

シートむれ感の計測と評価

井上鉄三，中平祐子

Measurement and Evaluation for Thermal and Humid Sensation of an Automotive Seat

Tetsuzou Inoue, Yuko Nakahira

要 旨

夏季運転時にシート接触部で生じる汗ばみ，むれ等の不快感を解消することは，自動車の快適性や予防安全性の面から重要である。しかしむれに関する評価法はなく，またそのメカニズムも明らかにされていないのが現状である。

本稿では官能評価実験により，シートむれ感の分析を行った結果，シートむれ感は接触部の温湿度感とべとつき感との複合感覚である。シートむれ感は環境の温度・湿度から計算される不快指数と，人体-シート接触部の温度，湿度から計算される水蒸気圧の2因子で約80%説明できることがわかった。この結果をもとに人がシートに着座すれば自動的にむれ感を評価するシステムをパソコン上に構築した。

Abstract

Reducing sweat and humidity between an automotive seat and a driver's body in summer is very important for comfortable and safe driving and prevention of accidents. However, a method of evaluating sweat and humidity feeling has not yet been established from the viewpoint of physiology and human engineering.

We analyzed sweat and humidity feeling by carrying out sensory evaluation experiments in an automotive seat. From the analysis, the following results were obtained.

1. Sweat and humidity feeling is a complex sensation, consisting of thermal and humid sensation and sticky sensation between a seat and a driver's body.
2. Thermal and humid sensation can be explained by a discomfort index calculated using the data of temperature and humidity around a human body in an environment. Also, sticky sensation can be explained by a vapor pressure calculated using the data of temperature and humidity between a seat and a driver's body. Consequently, sweat and humidity feeling can be explained up to eighty percent by these two factors, the discomfort index and the vapor pressure. Based on this analysis, a system which automatically measures the value of sweat and humidity feeling was developed on a personal computer.

キーワード むれ感，シート，官能試験，統計解析，温度，湿度，発汗量

1. はじめに

カーエアコンの普及により車室内の温熱環境は大幅に向上しているにもかかわらず，高温多湿の日本の夏環境においては，炎天下駐車している車両に乗り込むとき，あるいは運転中に直射日光によってシートと接

触している背中や大腿部に汗ばみやべとつきを生じ，不快感を覚えることがある。この不快感は発汗により湿気や汗がシートと接触している背中，臀部との間にこもることによって生じているもので，これを取り除くことは車の快適性や予防安全性の面から重要である。特に着座姿勢を変えることが困難な運転者にとっ

てはエアコンではこの不快感を解消できないため、シート側での対策が必要となってくる。従来この種の研究は材料素材の熱・水分移動特性を測定し、その特性値で素材の性能を評価しているものが多いが^{1,2)}、これらのデータと不快感との関連性についてはあまり明確化されていない。一方人間-環境系では多数の被験者の温度感覚をもとに作成した温熱指標^{3,4)}や、人間-環境系における熱交換現象をもとにして作成した人体熱モデル⁵⁾等が報告されているが、いずれも適用条件が限られているため、対象としている湿りを伴う不快感には使用できないという問題点があった。そこで本研究の目的は汗ばみ感やべとつき感といったこの不快感をシートむれ感と名付け、これを客観的に評価する方法を構築することである。まず官能評価実験を中心にむれ感を感じる具体的な環境条件を調べ、その生理的なメカニズムについて考察した。次にシートに着座したときのむれ感評価実験を行い、個人差、季節差との関連性を把握し、最後にその計測・評価システムを構築した内容について報告する。

