

## 順応効果を軽減できるパルス射出による香り提示手法

佐藤 淳太<sup>†1</sup> 門脇 亜美<sup>†1</sup> 大津 香織<sup>†1</sup>  
坂内 祐一<sup>†2</sup> 岡田 謙一<sup>†1</sup>

近年、映像や音声情報に香りを付加する試みが多く行われている。しかし、嗅覚の順応の問題により、視聴覚情報とともに嗅覚情報を提示しても、香りを感じることが不可能になるという問題が生じていた。著者らはこの問題を解決するため、香料の少量化を実現させるパルス状の香料射出方法を提案した。その際、人間の吸気と香り提示のタイミングを同期させる必要があるが、つねに呼吸センサを装着して吸気をセンシングし続けるのは実用的ではない。そこで、呼吸をセンシングせずに、射出量が少なく、ほぼ毎呼吸で香りを感じさせる射出方法を構築した。構築した射出方法は連続射出と比較して射出量を80%削減することが可能となり、順応の影響を軽減した。

### Scent Presentation Technique by Pulse Ejection to avoid Olfactory Adaptation

JUNTA SATO,<sup>†1</sup> AMI KADOWAKI,<sup>†1</sup> KAORI OHTSU,<sup>†1</sup>  
YUICHI BANNAI<sup>†2</sup> and KENICHI OKADA<sup>†1</sup>

Trials on the transmission of olfactory information together with audio/visual information are currently being conducted. However, there are problems of human adaptation to the lingering olfactory stimuli. Thus the goal of transmission of olfactory information is not reflected in the actual human response. To resolve this problem, we proposed pulse ejection to repeatedly emit scent for short periods of time. Then it is important to synchronize odor stimulation with breathing pattern. It is not practical to use a breath sensor that synchronizes the emission of odor with the user's breathing pattern. The developed method provided the user with an olfactory experience over a long duration without the use of a breath sensor. Total ejection time of the developed method was decreased by about 80% compared to the consecutive ejection method, thereby reducing the effect of adaptation.

### 1. はじめに

従来、情報通信は映像の視覚情報や音声の聴覚情報に限定されてきた。しかし、そこに触覚・嗅覚・味覚を統合的に加えた五感情報通信が近年注目を集めている。嗅覚情報は映像に適合することにより、視聴者の内容理解に大きな効果があることが示されている<sup>1)</sup>。また、映画鑑賞中の被験者の脳波を測定することにより心理状態を推定し、感情と香りの関係の分析が行われている<sup>2)</sup>。嗅覚情報提示を行うことは三次元音響や立体映像同様さらなる臨場感を与える手段として有効であると考えられている<sup>3)</sup>。そのため、嗅覚情報は未来の豊かな通信メディアにおいて期待が高まっている。

これまでメディアで香りが用いられる際の提示方法としては、視聴者に香りを感じさせた時間中、誰もが容易に分かるような濃い濃度で香りを提示していた。しかしこの提示方法では嗅覚の順応が起こりやすくなってしまふ。順応が起きると、視聴覚情報とともに嗅覚情報を提示しても、香りを感じることが不可能になる。したがって、ある区間の間、香りを感じ続けるためには順応の影響を極力排除する必要がある。そこで、著者らは香料の少量化を実現させるパルス状の香料射出方法を提案した<sup>4)</sup>。

しかし、ここで人間の呼吸と、香り提示のタイミングが重要になってくる。これまでの研究より、呼吸の間は香りを感じることがなく、吸気の間のみ香りを感じることが分かっている。これは、息を吸ったときに香り分子を吸い込み、香り分子と鼻孔内にある受容器が結びついて香りを感じるという香りの認識メカニズムからもいえる<sup>5)</sup>。そのため、人間の呼吸と、香り提示のタイミングを合わせなければ嗅覚情報を与えることはできない。著者らは、これまで呼吸センサを用い、吸気に合わせて香りを提示してきた<sup>6)</sup>。しかし、香り提示が行われている際、つねにセンサを装着しなければならないため、この方法は実用的ではない。

そこで著者らは、呼吸をセンシングせずに毎呼吸で必ず香りを感じさせるためのパルス射出の周期を決定した。決定した周期でパルス射出を繰り返すことで、使用する香料の少量化が実現でき、順応の影響を軽減することが可能となった。

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学理工学部  
Faculty of Science and Technology, Keio University

<sup>†2</sup> キヤノン株式会社  
Canon Inc.

