社団法人 情報処理学会 研究報告
IPSJ SIG Technical Report

2008－DBS－144 (13)
2008－GN－ 66 (13)
2008／1／25

# 呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法

大津 香織† 門脇 亜美† 佐藤 淳太† 坂内 祐一‡ 岡田 謙一†

**概要:**
VR やマルチメディアの分野において，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，これまで連続的に高濃度の香りを提示していたため，残り香や順応の問題が生じていた．そこで，我々は，射出時間の短いパルス射出を用いて，空間に香りが残らず離散的な刺激によって順応せずに連続的に香りを感じさせる射出方法を提案し，パルス射出に対する人間の嗅覚特性を測定した．その際，パルス射出は人間の吸気タイミングに同期させて提示する必要があるため，呼吸センサを用いた香り提示手法とセンシングせずに呼吸に同期させた提示手法の 2 つを構築した．「KEIO TECHNO-MALL 2007」にてこれら 2 つの提示手法の実演を行ったところ，順応を軽減し，連続的に香りを感じさせられる手法であることが証明された．

# Scent Presentation Method of Pulse Ejection Synchronized with the User's Breathing

Kaori OHTSU†, Ami KADOWAKI†, Junta SATO†, Yuichi BANNAI‡, Kenichi OKADA†

**Abstract:**
Trials on the transmission of olfactory information together with audio/visual information are currently being conducted in the field of multimedia. However, continuous emission of odor creates problems of human adaptation to the lingering olfactory stimuli. To overcome this problem we applied pulse ejection to repeatedly emit odor for short periods of time to ensure the olfactory stimuli do not remain in the air to cause adaptation. Therefore we examined olfactory characteristic of human for pulse ejection. Then it is important to synchronize odor stimulation with breathing pattern. Because of it, we proposed two scent presentation method synchronized with the user's breathing. The first method uses a breath sensor and the second method presents smell without the use of it. We evaluated their method using questionnaire survey at exhibition. It was found that they could provide the user with an olfactory experience continuously, avoiding 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[1]．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[2]．また，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[3]．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．

これまでメディアとして香りが用いられる際の提示方法は，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．しかし，この提示方法では残り香や順応が大きく影響してしまう．それにより，視聴覚情報と共に嗅覚情報を提示した際，提示した嗅覚情報と実際の人の感じ方が，必ずしも一致しないという問題が生じていた．したがって，嗅覚の時間特性を制御するためには残り香や順応の影響を極力排除する必要がある．そこで，我々は香料の少量化を実現させるため，微少時間の香り提示である，パルス射出を用いる香り提示手法を提案した．パルス射出での香り提示は，射出量が少ないので，空間に香りが残らない．またパルス射出を繰り返し行うことで，離散的に感覚神経に香り刺激を与え，順応の影響を軽減できる．パルス射出により，連続的に香りを感じさせることができる提示方法を実現した．

† 慶應義塾大学
Faculty of Science and Technology, Keio University
‡ キヤノン株式会社
Canon inc.

パルス射出を用いるためには，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．一般的に，人間は呼気の間は香りを感じることがなく，吸気のときのみ香りを感じることが知られている．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言える[4]．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．そこで，我々は，微少時間で射出制御できる嗅覚ディスプレイを使用し，呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法を提案した．

まず，呼吸のタイミングをリアルタイムで検出するアルゴリズムを構築し，呼吸センサを作成した．そして，この呼吸センサを用いて，吸気に合わせて香りを提示する射出方法を提案した[5]．しかし，香り提示が行われている際，常にセンサを装着しなければいけないため，この方法は実用的でない．そこで我々は，呼吸をセンシングせずに毎呼吸で香りを感じさせるためのパルス射出間隔を決定した．そのために，嗅覚の時間特性を主観評価により測定した．この結果より，パルス射出の最大射出間隔 t を決定し，呼吸をセンシングせずに連続的に香りを感じられるパルス提示方法を確立した[6]．

この度，「KEIO TECHNO-MALL 2007」にて，提案した香りのパルス射出提示手法のデモンストレーションを行った．その際，来場者にアンケート調査を実施した結果を報告する．

## 2. 関連研究

メディアとして香りを用いる試みが行われている．特に VR の分野では，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．1950 年代に Heilig によって開発されたセンソラマ[7] は香りを付加する最初の VR システムである．