2. むれ感とは

私達が口にする「むれる」という感覚は一体どのようなものであろうか。広辞苑で調べると、「むれる」とは蒸し暑く感じる感覚、湿気が多く風がなくて暑い感覚と記されている。従ってむれ感とはただ単に暑いというのではなく、湿気を伴う暑さを感じたときのようなのである。しかしその取り扱い、汗によってべとついた感じをむれ感と称したり⁶⁾、あるいは不感蒸泄が停止し発汗に至るまでの過渡現象をむれと称したりしており⁷⁾、まだ統一した見解がないのが実状である。この理由については暑い、冷たい、痛いといった感覚はそれに応答する受容器が存在するのに対し、むしむし、じめじめ、べとべとといった湿気を伴う感覚はそれに応答する受容器が存在しないことに起因している⁸⁾。それでは本研究で対象としているシートむれ感とは一体どのような感覚なのであろうか。本稿では官能評価実験をもとにむれ感の形成要因を分析し調べることにした。

3. シートむれ感評価実験

3.1 実験方法

実験は次に述べる3種類を行った。実験1は温湿度を

容易に変化できる恒温恒湿槽を使い、むれを感じる具体的な環境条件を把握するための素手による官能評価実験、実験2はシートむれ感の客観的評価法を調べるための着座官能評価実験、実験3はむれ感に及ぼす季節差、個人差の影響を調べるための着座官能評価実験である。

3.2 実験1

実験1は素手をFig. 1に示すように恒温恒湿室槽内に挿入し、手に感じるむれ感、温度感、湿度感、べとつき感の計4つの感覚を挿入開始から1分ごとに申告しながら5分間行った。実験条件はFig. 2に示すように(A) 指を広げたとき、(B) 指を前後にこすりあわせたときの2パターンである。申告方法は、むれ感については単に暑さだけを感じたのではなく、むしむしした感じを伴う暑さで評価するようにした。また温度感は暑さを伴う感覚、湿度感は湿りを伴う感覚、べとつき感は接触したときに感じるべとべとしたような感じあるいはまとわりつくような感じで評価するようにした。申告尺度は空調環境評価で用いられている7段階評価尺度の中立から不快側の4段階評価(0: 無感, 1: やや感じる, 2: 感じる, 3: 非常に感じる)を用いた。被験者は成人女性2名である。Table 1に実験1の温湿度条件を示す。

3.3 実験2

実験2は被験者が約25℃、60%の室で10分間安静にした後、設定温湿度に保たれた恒温恒湿室に入り、丸椅子に10分間着座し、その後同室内に設置してある自

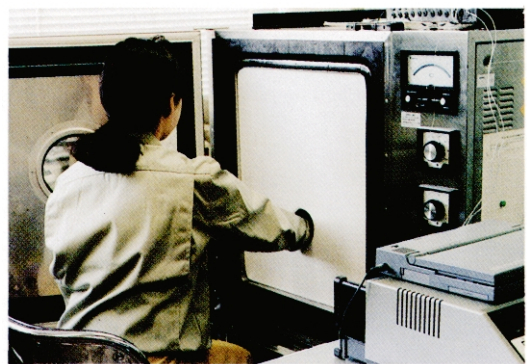


Fig. 1 Photograph of experimental scene.

動車シートに着座し、5分ごとにシートむれ感、シート接触部の温度感、湿度感、べとつき感（座席部、背もたれ部どちらかで評価）の計4項目を申告しながら60分間行った。申告尺度は実験1と同じである。実験中はFig. 3の●印で示す部位の温湿度を20秒ごとにデータロガを介してパソコンに取り込んだ。着座シートは1脚である。Table 2に実験2の温湿度条件を示す。実験2の被験者は成人男性4名で、着衣条件は上衣をランニング（綿100%）、半袖ワイシャツ（綿60%、ポリエステル40%）、下衣をスラックス（ポリエステル65%、綿35%）に統一して行った。

3.4 実験3

実験3は実験2とは異なる被験者（成人男性）4名で、夏と冬の2回、同一被験者、同一環境条件下で実験2と同じ着座官能評価実験を行った。着座シートは7脚で、Table 3に実験3の温湿度条件を示す。