## 2. 人間の嗅覚特性

芳香を持つ物質とは、一言でいうと、人間の鼻腔内にある嗅細胞に刺激を与えられる化合物である。匂いを放つ物質は硫化水素やアンモニアなど一部の無機化合物を除けばほとんどが有機化合物である。既存の有機化合物は200万種程度存在し、このうち約40万種に匂いがあるといわれている<sup>7)</sup>。しかし日常的に人間が感じ、認識しているものは5,000種程度である。以下、嗅覚情報に関する人間の性質について述べる。

### 2.1 閾値

閾値は、匂いの強弱を表す尺度として最も多用されている値である。一般的には嗅覚閾値として検知閾値、認知閾値、弁別閾値の3種類の値が用いられる。これらの値は通常モル濃度や重量パーセント濃度が用いられる。

検知閾値：匂いを感知できる最小濃度で、何の匂いかは分からないが匂いを感じることができるときの値。

認知閾値：匂いの種類を認知できる最小濃度で、匂いの質や特徴を表現できるときの値。

弁別閾値：匂いの強度について感覚的に区別することができる濃度であり、元の刺激量までの程度変化させると刺激が変わったか検知できる値。

一般には刺激量からの変化は%で示される。弁別閾値は光の場合1-2%程度で、音の場合は200 Hzで0.3%程度である。匂いの場合、物質によっても異なるがおおよそ13-33%程度である。ただし閾値は匂いを感じることができる強さの尺度であり、この値から匂いの感じ方の強弱を知ることはいできない。

### 2.2 順応

匂い刺激を持続的に与えると感覚神経の活動が減少していく現象であり、匂い物質により順応や、順応からの回復の速度は異なる。順応は時間経過とともに徐々に強まり、順応を起こした原因の匂いを取り除くと比較的短時間(3~5分程度)に回復する。また、順応には様々なパターンがあり、それを決定する要因としては、香りの種類や認知的要因などがあるとされている。

### 2.3 順応の測定

齊藤は、トリエチルアミンに対する感覚的強度の順応についての測定を行った<sup>8)</sup>。匂いの順応として、20世紀初めは、一定の匂い刺激を提示し続けることによって匂いの感覚はなくなると考えられ、匂いがなくなるまでの時間が計測された。しかし、この方法では被験者に匂いはなくなるというバイアスをかけているという批判がなされ、その後は匂いの感覚

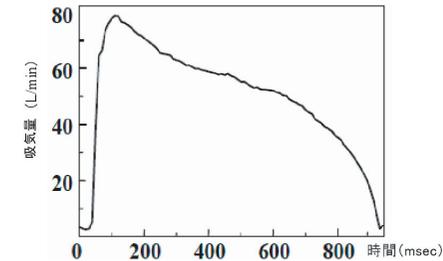


図1 時間経過にともなう吸気量の変化<sup>10)</sup>

Fig.1 Change in air-intake during inspiration over time.

的強度を直接評定する方法が用いられた。その結果、長時間匂いを提示しても匂いは完全には消失しないこと、また、最初に感覚的強度の減衰する状況は指数関数があてはまることなどが報告された。

### 2.4 嗅覚と呼吸

人は息を吸ったときに空気中の香り分子を吸い込み、香り分子が鼻孔内にある受容器と結びついて香りを感じる。これが香りの認識メカニズムである<sup>5)</sup>。したがって、人間の呼吸と、香り提示のタイミングを合わせることが重要である<sup>9)</sup>。

本間らは、遠隔医療の研究のために人間の吸気量を測定した<sup>10)</sup>。そこで、人間の呼吸の吸気量は時間が経つにつれて減少するということが分かった。図1は時間経過にともなう吸気量の変化である。

