

顔面への気流曝露が人体の心理・生理反応に与える影響

—気流速度及び湿度の影響—

佐藤 桃子¹⁾, 若林 斉²⁾, 橋口 暢子²⁾, 官 旖旎²⁾, 栢原 裕²⁾, 中畔 誉暢³⁾

1)九州大学芸術工学部, 2)九州大学芸術工学研究院, 3)トヨタ自動車株式会社

The Effects of Air Flow on the Human Face on Psychological and Physiological Responses
- The Effects of Air Flow Velocity and Relative Humidity -Momoko SATO¹⁾, Hitoshi WAKABAYASHI²⁾, Nobuko HASHIGUCHI²⁾, YINI GUAN²⁾,
Yutaka TOCHIHARA²⁾, Takanobu NAKAGURO³⁾

1) School of Design, Kyushu University, 2) Faculty of Design, Kyushu University, 3) TOYOTA MOTOR CORPORATION

Abstract : The purpose of this study was to investigate effects of air flow velocity and relative humidity of air flow on the human face. Nine male students were exposed to 9 air flow conditions (combination of 30%RH, 40%RH, 50%RH and 0.4m/s, 1.0m/s, 2.0m/s). There were significant main effects of air flow velocity on subjective sensation of dryness/wetness, thermal comfort and frequency of blinking, and significant main effects of air flow relative humidity on skin hydration and saccharin clearance time. Both velocity and humidity had effects on skin temperature and transepidermal water loss.

Key Words : transepidermal water loss, skin hydration, frequency of blinking, saccharin clearance time

要旨 : 顔面への気流が人体に与える影響について、気流速度及び湿度に着目して検討した。9名の男子大学生を被験者として実験を行った。気流の湿度(30%RH, 40%RH, 50%RH)・気流速度(0.4m/s, 1.0m/s, 2.0m/s)を組み合わせた9条件の気流を顔面へ60分間送風した。その結果、主観申告の乾湿感や温熱的快適感・まばたき回数には湿度よりも気流速度の影響が強く、皮膚水分量・サッカリンクリアランスタイムには気流速度よりも湿度の影響が強く、皮膚温・経皮水分蒸散量には両方の影響がみられた。

キーワード : 経皮水分蒸散量, 皮膚水分量, まばたき回数, サッカリンクリアランスタイム

1. はじめに

車室内でのエアコン使用時の気流発生による空気の乾燥は、まばたき回数の増加など運転時に悪影響を及ぼすことなどから、冷暖房設備の改善が求められている。今日まで、温熱的に均一な環境での研究は広く行われており、気温と気流速度に関する研究や、相対湿度と皮膚性状に関する研究は行われ、PMVやSET*のような快適性の指標も提案されている。しかし、顔面への気流曝露の人体への影響として、気流速度及び気流の湿度に着目した研究例はわずかである。そこで本研究では、気流速度と気流の湿度を調整し、顔面への気流が、人体へ及ぼす影響について検討を行った。

2. 方法

2-1. 実験装置

顔面へ気流を送るため、寸法 700mm×700mm×700mm

の亚克力製チャンバー内に加湿器を設置し、3つのファンにより気流速度と湿度及びチャンバー内の気圧を電圧計(PAK35-10A, KIKUSUI)と差圧計(GC15, 長野計器)を用い調節した。

2-2. 被験者及び着衣

被験者は健康な男子大学生9名(年齢:21.8±0.7歳, 身長173.1±9.5cm, 体重60.1±4.7kg, BMI:14.9±1.5, 平均皮下脂肪厚7.2±2.1mm, 平均±SD)であり、非喫煙者とした。着衣は、半袖Tシャツ, トランクス, 靴下, 上下スウェットであった。

2-3. 実験条件

実験条件は、気流速度を0.4m/s, 1.0m/s, 2.0m/sの3条件、気流の湿度を30%RH, 40%RH, 50%RHの3条件とし、気流速度と湿度を組み合わせる9条件とした。

(Table. 1). 実験順はランダムとし、同時刻に日を変えて行った。なお、気流速度および湿度の測定は、気流装置の吹き出し口から 150mm の位置（被験者の鼻の位置）で行った。実験室内は実験開始から終了時まで 25℃, 30%RH で一定とした (Fig. 1)。

Table.1. Air flow velocity and relative humidity during the experiment.

