

# 身近なにおいを用いた嗅覚における方向知覚の実験

中村 駿也<sup>1,a)</sup> 鈴木 優<sup>1,b)</sup>

**概要:** 我々は、バーチャルリアリティ嗅覚デバイスの表現方法について研究している。左右の鼻腔から入るにおいの濃度を調節することにより、精密な表現ができると考えた。本研究では、においのする空気とおいのしない空気とを片方ずつ左右の鼻腔に送り、どちらがにおいのする空気かを当ててもらい、その正答率を調査する実験を行った。その結果、いくつかのにおいに関して、人間の嗅覚が左右の鼻腔それぞれ独立して知覚できることが示唆された。

## Experiment of directional smelling with ordinary odor.

SHUNYA NAKAMURA<sup>1,a)</sup> YU SUZUKI<sup>1,b)</sup>

**Abstract:** We conduct a research for the expression of virtual reality device with olfaction. Our idea is that adjusting concentration of odor introduced from right and left cavity of nose enables more realistic expression. We carried out an experiment for directional smelling with ordinary odor and surveyed the percentage of questions answered correctly. The result showed that human can perceive the direction depending on the kind of odors.

### 1. はじめに

バーチャルリアリティでのウェアラブルデバイスにおける現状として、五感を刺激するさまざまなデバイスが開発されている。聴覚においては、ヘッドフォンやイヤフォンに対して左右の耳に異なる音を送ることで、立体的な情報提示ができる。また、視覚においては、ヘッドマウントディスプレイに対して左右の目に異なる映像を送ることで、立体的な情報提示ができる。聴覚と視覚では、左右の感覚器へ異なる刺激を送ることで、立体的な情報提示を可能にしているコンテンツが開発されている。一方で、嗅覚に関しては、左右の鼻腔同時に同じ濃度のにおいを噴出する嗅覚デバイスはあるものの、左右の鼻腔に異なる濃度のにおいを送ることで、嗅覚的に立体感のある演出をするデバイスやコンテンツは、我々の知る限り開発されていない。

本研究の目的は、嗅覚による立体的情報提示を可能にするデバイスを開発することで、よりリアリティのある演出

と表現の幅とを増やすことである。嗅覚デバイスを作成するにあたり、左右の鼻腔から入るにおいの濃度の違いが、立体感の演出に応用できるのかを調査する必要がある。本論文では、においにおける方向提示の可能性を実証するために実施した、においのする空気とおいのしない空気とを片方ずつ左右の鼻腔に送る実験の結果について報告する。

### 2. においと嗅覚に関する既存の研究

本研究に関連する、においや嗅覚に関する既存の研究を調査した。ここでは、におい物質の分類に関する研究、嗅覚分離能に関する研究、嗅覚における方向知覚に関する研究に分けて整理した。

#### 2.1 におい物質の分類

においの分類について、元木澤は、「においに関して、その質を表現する尺度は見あたらないので、におい物質を質によって分類する万人一致の方法は、未だ提出されていない。」と報告している [1]。

最も古い分類として、Carl von Linne は、Ambrosiaci (ジャコウ、ゼニアオイなどのにおい)、Fragrantes (西洋科

<sup>1</sup> 宮城大学

Miyagi University, 1-1Gakuen, Taiwa-cho, Kurokawa-gun, Miyagi 981-3298, Japan

a) p1422071@myu.ac.jp

b) suzu@myu.ac.jp

の花, 百合の花, サフランの花などのにおい), Aromatici (甘松香, 全ての種などのにおい), Alliacei (ネギ, アブラナなどのにおい), Hircini (橄欖樹, 姫風露などのにおい, 塩を焼いたときのにおい), Tetri (マメカミツレ属, アヘン, 大麻などのにおい), Nauseosi (スズラン, タバコ属, ガガイモ科の植物などのにおい) の7種類のにおいに分類した [2].

においの方向を知る神経メカニズムの解明をした Mori らは, Sulfide, Ester, Terpene, Acid, Ether, Aldehyde, Lactone, Alcohol, Ketone, Phenol の10種類のにおいに分類して実験を行った [3].

Kobal らは, 嗅覚刺激臭としてバニリンと硫化水素, 三叉神経刺激臭<sup>\*1</sup>として二酸化炭素とメントールとの2種類の分類で, 嗅覚における方向知覚の問題に関する実験を行った [4].

また, Jason B. Castro らは Non-Negative Matrix Factorization<sup>\*2</sup>を使うことで, Dravnieks によって分類された144種類のにおいと, 146種類の感覚的な単語とから10種類のクラスタににおいを分類した [5].

