

車室内空間の快適性向上を目指して

Approach to Improvement of Comfortable in Automotive Interior Space

○ 中村一美 樹野淳也 米原牧子 山田康枝 竹原伸 (近畿大学)

Hitomi NAKAMURA, Junya TATSUNO, Makiko YONEHARA, Yasue YAMADA, and Shin TAKEHARA
Kinki University

Abstract: We have worked on to develop better automotive vehicle by means of ergonomic methods. This paper describes about approaches we have studied to improve comfortability in automotive vehicle. First, we studied about improvement of efficiency at air conditioner in automotive vehicle. We did preliminary study about differences between setting temperature and real temperature in air conditioner of automotive vehicle, we found automotive interior space with heater was too hot compared with temperature setting. Therefore we have tried high efficiency of air conditioner by using human temperature sensitivity. We discuss gender differences of temperature sensitivity in this paper. Next, we studied on air quality by experiments of spontaneous motion activity in mice. We chose valeric acid, butyric acid, and propionic acid as experimental reagent, because they are component of bad odors of automotive interior space. We found that odors depressed spontaneous activity in mice.

Key Words: Comfortable Feeling, Temperature Sensitivity, Gender Difference, Air Quality

1. はじめに

我が国において自動車産業は中核産業の1つと言える。自動車の普及に伴い、交通事故死者数は2000年代初めまでは1万人を超えていたが、自動車の操安性・安全性の向上により2009年には6000人を下回った。

著者らは近畿大学次世代基盤技術研究所において自動車における人間工学の研究をおこなっているが、今回はとくに車室内空間の快適性向上に関する研究について紹介する。

2. 自動車空調システムに関する基礎研究

2-1 背景・目的

自動車の基本性能として安全性、操安性が挙げられるが、その他に付加価値として快適性、娯楽性も求められている。とくに、快適性向上に影響が大きいカーエアコンは基本性能といっても過言ではないくらい普及している。

他方、次世代自動車として開発されている電気自動車(EV)では、車の全消費エネルギーに対する冬季の暖房エネルギー等の割合は50%以上になる場合もある⁽¹⁾と言われている。EVにおいて消費電力は走行可能距離に直接影響をおよぼすため、自動車の空調システムの省電力化が望まれる。そこで本研究ではヒトの温冷感覚特性を利用した効率の良い空調システムを目指して、生理指標と温冷感覚の関係および被験者属性との関係についての基礎実験をおこなった。本稿では被験者属性による温冷感覚の違いについて述べる。

2-2 実験方法

被験者は自動車運転免許を取得している高齢男性5名、高齢女性5名、若年男性5名、若年女性5名の計20名であった。まず室内の温度に慣れてもらうため中間の温度となる25℃の室温で20分待機してもらい、次に高温(30℃以上)、中温(25℃付近)、低温(20℃以下)の室内環境で各20分ずつ、高温→中温→低温、低温→中温→高温の計2条件で計測を行った。被験者にはレバー式の装置を用いることにより、温冷感(5段階評価)と快適感(7段階評価)について実験中に適宜回答してもらった。また同時に、データロガー(LR8401, HIOKI)により室温、湿度、体温、サーモグラフィ(TH-9100, NEC Avio)により顔面表面温度、多用途生体計測装置(API132, デジテックス研究所)により脳波、心電図を計測した。

実験条件の温度を管理するために、断熱材や窓用エアコンなどを用いて、室内(W:2500mm×D:3450mm)に簡易環境試験室(W:1360mm×D:1780mm×H:1810mm)の構築を試みた(Fig.1)。簡易環境試験室内には、自動車の運転を模擬してもらうために、据え置き型のドライビングシミュレータ(UC-win/Road v4.0, フォーラムエイト, 以下, DS)を設置した。なお、全ての被験者からインフォームドコンセントを得た。また本実験は近畿大学工学部生命倫理委員会の承認を得ておこなった。

