

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500156

研究課題名(和文) 動的な香り提示に対する人間の嗅覚特性の測定

研究課題名(英文) A measurement of human olfaction for dynamic scent presentation using scent pulses

研究代表者

坂内 祐一 (BANNAI, YUICHI)

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：70622124

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：香りをパルス状に射出可能なインクジェット型嗅覚ディスプレイを用いることで、従来静的にしか実現できなかった香り提示を動的に行うことが可能になった。本研究では、動的なパルス状の香り提示が人間にどのように影響を与えるのか心理的・生理的効果を測定し効果的な香り提示方法を検討することを目的とする。研究の結果、香りパルスの一対比較法を用いることにより嗅覚特性がより定量的に計測できること、またパルス射出により順応を低減して継続的に香りを知覚できる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：An ink-jet olfactory display, which provides pulse emission of scents, enables dynamic scent presentation whereas conventional methods could give only static olfactory stimuli. The purpose of this research is to develop an effective scent presentation method by measuring physiological and psychological effects on human beings.

We found that a pair-wise comparison of two scent pulses is useful to measure human adaptation to olfactory stimulus and the results indicate that the pulse ejection method reduced the adaptation and enabled human to feel smell continuously.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：嗅覚ディスプレイ 順応 パルス射出 感覚強度 一対比較

1. 研究開始当初の背景

電子的な制御により香りを発生する嗅覚ディスプレイ装置の開発が進み、研究用の他に市販品も登場している。これらの装置では香りの種類・濃度・時間などをコントロールする機能を有するが、人間の嗅覚特性測定を目的とするものでないため、発生される香りの制御の精密さは十分ではない。

研究代表者が所属していた研究グループでは、インクジェット技術を利用した嗅覚ディスプレイを開発した(図1)。このディスプレイは、インクジェットのヘッドを利用してインクの代わりに香料をタンクに装填してピコリットル単位で香料滴の射出を制御することにより、256段階の濃度制御を百ミリ秒単位で実現している。このように時間パラメータを有する動的な香り提示が、正確かつ再現性を伴って実現できるようになったことを受け、従来の静的な香り提示に対する嗅覚特性の知見に、動的な香り提示による嗅覚特性の知見を新たに加えていくという着想に至った。



図1 インクジェット式嗅覚ディスプレイ

2. 研究の目的

本研究では、動的なパルス状の香り提示が人間にどのように影響を与えるのか、心理的・生理的効果を測定し、効果的な香り提示方法を以下の3点から検討する。

(1) 連続的な香り射出と離散的な香りパルス射出に対する感覚強度を比較する。具体的には、一定時間の連続的な香り射出より少ない香料を用いた香りパルス射出刺激を同じ時間提示した場合に、同等の主観強度を提示できるかを調べる。

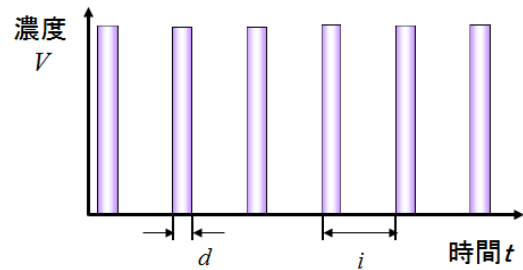
(2) 連続的な香り射出により引き起こされる嗅覚順応が、パルス射出でどう軽減されるのかを調べる。

(3) 覚醒効果がある香りと沈静効果がある香りのパルス状射出による影響を、生理反応を計測することで調べ、香りの持続効果がある香りパルス射出方法を求めることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 使用した嗅覚ディスプレイでは、図2に示すように香りのパルス射出の射出時間 d 、射出強度 V 、射出インターバル i の3つのパ

ラメータをコントロール可能である。一定時間内で連続射出における香料射出量より少ない射出量で同じ主観強度を感じさせられることが期待されるため、上記のパラメータを変化させ、香りの連続提示と主観感覚強度



の比較を行う。

図2 香りのパルス射出のモデル

(2) 嗅覚の動的特性において重要なのが順応である。複数の香りパルスを時系列的に提示した場合、先のパルス刺激に対する順応効果の影響で、後のパルス刺激への主観感覚強度が低下することが考えられる。このことを定量的に評価するために、2つの香りパルス刺激をペアとして用いて以下の実験を行う。

香りの強弱の主観評価を行う際に、最も信頼性の高い方法として、2つの対象の強弱を回答する一対比較法がある。この一対比較法の対象を2つの香りパルスにすることで、パルス刺激に対する順応の程度を定量化できると考えられる。そこで強弱を判定する一対比較法を用いて、2つの香りパルスのインターバルをパラメータとする実験を行い、順応の影響を調べる。

