

平成 30 年 6 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14076

研究課題名(和文)クロスモダリティー・マッチングを用いた嗅覚応答過程の評価手法に関する研究

研究課題名(英文)Evaluation Method of Olfactory Response Process using Cross-Modality Matching

研究代表者

山中 俊夫 (Yamanaka, Toshio)

大阪大学・工学研究科 教授

研究者番号：80182575

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：酢酸エチルを用いて、ステップ変動下の嗅覚応答に対して、純音の大きさ及び周波数のマッチング、線分法、ME法、言語評定尺度法の適用を行った結果、モダリティーが変わっても個人の評価特性は維持されるが、音のモダリティーについてはやや高めの評価となることが明らかになった。さらに、嗅覚の回復過程において、言語・線分・音の高さを用いた臭気強度の時間変化の評価を行い、パルス応答理論に基づく嗅覚モデルの回復過程における妥当性について検討を行い、個人差が大きいことを明らかにした。また、完全順応時の体臭とひのき臭を対象とし、ひのき臭における知的生産性(d2テスト)の上昇を確認した。

研究成果の概要(英文)：Under the step change of the concentration of ethyl acetate, odor intensity was evaluated by various stimuli with different modalities, such as loudness and frequency of pure tone, straight line length, Magnitude Estimation, rating scale with words. As a result, the same individual difference was also seen in all modalities, but evaluation with sound tends to be a little highly evaluated. Additionally, recovering process was evaluated by rating scale, straight line and sound note so that it was turned out that the individual difference is quite large. Lastly, it was found the workplace productivity increased with the odor of cypress.

研究分野：建築環境工学

キーワード：臭気 モダリティーマッチング 順応過程 知的生産性

1. 研究開始当初の背景

嗅覚順応についての代表的研究には、Berglund の研究が挙げられる。この研究では、順応過程と回復過程に関してフィンガースパン法による主観評価実験が行われ、その指数関数を同定しているが、時間とともに変化する建築内空間臭気への適用性に関する検討は、不十分なものであった。

研究代表者及び研究分担者（以下筆者ら）はこれまでに、嗅覚の順応過程を定量化し、応答係数嗅覚閾値の経時変化を予測する手法を開発した。しかし、嗅覚反応の個人差までを反映できる手法となっておらず、様々な人が利用する建物において、適用可能な手法の確立が課題であった。これまで、筆者らの実験では、臭気強度を評価尺度として、その経時変化を申告させるという手法によって感覚量を測定してきたが、示性語に対する評価の個人差が大きいと考えられ、個人間の比較や臭気質の違いの評価が非常に困難であった。そこで、音の大きさ、音の高さ、線分の長さ感など、異なるモダリティーを用いる心理学的手法の利用を着想するに至った。

まず、一定の濃度の臭気に曝露される場合の、酢酸エチルの臭気強度の時間的な変化を様々なモダリティーを用いるクロスモダリティーマッチング手法により測定し、最も精度、応答性に優れたモダリティーは何なのかを明らかにする。その上で、そのモダリティーを用いて、様々な臭気質の順応特性を様々な属性のパネルを対象に明らかにする。

建築環境心理生理の分野においては、クロスモダリティーマッチングはこれまで殆ど試みられたことがない新規性の高い手法の一つであり、非常に特色のある手法である。じつは古典的手法でありながらも、嗅覚順応という新しい分野への適用は心理学の分野においても有用な結果をもたらすものと考えられ、過渡過程における Weber-Fechner 則の適用と相まって学術的にも学際的で意義の大きい研究であると言え、これまでの言語評価尺度に取って替わる大きな可能性を秘めていると考えた。

2. 研究の目的

(1) モダリティーの検討

一定の濃度の臭気に曝露される場合の、酢酸エチルの臭気強度の時間的な変化を様々なモダリティーを用いるクロスモダリティーマッチング手法により測定し、最も精度、応答性に優れたモダリティーは何なのかを明らかにする。その上で、そのモダリティーを用いて、様々な臭気質の順応特性を様々な属性のパネルを対象に明らかにする。