4. 結果と考察

4.1 むれ感の分析

Fig. 4は素手によるむれ感申告値と槽内湿度との関係を温度をパラメータにしてプロットした結果である。Fig. 4によるとむれ感は湿度上昇とともに増加し、同じ湿度でも温度が高いとむれ感が高くなる傾向を示すが、むれると申告（申告値2）した温湿度条件をみると温度33℃では湿度65%以上、温度39℃では湿度55%以上になったときで、むれると感じるのは高温多

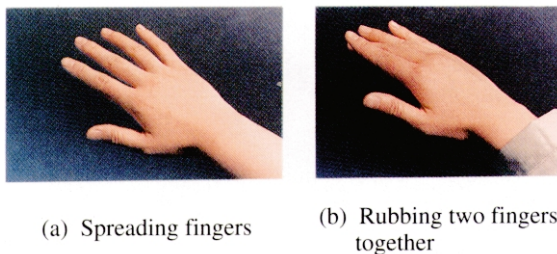


Fig. 2 Photograph of evaluation conditions.

Table 1 Experimental conditions.

Temp. (°C)	30	33	36	39
Humidity (%RH)	40	60	80	

湿の場合であり、必ずしも温度あるいは湿度のみの条件で生じるものではないようである。次に指を広げた場合と指をこすり合わせた場合についてむれ感を比較すると、Fig. 5に示すように、むれ感は指を広げた場

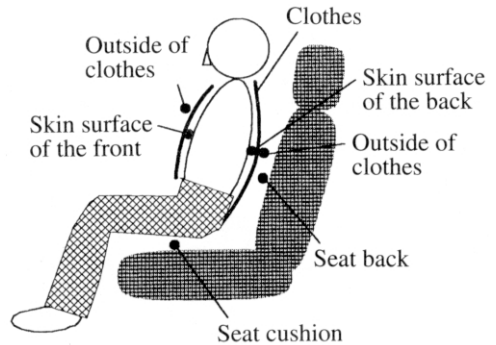


Fig. 3 Measurement positions of temp., humidity sensors.

Table 2 Experimental conditions.

Temp. (°C)	28	32	36	40
Humidity (%RH)	60 70	45 55 60	40 50 60	32 50

Table 3 Experimental conditions.

Temp. (°C)	30	34	37
Humidity (%RH)	50	50	50

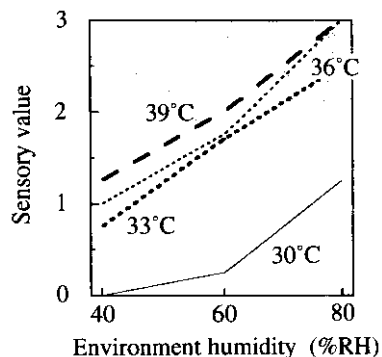


Fig. 4 Relationship between environment humidity and value of sweat and humidity feeling.

合に対し、指をこすり合わせると若干強く感じる傾向となり、むれ感は温湿度感覚の他にべとつき感も影響していることがわかる。そこでむれ感を目的変数に、温度感、湿度感、べとつき感の3用語を説明変数にして重回帰分析を行った結果、Table 4のBに示すようにむれ感は温度感、湿度感、べとつき感の順に寄与し、この3因子で約97%の寄与率を得た。以上の結果から、むれるという感覚は温湿度感とべとつき感とで形成された複合感覚で、被験者はこれらの感覚を総合的にとらえ、むれ感を評価していることがわかる。それでは着座中に生じるシートむれ感の場合はどうであろうか。Table 5に重回帰分析結果を示す。Table 5によるとシートむれ感はシート接触部における湿度感、べと

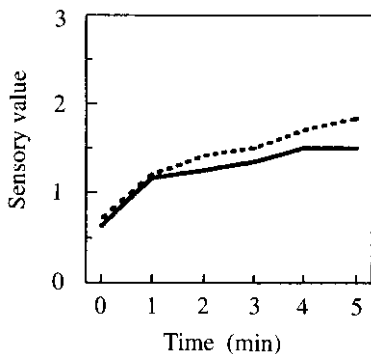


Fig. 5 Relationship between elapsed time (min) and value of sweat and humidity feeling for two experimental patterns:
 — spreading fingers,
 ●●● rubbing two fingers together.