	0.4m/s	1.0m/s	2.0m/s
30%RH	0.38 (0.07) m/s 27.8 (1.9) %RH	1.02 (0.04) m/s 27.0 (0.6) %RH	1.99 (0.02) m/s 28.2 (1.2) %RH
40%RH	0.46 (0.06) m/s 39.8 (2.1) %RH	1.03 (0.04) m/s 39.6 (1.2) %RH	2.01 (0.03) m/s 40.2 (0.9) %RH
50%RH	0.43 (0.03) m/s 51.7 (2.2) %RH	1.03 (0.07) m/s 50.5 (0.8) %RH	2.01 (0.03) m/s 49.9 (0.4) %RH

Air flow velocity (m/s) mean (SD)
Air flow relative humidity (%RH) mean (SD)

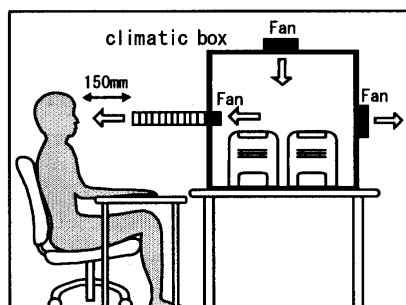


Fig.1. Experimental set-up.

2-4. 実験手順

実験手順を Fig. 2 に示した。被験者は前室 (25℃, 30%RH) で 30 分間椅座位安静にした後、実験室の気流装置の前に移動し 60 分間椅子に着席した。曝露時は吹き出し口から被験者の鼻の距離が 150mm になるように調節した。血圧・脈拍と主観申告の測定は、前室入室後 15 分・30 分、曝露開始から 15 分おきに、経皮水分蒸散量と皮膚水分量は前室入室後 10 分・30 分、曝露開始後 20 分・40 分・60 分に、回復皮脂量とまばたき回数は前室入室後 30 分と曝露開始後 60 分に行った。SCT については、曝露開始後 28 分から 30 分までの 2 分間にサッカリンを鼻腔内に置いた。

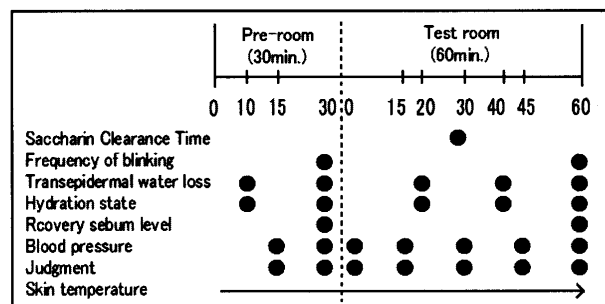


Fig.2. Schedule for experiment.

2-5. 測定項目

(1) 皮膚温

皮膚温の測定部位は、前額・鼻・頬・胸・上腕・手背・大腿・下腿の 8 点とし、サーミスタを貼り付け、前室入室時から実験終了時までデータロガ (LT-8A, Gram) に 10 秒毎記録して 1 分ごとのデータを算出した。

(2) 血圧・脈拍数

デジタル自動血圧計 (HEM-759P, オムロン) を用い、被験者の右上腕にカフを巻き 2 回の測定の平均値を使用した。

(3) 皮膚性状

皮膚性状として、経皮水分蒸散量・皮膚水分量・回復皮脂量を測定した。経皮水分蒸散量は、VapoMeter (Keystone Scientific K. K.) を用い、右頬で測定し、3 回の値の平均値を使用した。皮膚水分量は、CORNEOMETER CM825 (Courage+Khazaka electronic GmbH) を用い右頬にあらかじめ 3×3 の 9 点に印を付け、同じ箇所が測定できるようにした。データ解析には、その 9 点から得られた値の平均値を用いた。回復皮脂量は、CORNEOMETER SM810 (Courage+Khazaka electronic GmbH) を用い測定した。測定部位は左頬とし、前室での測定直前にアルコール綿にて清拭した。

(4) まばたき回数

被験者はパソコンの画面から 400mm 離れ、画面に表示されるランダムな白丸の点滅回数を 2 分間数えるよう指示された。その間のまばたき回数を実験室外のモニターにより観察し、カウンターで数えた。

(5) サッカリンクリアランスタイム (SCT)

鼻腔粘膜輸送速度を測定するため、顆粒状に凝固した 3mm 程度のサッカリンを鼻腔内の中鼻甲の先端の鼻中隔壁に置き、被験者が甘味を感じるまでの時間を計測した。なお、サッカリンを置く鼻腔は被験者内で左右どちらかに統一した。