(2) 嗅覚回復過程における嗅覚順応モデルの適用性

これまで検討して来なかった、嗅覚の回復過程に焦点を当て、精度の高いと考えられるモダリティーの評価尺度を用いて、臭気強度の時間変化の評価を行い、Berglund の実験の再現を行うとともに、すでに開発したパ

ス応答理論に基づく嗅覚モデルの回復過程における適応可能性について検討を行う。

(3) 濃度上昇過程における嗅覚順応

順応過渡過程での臭気強度の変化を定量化する手法を確定した上で、体臭と木材臭（吉野ひのき）を対象として、濃度上昇過程における臭気強度の時間的な変化を測定する。臭気強度の測定と同時に、CO₂ 濃度の時間変化についても計測を行い、CO₂ 濃度を体臭濃度の指標として利用する。さらに、順応後の環境において、d2 テストなどの評価方法を用いて、知的生産性の測定を行い、臭気と知的生産性との関連性についても検討を行う。

3. 研究の方法

(1) モダリティーの検討

図-1 に示す測定装置を用いて、パネルに酢酸エチルを含む臭気を暴露し、様々な評価尺度で臭気強度を評価させる。

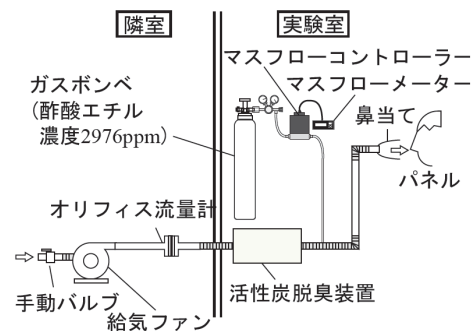


図-1 実験装置の概要

用いた手法は、言語評価尺度、線分長尺度、数の大きさを用いて評価する ME 法、音の大きさと高さの 5 種類である。表-1 に各評価手法の詳細について示す。

表-1 評価方法の種類と方法

評価手法	評価方法
言語評価尺度	図2に示す言語評価尺度に、被験者が感じる臭気強度を尺度に直交するように線を引かせた。
線分長尺度	図3に示す線分長尺度に、被験者が感じる臭気強度を「全くにおいがない」を端点として、線分を引かせた。
ME法	図4に示す評価用紙に、被験者が感じる臭気強度を0以上の実数で記入させた。評価値は回数値を10で除したものとした。
音の高さとのCMM	図5に示す評価装置において、パネルがオーディオ発信器を操作し、被験者が感じる臭気強度に相当する音の高さの純音をヘッドフォンより出力させることで評価させた。出力された音声をPCで録音し、周波数解析を行うことで評価周波数を得た。なお、音量については自由に調整させた。録音が終わると音の出力を止めた。
音の大きさとのCMM	図6に示す評価装置において、オーディオ発信器より440Hzの純音を発生させ、ミキサー①をパネルが操作することで被験者が感じる臭気強度に相当する音の大きさをヘッドフォンより出力させることで評価させた。出力された音声を、ミキサー②に接続されたPCで録音し、解析を行い、音の大きさと相対的な関係があるRMS値 ³⁾ を算出し、それを評価値とした。録音が終わるとミキサーの出力が最小になるようにつまみを戻した。

被験者は、嗅覚試験から正常な嗅覚を有すると認められた19～25歳の本学学生9名(男子4名、女子5名)を採用し、試料臭気は酢酸エチルを用いた。

実験のタイムスケジュールを図-2 に示すが、酢酸エチルの濃度も図中に示す。

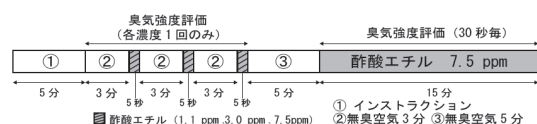


図-2 実験のタイムスケジュール

(2) 嗅覚回復過程における嗅覚順応モデルの適用性

図-1の実験装置を用いて、表-1の尺度のうち、言語評定尺度、線分長尺度、音の高さの3つの評価手法を用いて、Berglundと同様にして臭気の連続曝露と間欠的な瞬間曝露を行う実験を行い、嗅覚応答特性について検討をした。実験のタイムスケジュールを図-3に示す。図-2との違いは、実験の後半で、7.5ppmの酢酸エチルに12分間順応させた後、無臭空気に曝露させて嗅覚を回復させた状態において、その1分毎に7.5ppmの酢酸エチルを10秒間のみ間欠的に曝露し、そのときの臭気強度を評価させ、臭気濃度の時間変動を測定した。