## 3. 順応効果を軽減できるパルス射出による香り提示手法

従来の提示方法は、十分濃い香りを用い、十分に長い時間射出し続けているため、嗅覚の順応が起こる。そのため、長時間ユーザに香りを感じさせることができなかった。香りをメディアで利用する際にその香りをユーザに感じさせることが目的であるならば、少量の香料での提示でも十分な効果が得られると考えられる。そこで、順応の問題を解決するため、ユーザに与える香料を少量化することで順応の影響を最小化する。具体的には、これまでの持続的な香り提示から、香り提示時間を微小時間で行うパルス射出を用い、このパルス射出を繰り返す離散的な提示方法にする。図2に射出方法のイメージ図を示す。パルス射出を用いることで、従来の連続的提示方法に比べて、ユーザに与える香料が少量化されるため、順応の影響を低下させることが可能になると考えられる。

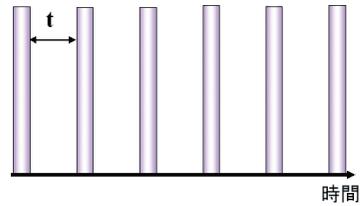


図 2 提案方式のイメージ  
Fig. 2 Image of proposal method.

しかし、少量の香料での提示を行っているため、人間の呼吸と香り提示のタイミングが重要になってくる。これまでの研究より、呼気の間は香りを感じることがなく、吸気の際のみ香りを感じることが明らかにされている。そのため、人間の呼吸と香り提示のタイミングを合わせなければ嗅覚情報を与えることはできない。著者らは、これまで呼吸センサを用い、吸気に合わせて香りを提示してきた<sup>6)</sup>。しかし、この手法はリアルタイムでの呼吸データを必要とするため、香り提示が行われている際にユーザはつねにセンサを装着しなければならない。そこで本研究では、呼吸センサを装着せずに長時間香りを感じられる提示手法を検討する。

パルス射出を一定周期で繰り返すことにより、毎呼吸において必ず香りを感じることが可能にし、ユーザに香りを連続的に感じている感覚を与えることができると考えられる。したがって、毎呼吸に必ず香りを感じることができるよう香りを射出するための射出間隔  $t$  を決定する。射出量を少なくするため、 $t$  は条件を満たす最も長い値が好ましい。

そのため、パルス射出に対する人間の香りの感じ方が重要な特性となるが、現状では、そのような嗅覚の時間特性に対する知見はない。そこで次章以降、パルス射出に対する人の嗅覚の時間特性を主観評価により測定する。そして、解明された嗅覚特性に基づいて、毎呼吸、順応せずに香りを感じることができるパルス射出間隔  $t$  を決定する。

#### 4. 嗅覚ディスプレイと性能評価

##### 4.1 嗅覚ディスプレイ

測定で使用した嗅覚ディスプレイ（図 3）はキヤノン株式会社が開発し、インクタンクに充填した香料をタンクの微小な穴から液滴の状態ですぐ空気中に放出するインクジェット方式を用いている。

この嗅覚ディスプレイは 0.1 秒単位で提示量を変更することが可能である。図 4 は嗅覚



図 3 Fragrance Jet (試作機)  
Fig. 3 Fragrance Jet (prototype).

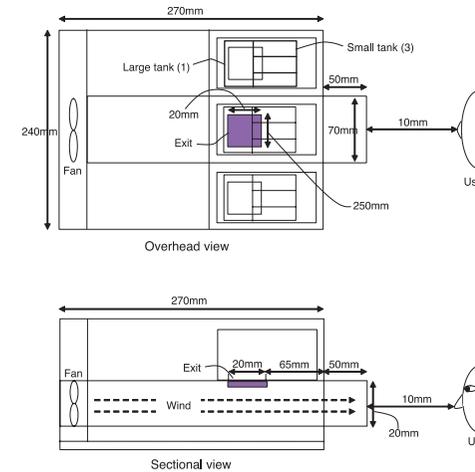


図 4 Fragrance Jet (平面図)  
Fig. 4 Fragrance Jet (Plain view of the olfactory display).