Friend Park[8] は，香り情報を取り入れた VR システムで，仮想空間内の物体や環境が持つ香り情報を「アロマ」という概念を用いて定義し，アロマ領域内にいるユーザに香り情報の伝達を行なうことにより，ユーザの臨場感を高めることを可能にしている．

Web コンテンツに香りを付加するシステムが Kaye の論文[9] に紹介されている．これらのシステムでは，iSmell[10] や Ozmoose[11] などのコンピュータ制御可能な嗅覚ディスプレイが用いられている．この他の嗅覚ディスプレイとして，空気砲の原理を利用して香りをドーナツ状の渦として発生させ，ユーザの顔の周辺の限られた領域にだけ香りを感じさせるシステムも開発されている[12]．

一方，香り情報伝送の研究では，遠隔地での香りの再現を狙った香りの合成装置が中本ら[13] によって開発されている．この装置は，送信すべき香りを分析し，数種類の香りの成分比で表現する．受信側では，その香りを生成するために，受信側にある複数の香り要素の混合比をフィードバック制御しながら変化させて，送信されてきた香りデータに近づけていく手法がとられている．しかしながら，任意の香りを扱えるには至っていない．

また位置センサを持ち，香りの発生濃度を制御可能なウェアラブル嗅覚ディスプレイも開発されている[14]．香り成分の濃度を混合する空気比率をコントロールすることで実現し，あらかじめ設定された香り濃度の空間分布を屋外環境で再現することに成功した．

映像や音声など他のメディアと共に香りを用いる場合には，時間に伴って変化する映像や音声情報に合わせて香りの提示を制御する必要がある．しかしこれらの研究では，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，残り香や順応の影響が大きく，視聴覚情報と共に嗅覚情報を提示した際，提示した嗅覚情報と実際の人の感じ方が必ずしも一致しないという問題が生じていた．

## 3. 嗅覚情報の特性

芳香を持つ物質とは，一言で言うと，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殆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言われている[15]．しかし日常的に人間が感じ，認識しているものは 5000 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．

### 3.1 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時の値

**認知濃度** ： 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時の値

**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，元の刺激量をどの程度変化させると刺激が変わったか検知できる値

### 3.2 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．順応は時間経過と共に徐々に強まり，順応を起こした原因の匂いを取り除くと比較的（3～5分程度）短時間に回復する．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．

### 3.3 順応の測定

斉藤らは，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[16]．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，匂いがし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当てはまることなどが報告された．

### 3.4 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む．そして，その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．これが香りの認識メカニズムである[4]．したがって，吸気のタイミングに合わせて香り提示をすることが重要である[17]．

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[18]．人間の呼吸の吸気量は時間が経つにつれて減少する．図 1 は時間経過に伴う吸気量の変化を示す．

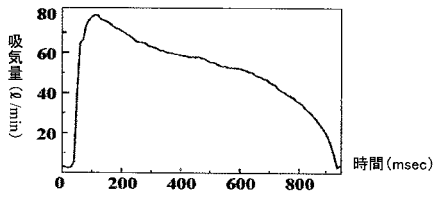


図 1　時間経過にともなう吸気量の変化[18]

## 4. 呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法

従来の香り提示方法は，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，残り香や順応の問題が生じる．そのため，長時間ユーザに香りを感じさせることができず，提示した嗅覚情報と実際の人の感じ方が一致していなかった．香りをメディアとして利用する際，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，我々は残り香の問題を解決するため，香料の少量化を図ることで空間に残留する香料を最少化する．具体的には，これまでの持続的な香り提示に代わり，香り提示を微少時間で行うパルス射出を用い，このパルス射出を繰り返し提示する．図 2 にイメージ図を示す．

図 2　提案方式のイメージ図

また，香りはパルス的に繰り返し与えることで，人間の受容器を刺激すると言われている．したがって，少量の香料で離散的に刺激を与える香り射出は，順応による影響を軽減することができると考えられる．

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を合わせることが重要になってくる．一般的に，人間は，呼気の間は香りを感じることがなく，吸気のときのみ香りを感じることが分かっている．そのため，人間の呼吸の吸気と，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．そこで，我々は，以下に示す 2 つの呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法を提案する．

