$ の相互相関関数 $\phi_{\theta_1-\theta_2}(\tau)$ を求め、更にこれらをフーリエ変換し、自己パワースペクトル $\Phi_{\theta_1-\theta_1}(\omega)$ 、相互パワースペクトル $\Phi_{\theta_1-\theta_2}(\omega)$ が求められる。すなわち、 $G(j\omega) = \Phi_{\theta_1-\theta_2}(\omega) / \Phi_{\theta_1-\theta_1}(\omega)$ の値を計算すると、 $\theta_1(t)$ が織物を通り抜け

Fig. 1 Schematic arrangement

て $\theta_s(t)$ となった場合、周波数 ω に対する振幅変化と位相変化の度合を求めることができる。これらの関係をボード線図に書き表わし、各種織物の温度伝達関数 $G(j\omega)$ を推定する。

なお、本実験は大気温度(室温 20°C)、相対湿度 60% と一定条件のもとで、管内平均温度 $\bar{\theta} = 30^\circ\text{C}$ 、管内平均流速 $V = 1 \sim 5 \text{ m/s}$ (Red. 数 $2 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^4$) の範囲で行なった。 V の測定は白金線熱線風速計を使用し、平均流速が実験中に変動しないことを確認した。織物面と検出器 TP_1 および TP_2 間の距離 $l = 2 \text{ mm}$ とし、管内空気直接加熱用ヒータとして、サーモコックスヒータ(フィ

Fig. 2 Construction of thermopile.

リップス製、線径 1mm、出力 60W) を使用した。また、測定データの処理は主にスペクトルダイナミック社の高速フーリエ方式データ処理装置 SD360 型を使用した。図 2 に微少温度変動測定用検出器の構造を示す。基板(ベーク)上に線径 0.02mm の CA 熱電対 30 対を直列に接続し、測温接点部分がほぼ一様に円周上に分布するように配置し、管路断面の平均温度ゆらぎを検出できるようにした。また測温接点部分は熱容量を出来る限り少なくするように特殊な溶接をした。CA サーモパイルの熱電能は約 $1.24 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ であり、周波数特性は直流から約 20 Hz まで良好である。本実験で主に使用した織物を表 1 に示す。

3. 実験結果及び考察

図 3 は $V = 1 \text{ m/s}$ 、 $\bar{\theta} = 30^\circ\text{C}$ とし、(a) は管路に織物を挿入しない場合で、(b) は管路に綿平織を挿入したときに TP_1 と TP_2 で得られた代表的な温度ゆらぎ波形 $\theta_1(t)$

Fig. 3 Typical records of temperature fluctuation.

Table 1 Character of woven fabrics

Sample No.	Material	Textile Weave	Fineness (s)		Threads Per cm		Thickness (mm)	Air Permeability (cc/cm ² /s)
			Warp	Filling	Warp	Filling		
1	Cotton	Plain Weave	40	20	36	15	0.37	160
2			40	20	36	23	0.38	109
3			40	20	36	27	0.38	30
4	Cotton	Twill Weave	40	20	36	15	0.40	223
5			40	20	36	23	0.42	174
6			40	20	36	27	0.43	54
7	Cotton	Satin Weave	40	20	36	15	0.48	295
8			40	20	36	23	0.50	204
9			40	20	36	27	0.60	89

Fig. 4 Autocorrelation function and crosscorrelation function of temperature fluctuation.

および $\theta_2(t)$ の実時間パターンを示し、図4にこの {図3(a)} 自己相関関数 $\phi_{\theta_1-\theta_1}(\tau)$ と相互相関関数 $\phi_{\theta_1-\theta_2}(\tau)$ を示す。 $\theta_1(t)$ 、 $\theta_2(t)$ は約 20 Hz 以下の比較的 low 波成分を含んでいる。図3(a)では $\theta_1(t)$ と $\theta_2(t)$ はほぼ相似であり、両者の有意な差が認められない。図3(b)では $\theta_2(t)$ の高周波成分が減衰し、全般的にパワーレベルが低下している。図5、図6に綿織物を管路内に挿入した場合の温度伝達特性曲線を示す。横軸は周波数 ω の対数目盛をとり、縦軸にゲイン (振幅減衰比) g dB と位相 θ 度を示す。図5は $V=1$ m/s、 $\bar{\theta}=30^\circ\text{C}$ とし、綿平織の緯糸密度のみを変化した場合であり、図6は $V=1$ m/s、 $\bar{\theta}=30^\circ\text{C}$ 、経糸と緯糸の太さと経緯織密度を同一とし、織物組織を変化した場合である。織物は経糸と緯糸の交錯から出来ており、織り糸が細く、織密度が小さいもの程織物の糸相互間の間隙の集積が大きくなり、通気度

Fig. 5 Temperature transfer characteristics of cotton plain weave.

Fig. 6 Temperature transfer characteristics of three fundamental weaves.

(A. P.) が高くなる。織物の温度伝達特性は通気度の高低により支配され、通気度の高い織物程ゲインレベルおよび位相遅れが小となり、織物を介して温度が伝達され易いものと考えられる。また、織物組織を変えた場合には、朱子織が最もゲインレベルおよび位相遅れが小となっている。これは織物構造から考えて、朱子織が通過空気に対する抵抗が最も小さく、通気度が高くなっているためと思われる。図5、図6に示した織物の温度伝達特性曲線から、織物のみかけの温度伝達関数 $G(s)$ を推定すると、一次遅れとむだ時間要素⁷⁾を含んだ近似式 $G(s) = e^{-Ls}/(1+Ts)$ で表わすことができる。ここで T は時定数、 L はむだ時間とする。すなわち、 T および L の各々の値が小さい程ゲインレベルと位相遅れが小となり、温度が伝達され易いものと考えられる。また、 T および L の値は平均流速、織物の通気度、厚さなどにより支配され、 T および L の各々の値の大小関係を求めることにより、動的な場合の織物の温度伝達特性を評価することができる。今後、織物の材質、厚さなどの温度伝達特性に及ぼす影響を調べる必要があろう。

最後に本研究を進めるにあたり、有益な助言を戴いた東京大学豊田弘道教授並びに実験に協力を戴いた塚越憲二君 (現在松下電送 K. K.) に深く感謝いたします。

尚、本研究は著者の1人である鳥羽が研究代表者となり、昭和50年～53年の4年間文部省科学研究費の助成によるものであり、ここに改めて謝意を表わします。

文 献

- 1) たとえば、仲、鎌田；線熱源を利用する布の温度伝導率と熱伝導率の測定、繊維機械学会誌、26-2、

70/75 (1973)

- 2) レイマンフォート他；被服機構学，光生館，115 (1972)
- 3) 鳥羽，豊田，阿刀田；温度ゆらぎを利用した気体の流速測定，計測自動制御学会論文集，10-1，100/106 (1974)
- 4) 鳥羽，塚越他；織物の通風性，保温性に関する一測定方法(第2報)，第18回自動制御連合講演会前刷，

549/550 (1975)

- 5) 鳥羽，沢路他；織物の通風性保温性の測定，第19回自動制御連合講演会前刷，607/608 (1976)
 - 6) 鳥羽，沢路他；織物の動的保温性の一測定，繊維学会年次大会予稿集，63 (1977)
 - 7) たとえば，秋山，鳥羽他；自動制御演習，森北出版，76/77 (1972)
-