

スプレーによる噴霧が人の感覚や 布の熱伝達機構に及ぼす影響

京都工芸繊維大学大学院 鋤 柄 佐千子
(共同研究者) 武庫川女子大学 田 中 由佳理

Effect of Aerosol Spray on Human Sense and Fabric Heat Transfer

by

Sachiko Sukigara

*Graduate School of Science and Technology
Kyoto Institute of Technology*

Yukari Tanaka

*School of Human Environmental Science
Mukogawa Women's University*

ABSTRACT

The spray cooling on the fabric was investigated in terms of two main factors such as the latent heat of evaporation of liquid and heat transfer with an impinging jet.

Two series of aerosol spray samples were prepared by varying ratios of dimethyl ether (DME), water and ethanol to five levels. The amount of mist was controlled by the duration of spray with an identical nozzle.

The surface temperature and heat flux from the heated fabrics were measured for two minutes to estimate the heat transfer induced by various spray concentration of DME, water and ethanol using infrared thermography and a KES-Thermo-Labo II, respectively.

Both the maximum heat flux and the lowest surface temperature in the spray area were observed as soon as spray was started. The evaporation of DME occurred much faster than that of ethanol and water so that the lowest temperature was approximately 3 to 8 °C lower

in the case of the 50% DME content compared to that without containing DME. The fabric surface temperature subsequently increased after the evaporation of DME and ethanol

The evaporation of liquid caused was estimated in the range of 40 to 80 sec after spraying according to the ratio of water and ethanol. Newton's Law of Cooling was applied to these experimental values of heat flux, and evaporation rate (W) was calculated accordingly. In the case of cotton knitted sample, the evaporation rate increased with the increase of ethanol content. On the other hand, polyester fabric showed opposite tendency. This difference was related to the amount of remained water in the fabric samples.

The subjective test showed that people perceived coolness and a sensation of comfort using aerosol spray. The present study demonstrated the possibility of using aerosol spray to control the temperature underneath clothes.

要 旨

スプレーを布にかけた時の冷却効果について、溶液の蒸発潜熱と衝突噴流による冷却の2つの要因を明確にし、スプレーを衣服内の温度制御に用いる可能性をみつける目的で実験を行った。ジメチルエーテル (DME)、水、エタノールの配合量を5段階に変えた2つのシリーズのスプレーを複製し、スプレー量を一定にして布に供した。熱移動は、スプレー直後から2分間の布表面温度と熱流束をそれぞれ赤外線サーモグラフィと KES サーマラボ II を用いて測定した。

スプレー直後にどの布に対しても急激な温度低下と熱流束の増加が見られた。この初期の温度低下には、DMEの有無が大きく影響し、DMEを50%含むDME/エタノール/水のスプレーは、DMEを含まないものと比較して、表面温度は3から8℃低くなった。布表面の温度は、その後溶液の蒸発とともに増加する。

スプレー後40から80秒経た気流が定常状態に近くなった状態で、エタノールと水の配合率と布からの平均蒸発速度 (W) の関係をニュートンのクーリングの法則より推定した。その結果、綿編

み布ではエタノールの配合率が高くなるにつれてWは大きくなったが、ポリエステル試料では逆の傾向が得られた。すなわち、この時間域の熱移動は、布の含む水分の影響が大きい。また皮膚にスプレーした1分後の溶剤の蒸発と関係が深いこともわかった。

緒 言

薬液を噴射剤とともに煙霧状に噴射させるエアゾール剤は、スポーツ時の消炎目的で応急処置に用いられるコールドスプレー、ヘアスプレーなどの化粧品、薬剤等、幅広く使用されている。しかしながら、同じ薬剤であっても、塗り付けることによって得る触刺激と噴霧状では人間が感じる感覚に差があり、定量化が求められる。これまで皮膚知覚システムは表皮内の神経が担っていると考えられていたが、最近の研究で表皮角化細胞に受容体があることが分かり、皮膚の受容に対する関心は高まっている。また衣服着用時では、皮膚の上に衣服素材があり、皮膚と衣服素材を一体として必要な場合に、手軽に熱移動をコントロールすることが出来れば、不快な刺激を瞬時に緩和することにも繋がる。