Table 4 Results of multiple regression analysis.

Evaluation conditions		a		b	
Multiple correlation coefficient		0.9680	0.9692	0.9773	0.9842
Proportion		0.9370	0.9393	0.9551	0.9686
Regression coefficient	Temp. sensation	—	-0.6080	—	1.6522
	Humidity sensation	0.7317	0.7117	0.3252	0.4463
	Sticky sensation	—	—	0.6326	0.2645

a: Spreading fingers
 b: Rubbing two fingers together

つき感、温度感の順に寄与し、この3因子で約65%の寄与率を得た。寄与率は素手の場合に対して低いもののシートむれ感も被験者は温湿度感とべとつき感の複合感覚としてとらえて評価しており、素手の場合と同様の傾向となった。

4.2 個人差と季節差

むれ感を分析することにより、シートむれ感は温湿度感とべとつき感とで形成された複合感覚であることを明らかにした。しかしむれ感は湿度を伴う暑さを評価するため 個人差、日内変動、季節差等によって変わる感覚である。この内、日内変動は同じ時刻に実験すればその影響を取り除くことができるので、本項ではシートむれ感に及ぼす個人差と季節差の影響を、シート着座30分以降の定常状態におけるむれ感覚とシート背もたれ接触部（以後背もたれ部と名付ける）の温湿度との関係を中心に検討することにした。

4.2.1 個人差

まず発汗計測装置により被験者4名の発汗量を計測し、被験者を汗かきタイプ、中間タイプ、汗の少ないタイプの3タイプに分類した。Fig. 6にその結果を示す。Fig. 7は3タイプとシートむれ感との関係である。Fig. 7をみると中間タイプ、汗の少ないタイプはむれ感を室内温度に依存して申告するのに対し、汗かきタイプは室内温度に関係なくほぼ一定の申告をするという個人差がみられた。次にこの3タイプと背もたれ部の水蒸気圧との関係を見ると、Fig. 8に示すように汗かきタイプは背もたれ部の水蒸気圧が高く、汗の少ないタイプはそれが低い傾向となり、発汗量の多いタイプは背もたれ部の湿度も高く、そのためシートむれ感を高く申告するのに対し、発汗量の少ないタイプは背もたれ部の湿度が低いいため、シートむれ感も低く申告

Table 5 Results of multiple regression analysis.

Subjects		Four			
Proportion		0.5078	0.6002	0.6215	0.6484
Regression coefficient	Temp. sensation at contact portion between a seat and a human body	0.1903	0.2813	—	0.1807
	Humidity sensation at contact portion between a seat and a human body	—	0.6829	0.5229	0.5176
	Sticky sensation at contact portion between a seat and a human body	0.8683	—	0.5889	0.4493

するという関係となった。このことはむれ感評価実験を行う場合、被験者の発汗生理量（汗のかきやすさ）をきちんと把握することが、データのばらつきを抑えるために重要であることを示している。一方Fig. 9は背もたれ部の水蒸気圧とシートむれ感との関係を表したもので、両者の間には高い相関が得られた。これは背もたれ部の温湿度が決まれば被験者はいつでも同じシートむれ感として評価していることを示唆している。従って同じ実験条件でも被験者によってシートむれ感が異なるのは、被験者によって背もたれ部の水蒸

気圧が変わるため、それは主として人間の発汗生理量が個人個人異なることに起因している。

4.2.2 季節差

一般に「むれる」という感覚は、気温の高い夏季シーズンに生じ気温の低い冬には生じにくいと考えられている。そこでシートむれ感は季節によってどの程度影響を受けるのかを調べるため同一実験条件、同一被験者で夏と冬の2シーズンにむれ感評価実験を行った。Fig. 10をみるとシートむれ感は冬より夏の方が約0.5