- 提案手法 A：呼吸センサを用いた香り提示手法
- 提案手法 B：呼吸センサを用いない香り提示手法

これらの提案手法に関する詳細は，7 節と 8 節で述べる．

## 5. 嗅覚ディスプレイ

嗅覚ディスプレイは，キヤノン社製の Fragrance Jet(試作機)(図 3) を使用した．

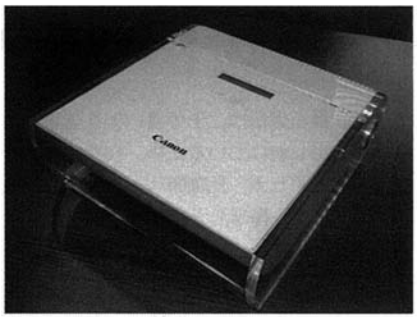

図 3　Fragrance Jet(試作機)

装置の持つ機能について述べる．

- １２種類の香り
  装置には３つの大カセットと９つの小カセットがあり，計１２種類の香りが格納できる．香料は単独でも複数組み合わせても射出することが可能である．
- ２５６段階の射出量調節
  インクジェット方式を用いて香りを射出している．それぞれの香料カセットの下には微小な穴が２５６個（小カセットの場合１２８個）開いており，香料を出す穴の数を調節することによって射出量の調節ができる．
- 微少時間の射出制御
  0.1 秒単位で射出の制御ができる．ただし，現状では遅延が起こらない動作保障のため，射出時間は 0.3 秒以上，射出間隔は 0.2 秒以上で行わなければならない制約がある．
- 風量の調節
  装置の後部にはファンがついており，カセットから出た香料を風によって送る仕組みになっている．風量は 0.8m/s〜1.8m/s の 10 段階で調節できる．
- 香りシナリオの実行
  複数の射出に関する香りの種類，射出量，射出時間，射出間隔などを予めプログラムしておき，まとめて装置に命令を送り，射出シナリオを実行することができる．

## 6. 予備実験

### 6.1 感知できる最短射出時間

本嗅覚ディスプレイの最短射出時間である 0.3 秒の射出で被験者は香りを検知することができるかを測定したところ，20 人の被験者全員が可能であった．この結果より，本実験においては 0.3 秒間の射出を行い，この射出を「パルス射出」と定義する．

### 6.2 検知閾値の測定

本実験で使う香料のラベンダーについて，以下のような二点比較法を用いて検知閾値を測定した．

被験者に付臭と無臭の 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回答させた．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，正解できる最大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，ラベンダーの平均検知閾値は射出量 2.6/256 となった．

## 7. 提案手法 A：呼吸センサを用いた香り提示手法

### 7.1 呼吸センサシステムの構成

呼吸センサを用いて構築した，呼吸に同期させた香り提示システムの概念図を図 4 に示す．

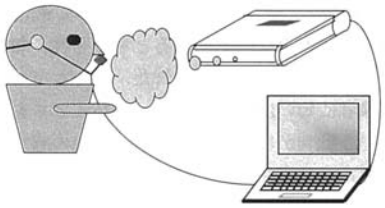

図 4　システム概念図

吸気に同期させて香りを提示するためには，息の吸い始めを検出する必要がある．そのために，呼吸センサを用いてリアルタイムに呼吸をセンシングする．0.1 秒毎に呼吸をセンシングした結果は，制御コンピュータに送られ，値が処理される．香りを射出したいタイミングになれば，コンピュータから嗅覚ディスプレイに信号を送り，ユーザに向けて香りが射出されるという流れである．

なお，息の吸い方や呼吸間隔は人によって異なるので，呼吸センサを使用する前には個々の呼吸をキャリブレーションする必要がある．

作成した呼吸センサは鼻息の温度変化をセンシングするものであり，検出素子には NTC サーミスタを使用した．サーミスタは温度が変化すると，抵抗・出力電圧が変化する．図 5 は実際に呼吸をセンシングしたときの時間特性である．横軸には時間，縦軸には出力電圧を示している．息を吸ったり吐いたりしたとき，外気が流れサーミスタの温度が下がるので，出力電圧も下がる．山の大きさに差ができるのは，吸気と呼気の温度差であると考えられる．

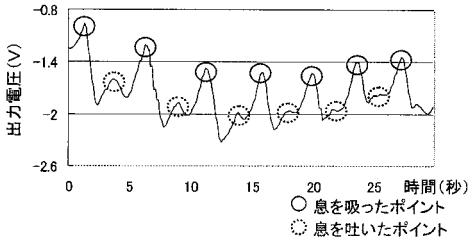


**図 5** サーミスタの特性

また，呼吸を検出するにあたってアルゴリズムを構築した．アルゴリズムは，リアルタイムで息の吸い始めを検出する基本のアルゴリズムと，検出後にそれが誤りであったと判断した場合修正する修正アルゴリズムの 2 つから成る．