表1 試料布の詳細

No	Category	Composition (%)	Thickness (mm)	Air Resistance (kPa · S/m)	Thermal Conductivity (W/m/K)	Moisture Regain** (%)	Yarn density	
							wales/cm	courses/cm
KC	Knit	Cotton 100	1.062	0.178	0.0487	6.6	13.6	15.0
KR	Knit	Rayon 100	0.911	0.046	0.0432	10.9	14.7	18.4
KPB	Knit	*Polyester 100	0.749	0.079	0.0301	0.7	13.7	16.3
KPW	Knit	*Polyester 100	0.745	0.045	0.0319	0.8	16.5	11.3
KP	Knit	Polyester 100	0.723	0.028	0.0301	1.5	14.0	16.8
							ends/cm	picks/cm
WB	Woven	Bamboo fiber 100	0.528	0.025	0.0240	7.3	28.9	23.0
WW	Woven	Wool 100	0.475	0.103	0.0212	13.7	24.6	24.7
WA	Woven	Acrylic 100	0.463	0.080	0.0184	1.6	32.5	27.4
WN	Woven	Nylon 100	0.107	0.678	0.0045	3.4	44.8	35.7

*吸汗速乾加工**スプレー前の水分率

これまで布が皮膚に接触した時に感じる触刺激と快適な肌触りの関係について、特に浸透濡れ状態の布と、乾燥状態の布との差を、摩擦や接触した時の熱移動を測定するシミュレーション実験装置により行ってきた¹⁾。その結果、冷温感には初期の感覚が重要ではないかと考えている。

表面を瞬時に冷却する場合、スプレーによる物体表面の衝突噴流冷却は、高効率な手段として工業的に広く用いられている²⁾。この手法を人体に対して直接用いる場合、手軽である反面、痛みを感じるほどの冷たさや皮膚を濡らし過ぎることによる不快感を誘発する場合もある。したがって、心地良い冷たさの指標を提案することには意味があると考えられる。

そこで、本研究では衣服着用時を模擬し、布表面に噴霧を与えた時に引き起こされる短時間の熱伝達機構を実験的手法により明らかにする。そしてこれまでに行ってきた、スプレーの衝突噴流により引き起こされる冷たさの感覚実験結果³⁾を基に、将来手軽に衣服環境をコントロールするための噴霧の役割を考える。

1. 実験方法

1. 1 試料布

試料布は平編布（綿，ポリエステル，レーヨン，吸汗速乾ポリエステル2種類），平織布（アクリ

ル，ウール，ナイロン，竹繊維）の9種類を用いた。それぞれの試料布の特性を表1に示す。布の通気抵抗，みかけの熱伝導率はそれぞれ通気試験機，サーモラボII型（Kato Tech Co., Ltd）を用いて測定した結果である。

1. 2 スプレー溶剤

スプレー溶剤は10種類を選定した。溶液の気化熱によって移動する熱エネルギーを制御するため、スプレー溶剤にはDME（ジメチルエーテル）、水、エタノールを用い、それぞれ配合率の異なるスプレー剤を作製した。表2に10種類のスプレー溶剤配合率を示す。ここで、Group AはDME 50%に対して水とエタノールを配合したスプレー剤、またGroup BはDMEを含有せず、水とエタ

表2 スプレー剤の種類と溶剤配合率

Group A	DME (%)	Water (%)	Ethanol (%)
A-1	50	50	0
A-2	50	37.5	12.5
A-3	50	25	25
A-4	50	12.5	37.5
A-5	50	0	50
Group B	DME (%)	Water (%)	Ethanol (%)
B-1	0	100	0
B-2	0	75	25
B-3	0	50	50
B-4	0	25	75
B-5	0	0	100

30℃における蒸発熱：水（2440J/g），エタノール（942J/g）
 沸点（1気圧）：水（100℃），エタノール（78℃），DME（-23℃）

ノールのみを配合したスプレー剤である。

1. 3 布の表面温度及び熱流束の測定装置

熱板 (15cm × 15cm) を人体皮膚温度に模擬して温度 30℃ に設定し、その上に密着させた試料布 (12cm × 12cm) に対してスプレー剤を噴射させた。この時の表面温度変動を赤外線分析装置 (サーモグラフィ TH9260 NEC Avio Infrared Technologies Co.,Ltd) で記録し、同時に衝突噴流により引き起こされる熱流束を KES 精密迅速熱物性測定装置 (サーモラボ II 型 Kato Tech Co., Ltd) を用いて、2 分間経時的に測定した。

1. 4 測定条件

スプレー噴霧が皮膚に衝突した時の感覚は、噴霧量、速度、スプレーのあたる面積また布表面からの蒸発速度に深く関与すると考えられる。また皮膚上に布がある場合、布への液滴の浸透も考慮に入れなければならない。本研究では、この中で布表面からの液滴の蒸発がもっとも感覚に影響を与えるのではないかと仮定し、以下のような測定条件を定めた。

測定環境は環境温度 (T_s) $22.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 、湿度 $45 \pm 5\%RH$ の範囲に調節した。10 種類のスプレー剤は全て同一のノズル径 (円形ノズル) を使い、スプレー噴射時間を噴射機によって 0.5sec に調整し、噴霧量 ($0.45 \pm 0.05\text{g}$) を一定とした。また、スプレーの衝突速度は図 1 に示すように熱板とス