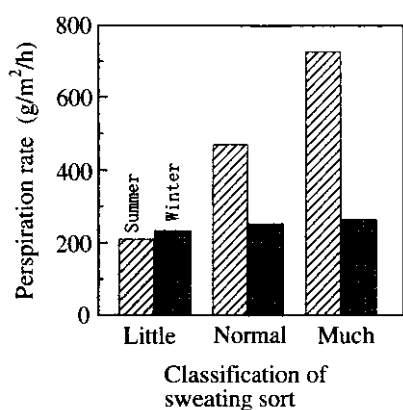


Fig. 6 Difference of perspiration rate among three sweating sorts.

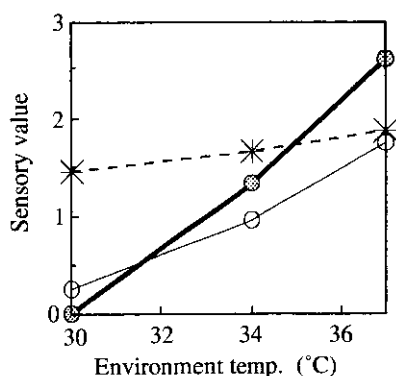


Fig. 7 Relationship between environment temp. and value of sweat and humidity feeling of an automotive seat for three seating sorts.
* much, normal and little sort.

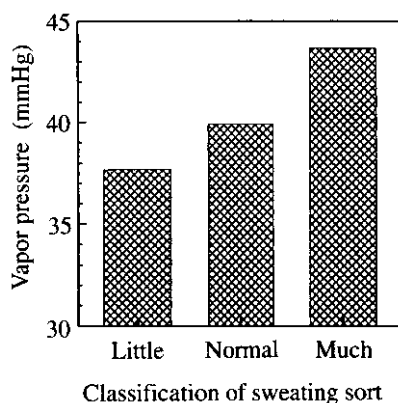


Fig. 8 Difference of vapor pressure of a seat back among subjects of little, normal and much sweating sorts.

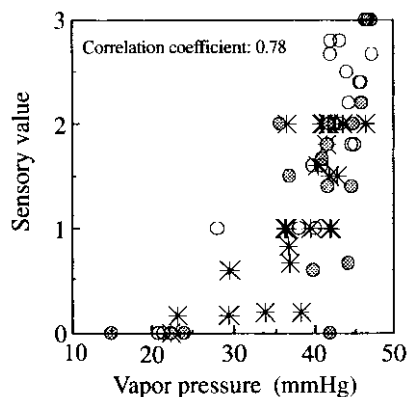


Fig. 9 Relationship between vapor pressure of a seat back and value of sweat and humidity feeling of an automotive seat for two sweating sorts:
, normal and * little sort.

高く申告し、また背もたれ部の水蒸気圧はFig. 11に示すように冬より夏の方が高くなり、背もたれ部で湿気がこもりやすい結果となっている。これは冬より夏の方が発汗しやすい体になっているためで、人間の生理量が季節馴化していることに起因している⁹⁾。ここで前項と同様に背もたれ部の水蒸気圧とシートむれ感との関係を見るとFig. 12に示すように、両者の間には高い相関が得られ、背もたれ部の温湿度が決まれば季節に関係なく被験者はいつでも同じシートむれ感として評価していることがわかる。これらのことより個人差、季節差によってシートむれ感が変わるのは、それらの要因によって背もたれ部の水蒸気圧が変わるためであることを実験的に確認できた。

4.3 物理計測によるシートむれ感の定量化

以上シートむれ感は背もたれ部の水蒸気圧で評価すれば季節差、個人差には依存しないことを明らかにした。そこでシートむれ感の定量化を図るため、シートむれ感とFig. 3に示す各部位で計測した温度や湿度あるいは温湿度から計算される不快指数、水蒸気圧等の物理量との単相関分析を行った。但し分析にあたってはシートむれ感を室内の温湿度に依存せずに申告する汗かきタイプのデータは除くことにした。その結果をFig. 13に示す。