(6) 主観評価

温冷感・温熱的快適感・乾湿感・乾燥感・気流感を測定した。温冷感は全身・顔・手・足を、温熱的快適感は全身・顔を、乾湿感は全身・顔・手を、乾燥感は目・鼻・喉・顔・手を、気流感は顔について申告してもらった。温冷感には「寒い：-3」～「暑い：3」、温熱的快適感には「非常に不快：-3」～「非常に快適 3」、乾湿感には「非常に乾いた：-3」～「非常に湿った：3」の 7 段階スケールを、乾燥感には「ない：0」～「非常に感じる：3」の 4 段階スケールを使用した。いずれも 0.5 刻みの申告も可能とした。実験中、被験者は各項目を口頭で申告した。

3. 結果・考察

3-1. 皮膚温

額・鼻・頬の皮膚温は、湿度が低い条件で、また気流速度が速い条件で低下が大きく、湿度が高くまた気流速度が遅い条件で低下が小さかった。曝露後 50 分から 60 分までの 10 分間の平均値では、湿度と気流速度の交互作用がみられた ($p < 0.05$) (Fig. 3)。梶原ら (1993) によると、気流速度が増すと空気との熱遮断度が低下し、皮膚表面からの不感蒸散が盛んになり皮膚表面から熱が奪われやすくなったため皮膚温が低下すると述べている。胸においては湿度と気流速度の交互作用 ($p < 0.05$) がみられたが、気流曝露後の皮膚温の変化はわずかであった。上腕・手背・大腿・下腿においては、湿度と気流速度による影響はみられなかった。

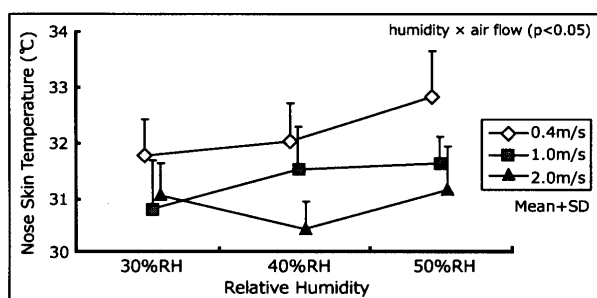


Fig.3. Nose skin temperature after 50-60 min of air flow exposure.

3-2. 皮膚性状

経皮水分蒸散量の曝露後 60 分の値では、低湿度ほど減少し、湿度による主効果 ($p < 0.01$) がみられた。50%RH と 40%RH、50%RH と 30%RH においては有意差がみられ、50%RH の方が高値であった ($p < 0.05$)。また、気流速度が速いほど減少し、気流速度による主効果 ($p < 0.01$) がみられた。2.0m/s と 1.0m/s、2.0m/s と 0.4m/s では有意差がみられ、2.0m/s の方が減少した ($p < 0.05$) (Fig. 4)。気流速度と湿度の交互作用はみられなかったが、特に 30%RH・2.0m/s の条件での減少は顕著であり、湿度が低いほど、また気流速度が速いほど経皮水分蒸散量は減少した。Sunwoo ら (2006) は、10%RH、30%RH への全身曝露で、前室条件である 50%RH よりも経皮水分蒸散量が増加したと報告しており、本研究の結果とは一致していない。本研究では気流が経皮水分蒸散量に大きな影響を与え、異なる結果となったものと考えられる。

皮膚水分量は曝露後 60 分では、30%RH で減少し、湿度による主効果がみられ ($p < 0.01$)、50%RH と 30%RH では有意差がみられた ($p < 0.01$) (Fig. 5)。気流速度による主効果はみられなかった。湿度に関する先行研究では、Sunwoo ら (2006) による低湿度への全身曝露の実験で、前室条件である 50%RH よりも皮膚水分量は減少したと報告しており、また、大野ら (1987) も頬部の水分

量は 40%RH および 60%RH よりも 80%RH が有意に高値であると報告しており、本研究の結果と一致した。一方、気流曝露に関する研究では、梶原ら (1993) の実験で、気流速度条件間に有意差はみられないが、気流曝露による角質水分含有量の低下傾向がみられたと報告している。その理由として、気流曝露により皮膚の表層中からの水分が拡散し、外気中へ失われやすくなったため角質中の水分が低下したものと考察しているが、今回の実験からは気流の主効果はみられなかった。

