

1. はじめに

人が衣服を身につけたとき、皮膚と衣服の間に微小な隙間が生じる。この隙間における温度、湿度などは総称して衣服内気候と呼ばれる。衣服内気候により、衣服を身につけたときの快適性は変わってくる。衣服内気候は外気や人体から影響を受けるが、衣服内における気流の有無にも大きく依存している。従来、衣服と皮膚の間のような温度差や隙間高さ程度では、自然対流は発生しないとされている。しかし、衣服の持つ通気性と衣服内における気流の関連性は十分に検討されていない。そこで本研究では、衣服内における気流の可視化実験を行い、通気性を持つ衣服が、衣服内の自然対流の発生にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

2. 実験装置および方法

図1に実験装置の概略を示す。模擬皮膚装置は内寸100mm×100mm×5mmの亚克力容器とスポンジから構成され、亚克力容器の上面に不透湿シートを貼り付けてある。亚克力容器の下面には0.3mm厚の銅板と150mm×50mmのシリコンラバーヒーターが2枚貼り付けられており、その周囲は断熱材で覆われている。ヒーターは温度調節器によって模擬皮膚表面温度が一定になるように制御されている。また本実験では模擬皮膚からの蒸発は行っていないが、熱伝導媒体として亚克力容器内に水を供給している。

模擬皮膚の上にスペーサーを介して不織布を設置し、スペーサー高さを変更することで隙間高さを調節する。この隙間に対して線香の煙を送入し、側面からアルゴンレーザーシートを照射することにより気流を可視化する。可視化した気流はCCDカメラで撮影を行った。

実験は模擬皮膚表面温度を32℃、周囲温度を18℃とし、隙間高さを $\delta=5, 10, 20\text{mm}$ とした。

3. 実験結果および考察

図2に実験結果を示す。 $\delta=5\text{mm}$ では隙間に気流は発生せず、 $\delta=10\text{mm}$ では、弱いものではあるが、中央から外側に向かう渦と、外側から中央に向かう渦がそれぞれ二つずつ発生している。 $\delta=20\text{mm}$ では、中央に二つの渦が発達し、さらにそれぞれの渦に沿って外側に弱い渦が発生していることが観測された。この結果を、底面が高温で、上面が低温の水平流体層における自然対流と比較検討する。自然対流の影響は以下の式(1)で定義されるレイリー数によって表わされる。

$$Ra = \frac{\delta^3 g \beta (\theta_2 - \theta_1)}{\nu^2} Pr \quad \dots (1)$$

ここで、 δ は隙間高さ、 g は重力加速度、 β は体膨張係数、 θ_2 は高温面温度、 θ_1 は低温面温度、 ν は空気動粘度、 Pr はプラントル数である。今回の実験において、模擬皮膚表面を高温面、布を低温面としてレイリー数を求めた結果を図3に示す。従来、 Ra が1700までは自然対流は発生しないとされているが、 $\delta=10\text{mm}$ の場合の Ra は1700よりかなり小さいが、対流が発生している。このことから、衣服の通気性が衣服内の自然対流の発生に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。

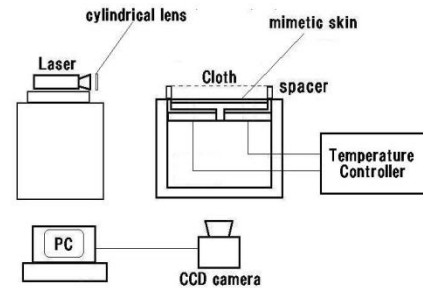
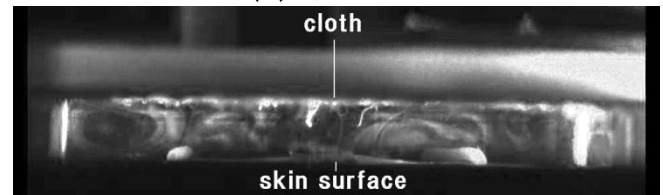


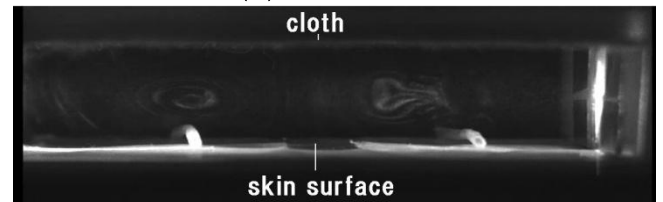
図1. 実験装置概要



(a) $\delta=5\text{mm}$



(b) $\delta=10\text{mm}$



(c) $\delta=20\text{mm}$

図2. 隙間内における気流可視化写真

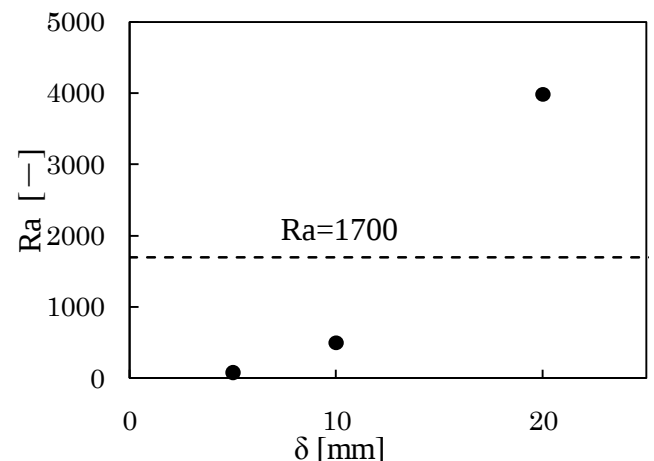


図3. 各隙間高さにおけるレイリー数