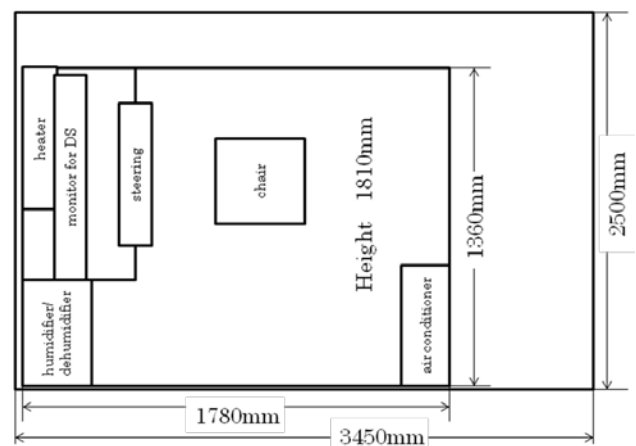


Fig.1 Design of chamber for experiment

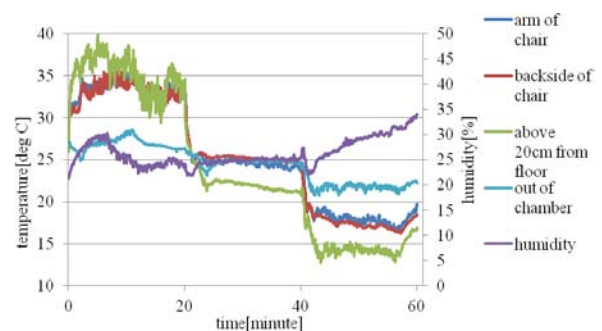


Fig.2 Time-dependent change of temperature in chamber

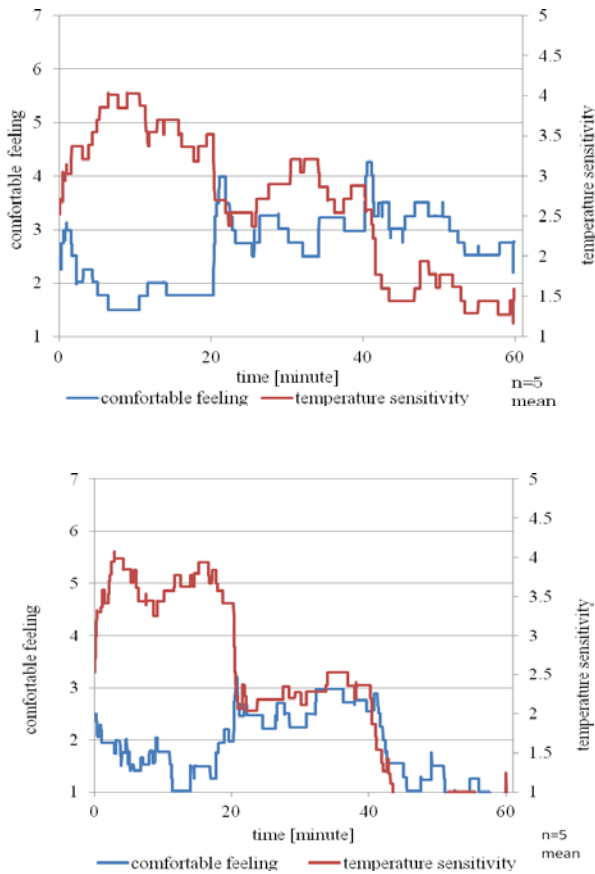


Fig.3 Differences between genders in sensory evaluation
Upper: Young-male, Lower: Young-female

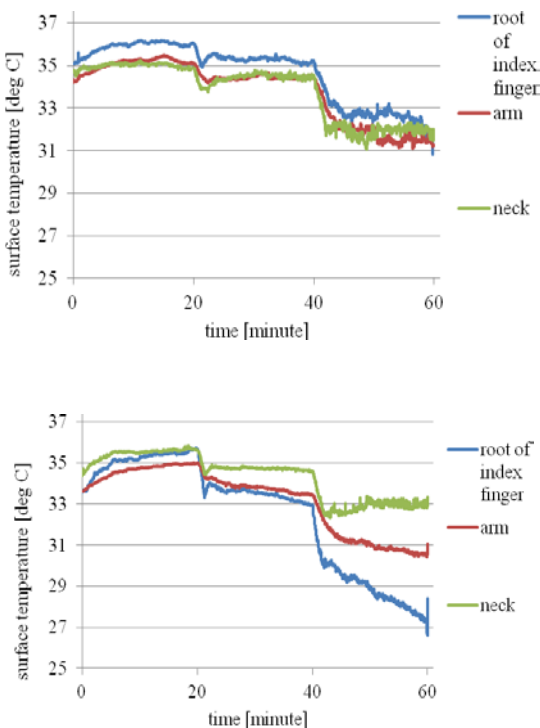


Fig.4 Differences between genders in surface temperature
Upper: Young-male, Lower: Young-female