ここで不快指数 (DI)、水蒸気圧は (Pab) は式(1)、(2)より求めた。

$$DI = 0.81 \times Ta + 0.01 \times Ha \times (0.99 \times Ta - 14.3) + 46.3$$

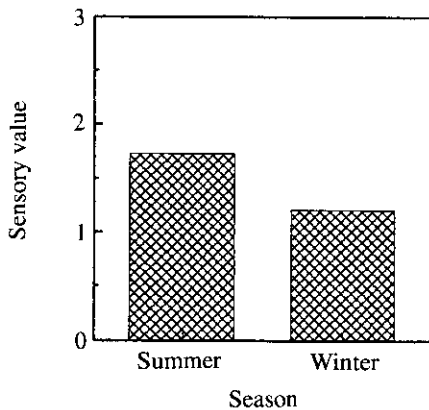


Fig. 10 Difference of value of sweat and humidity feeling between summer and winter.

$$Pab = (Hs / 100) \times \exp(18.668 - 4030.183 / (235 + Ts)) \quad (1)$$

$$Pab = (Hs / 100) \times \exp(18.668 - 4030.183 / (235 + Ts)) \quad (2)$$

Ta : 環境温度 ($^{\circ}\text{C}$)

Ha : 環境湿度 (%RH)

Ts : 接触部の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

Hs : 接触部の相対湿度 (%RH)

なお環境の水蒸気圧は Ts を Ta に、 Hs を Ha に置き換えて計算すればよい。

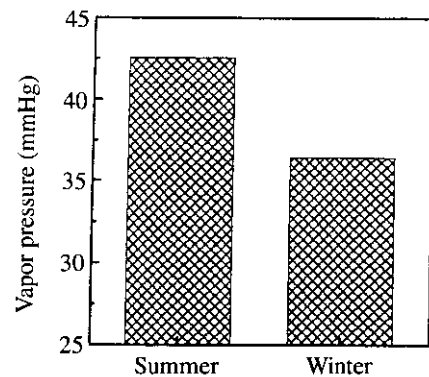


Fig. 11 Difference of vapor pressure between summer and winter.

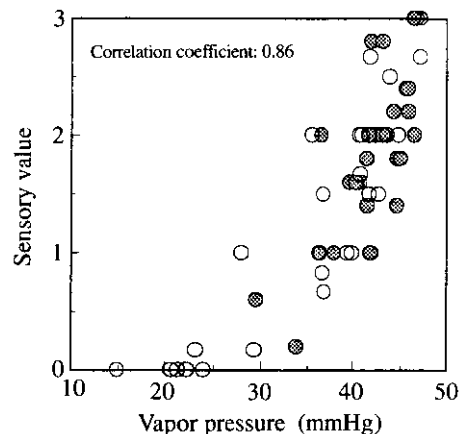


Fig. 12 Relationship between vapor pressure of a seat back and value of sweat and humidity feeling of an automotive seat for two seasons: summer and winter.

Fig. 13をみるとシートむれ感は室内の温湿度から計算される不快指数と最も相関が高く、次いで背もたれ部の温湿度から計算される水蒸気圧、座席部の温度の順となった。次にこれらの物理量を用いて段階式重回帰分析を行い、シートむれ感と相関の高い組み合わせを求めたところFig. 14に示すように不快指数と背もたれ部の水蒸気圧との組み合わせで寄与率が高く、この2因子でシートむれ感を約80%説明でき、これ以上因子を増やしても寄与率はあまり向上しないことが明らかとなった。これはシートむれ感が室内の不快指数と、背もたれ部における水蒸気圧との2因子で十分説明できることを示している。そこでむれを感じないを0、ややむれるを1、むれるを2、非常にむれるを3と定め、式(3)で表した評価式によりシートむれ感を定量化した¹⁰⁾。ここでMtはシートむれ感推定値である。