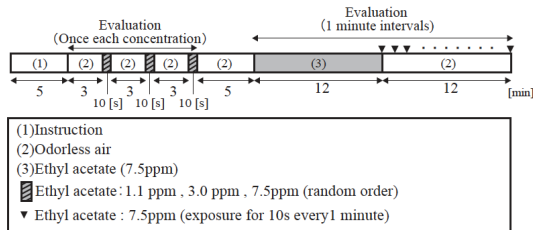


図-3 実験のタイムスケジュール

(3) 濃度上昇過程における嗅覚順応

図-1に示す実験室内の臭気作成室（容積7.65 m³）にパネル5名を入室させ、臭気の主観評価と共に知的作業テストを実施した。室内空気汚染物の指標はCO₂濃度を用い、臭気作成室内の濃度が均一になるようサーキュレーターを、木材臭条件においてのみ臭気の発生源としてディフューザーを配置した。

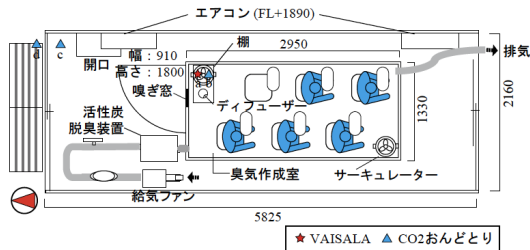


図-4 実験装置平面図

実験条件はCO₂濃度1500ppmで追加臭気なしを基準条件、CO₂濃度5000ppmで追加臭気なしを体臭条件、CO₂濃度1500ppmに加え吉野ひのき（インセント社製）の精油を発生させた木材臭条件の計3条件とした。

実験のタイムスケジュールを図-5に示す。用いた知的生産性評価尺度は、加算テスト、d2テスト、マインドマップテスト、単語作成テストの4種類である。

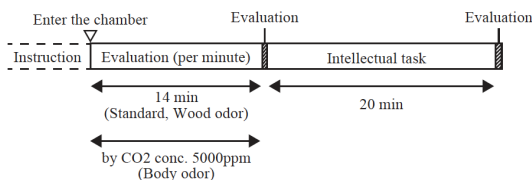


図-5 実験のタイムスケジュール

4. 研究成果

(1) モダリティーの検討

5種類の評価尺度による臭気強度の時間変化について、9名のパネルのうちの6名のパネルの結果を図-6に示す。パネルによって嗅覚順応過程での臭気濃度評価が大きく異なっていることがわかる。パネルの順応特性は、指数的に減衰するタイプ、大きく変動をしながら減衰するタイプ、変動はするものの殆ど順応が見られないタイプに大別される。この傾向はどの評価尺度についても共通して見られ、傾向としては、モダリティーの差は見られないことがわかる。しかし、音の高さと大きさについては、他のモダリティーの尺度と比較して、やや高めに推移する傾向があることがわかる。