2-3 実験結果および考察

Fig.2はある被験者の高温→中温→低温の条件下の簡易環境試験室内の温度・湿度変化および室外の温度変化である。簡易環境試験室内はほぼ設定温度通りに推移している。

Fig.3は若年被験者における、快適感および温冷感覚に対する官能評価の結果である。若年者では男性は“丁度良い”から“寒い”(涼しい)と感じる温度が“快適”と感じる反面、女性は“寒い”と感じた途端に“不快”と感じることがわかった。

Fig.4は人差指の付け根、前腕部、頸部の3か所の表面温度の経時変化である。高温から低温へ変化する実験条件の、それぞれ若年者男性、若年者女性各群の平均値を示す。

若年男性群では、上述の3か所の表面温度は部位による違いがあまり見られなかった。若年女性群では、前腕部の表面温度は若年男性群と変わらなかったが、低温条件において、頸部は若年男性群より高く、人差指の付け根は低かった。低温条件時における頸部の表面温度の男女差は、頭髪の長さによる影響と考える。被験者の頭髪の長さについては記録していないが、頸部は皮膚が比較的薄く、主要な動脈・静脈もあり、頸部周りに頭髪等がないことにより、熱放散の影響が大きいのではないかと考える。

また、温冷感覚における若年者における男女差について、高齢者では男女差が顕著ではないことから、筋肉量の違いによる熱産生量の違いの影響ではないかと考える。

以上のことから、温冷感覚特性を利用した自動車空調システムを開発する際には、乗員属性も考慮する必要があることが示唆された。

3. 自動車室内の空気質に関する基礎研究

3-1 背景・目的

交通環境では排気ガスをはじめとする悪臭物質が自動車室内へと流れ込んでいる。そこで本研究では自動車の空調システムにおいて異臭原因物質の主成分であるプロピオン酸、吉草酸、酪酸に着目し、各物質がマウスの自発運動能におよぼす影響を調べた。はじめに、チャンバ内に悪臭物質を循環させ、マウスの嗅覚を通して刺激を与えて自発運動能を計測した。次に、定量的な評価をおこなうため、各悪臭物質を腹腔内への注射によって投与し、自発運動能を計測した。なお、本研究は近畿大学工学部動物実験小委員会の承認を得ておこなった。

3-2 吸気による悪臭物質投与と自発運動能の関係

3-2-1 実験方法

対象は23週齢のC57BL雄性マウス6匹(体長:7~8cm, 体重:24~32g)であった。自発運動能計測システム(Wheel Manager, MED Associates Inc.)を用いて、マウスの自発運動能を1分毎、60分間計測した。回し車の直径は10.9cmである。

まず、マウスの覚醒状態を確認し、10分後にマウスを飼育ケージからチャンバ内の計測用ケージへ移した。Fig.5に示すように、アロマディフューザからチャンバ内へ悪臭成分を注入し、反対側から排気することにより充滿させた。チャンバ内には3ケージを並べ、3匹同時に計測した。

計測は、基礎データ(control data)を計測し、日にちにおいて、プロピオン酸、吉草酸、酪酸の順で、悪臭物質の吸気による実験をおこなった。

なお、体重増加による回転数の減少を考慮するため、悪臭物質3条件の計測が終わったのち、基礎データを再度計測し、悪臭物質の実験前後の平均値をcontrol dataとした。



Fig.5 Chamber for filling bad odors

3-2-2 実験結果

Fig.6 に, control data と吸気による悪臭物質投与時の回転数の違いを示す. 結果は control data の値を 100 とした場合の割合で示している. プロピオン酸, 吉草酸, 酪酸ともに control data よりも回転数が減少していることがわかる.

以上のように, 嗅覚刺激としての悪臭物質がマウスの自発運動能に影響をおよぼすことがわかった. さらに, ヒトにおいても悪臭物質は快/不快の感覚に影響を与えるだけではなく, 運動能に影響を与える可能性が示唆された.

しかし, チャンバ内の悪臭物質の濃度が不明であり, 各個体への刺激が同一ではない可能性がある. また, マウスとヒトの嗅覚には違いがあるため, 本方法ではヒトへの影響が正確にはわからない. そこで, 定量的な方法として, 3-3 にあるように, 腹腔内へ悪臭物質を投与することにより自発運動能への影響を調べた.

3-3 腹腔内への悪臭物質投与と自発運動能の関係

3-3-1 実験方法

対象は 18 週齢の C57BL 雄性マウス 24 匹であり, 計測装置は 3-2 の実験と同様である. 回し車 (直径 10.9cm) の回転数[回/分]を 60 分間計測し, 1 分毎の回転数の積算値により比較した.