$$Mt = 0.147 \times DI + 0.056 \times Pab - 12.03 \quad (3)$$

但し、 $DI > 72.0$, $Pab > 24.0\text{mmHg}$ である。

この式(3)をみるとシートむれ感は、不快指数DIを含む第1項が室内の温湿度を、水蒸気圧Pabを含む第2項が背もたれ部の温湿度を表わす式となっており、複合感覚であるシートむれ感を室内と背もたれ部の温湿度で評価できることがわかった。

Fig. 15は縦軸に背もたれ部の水蒸気圧、横軸に室内

の不快指数をとり申告値をプロットした結果を示す。Fig. 15よりシートむれ感の申告値は推定値の範囲内に入っており式(3)によりシートむれ感が評価できることを示している。

4.4 シートむれ感の計測・評価システム

シートむれ感の計測・評価システムのフローチャートをFig. 16に示す。本システムは人間がシートに着座すると室内の温湿度と背もたれ部の温湿度とを計測

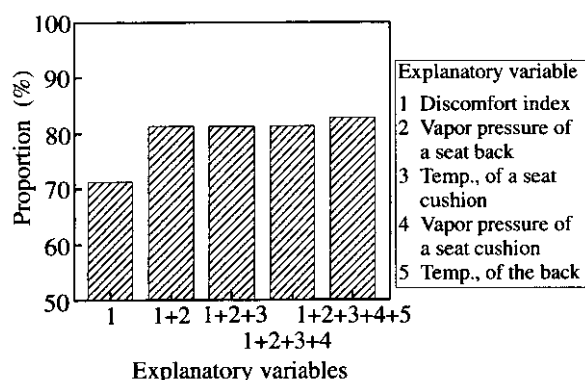


Fig. 14 Proportion for the set of explanatory variables.

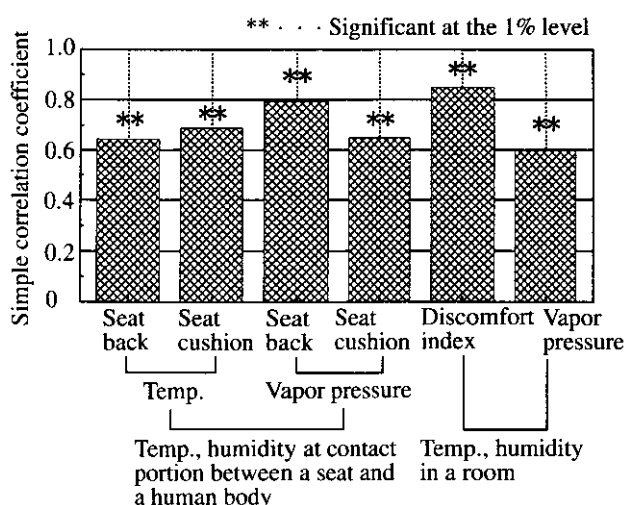


Fig. 13 Results of simple correlation coefficient between sweat and humidity feeling of an automotive seat and measurement values.

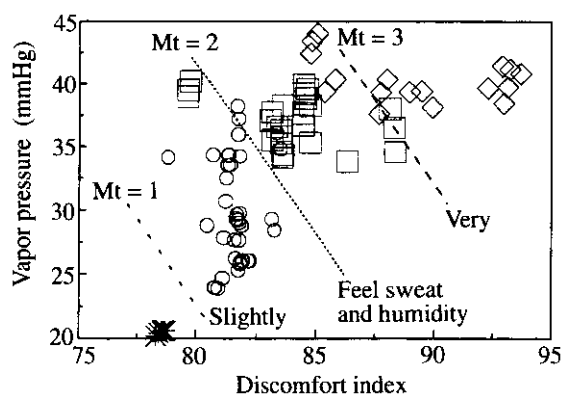


Fig. 15 Relationship among sweat and humidity feeling, discomfort index and vapor pressure of a seat back:

*, □, ◇ indicate values of sweat and humidity feeling of an automotive seat, * = 0, □ = 1, ◇ = 2.