## 2.2 嗅覚分離能

におい検知閾値の変動性に考慮しながら, おい検知能<sup>\*3</sup>の左右差について検討した結果, おい検知能には左右差が無いことは明らかであると報告されている [1].

## 2.3 嗅覚における方向知覚

Mori らは, おいの方向を知る神経メカニズムの解明を行い, 右鼻と左鼻とからのにおい入力を比較してにおい源の方向を感知する神経回路が, 哺乳類の脳の嗅皮質のなかに備わっていることを明らかにした. この研究により, 右側の嗅皮質と左側の嗅皮質にあるそれぞれのニューロンは, 嗅皮質の神経回路を用いて, 右鼻に嗅ぎこまれたにおいの濃度から左鼻に嗅ぎこまれたにおいの濃度を差し引き, どちらの鼻でにおいがより濃いかを計算して, おい源の方向を決めていることが明らかになった. このことから, 左右2つの感覚器からのにおい情報を比較し, おい源の位置情報を得ていることがわかった [3].

v.Bekey の実験では, おい物質の選択の際, 嗅覚刺激臭と三叉神経刺激臭を分けていないとして, Kobal らは, 方向知覚の問題を再試した. 彼らは, 嗅覚刺激臭であるバニリンと硫化水素, 三叉神経刺激臭である二酸化炭素とメントールを使用して方向知覚の問題を実験した. その結果, 二酸化炭素とメントールに対しては正答率が非常に高かったが, バニリンと硫化水素に対しては正答と誤答がほ

ぼ同率であった. このことから Kobal らは, 三叉神経刺激臭によってにおい源の方向を伝えることができると結論付けた [4].

## 3. 身近なにおいを用いた方向知覚の実験

### 3.1 本実験の位置づけ

Kobal らは, おいの方向知覚の実験結果として, 三叉神経刺激臭のみにおいの方向を伝えることができると結論付けたが, Mori の研究では, 左右2つの感覚器からのにおいの濃度の差異がにおい源の位置情報につながると結論付けた. これらの研究結果からは, 実際ににおいの方向知覚をしているときに, 三叉神経を用いて方向知覚をしているのか, もしくは左右2つの感覚器からのにおいの濃度の差異から方向知覚をしているのかが不明瞭である. 我々は, 嗅覚における方向知覚が, 左右2つの感覚器からのにおいの濃度の差異によって知覚されていれば, バーチャルリアリティへの応用の幅が広がると考えている. また, これまでの嗅覚における方向知覚は医学的な観点から考えられていることが多く, Kobal らの実験でも Mori らの実験でも, おいの成分として化学物質のにおいを使用して研究をしている. 我々は, バーチャルリアリティへの応用を考え, 身近なにおいで方向知覚といった点での実験をする必要性があると考えた.

### 3.2 実験用嗅覚デバイス

我々は実験のための嗅覚デバイスを作成した (図1). デバイスには, エアポンプ 水心 SSPP-2S (水作株式会社), 二又コック, エアチューブ, おい発生装置を使用した. おい発生装置は, 中ににおいを染み込ませた脱脂綿を入れ, 空気の吸気と排気とが出来るよう2箇所穴を開けた. デバイスは, エアポンプより無臭の空気を発生させ, エアチューブを通して空気を送る. 途中で二又コックを使い, 2本のエアチューブに分岐させる. 分岐させたエアチュー

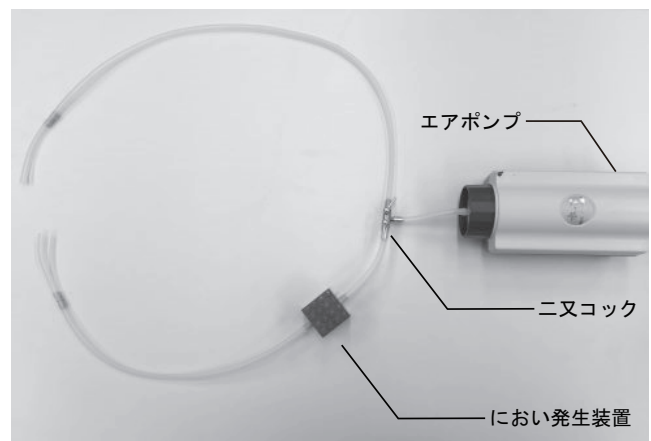


図1 実験用嗅覚デバイス

Fig. 1 Olfactory device for experiment.