ディスプレイの平面図である。香料は 3 つの大タンクと 9 つの小タンクに格納されている。つまり、最大 12 種類の香料を準備でき、0.1 秒単位で香りを切り替えることや、同時に射出することが可能である。大タンクには 256 個、小タンクには 127 個の微小な穴が開いており、複数の穴から同時に香料を射出できるので射出量は 0~256 (大タンク)、0~127 (小タンク) の調節が可能である。以後、微小な穴 1 個あたりの平均射出量を「単位平均射出量」(キヤノン株式会社との契約により非公開であるが pl オーダである) と呼ぶ。

今回の測定では大タンクのみ使用した。大タンクからの1滴の射出量は、製造元であるキヤノン株式会社での試験によって、タンク残量によらずほぼ一定であると確認されている。確認方法として、満タン時のタンク重量と1万回ずつ射出した後のタンク重量を繰り返し測定した。その結果、重さの変化は一定だったので、タンクの残量によらず1滴の量はほぼ一定であると確認できた。また、0.1秒間の1個の穴からの射出回数は1回～150回まで設定でき、これを「ボリューム」と呼ぶ。今回の測定ではボリュームはつねに最大の150回に設定した。したがって射出量は以下のように計算できる。

射出量 (pl) = 単位平均射出量 (pl) × 0 ~ 256 (同時射出数) × 150 (回: ボリューム)

また香料は、エタノールと水によって5%に薄められている。

香料量 (pl) = 射出量 (pl) × 0.05

装置にはファンがついており、射出口(図4の斜線部分)から出た香料をユーザの鼻もとに送り届ける。風速の制御は、0.8 m/sec から 1.8 m/sec の間で設定可能である。今回の研究では嗅覚ディスプレイの中央部分に筒を入れ、香り提示穴を縦 2 cm/横 7 cm の長方形とした。装置とユーザの距離が非常に近く、筒を使用しているため、装置から噴出して来る風速と被験者の鼻もとに当たる風速はほぼ一定に保っている。

#### 4.2 パルス射出と検知閾値の測定

嗅覚ディスプレイの最小射出時間である 0.3 秒の射出で被験者は検知することができるか測定した。被験者 20 人に対して行ったところ、全員が最小の射出時間である 0.3 秒で香りを検知することができた。この結果より本実験においては 0.3 秒間の射出を行い、0.3 秒間の射出を「パルス射出」と定義する。

続いて、本実験で使う香料のラベンダをパルス射出で提示したときの、検知閾値を測定した。測定の方法としては以下の二点比較法を用いた。

被験者に付臭(1度のパルス射出)と無臭の2回の射出を提示し、2回のどちらの射出に付臭していたか解答させた。測定は下降法を用い、不正解となるまで射出量を減らしていき、正解できる最小の射出量を測定した。

被験者 20 人に対し測定を行った結果、ラベンダの検知閾値は射出量 256 段階中で平均 2.6、標準偏差は 0.24 となった。

#### 4.3 風速と残り香の関係

射出時間 0.3 秒のパルス射出において、風速と残り香の関係を測定した。風速を下げながら1度のパルス射出を行ったとき、もし残り香が存在しているなら香りを感じ終わる時間が長くなると考えられる。そこで香りを感じ終わる時間を測定することにより、パルス射出

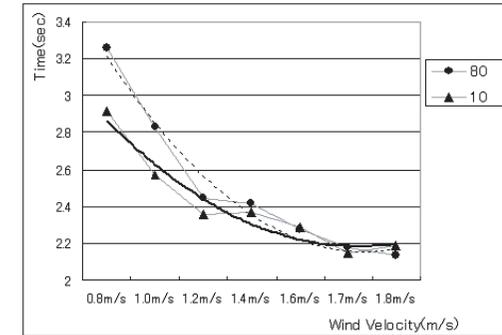


図5 風速と香りを感じ終わる時間の関係

Fig. 5 Relationship between time to finish feeling the scent and wind velocity.