プレーノズル間の距離を 15cm に保ち、熱板に対して垂直にスプレーすることで、それぞれ Group A, Group B 内では同一と考えた。実験方法を図 1 に、熱伝達機構に及ぼす要因と実験条件を表 3 に示す。

表 3 熱伝達機構に及ぼす要因と実験条件

熱移動に影響を及ぼす要因	実験条件
環境温度・湿度	$22.0 \pm 2^\circ\text{C}$ $45 \pm 5.0\% \text{ R.H}$
噴霧量	$0.45 \pm 0.05\text{g}$
液滴の蒸発速度	DME, 水, エタノールの配合率を変える (表 2)
衝突速度	布とスプレーノズル間の距離一定 (15cm) DME の有無

1. 5 液滴と噴霧による布の濡れ現象

試料布に対して、液体滴下による拡張濡れ現象と噴霧による浸透濡れ現象が及ぼす熱移動特性を比較した。水とエタノール (100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100) の配合比率の異なる液滴 (20°C)、または噴霧を 30°C の布表面に 0.25g 与え、このとき生じた表面温度変動を赤外線分析装置で測定した。

1. 6 蒸発速度の解析

スプレー直後の布の表面には乱流が生じている。しかしながら、その後定常の気流とみなすことができる状態では、Newton's Law of Cooling が適用できると考える。すなわちこの時の熱流束 q は対

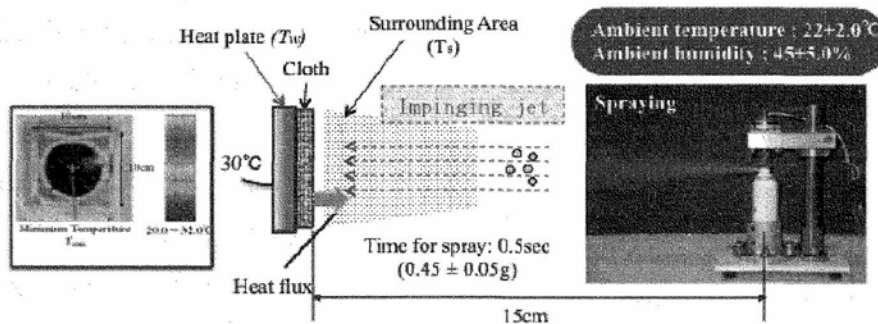


図 1 実験方法

流による熱伝達と、スプレー噴霧によって濡れ状態にある布が乾燥する過程の熱伝達の和とする。
 ((1) 式)

$$q = h \Delta T + LW \quad (1)$$

q : Heat Flux (W/m^2)

h : Total Heat Transfer Coefficient (W/m^2K)

$$h = h_c + h_r$$

h_c : convection heat transfer coefficient

h_r : radiation heat transfer coefficient

ΔT : $T_w - T_s$ (K)

T_w : Fabric Surface Temperature

T_s : Ambient Temperature

L : Heat of Vaporization

W : Evaporation Rate

ここで、(1) 式の第1項は、加熱されている布表面から空気(流体)への熱伝達量と熱放射量であり、また第2項は、スプレー剤によって濡れた布が乾燥するときに生じる熱伝達量 LW [蒸発潜熱と蒸発速度の積 ($J/kg \cdot kg/s \cdot m^2 = W/m^2$)] である。熱伝達率 h は、対流熱伝達と放射熱伝達は同時に起こっているため、総括熱伝達率とした。この式を用いて蒸発速度 W と溶剤の配合比率の関係を求め、スプレー噴霧によって急激に冷却された布の熱伝達がどのように変化するかを推定した。

2. 実験結果

2.1 布表面温度

スプレー噴霧では図1に示すように布表面に温度分布が生じた。そこでスプレー後の各時刻における最低表面温度 T_{min} を表面温度 T として定めた。試料布 KPW (吸汗速乾ポリエステル) に対して、Group A のスプレーを噴射した時の2分間に渡る表面温度 T の変動を図2に示す。布表面温度は噴射瞬時に急激に降下し、その後噴射前の布表面温度 T_w ($30^\circ C$) に近づくように増加した。最低温度からの増加曲線は溶剤の配合比率によって異なるが、