呼吸センサを装着した様子を図 6 に示す．

**図 6** 呼吸センサ装着の様子

### 7.2 順応の影響の測定

呼吸センサを用い呼吸データをリアルタイムで取り，呼吸に同期させて一吸気につき一度の香りのパルス射出を行った．

我々は，提案手法 A による順応の影響と従来手法の連続的な香り提示による順応の影響を測定し，両手法を比較した．

実験前に以下の (1)〜(3) の確認を行い，順応の影響の測定を行った．

(1) リラックスした状態でゆっくりと香りを嗅ぐこと，顔をあご乗せ台に乗せ鼻の位置を固定することを説明．
(2) 年齢・氏名・性別・体調・食欲・鼻の状態の記入．
(3) 使用するラベンダー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．

順応の影響の測定法

① 検知閾値を測定
② 香りを提示
③ 検知閾値を再測定
④ 閾値が回復するまで十分休憩

一人の被験者に対し，この測定を合計 4 回行う．香り提示は，パルス射出を一呼吸に一回（30 秒・60 秒）と連続射出（30 秒・60 秒）の手法で射出量 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．

香料はラベンダーを用い，8 人の被験者に対して測定を行った．測定前の 0.3 秒パルス射出の検知閾値は平均で射出量 2.4/256 となった．また，従来手法・提案手法 A で負荷を与えた後の検知閾値は表 1 となった．

**表 1** 負荷を与えた後の検知閾値 (平均値)

| | 30 秒後閾値 | 60 秒後閾値 |
|---|---|---|
| 従来手法 | 6.6 | 8.3 |
| 提案手法 A | 3.6 | 3.8 |

結果から，従来手法である連続射出を嗅ぎ続けた後の方が，提案手法 A より明らかに閾値が上昇していることがわかる．また，パルス射出を嗅ぎ続けた後の検知閾値は 30 秒〜60 秒での上昇度も低く，順応しにくい．

したがって，この結果より香りのパルス射出を用いることで，順応の影響を軽減できることが確認できた．

## 8. 提案手法 B：呼吸センサを用いない香り提示手法

7 節で呼吸センサを用いた香り提示について述べたが，香り提示の間，常にセンサを使用するのは実用的ではない．そこで，我々は呼吸センサを装着せずに連続的に香りを感じさせる提示方法を提案する．ユーザに香りをずっと感じている感覚を与えるためには，毎呼吸においてパルス射出を提示しなければならないと考えられる．したがって，毎呼吸において香りを射出するためのパルス射出間隔 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，パルス射出に対する人の嗅覚特性を主観評価により測定した．

### 8.1 射出タイミングによる閾値の違い

これまでの研究より，我々は，ユーザは吸気の初めにおける香り射出は感じやすく，吸気の終わりにおいて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ることが考えられる．そこで，我々は，各タイミングでの閾値を測定する必要があると考えた．パルス射出のタイミングを図 7 のように吸気中で吸い始め，吸気の途中，吸い終わりの 3 段階に分け，それぞれの検知閾値を測定し，比較した．

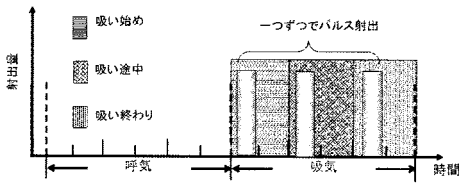


**図 7** 射出タイミング

実験前の確認実験は 7.2 節の (1)〜(3) と同様の手順で行い，本実験を以下の手順で行った．

① 香料はラベンダー，風速は 1.8m/s でパルス射出
② 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，吸い終わりに分けパルス射出
③ それぞれのタイミングで検知閾値を測定

被験者 15 人に対して実験を行った結果，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，最多射出量で射出しても，被験者は全員香りを感じることができなかった．

また，平均的な吸気量と時間の関係は図 4 のようになっており，時間が経つにつれて吸気量が減少している．この実験結果と図 4 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．

### 8.2 吸気中の射出有効範囲

実験 8.1 より，吸気の終わり付近ではユーザは香りを感じることができないと分かった．したがって，我々は無駄な射出を防ぐために，吸気で香りを感じる範囲を調べる必要がある．我々は，限界点と有効範囲を以下のように定義した．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である．図 8 に限界点と有効範囲のイメージを示す．