と残り香の関係を調べた。実験方法としては、香料ラベンダを射出量 10, 80 の2段階、風速は 0.8 m/sec, 1.0 m/sec, 1.2 m/sec, 1.4 m/sec, 1.6 m/sec, 1.7 m/sec, 1.8 m/sec で変化させ、香りを感じ終えたらマウスをクリックし、香りを感じ終わりの時間を測定した。被験者 12 人で行い、結果を図5に示す。

図5は射出量 10, 80 におけるそれぞれの感じ終わるまでの時間を被験者 12 人の平均で表し、近似曲線で結んだものである。グラフを見ると射出量によらずに風速が上がるに従って、香りを感じている平均時間は短くなっていることが分かる。射出量と風速が香りを感じている時間に及ぼす影響を調べるため、射出量要因と風速要因の二元配置分散分析を行った。2つの要因の交互作用 ( $F(6) = 2.15, P > 0.05$ ) は有意ではなかった。また、射出量要因の主効果 ( $F(1) = 3.90, P > 0.05$ ) は有意ではなく、射出量の違いによる差はみられなかった。風速要因の主効果 ( $F(6) = 2.15, P < 0.01$ ) は有意であり、風速の違いによって香り感知時間に差がみられた。そこで多重比較 (Tukey 法) を行った結果、風速 0.8 m/sec 群とその他すべての群 ( $P < 0.05$ )、1.0 m/sec 群と 1.7, 1.8 m/sec 群 ( $P < 0.05$ ) の間に差がみられた。風速 1.2 m/sec 以上の各群間では差がみられず ( $P > 0.05$ )、香りを感じている時間に影響がないことを確かめた。したがって、香りが残留しない空間をつくるためには、風速を 1.2 m/sec 以上にすることが必要である。

## 5. パルス射出に対する人間の嗅覚特性の測定

### 5.1 順応の影響の測定

従来の香りの射出方法では、連続射出によって香料を多量射出していた。連続射出では、香り刺激を持続的に受容器に与えるため、その感覚神経の活動が減少していき、香りを感じなくなる順応という問題が起こる。そこで、著者らはパルス射出により離散的に香りを提示することで、香料の少量化を実現させ、順応の影響を軽減することを考えた。

しかし、人間はつねに香りを感じる状態にあるわけではない。人間は呼吸をしており、息を吸っている（吸気）ときに空気中の香り物質も同時に吸い、香りを感じて、息を吐いている（呼気）ときに香りを感じない。

そこで、本節の実験では呼吸センサを用い呼吸データをリアルタイムでとり、呼吸に同期させ、1吸気につき1度のパルス射出提示を行った。そして、パルス射出の離散的な香り提示による順応の影響と従来方式の連続的な香り提示による順応の影響を測定し、両方式を比較した。

実験前に以下の確認を行い、順応の影響の測定を行った。図6は、実験の様子を表す。

#### 実験準備手順

- (1) 年齢・氏名・性別・体調・食欲・鼻の状態の記入。
- (2) 被験者に顔をあげ乗せ台を用いて乗せ鼻の位置を固定し、リラックスした状態でゆっくりと香りを嗅ぐことを説明。

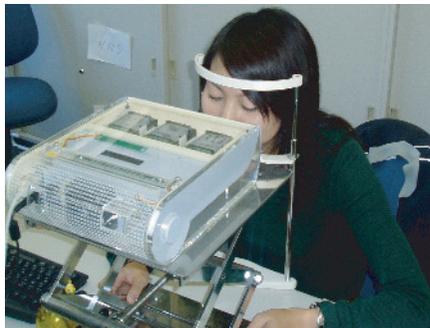


図6 実験の様子

Fig. 6 The state of the experiment.

- (3) 使用するラベンダの香りに十分慣れさせ、0.3秒のパルス射出を嗅ぎ、検知できるかどうかの確認。

#### 順応の影響の測定

- (1) 検知閾値を測定。
- (2) 30秒もしくは60秒の時間、香りを嗅がせる。
- (3) 検知閾値を再測定。
- (4) 閾値が回復するまで十分休憩。

(2)の香り提示はパルス射出を1呼吸に1度(30秒・60秒)と連続射出(30秒・60秒)の手法で、1人の被験者に対しこの測定を合計4回行った。その際、香りはラベンダ、連続射出とパルス射出の射出量はともに10、風速は1.8m/sで提示した。香り提示方法(射出方法と時間)はランダムに行った。また、(3)において検知閾値の測定にかかる時間は30秒程度であった。2.2節より、一般的に順応を起こした原因の匂いを取り除くと、回復するまでに3~5分程度かかることが分かっている。そのため、検知閾値の再測定中に順応の回復は起こっていないと考えられる。