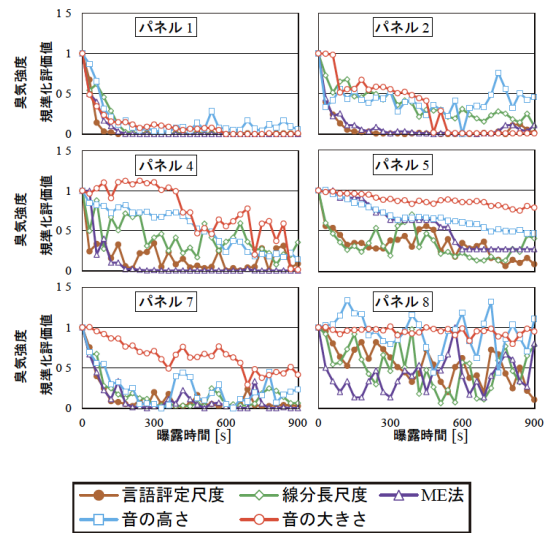


図-6 各パネルの臭気強度変化

(2) 嗅覚回復過程における嗅覚順応モデルの適用性

図-7は5人のパネルのうちの3人、及び5人の平均について、順応・回復過程での臭気強度の時間変化と、山中が過去に提案した嗅覚順応モデルを用いた予測曲線を併記したものである。モデル計算については、本来はパネル平均値にのみ適用すべきであるが、ここでは、各パネルに適用を試みた。図から明らかなのは、順応過程については、モデルは各パネルの順応過程を正しく表現できるが、回復過程については、同じ係数では表現

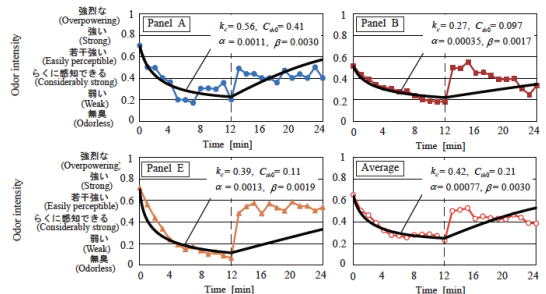


図-7 各パネルの順応・回復過程における臭気強度の変化

ができないことがわかる。順応モデルは、臭気の刺激に対する嗅覚順応への応答が線形であることを仮定しているため、順応と回復の閾値に対する影響が同じであるのに対し、無臭空気に暴露された場合の回復過程では、順応に比較して、回復の方が早いことがわかる。この傾向はある意味で、視覚の暗順応と明順応にも似た傾向であり、今後、モデルの改良とともに、嗅覚回復の過程についての研究を進める必要のあることを示唆していると言することができる。

(3) 濃度上昇過程における嗅覚順応

図-8に、実験前半における、各条件での在室者の臭気強度の変化と、チャンパー内のCO₂濃度の変化の例を示す。CO₂濃度の上昇と共に強度は上昇するものの、順応の影響で、臭気強度はある一定のところで定常値を示すことができる。

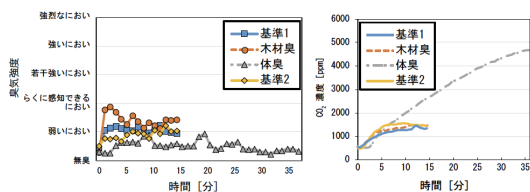


図-8 各条件の臭気強度変化とCO₂濃度変化

図-8に示した臭気強度の変化のうち、基準1と体臭について、室内のCO₂濃度を指標物質として、臭気強度変化の予測値と比較したものが図-9である。(A)と(B)はパネルのグループ名である。係数は各図で異なるものの、濃度変化に対応した臭気強度の変化はある程度再現できており、順応過程におけるモデルの適用は可能であることを示していると考えられる。

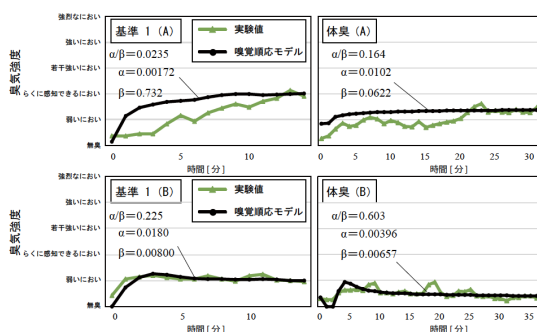


図-9 各条件での順応過程の臭気強度変化

一方、定常状態になった後の20分間において、様々な知的生産性の評価を行ったが、そのうち、d2テストを行った結果について、条件間の比較を示したものが図-10である。図中にミス率と達成率が示されており、これらは、習熟度の補正を行っている。ミス率は少ない方が、また、達成率は高い方が知的生産性は良いものと言える。図より、体臭(CO₂濃度5000ppm)条件下において、ミス率が上