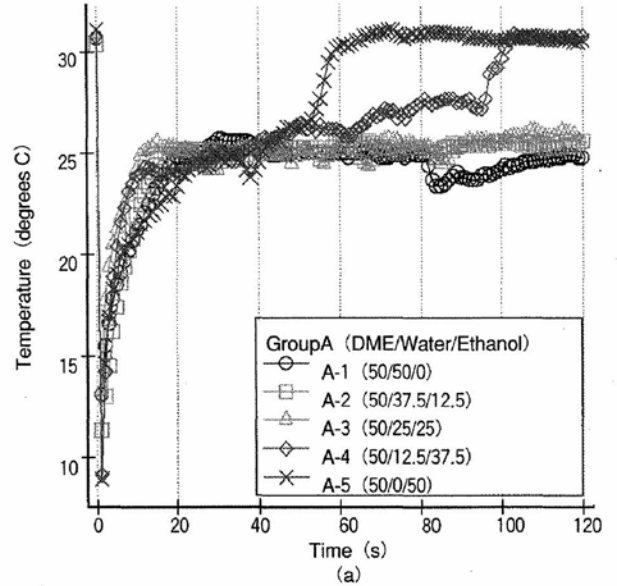


図2 スプレー後の試料布KPW (吸汗速乾ポリエステル) における最低表面温度変動

初期20sec間では大きな差は見られない。これは試料布KPWに関わらず、全試料布で同じ傾向を示した。また、図2よりスプレー噴射直後(0.5sec)の表面温度は $11.2 \pm 2.2^\circ C$ であり、約 $17 \sim 22^\circ C$ の温度低下が生じていることがわかる。

次に、スプレー剤 Group A と Group B を使用した時の噴射直後の試料布別表面温度を図3に示す。この図から、DME を含む Group A のスプレー剤は Group B と比較して $3 \sim 8^\circ C$ 低い温度を示した。つまりスプレーによる初期冷却はDMEの配合によって衝突噴流冷却が高くなることがわかった。この衝突噴流冷却と布の構造や性質(吸水・吸湿性、撥水性など)の関係は本研究では明確にみられなかった。

DMEの配合比率とスプレー直後(0.5sec)と120秒後の布表面温度の関係を図4に示す。DMEを80%~100%含むスプレー剤では、布表面温度域は零下 $15 \sim 40^\circ C$ であり、極度の低温を示すことがわかった。スプレー前の布表面温度が $30^\circ C$ であるので、スプレーにより約 $45 \sim 70^\circ C$ 程度、温度低下させることになり、人体に対して用いる場合、不快感や痛みを誘発する恐れがある。スプレー剤の初期温度は、スプレー開始から0.1~0.5

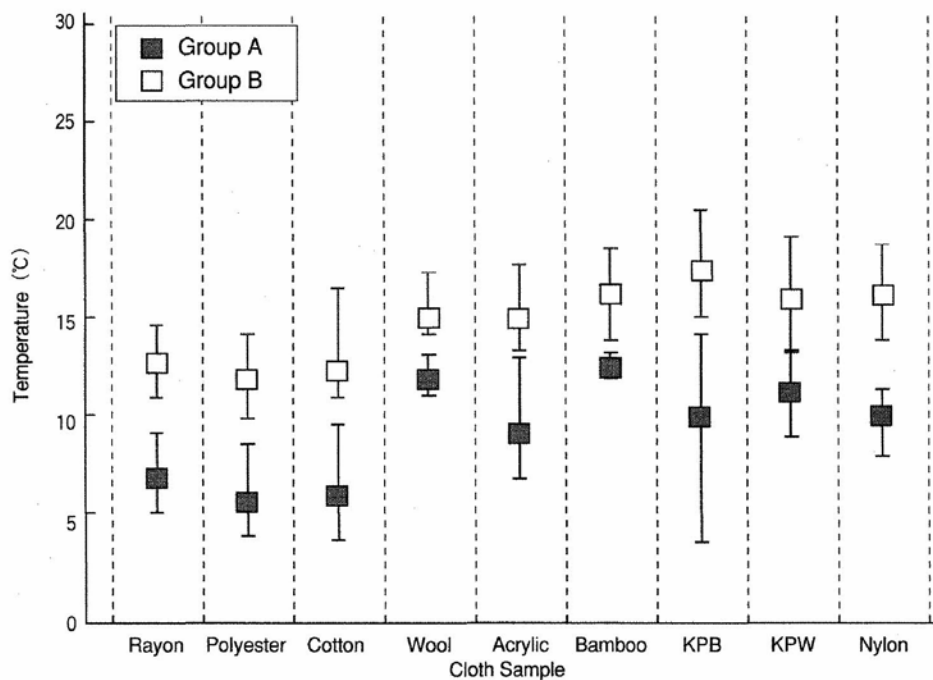


図3 スプレー剤 Group A と Group B 使用時の噴射直後の試料布別最低表面温度 (各グループの平均と最大, 最小を示す.)