被験者8人に行ったところ、香料ラベンダ、0.3秒パルス射出の検知閾値は平均で射出量2.4、標準偏差は0.18となった。また、パルス射出・連続射出で負荷を与えた後の検知閾値は表1となった。

結果から、連続射出を嗅ぎ続けた後のほうがパルス射出に比べてあきらかに閾値が上昇していることが分かる。また、パルス射出を嗅ぎ続けた後の検知閾値は30秒~60秒の上昇度も低く、順応しにくい。

したがって、この結果より香り提示をパルス射出にすることで順応の影響を軽減できることが確認できた。

### 5.2 射出タイミングによる閾値の違い

これまでの実験により、人間は吸気の初めでの香り射出は感じやすく、吸気の終わりでは感じにくいことが分かっている。原因として、射出タイミングにより検知閾値が変化してい

表1 負荷を与えた後の検知閾値の平均値と標準偏差

Table 1 Detection threshold (mean value).

	30秒後閾値(標準偏差)	60秒後閾値(標準偏差)
連続射出	6.6 (0.26)	8.3 (0.16)
パルス射出	3.6 (0.26)	3.8 (0.53)

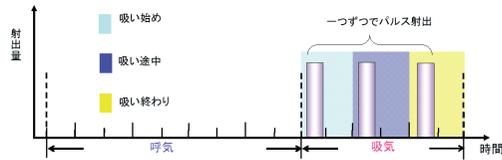


図 7 射出タイミング  
Fig. 7 Three timings for pulse ejection.

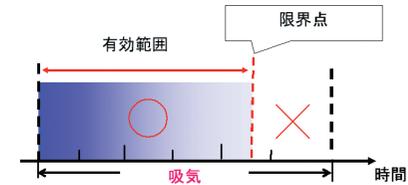


図 8 香りを嗅げる限界点  
Fig. 8 Effective area and limiting point.

ることが考えられる．そこで、著者らは、各タイミングでの閾値を測定する必要があると考えた．もし吸い終わりに近づくにつれ、検知閾値が上昇することがあるならば、吸い終わり付近での射出量を増やすことでユーザは香りを感じるようになる可能性がある．そこで、パルス射出のタイミングを吸気中で図 7 のように吸い始め、吸気の途中、吸い終わりの 3 段階にずらして、検知閾値を測定し比較した．

実験前の実験準備手順を 5.1 節と同様の手順で行い、射出タイミングによる閾値の測定を以下の手順で行う．

射出タイミングによる閾値の測定法

- (1) 射出タイミングを図 7 のように吸気の吸い始め、吸気の途中、吸い終わりのいずれかのタイミングでパルス射出．
- (2) それぞれのタイミングでの検知閾値を測定．

香料はラベンダ、風速は 1.8m/s で提示を行った．被験者 15 人に対して行った結果、吸気の初めと途中での検知閾値の平均は両者とも同じ射出量となった．また、吸気の終わりでは最大射出量で射出しても、被験者は香りを感じることができなかった．

図 1 で示したとおり、通常呼吸に対する平均の吸気量は時間が経つにつれて減少していく．本節の実験結果と図 1 より香りを感じるには一定以上の吸気量が必要であると考えられる．

### 5.3 吸気中の射出有効範囲

5.2 節の実験より、吸気の終わり付近では人間は香りを感じることができないことが分かった．したがって、無駄な射出を防ぐために、吸気で香りを感じる範囲を明らかにする必要がある．図 8 に示す限界点とは香りを感じることができる息の吸い初めから最も離れた時刻である．有効範囲とは、吸気開始時刻から限界点までの時間と定義する．

実験前の実験準備手順を 5.1 節と同様の手順で行い、吸気中の射出有効範囲の測定を以下の手順で行う．

吸気中の射出有効範囲の測定法

- (1) 吸気中でランダムなタイミングでパルス射出．
- (2) 被験者は香りを感じたか回答．
- (3) 限界点を測定し、有効範囲を算出．

香料はラベンダ、射出量は 10、風速は 1.8m/s で提示を行った．

15 人の結果を平均すると、吸気全体の 2/3 まで香りを感じることができると分かった．また、標準偏差は 3.15 になり、個人差は小さかった．有効範囲は吸気開始から、吸気全体の 2/3 であると分かった．