回復皮脂量は、いずれの条件においても、曝露前より曝露後 60 分の値の方が高値を示したが、条件間の有意差は見られず、気流速度や湿度による影響はみられなかった。

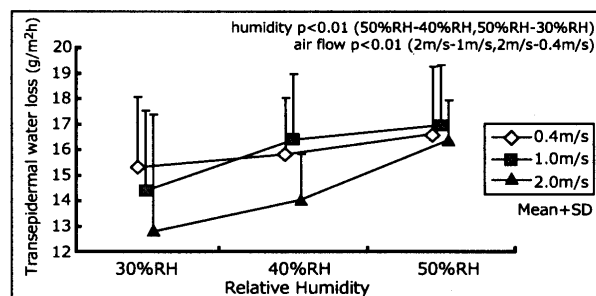


Fig.4. Transepidermal water loss after 60 min of air flow exposure.

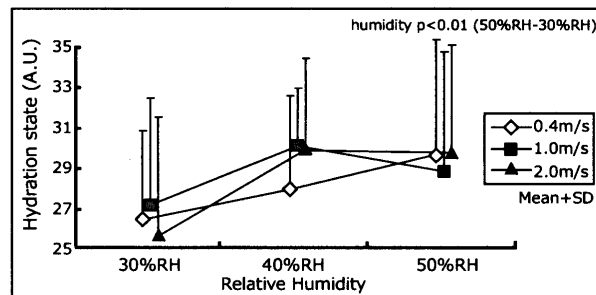


Fig.5. Skin hydration state after 60 min of air flow exposure.

3-3. まばたき回数

いずれの条件においてもまばたき回数は安静時よりも曝露後 60 分の方が増加した。曝露後 60 分でのまばたき回数は気流速度が速いほど多く、気流の主効果がみられた ($p < 0.01$) (Fig. 6)。気流曝露による目の乾燥を軽減するため、気流速度が速い条件でまばたき回数が増加したものと考えられる。

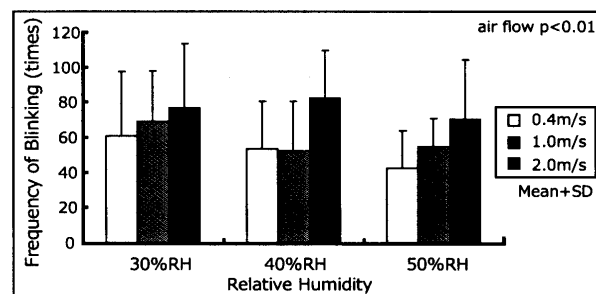


Fig.6. Frequency of blinking after 60 min of air flow exposure.

3-4. サッカリンクリアランスタイム (SCT)

SCT 値は、30 分以上申告が見られなかった者を除外して分析した。50%RH・2.0m/s の条件が他の条件に比べて SCT が最も短かった (Fig. 7)。気流速度及び湿度の主効果や交互作用はみられなかったが、鼻粘膜に最も影響の強いと考えられる気流速度 2.0m/s において湿度に焦点をあてて比較すると、50%RH と 40%RH で有意差がみられ ($p<0.05$)、50%RH の方が SCT は短かった。Sunwoo ら (2006) は、低湿度への全身曝露の実験では、SCT が長くなると述べており本実験の結果と一致する。また鈴村ら (2001) は、高湿度と鼻腔温度上昇により入浴中の SCT が安静時と比べ短くなると報告している。これらの報告から、低湿度では鼻粘膜の働きが不活性化すると考えられる。

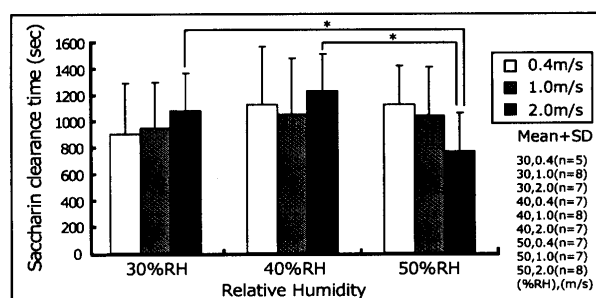


Fig.7. Saccharin clearance time during air flow exposure.