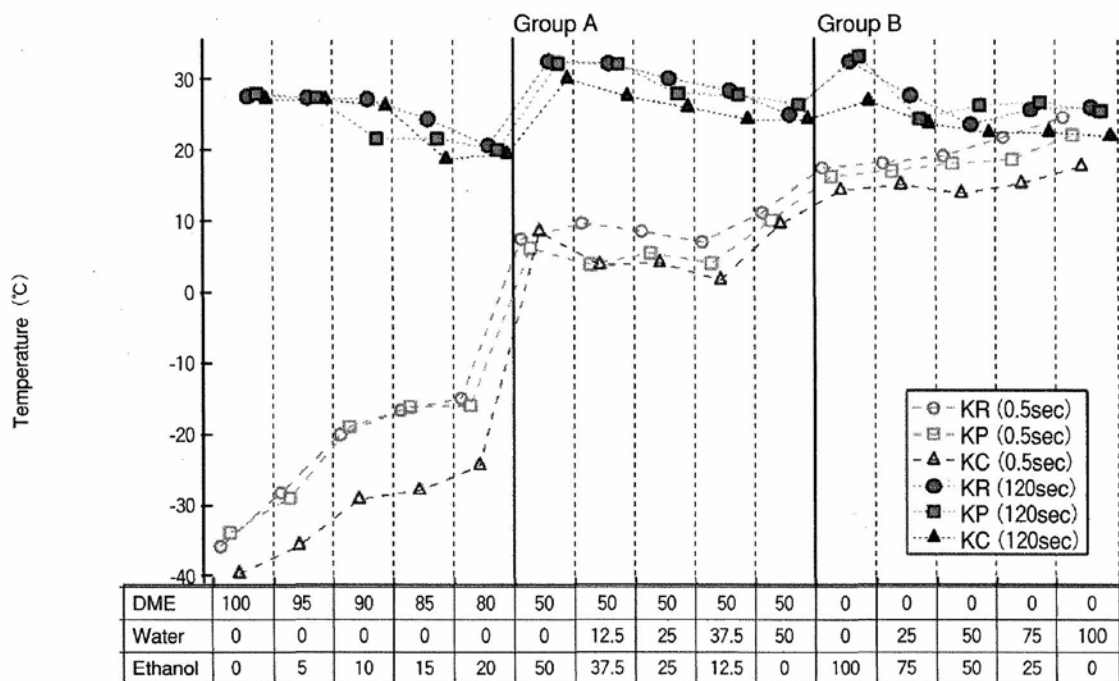


図4 スプレー剤の溶剤配合率とスプレー後の布表面温度 (0.5秒後, 2分後) の関係

sec 間に撮影したサーモグラフィの写真からノズル近傍温度より読み取った。その結果DME100%では、約2℃、DMEの含まれていない水/エタノールのみ (Group B) では約15℃、DME50%配合の試料 (Group A) では11~14℃であった。このノズル近傍のスプレー剤の温度 (Tm1) と図

4に示す布表面最低温度 (Tm2) を比較するとDMEが配合された試料では、Tm2はTm1より高く、水とエタノールのみの試料ではTm2≒Tm1となり、DMEの気化による温度低下が大きい。このDMEやエタノールの気化による温度低下は、スプレー2分後ではすでに終了しており、図4に

示すようにスプレー前の布の温度に回復している。スプレー2分後に布の重量を測定した結果、溶剤による重量の増加は水の配合率が25%を超える試料においてみられ、濡れた布からの溶剤の蒸発が続いていることがわかる。またその結果、図4の2分後の表面温度はスプレー前の温度よりも低くなっている。

スプレー溶剤配合率の違いによって、噴霧面積、すなわち冷却面積は異なった。DMEを加えることにより局所的な噴射となり、冷却面積は減少した。しかしスプレーによって与えた溶剤質量が少ないため、各グループ内では、この質量差がその後の温度変化に与える影響は少ないと思われる。

2. 2 熱流束

試料布KPWに対して、Group Aのスプレーを噴射した時の初期20秒間の熱流束 q の変動を図5に示す。スプレー噴射瞬時から熱流束が急激に上昇し、熱が布表面から周囲へ移動したことがわかる。その後の熱流束の変化は小さい。これは試料布KPWに限らず、全試料布で同じ傾向を示した。この最大熱流束を布の厚さに対してプロットした図が図6である。試料布の厚さが大きい試料ほど、最大熱流束値が小さい傾向にあり、衝突噴流によ