### 5.4 結果の考察と射出間隔の決定

5.1 節から 5.3 節により、パルス射出に対する人間嗅覚の時間特性を測定することができた．

これまでの実験より得られた結果をまとめる．

- パルス射出によって、順応せずに香りを感じさせることが可能．
- 検知閾値は吸気での射出タイミングによって変化しない．
- 吸気全体の 2/3 までの香り提示を感じることができる．

パルス射出を用いて、香りを毎呼吸において必ず感じることを可能にするため、以上の結果を用い、有効範囲内にパルス射出を必ず 1 回入れることができるように、射出間隔  $t$  を設定する．

また、健常者は安静時において約 12 回/分で呼吸を行い、呼吸の比率は吸気と呼気 1:1.5 になること分かっている<sup>11)</sup>．したがって、安静時では 1 呼吸で平均 2 秒の間、息を吸っていることになり、有効範囲はその 2/3 の 1.3 秒となる．

そこで、射出間隔  $t$  を 1.3 秒の長さに設定すれば毎呼吸の有効範囲内にパルス射出が入り、毎呼吸において必ず香りを感じさせることができると考えられる．

表 2 射出方法での比較  
Table 2 Comparison of 2 ejection methods.

提示方法	総射出時間 (平均)	有効範囲に入る確率
連続射出	272 秒	100%
パルス射出	48 秒	98%

### 5.5 射出間隔の妥当性を比較検証

次に上記の手順で求めた射出間隔  $t = 1.3$  秒の妥当性を検証した。その際に、従来方式の射出法の総射出量・有効範囲に入る確率を比較した。有効範囲に入る確率とは、息を吸ったときに香りを感じられる確率である。

表 2 は被験者 10 人の呼吸 50 回分のデータから算出した連続射出とパルス射出方法での比較である。

この結果より、射出間隔  $t = 1.3$  秒でのパルス射出では、98%の確率で毎回の有効範囲に射出できる。したがって、ほぼ毎呼吸で香りを感じることを可能である。また、総射出時間は連続射出に対して約 80%削減することができ、5.1 節の実験で示したとおり、順応の影響を軽減できた。

## 6. おわりに

近年、様々なメディアやアプリケーションで香りが利用されるようになってきた。しかし、メディアで香りが用いられる際の提示方法としては、視聴者に香りを感じさせたい時間中、誰もが容易に分かるような濃い濃度で香りを提示していた。そのため、嗅覚の順応が起りやすくなっていた。順応が起きると、視聴覚情報とともに視覚情報を提示しても、香りを感じることが不可能になる。

そこで、著者らは順応の影響を軽減するために、ユーザに与える香料を少量化することを考えた。そして、香り提示を微小時間で行うパルス射出を用い、パルス射出を繰り返す離散的な提示方法を開発した。

その際、呼吸をセンシングせずに毎回の呼吸で必ず香りを感じさせるためのパルス射出の周期を決定するために、パルス射出に対する人の嗅覚の時間特性を主観評価により測定した。実験から、パルス射出により順応効果を軽減できること、検知閾値は吸気での射出タイミングによって変化しないこと、香りを感じることでできる射出有効範囲は吸気全体の 2/3 であることが分かった。

これら嗅覚特性と健常者の安静時の呼吸データから、射出間隔  $t$  を 1.3 秒の長さに設定し

た。射出間隔  $t = 1.3$  秒に従って射出すると、連続射出よりも約 80%の射出量を削減したため、順応効果を軽減できる。毎回の有効範囲には 98%の確率でパルス射出が行われることから、ほぼ毎呼吸で香りを感じさせることが可能となった。そのため、本研究で提案したパルス射出による香りの提示手法は有効に使えることを示した。

今後は、パルス射出手法を用いて映像や音に合わせて香りの種類を高速に切り替える手法などを検討していきたい。

謝辞 本研究は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) ICT イノベーション創出型研究開発費によって実施された。