まず 24 匹全ての control data を計測した. 次に, 24 匹のマウスを, 注射の有無による影響を検討するためのリングル液投与群, 悪臭物質による影響を検討するための, プロピオン酸 (1 μ g/kg) 群, 吉草酸 (1 μ g/kg) 群, 酪酸 (0.5 μ g/kg) 群の 4 群に分けて, 各物質を腹腔内へ投与した場合の自発運動能の計測をおこなった.

なお, 4 群の control data において一元配置の分散分析をおこなった結果, 各群の間に統計学的な有意差はなかった ($P>0.05$). また, 各物質の投与による統計学的有意差の検定にはウィルコクソンの符号順位和検定を用いた.

3-3-2 実験結果および考察

腹腔内への注射による影響を調べるため, control data とリングル液投与群データを比較した. 投与の有無による有意差はなかった ($P>0.05$) ため, 物質の投与方法として, 腹腔内への注射による投与の影響はないものと判断した.

次に, 悪臭物質投与による影響を調べるため, プロピオン酸, 吉草酸, 酪酸を投与した各群について, 非投与と投与の回転数を比較した (Fig. 7). 非投与時と比較して, 悪臭物質を投与した場合に回転数が減少した. とくに吉草酸, 酪酸を投与した群において有意差があった ($P<0.05$).

以上の結果から, 悪臭物質は嗅覚への刺激としてだけではなく, 腹腔内への投与によっても運動能に影響をおよぼすことがわかった. 嗅覚受容器ではなく腹腔内による投与によって自発運動能が低下したことから, 血中から吸収された悪臭物質は神経系にまで影響する可能性があり, ヒト

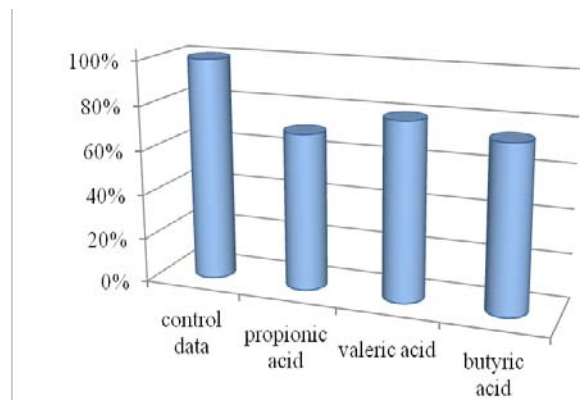


Fig.6 Comparison among groups (ratio of bad odors' data against control data)

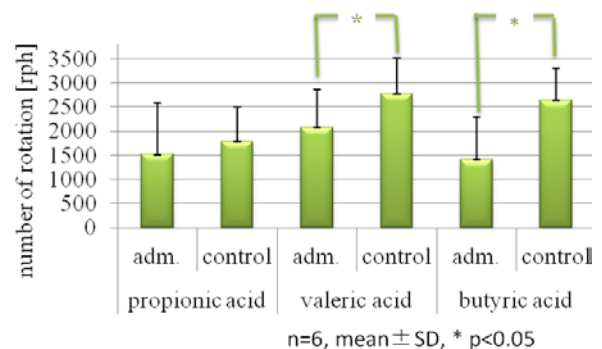


Fig.7 Number of rotations in an hour (between data with bad odors and control data)

においては, 肺へ取り込まれた空気から血中へ悪臭物質が流れ込むことが考えられる. とくに, 自動車室内のような閉鎖空間では, 匂い成分による運動能 (=運動動作) への影響が無視できないと考える.

4. まとめ

悪臭物質がマウスの自発運動能におよぼす影響を調べた. また, 定量的な評価をおこなうため, 各物質の投与方法は腹腔内への注射による投与とした. 悪臭物質 (吉草酸, 酪酸) がマウスの自発運動能に影響をおよぼすことがわかった.

反面, アロマセラピーに代表される, 芳香成分により覚醒度や集中力向上へ寄与する可能性も考えられる.

今後は, 血中濃度変化の計測をおこない, 腹腔内投与による悪臭物質の影響を明らかにしたい. また, 覚醒や集中力に関係した香り成分による検討をおこないたい. さらに, 安全性を確保したうえで, ヒトに対する影響も検討したい.

謝辞

本研究は平成 21 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「地域連携による次世代自動車技術に関する研究」, 平成 23 年度 JST 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプ, および広島県カーエレクトロニクス開発促進補助金により実施された.

参考文献

- (1) 萩原康正他, 電気自動車用空調の特徴・動向について, デンソーテクニカルレビュー Vol. 16, pp. 83-89, 2011