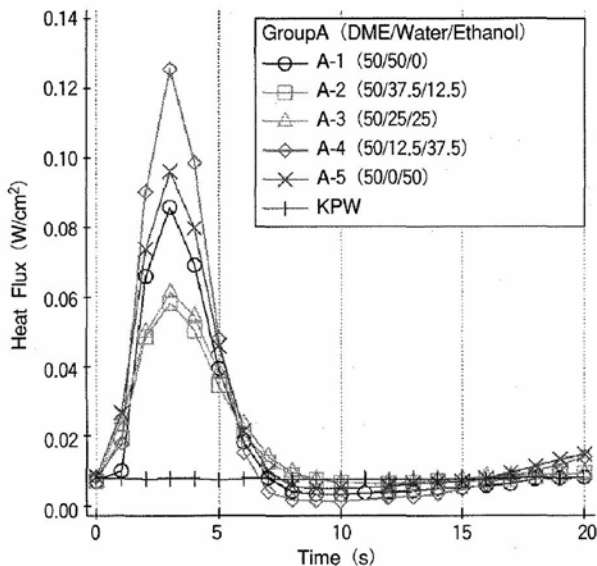


図5 試料布KPW(吸汗速乾ポリエステル)における熱流束変動(スプレー後20秒間)

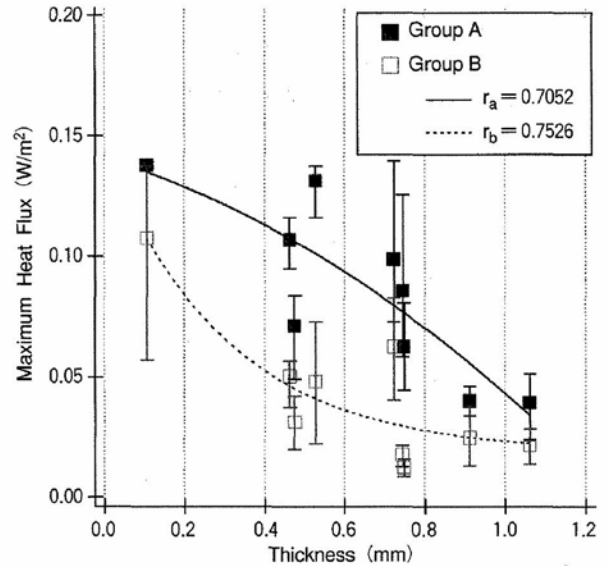


図6 布の厚さと最大熱流束の関係
(回帰曲線の相関関数 r_a : Group A, r_b : Group B)

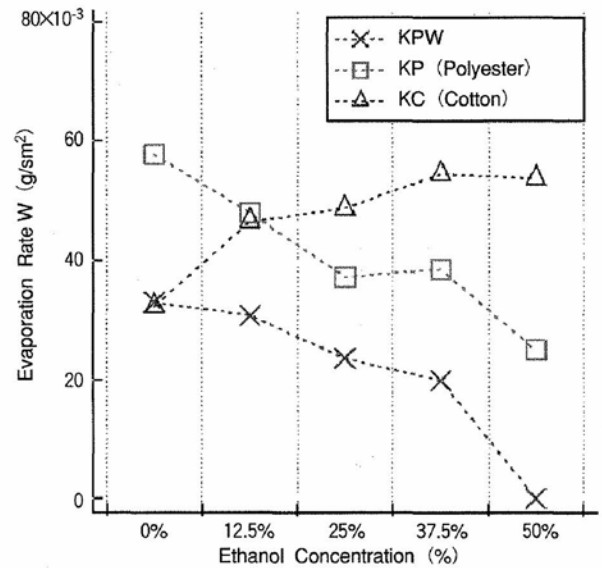


図7 Group Aの平均蒸発速度 W (スプレー後40~80sec)とエタノール濃度の関係

って急激に冷却された布と通過する熱伝達に、布の熱伝導の影響が見られる。すなわち、熱伝導率の小さい試料ほど、熱流束の最大値も大きい。

2. 3 蒸発速度

図2, 図4, 図5に示したように、スプレーによる冷却は初期の急激な温度降下に引き続き、溶剤の蒸発による冷却が生じる。本研究ではスプレー後40~80secの範囲で、(1)式を適用し、スプレー剤によって濡れた布が乾燥するときに生じる

熱伝達量LWを実験結果より計算し、蒸発速度Wを算出した。図7にGroup Aのスプレー剤を用いた時の40～80sec間の平均蒸発速度Wとエタノール濃度の関係を、蒸発速度の差が明確に表れた試料布KPW（吸汗速乾ポリエステル）、KP（ポリエステル）、KC（綿）について示す。図7から、試料布KPW、KPの蒸発速度はエタノール濃度50%（A-5）のスプレー剤においてほぼ0であった。これは、スプレー後40sec以内に溶剤が蒸発しきったためである。しかし同じA-5のスプレーをKC（綿編布）に用いた場合は蒸発速度は約0.052（W/s m²）と、布からの蒸発が継続して生じていると言える。

2. 4 溶剤の布への浸透に及ぼす液滴と噴霧の比較

ポリエステル、ウールは水に対して表面撥水性を持つため、滴下した2分後においても水滴の接触角は90°以上を保持したままであった。しかし、水とエタノールを混合した溶液は、エタノール分子が容易に水分子間に入り込むため、水の表面張力が低くなり、ポリエステルやウールに対しても拡張濡れ現象を引き起こした。