## 参 考 文 献

- 1) 伴野 明, 山本茂明, 宇都宮緑, 伊計大介, 柳田康幸, 保坂憲一: 匂い付き映像メディアが内容理解に及ぼす効果, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2004, pp.249-254 (2004).
- 2) 岡田謙一, 相場秀太郎: 香り情報を付加した放送の実現へ向けて, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.27, No.64, pp.31-34 (2003).
- 3) 廣瀬通孝, 谷川智洋: ウェアラブル嗅覚ディスプレイ, におい・香りの情報通信, pp.60-76, フレグランスジャーナル社 (2007).
- 4) 佐藤淳太, 門脇亜美, 坂内祐一, 岡田謙一: 順応の影響を考慮した芳香提示手法, 電子情報通信学会技術研究報告 MVE2007-37~59, pp.19-24 (2007).
- 5) 渋谷達明, 外池光雄: アロマサイエンスシリーズ 21—においの受容, フレグランスジャーナル社 (2002).
- 6) 門脇亜美, 石澤正行, 坂内祐一, 岡田謙一: 呼吸に同期させた効果的な香り呈示手法, サイバースペースと仮想都市研究会 VR 学研報, Vol.11, No.2, pp.35-40 (2006).
- 7) 川崎通昭, 中島基貴, 外池光雄: アロマサイエンスシリーズ 21—におい物質の特性と分析・評価, フレグランスジャーナル社 (2003).
- 8) 斉藤幸子: 持続提示する臭気に対する感覚的強度の多様な時間依存性, におい・かおり環境学会誌, Vol.35, No.1, pp.17-21 (2004).
- 9) 外池光雄: 嗅覚誘発電位の測定と解析に関する研究, 電子技術総合研究所報告 863, pp.1-76 (1986).
- 10) 本間 達, 若松秀俊: 新しい換気モデルを備えた小型補助呼吸装置による遠隔医療, 日本臨床生理学会雑誌, Vol.31, No.6, pp.297-304 (2001).
- 11) 田中一正, 柿崎藤泰: 呼吸運動療法の理論と技術, pp.70-71, メジカルビュー社 (2003).

(平成 19 年 12 月 21 日受付)

(平成 20 年 5 月 8 日採録)



佐藤 淳太

2007年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。ICAT2007 最優秀論文賞, BCC 研究会優秀発表論文受賞。香り情報処理に関する研究に従事。



門脇 亜美

2006年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。2008年同大学大学院理工学研究科修士課程修了。2008年日本IBM(株)入社。ICAT2007 最優秀論文賞, 日本VR学会サイバースペース賞受賞, BCC 研究会優秀発表論文受賞。



大津 香織

2008年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。BCC 研究会優秀発表論文受賞。香り情報処理に関する研究に従事。



坂内 祐一(正会員)

1978年早稲田大学理工学部卒業。1980年同大学大学院理工学研究科修士課程修了。1988年ミシガン州立大学コンピュータサイエンス学科修士課程修了。2007年慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了。博士(工学)。1980年キャノン(株)入社。画像処理, ヒューマンインタフェース, グループウェア, 複合現実感等の研究開発に従事。当学会論文誌編集委員, GN 研究会幹事等を歴任。日本VR学会サイバースペース研究賞, ICAT2007 最優秀論文賞, 2007年度情報処理学会論文賞を受賞。現在, 日本VR学会香りと生体情報研究委員会委員長, 日本VR学会会員。



岡田 謙一(フェロー)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授, 工学博士。専門は, CSCW, グループウェア, ヒューマン・コンピュータ・インタラクション。『ヒューマンコンピュータインタラクション』(オーム社), 『コラボレーションとコミュニケーション』(共立出版)をはじめ著書多数。情報処理学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GW 研究会主査等を歴任。現在, 情報処理学会 MBL 研究会運営委員, BCC 研究グループ主査, 日本VR学会理事, CS 研究会委員長。情報処理学会論文賞(1996, 2001年), 情報処理学会40周年記念論文賞, 日本VR学会サイバースペース研究賞, IEEE SAINT'04 最優秀論文賞を受賞。情報処理学会フェロー, IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会各会員。