実験前の確認実験は 7.2 節の (1)〜(3) 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った．

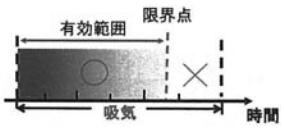


**図 8** 香りを嗅げる限界点

吸気中の射出有効範囲の測定法

① 吸気中でタイミングをずらしながらパルス射出
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

香料はラベンダー，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 66.7 %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 66.7 %であると分かった．

### 8.3 結果の考察と射出間隔の決定

これまでの実験結果より，パルス射出に対する人間の嗅覚の時間特性を測定することができた．我々は，呼吸をセンシングせずに毎吸気において香りを射出し，ユーザに香りを常に感じる感覚を与えることを目指す．そのため，有効範囲内にパルス射出を 1 回入れることができるように，射出間隔 t を設定する．

ここで，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 になることが分かっている[19]．つまり，安静時では平均 2 秒の間，息を吸っていることになる．そこで，平均以上の長さの吸気ならば，どのタイミングで呼吸をしても，香りを感じさせられるように射出間隔 t を設定する．つまり，香りを感じることができる有効範囲は平均吸気時間 2 秒の 66.7 %なので，1.3 秒となる．そのため，射出間隔 t を 1.3 秒の長さに設定すれば，この条件を満たすことができる．また，たとえ平均より短い長さの吸気であっても，このように射出間隔 t を設定すれば，かなりの確率で香りを感じさせることができると考えられる．

## 9. 従来手法と提案手法 A・B の比較

2 つの本提案手法の妥当性を検証した．その際に，従来手法と提案手法 A・B の総射出量・有効範囲に入る確率を計算し，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．

被験者 10 人の呼吸 50 回分のデータから算出した結果を表 2 に示す．

これらの結果より，提案手法 A では 100 %，提案

表 2　射出方法での比較

| 提示方法 | 総射出時間（平均） | 有効範囲に入る確率 |
|---|---|---|
| 従来手法 | 272 秒 | 100% |
| 提案手法 A | 15 秒 | 100 % |
| 提案手法 B | 48 秒 | 98 % |

手法 B では 98 %の確率で毎回の有効範囲に香りを射出できていたことが分かる．したがって，両提案手法とも毎呼吸において香りを感じることを可能とした．また，総射出時間は，従来手法に対して提案手法 A では約 90 %，提案手法 B では約 80 %削減することができた．その上，パルス射出を用いているため，7.2 節で示したとおり，順応の影響を軽減できる．

すなわち，我々は，連続的に香りを感じさせる 2 つの提示方法を確立した．

## 10. 呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法の評価

2007 年 12 月 5 日,「KEIO TECHNO-MALL 2007」にて香り提示の実演を行った．提示手法は，提案手法 A と B である．20 代〜60 代の男性 16 人，女性 6 人の計 22 人に本提案手法の香り提示を体験してもらい，アンケート調査を行った．展示会の様子を図 9 に示す．

図 9　「KEIO TECHNO-MALL 2007」での出展の様子

体験者には，まず呼吸センサを装着した状態で提案手法 A の香りを嗅いでもらった．次に，呼吸センサをはずし，提案手法 B の香りを嗅いでもらった．そして最後に，アンケートに回答してもらった．アンケート内容は，2 つの射出方法で提示された香りについてどのように感じたかをそれぞれ 8 段階で，呼吸センサを装着することに対してどのように感じたかを 6 段階で評価してもらい，さらに，提案手法 A と B のどちらが良いかを選択してもらった．

図 10 は，提案手法 A と提案手法 B の香り提示に対する感じ方の違いをまとめたものである．

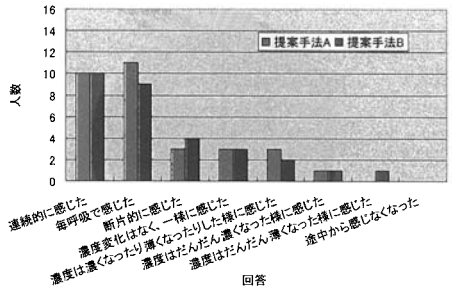


図 10　香りの感じ方に対するアンケート結果

提案手法 A の場合も B の場合も，ともに「連続的に感じた」「毎呼吸で感じた」という回答が多く,「途中から感じなくなった」と答えた体験者は 1 人もいないことが分かる．また，提案手法 A・B 間での大きな違いは見られない．これらの結果より，呼吸に同期させた香りのパルス射出提示によって，呼吸センサの有無に関わらず，体験者に対して順応を軽減し，連続的に香りを感じさせられたと言える．