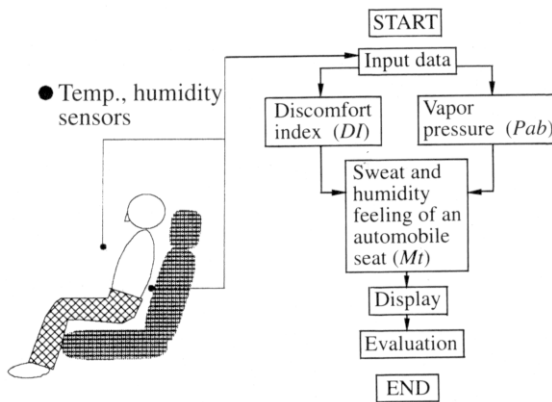


Fig. 16 Flow chart for the measurement and evaluation of sweat and humidity feeling.

し、データログを介してパソコンにそのデータを取り込み式(1)より室内の不快指数 DI 、式(2)より背もたれ部の水蒸気圧 Pab を計算し式(3)よりシートむれ感 Mt を自動的に推定することができるシステムとなっている¹¹⁾。本システムにより人が着座すればシートむれ感を自動的に推定し、そのシートむれ感が室内の温湿度に起因するのか、シート接触部に起因するのかを評価できるのでシートむれ感がどちらの要因により多く寄与しているのが推定可能となる。

5. まとめ

自動車シートに着座中に生じるシートむれ感を官能評価実験を中心に分析し、シートむれ感に及ぼす個人差、季節差について検討した結果、下記の知見が得られた。

- (1) シートむれ感は接触部の温湿度感とべとつき感との複合感覚であることを官能評価実験により確認した。
- (2) 自動車シートのむれ感は室内の不快指数 (DI) と背もたれ部の水蒸気圧 (Pab) の2因子で推定でき、その寄与率は約80%であった。
- (3) シートむれ感は個人差、季節差に関係なく背もたれ部の水蒸気圧と高い相関関係が得られた。
- (4) 人がシートに着座すれば、シートむれ感を自動的に評価するシステムを作成した。

参考文献

- 1) 松本義隆, ほか2名: 日本繊維機械学会誌, 41-11(1988), 566
- 2) 原田隆司: 日本繊維機械学会誌, 45-4(1992), 199
- 3) 小森谷徹: 自動車技術会, 46-9(1992), 48
- 4) 堀越哲美: 建築設備と配管工事, 10(1984), 35
- 5) 竹森利和: 平成6年度人間感覚応用技術研究開発成果報告会講演要旨集, (1994), 295, 人間生活工学研究センター
- 6) 吉田正光: 自動車技術会, 45-9(1991), 65
- 7) 山川勝, ほか3名: 武庫川女子大紀要, 29(1981), 被167
- 8) 中島利誠, ほか2名: 第12回繊維連合研究発表会講演要旨集, (1990), 67, 繊維学会
- 9) 鳥井正史, ほか3名: 生理人類誌, 10-3(1991), 163
- 10) 井上鉄三, ほか5名: 平成6年度繊維学会講演会講演論文集, (1994), S-123
- 11) 井上鉄三, ほか: "むれ感評価装置", 特願平5-155612

著者紹介



井上鉄三 Tetsuzou Inoue

生年: 1944年。

所属: 感性情報研究室。

分野: 感覚量の計測および材料評価に関する研究・開発。

学会等: 繊維学会, 日本繊維機械学会, 日本生理人類学会会員。



中平祐子 Yuko Nakahira

生年: 1969年。

所属: 感性情報研究室。

分野: 感覚量の計測および材料評価に関する研究・開発。