液滴と噴霧の滴下、噴射直後の試料布別表面温度を測定した結果、全試料布においてスプレー噴霧は液滴に比べて3～6℃低い温度を示した。これはスプレー噴射時に缶内が減圧されるため、液温の温度が20℃よりも低下したこと、また噴霧は布への浸透が速いためであると考えられる。

3. 考察

スプレーによる冷却の利点として急激に表面温度を下げる効果がある一方で、それが不快な刺激につながる場合もある。図4の結果にみられるようにDMEの配合率の増加は布表面温度を急激に低下させた。そこで、我々が先に行ったスプレーを皮膚に噴射したときにひとが感じる「心地よい

冷たさ」と「不快な冷たさ」および「しっとり感」の官能検査結果³⁾より、熱移動特性と心地よい冷たさの関係を考察する。

人間の冷たさに対する感覚が季節の影響を受ける⁴⁾ことを考慮して、官能検査は3月（20℃、31±4%RH）と7月（27℃、45±3%RH）の環境下で2回実施した。詳細は、別報³⁾に報告している。

スプレーの試料は、表4に示す5種類である。このスプレーを前腕部に20cm離して1秒間噴射した。噴射直後から皮膚表面温度をサーモグラフィーで記録し、噴射前の皮膚温度（T_{skin}）と噴射直後の皮膚温の最低値（T₀）の差ΔT₀（=T_{skin} - T₀）を求めた。またスプレー1分後の皮膚表面温度（T₁）よりΔT₁（=T₁ - T₀）、すなわち冷たさからの回復に影響を及ぼすと考えられる温度変化をもとめた。図8は、3月に実施した官能検査時の皮膚温の変化である。水の配合量が多い試料で

表4 スプレー剤の種類と溶剤配合率

	DME (%)	Water (%)	Ethanol (%)
ET0	75	25	0
ET25	75	18.75	6.25
ET50	75	12.5	12.5
ET75	75	18.75	6.25
ET100	75	0	25

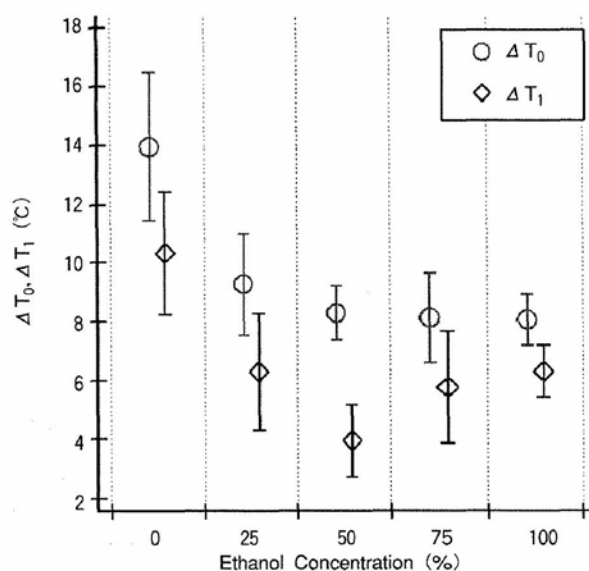


図8 ΔT₀、ΔT₁とエタノール配合率³⁾

はスプレー直後の温度低下は平均14℃になる。その後1分間で、皮膚温の回復がエタノールの配合率に依存して生じている。このとき、スプレー試料間における冷たさの比較は一対比較法⁵⁾を用いた。スプレー直後は、溶剤の配合率の差による冷たさを識別することは官能検査では困難であった。両者の冷たさに差がない場合を0とし、感覚の強さ±2の範囲で比較した。これは布に対するスプレーのシミュレーション結果で、スプレー直後の布表面温度差に溶剤配合量の影響が見られなかったことと一致する。図9は、スプレー1分後の冷たさと心地よさの関係を3月に行った結果を基に示している。「心地よさ」は被験者に心地よい冷たさの程度を評価してもらった。これより、水とDMEのみが配合された試料ET0の冷たさは、不快な冷たさであることがわかる。ただ水が皮膚をぬらすため「しっとり感」は最も高いことがわかった。この図より皮膚への刺激では、水の含有量が多いと明らかに冷たさが増えることが顕著である。