図 11 は,「呼吸センサを装着することに対してどのように感じたか?」に対する回答結果である．また図 12 は,「提案手法 A と提案手法 B のどちらが良いか?」に対する回答結果である．

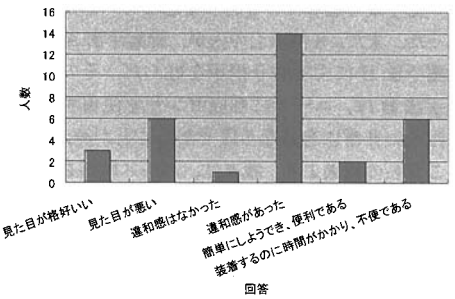


図 11　呼吸センサに対するアンケート結果

グラフの通り，8 割以上の人が提案手法 B の香り提示が良いと答えており，それは呼吸センサが「見た目が悪い」「違和感があった」「装着するのに時間がかかり，不便である」といった理由によるものであることが分かる．また，残りの提案手法 A を選択した人は,「見た目が格好いい」「簡単にしようでき，便利である」という回答を選んだ人が多かった．

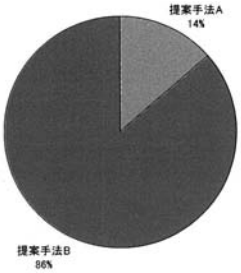


**図 12** 体験者の嗜好

## 11. ま と め

メディアとして香りを用いるためには，提示した嗅覚情報と実際の人の感じ方が一致しなければならない．そのためには，空間における香りの残留や，人間の順応という問題を解決する必要があった．そこで，無駄な射出を無くすことを目的として，我々は呼吸に同期させた香りのパルス射出提示手法を提案した．呼吸センサを用いた香り提示手法（提案手法 A）と，センシングせずに呼吸に同期させた提示手法（提案手法 B）の 2 つの手法を構築した．

「KEIO TECHNO-MALL 2007」において，両提案手法を実演し，アンケート調査を実施したところ，提案手法 A と B の両方で，「連続的に感じた」もしくは「毎呼吸で感じた」と香りを感じる人がほとんどであった．また，8 割以上の人が，提案手法 A に比べて提案手法 B による香り提示を好んだ．そのため，提案手法 B は，ユーザに呼吸センサを使用する手間をかけない非常に有効な手段であることが分かった．

これらの結果より，我々は，パルス射出を用いることによって，順応を軽減し，連続的に香りを感じさせる提示方法を構築することができたと言える．

### 謝　　辞

本研究は総務省，SCOPE の支援により行われました．

### 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”，フレグランスジャーナル社，p.60-76，(2007)
4) 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)
5) 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)
6) 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)
7) Retrofuture: Sensorama ’s pre-virtual reality, http://www.retrofuture.com/sensorama.html
8) 重野寛，本田新九郎，大澤隆治，永野豊，岡田謙一，松下温，仮想空間における風と香りの表現手法- 仮想空間システム Friend Park」，情報処理学会論文誌，Vol.42, No.7,pp.1922-1932,(2001)
9) Kaye J.: Making Scents:,aromatic output for HCI, Interactions, ACM Press Vol11, No.1, pp. 48-61, (2004)
10) Platt, C.: You ’ ve got smell!, Wired (Nov. 7,1999)Available at
11) http://www.osmooze.com/
12) Yanagida Y., Noma H., Tetsutani N., and-Tomono A.: An unencumbering,localized olfactory display, CHI ’03 Extended abstracts , pp. 988-989, (2003)
13) Nakamoto T., Nakahira Y., Hiramatsu H. and Moriizumi T.: Odor recorder using active odor sensing system, Sensors and Actuators B, 76 pp.465-469, (2001)
14) 横山智史，谷川智洋，広田光一，広瀬通孝，ウェアラブル嗅覚ディスプレイによる匂い場の生成・提示，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.9 No.3, pp.265-274, (2004)
15) 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)
16) 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)
17) 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)
18) 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.6,297-304,(2001)
19) 田中一正，柿崎藤泰，呼吸運動療法の理論と技術，メジカルビュー社，p.70-71，(2003)