3-5. 主観申告

温冷感 (顔) においては、気流速度が速いほど「寒い」側の申告となったが、条件間の有意差はみられなかった。温熱的快適感 (顔) は、気流速度が速いほど「不快」側の申告となり、曝露後 60 分の値では気流速度による主効果 ($p<0.01$) がみられ、2.0m/s と 1.0m/s、2.0m/s と 0.4m/s では有意差がみられた ($p<0.05$) (Fig. 8)。温冷感 (顔) と温熱的快適感 (顔) には、気流曝露による皮膚温の低下が影響したと考えられる。乾湿感 (顔) は、気流速度が速いほど「乾いた」側の申告となり、曝露後 60 分の値では気流速度による主効果がみられた ($p<0.05$) (Fig. 9)。乾燥感 (目) は、気流速度が速いほど乾燥を感じる申告となり、曝露後 60 分の値では気流速度による主効果がみられた ($p<0.05$) (Fig. 10)。乾燥感 (鼻)・(喉)・(顔) では、時間とともにやや乾燥を「感じる」側の申告となった。なお、温冷感 (手)・(足)・(全身)、温熱的快適感 (全身)、乾湿感 (手)・(全身)、乾燥感 (手) では、ほぼ変化がなく条件間の有意差はみられなかった。

4. まとめ

本研究では、顔面への気流の曝露が人体に与える影響について、気流速度及び湿度に着目し検討した。その結果、主観申告の温熱的快適感や乾湿感・まばたき

回数には気流の湿度よりも気流速度の影響が強く、皮膚水分量・SCT には気流速度よりも湿度の影響が強く、皮膚温・経皮水分蒸散量には両方の影響が認められた。

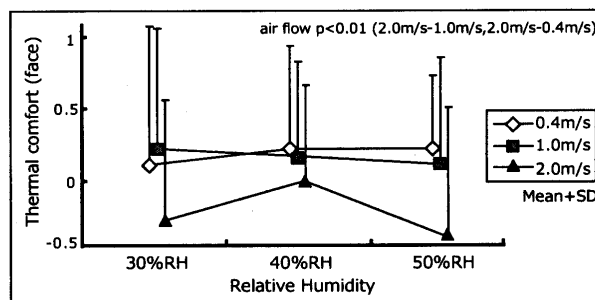


Fig.8. Thermal comfort (face) after 60 min of air flow exposure.

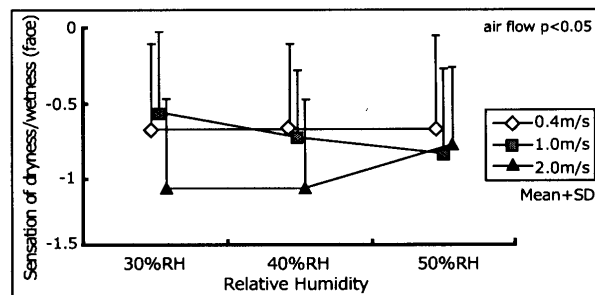


Fig.9. Sensation of dryness/wetness (face) after 60 min of air flow exposure.

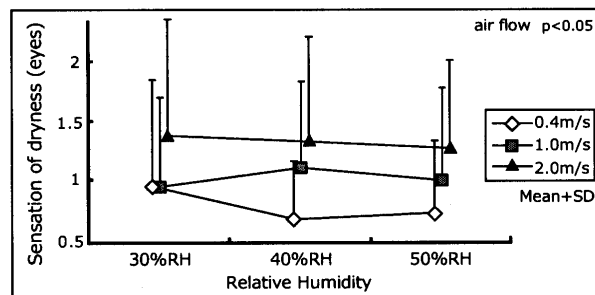


Fig.10. Sensation of dryness (eyes) after 60 min of air flow exposure.

謝辞 ご指導を頂きました研究協力者及び被験者としてご参加頂きました方々へ厚く感謝致します。

5. 文献

- 大野ら (1987) 皮膚生理機能におよぼす気温、湿度、季節、および洗顔の影響：日皮会誌 97 (8)：953-964
- 梶原ら (1993) 皮膚表面に及ぼす気流の影響：J.Soc.Cosmet.Chem.Jpn.26(4)：269-279
- 鈴村ら (2001) 鼻腔粘液纖毛輸送機能に対する温泉入浴の効果：耳展 44, 補 1：20-23
- Sunwoo et al. (2006) Physiological and subjective responses to low relative humidity：J.Physiol.Anthropol.25(1)：7-14

<連絡先>

著者名：栢原 裕

住所：福岡県福岡市南区塩原 4-9-1

所属：九州大学芸術工学研究院

E-mail：tochi@design.kyushu-u.ac.jp