次に皮膚の上を布が覆った状態でスプレーによる心地よい冷たさを本実験結果より推測する。熱流速はスプレー1分後になるとほぼ定常状態であ

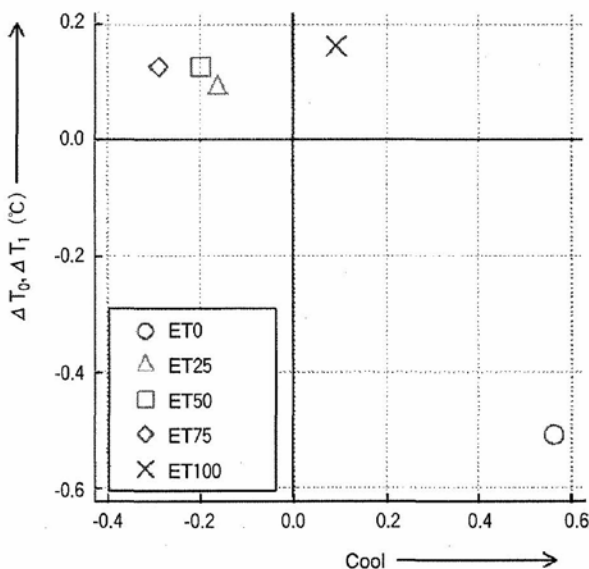


図9 冷たさと心地よさの関係 (スプレー1分後の評価値)³⁾

り、同一試料にスプレーした場合、水の配合率が高いほど熱流束は大きい傾向にある。さらに平均蒸発速度は同じスプレー剤を用いても、布によって異なる(図7参照)。例えば、試料KC(綿編布)では水の配合率が高い場合、スプレー後1分以上経過した状態では平均蒸発速度が低い。このことは、皮膚表面に水分が維持されるため、冷たさが継続するとともにしっとり感じる事が予測される。一方、試料KPW(吸汗速乾ポリエステル)やKP(ポリエステル編布)では、図7に示したようにエタノールを含まない水とDMEのみのスプレーの平均蒸発速度がエタノールを含んだ試料と比較して最も高く、異なる傾向を示した。したがってこれらの試料では布の濡れによる冷たさの持続性は試料KCに比べ短いことが予測される。

4. 結論

布表面に噴霧を与えた時に引き起こされる短時間の熱伝達機構を布表面温度、熱流束、溶剤の蒸発速度の推定より実験結果を基に考察した。その結果以下の知見が得られた。

1. 噴射直後の布表面の初期冷却には、スプレー剤の衝突噴流冷却の影響が大きく、これは特にDMEの配合率の影響が大きい。本実験では、DMEを80~100%含むスプレー剤では布表面温度で約45℃から70℃の温度低下がみられた。DMEを75%含むスプレー剤を前腕部に噴射して行った官能検査では、環境温度20℃で皮膚温の低下が最も大きかった試料(約14℃)を、被験者が不快な冷たさと評価した。したがって、温度低下の大きな試料は布の上からでも不快な痛みを誘発する恐れがある。

2. 布に含まれたスプレー剤の蒸発に伴う熱移動をスプレー後40から80秒の間でニュートンの冷却法則を適用して考察した。この時間領域では、水の存在による布表面の濡れが、熱伝達に支配的であることがわかった。また官能検査結果でも、

スプレー1分後の冷たさの感覚は、水とDMEのみの試料は明らかに他の試料とは異なり、非常に冷たく不快な感覚を誘発することがわかった。

スプレーによる噴霧がもたらす感覚には、直後の急激に生じる熱移動によって生じる冷たさとその後、スプレー剤の蒸発に伴って感じる心地良い冷たさがある。これは本研究で行った布の上からスプレーした場合に布を通した外気への熱伝達特性とも密接に関係する。したがって、実験結果は噴霧が将来手軽な衣服環境のコントロールに応用できる可能性を示した。

謝 辞

本研究において助成を賜りました、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に、厚くお礼申し上げます。また本研究に際し、実験及びデータ解析に多大なる貢献をいただいた京都工芸繊維大学大学院 先端ファイプロ科学専攻の松下大樹さんに感謝の意を表します。最後にエアゾールスプレーの作製に協力して下さった日進化学株式会社、角本次郎様に深謝いたします。

文 献

- 1) Sukigara S., Niwa M.; Analysis of "Wet" sensation for lingerie fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology.*, 9, 214-219 (1997)
- 2) Jungo K., Spray cooling heat transfer: The state of the art. *International Journal of Heat and Fluid Flow.*, 28, 753-767 (2007)
- 3) Tanaka Y., Sukigara S.; Coolness and Sensation of Comfort Produced Using Aerosol Spray. *Journal of Textile Engineering.*, 55, No.6, in press (2009)
- 4) Yamashita K., Matsuo J., Tochiyama Y., Kondo Y., Takayama S., Nagayama H.; Thermal Sensation and Comfort during Exposure to Local Airflow to Face or Legs. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science.*, 24, 61-66 (2005)
- 5) 野呂影 勇: 官能検査ガイドブック. 日本規格協会, 229-24 (1987)