先行研究において、香りのパルス射出に対する知覚特性として1呼吸内に2つの香りパルスを分離できる最小のインターバルである2点分離閾値が特定の香りについて求められている(引用文献)。香りの種類による順応の違いを見るために、この先行研究の結果に加えて、不快な香りを用いて2点分離閾値を測定する。

(3) 覚醒効果がある香りと鎮静効果がある香りのパルス状射出による知覚持続性の影響を調べるために、タスクを設定して香料の差による作業効率を比較すると同時に、主観評価および生理反応を計測することで香り知覚の持続性について検証していく。

4. 研究成果

(1) ある時間内に被験者の一呼吸中に射出する香料の量を一定に保つようにパルス射出のパラメータを変化させた実験(引用文献)の結果、感覚強度は呼吸開始から0.4-0.5秒後付近で吸い込んだ香りが有効に作用することが知られている。

本研究においては、1秒間連続的に香り濃度 V で射出する場合と、連続射出と同じ射出

量に保ちパルス幅 $D = 0.1$ 秒、濃度 $2V$ の香りパルスをインターバル $i = 0.2$ 秒で 5 回射出した場合を比較した結果、パルス射出の感覚強度のほうが大きくなった。

また連続射出の $1/2$ の射出量でパルス状に射出する場合で、同等の香りの感覚強度が得られるかを調べた。3 種類の香りについてパルス射出のパラメータを変更して実験を行ったが、すべてのケースで連続射出に対する感覚強度が、パルス射出に対する強度を上回った。

このことは、連続射出の $1/2$ から 1 までの間の射出量の香りパルス刺激で、連続射出と同等の感覚強度を実現できることを示唆している。

(2) 予備実験の結果より、香りのパルス提示での強弱一対比較を行う上で、2 射出間のインターバル時間 i に加え、提示回数も評価に影響を及ぼしているのではないかとの仮説のもと、インターバル要因と提示回数要因について実験を行った。

被験者の検知閾値の最大値の 2 倍を基準濃度とし、射出時間 1 秒間で同一のインターバル時間の基準濃度を持つ 2 パルスを 3 回、ダミーとして基準濃度と基準濃度の 2 倍の香りパルス対を 2 回、合計 5 回提示した（提示回数要因）。強弱の正解は前者の 3 セットで評価した。この評価をラベンダとバナナの香り（香り要因）を用いてインターバル i を 4 秒から 12 秒まで変化させた 5 パターン（インターバル要因）についてデータを収集した。

香料の種類と提示回数が香りの感覚強度へ及ぼす影響を調べる 2 元配置分散分析の結果、香りの提示回数要因に有意差がみられ、多重比較の結果 1 セット目と 2-4 セット目との間の差が有意となった。この結果から一対比較における最初の提示結果は除外する必要があることが明らかになった。

一方香料要因とインターバル要因の 2 元配置分散分析の結果、主効果、相互作用とも有意差はなく、インターバルが 4 秒以上の 5 パターンで香りの一対比較が正確に行えることがわかった。このことは、検知閾値 2 倍程度の濃度 1 秒間のパルス射出による順応の影響は、4 秒後にはなくなっていることを示している。

香りパルス射出による順応の影響を、香りの種類を変えて検討するために、快・不快度の異なる 3 種類の香料を用いて、1 呼吸間に 2 つの香りパルスを知覚できる時間閾値である 2 点分離閾値を測定する。

提示香料は、ラベンダ、メチルシクロペンテノン、スカトールの 3 種類である。最初にこの 3 種類の香料の認知閾値を測定し、認知閾値の約 2 倍の値を実験に使用する濃度とした。この濃度で快不快度を表す Visual Analog Scale (-100 : 最も不快、100 : 最も快) の主観評価値を求めたところ、ラベンダ

から順に、52.7、43.3、-43.1 となった。

3 種類の香料を 2 種類ずつ組み合わせた 6 パターンについて、一呼吸中の 2 つのパルスインターバルは 0.2 秒から 1.4 秒まで 0.2 秒刻みで変化させて、2 回と感じたか否かと、2 回感じた場合にはその香りを回答させた。最初の回答が正解であった場合の最小のインターバルを 2 点分離検知閾値、第 2 の回答が 2 回正解であった場合の最小のインターバルを 2 点分離認知閾値とした。