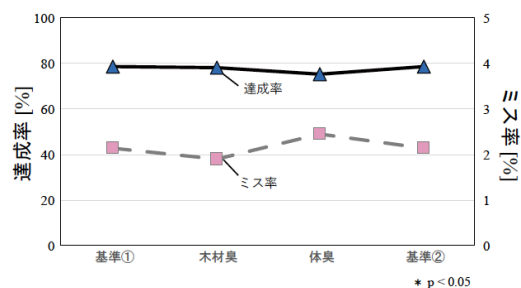


図-10 各条件におけるd2テストの結果

昇し、達成率が低下する、また、木材臭(ひのき)を嗅ぐことでミス率が低下する傾向が見られる。ただし、いずれも僅かな差異であり、統計上有意差は得られなかった(p>0.05)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計 1件)

① 竹内慎, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高橋亮太, 嗅覚の非定常応答に関する研究(その16) 言語評定尺度・線分長尺度・ME法による臭気強度評価, 平成27年度(第45回)空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2016年3月, A-90

② 高橋亮太, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 竹内慎, 嗅覚の非定常応答に関する基礎的研究(その17) 音を用いたクロスモダリティマッチングによる臭気強度評価, 平成27年度(第45回)空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2016年3月, A-91

③ 竹内慎, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 主観評価を用いた嗅覚の順応過程に関する基礎的研究(その19) 順応過程におけるクロスモダリティマッチングを用いた臭気強度評価手法の検討, 日本建築学会2016年度大会学術講演梗概集, 2016年8月, pp.649-650

④ 竹内慎, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高橋亮太, 嗅覚の非定常応答に関する研究(その16) 言語評定尺度・線分長尺度・ME法による臭気強度評価, 平成28年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 第7巻, 2016年9月, pp.97-100

⑤ TakeuchiShin, Toshio Yamanaka, Akihisa Takemura, Hisashi Kotani, Momoi Yoshihisa, Sagara Kazunobu, Ryota Takahashi, Odor evaluation method in olfactory adaptation process by means of cross-modality-matching, ICHES 2016

Nagoya, 2016.10

⑥ 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 桃井良尚, 相良和伸, 高橋亮太, 竹内慎, クロスモダリティーマッチングを用いた臭気強度評価に関する研究 (その2) 順応過程における言語評定尺度・線分長・ME法・音の高さ・音の大きさの適用, 平成28年室内環境学会学術大会講演要旨集, 2016年12月

⑦ 佐岡美咲, 山中俊夫, 竹村明久, 相良和伸, 甲谷寿史, 桃井良尚, 嗅覚の非正常応答に関する基礎的研究 (その18) 言語・線分・音の高さを用いた臭気強度の時間変化の評価, 平成28年度(第46回)空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2017年3月, A-43

⑧ 大久保滉平, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 吉本梨紗, 室内臭気が在室者の主観評価・知的生産性に及ぼす影響(その1)臭気質が在室者の主観評価に及ぼす影響, 平成29年度(第47回)空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2018年3月, A-82

⑨ 吉本梨紗, 山中俊夫, 竹村明久, 甲谷寿史, 大久保滉平, 室内臭気が在室者の主観評価・知的生産性に及ぼす影響(その2)臭気質が在室者の様々な知的作業に及ぼす影響, 平成29年度(第47回)空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2018年3月, A-83

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

<http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/>
(研究室ホームページ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山中 俊夫 (YAMANAKA, Toshio)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 80182575
研究者番号:

(2) 研究分担者

竹村 明久 (TAKEMURA, Akihisa)
摂南大学・理工学部・准教授
研究者番号: 70584689

(3) 連携研究者

桃井 良尚 (Momoi, Yoshihisa)
福井大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号: 40506870

(4) 研究協力者

甲谷 寿史 (KOTANI, Hisashi)
相良 和伸 (SAGARA, Kazunobu)
高橋 亮太 (TAKAHASHI, Ryota)
竹内 慎 (TEKEUCHI, Shin)
佐岡 美咲 (SAOKA, Misaki)
吉本 梨紗 (YOSHIMOTO, Risa)
大久保 滉平 (OKUBO, Kouhei)