分離検知閾値測定の結果は、香りの提示パターンによる差は見られなかった。一方分離認知閾値計測において、分離認知不可の延べパターン数が 11/30 と多かったため、結果を 1.4 秒以内に認知成功 / 不可の 2 値として扱い、実験パターンによる認知不可の割合が異なるかを² 検定で調べた結果有意ではなかった。

この結果から、悪臭であるスカトールを含んだ 3 種類の香りについて、分離検知閾値の差はみられなかった。分離認知閾値の場合、認知不可となる割合は、香りの種類によらないことがわかった。この結果は、香りの快不快が順応に影響しないことを示唆するものである。

(3) 持続的に提示される香りパルス射出が作業に与える効果を調べるために、沈静効果のある香りとしてラベンダを、覚醒効果のある香りとしてミントを選び、短期記憶作業をタスクとして記憶の正確さを比較した。

具体的には 64 枚の画像を 3 秒ごとに表示して記憶させ、2 分の休憩の後に記憶に用いた画像 32 枚を含む 64 枚の画像を表示して、記憶した画像にあったかを回答する。

予備実験の結果から、香りの濃度は嗅覚ディスプレイの最大値（平均認知閾値の 10 倍程度）、射出時間 d は 0.2 秒とした。このパラメータで 64 パルス連続して同等の香りの強さを感じられている。刺激のパターンは以下の 5 通りとした。

刺激提示なし

画像と同期したペパーミントの香り刺激提示

画像と同期したラベンダの香り刺激提示

画像と同期した音の刺激提示

画像と同期したペパーミントとラベンダの香り刺激の交互提示

被験者 10 名の正解数を上記 5 つのパターンすべての組み合わせで平均値の差の検定を行った結果、刺激提示なしと、画像と同期したペパーミントの香り刺激の間で有意差がみられ、その他の組合せでは差が見られなかった。覚醒香であるペパーミントのパルス提示が、短期記憶能力の増強に繋がることが示唆された。

またアンケート結果からも数分間途切れることなく香りを感じさせることに成功しており、順応を引き起こさずに継続的に香りを感じさせる実験条件が実現できた。

香り刺激受容時の生理指標として脳血流 (fMRI、光トポグラフィ)、心拍・脈波や皮膚電位などが用いられているが、本研究では脈波、皮膚電位、光トポグラフィを用いて香り提示時の信号変化を測定した。その結果、皮膚電位の変化は安定して得られるものの、脈波については個人差が大きく、光トポグラフィでは安定的に反応する部位を特定することが困難であった。

<引用文献>

門脇亜美、佐藤淳太、坂内祐一、岡田謙一、香りのパルス刺激に対する嗅覚の時間特性の測定とモデル化、*におい・かおり環境学会誌*、Vol.39, No.1, 36-43、2008

大津香織、野口大介、坂内祐一、岡田謙一、同一射出量の芳香パルス提示における感覚強度差の測定、第 22 回におい・かおり環境学会講演要旨、56-59、2009

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

坂内祐一、王力群、外池光雄、f-MRI によるヒトの匂い反応可視化、*Aroma research*、査読有、vol.15, No.3, 206-211

坂内祐一、快不快度が異なる香りパルスの 2 点分離閾値、*日本バーチャルリアリティ学会論文誌*、査読有、vol.19, No.1, 3-4

[学会発表](計 4 件)

東樹将志、坂内祐一、香りパルス射出での強弱一対比較に及ぼす要因について、*日本バーチャルリアリティ学会第 15 回香り・味と生体情報研究会*、査読無、2015 年 3 月 6 日、東海大学(東京都・港区)

山崎孝樹、坂内祐一、作業中の香り刺激が短期記憶に与える影響、*日本バーチャルリアリティ学会第 13 回香り・味と生体情報研究会*、査読無、2014 年 3 月 10 日、山梨大学(山梨県・甲府市)

坂内祐一、嗅覚ディスプレイの開発と嗅刺激に対する主観・生体反応評価について、*電気学会第 4 回嗅覚インタフェース調査専門委員会*、招待、2013 年 10 月 28 日、東京工業大学(神奈川県・横浜市)

武田茉莉、坂内祐一、快・不快匂いのパルス射出における 2 点分離閾値の測定、第 26 回におい・かおり環境学会、査読無、2013 年 8 月 21 日、文京学院大学(東京都・文京区)

6. 研究組織

(1)研究代表者

坂内 祐一 (BANNAI, Yuichi)
神奈川工科大学・情報学部・教授
研究者番号：70622124