\*1 三叉神経刺激臭とは, ニコチン, メントール, 酢酸のような, 痛み, 冷たさ, 暖かさを感じるにおい.

\*2 非負値行列因子分解

\*3 おいを知覚する能力

ブのうち、片方の途中ににおい発生装置を取り付けることで、無臭の空気のみ出力するエアチューブと、においのする空気を出力するエアチューブとを作る。また、におい発生装置の経由の際に、風量が減少するため、エアコックを調節して両方のエアチューブから出る空気の量が等しくなるように調整する。

### 3.3 においの選定

3.1節で述べたとおり、本実験では、身近なにおいでの実験が前提となる。実験で使用するにおいの選定には、現代のにおいの感覚に近いであろう、比較的に新しいにおいの分類を選択した。その結果、比較的に新しい研究で、においの分類の例に身近なものを挙げている、Jason B. Castroらのにおいの分類 [5] を参考にした。また、未だに原臭というものが見つからない [6] ため、任意のにおいを簡単に合成する手段がない。そこで、身近に購入することができ、用意することのできた、森のにおい、レモンのにおい、オレンジのにおい、ミントのにおい、ピーチのにおい、アルコールのにおいの6種類のにおいを選定した。

### 3.4 実験方法

作成した実験用嗅覚デバイスを使って、嗅覚における方向知覚の実験を行った。実験では、被験者に目隠しをもらい、無臭の空気を出力するエアチューブとにおいのする空気を出力するエアチューブとが被験者にはわからない状態で、被験者には図 2 のように、左鼻腔と右鼻腔との両鼻腔に同時にエアチューブを入れてもらった。被験者には左右同時に鼻で呼吸してもらい、左右のどちらのエアチューブからにおいのする空気が出力されているかを当ててもらった。回答までの制限時間は設けなかった。また、それぞれのにおいがどのようなものかを知るために、事前においのもとを嗅いでもらった。さらに、左右の鼻腔にエアチューブを入れてにおいをかいだ経験が無いことを考慮し、事前に左右それぞれににおいのする空気を出力する



図 2 実験の様子

Fig. 2 Experimentation.

エアチューブが挿入された状態を体験してもらった。

実験は被験者 10 名 (20 代の男性 5 名, 20 代の女性 5 名) に行ってもらった。被験者には、鼻炎と鼻づまりとのない人を採用した。被験者 1 人当たり 6 種類のにおいを 10 回ずつ回答してもらい、その正答率を記録した。また、6 種類のにおいの順番と、左右ににおいを出力する順番は、カウンターバランスを考慮して実験した。関連調査として、利き手と、嗅いでもらったにおいを香水や洗剤、制汗剤など常に使用していた経験があるかと、嗅いでもらったにおいが好きか嫌いかどうかをアンケート調査した。

また、脱脂綿に染み込ませたにおいは、0.05 ml につき 1,000 秒はにおいの強度が落ちないことが報告されている [7] ため、被験者が変わるまで交換しないものとし、被験者ごとに新しいものを用意する。

### 3.5 実験結果

実験の結果を表 1, 表 2, 表 3 に示す。表 1 より、全体の平均正答率に男女差は見られなかった。レモンのにおいに関しては、男性 80.0%, 女性 78.0% であり、性別に関係なく、全てのにおいの中で最も高い正答率を出していた。オレンジのにおいに対しては、男性の正答率が 74.0% と高いスコアを出していた。また、ピーチのにおいに関しては、女性の正答率が 68.0% とやや高いスコアを出していた。森のにおいと、ミントのにおいと、アルコールのにおいに関しては、男女ともに高い正答率が出ているものがなかった。

表 2 より、全てのにおいの合計の正答率を見ていくと、左右の正答率の差はほとんどなかった。

表 3 より、好みに対する各においの正答率には、特徴は見られなかった。しかしながら、常用経験に対する各においの正答率に関しては、6 種類のにおいの平均値を見ていくと、においの常用経験がある人とおいの常用経験がな

表 1 被験者別の正答率 (%)

Table 1 Percentage of correct answer by subject.

	f	l	o	m	p	a	avg.
$M_1$	50.0	100.0	80.0	80.0	70.0	90.0	78.3
$M_2$	40.0	80.0	70.0	70.0	20.0	60.0	56.7
$M_3$	50.0	100.0	100.0	90.0	50.0	60.0	75.0
$M_4$	60.0	50.0	50.0	20.0	40.0	60.0	46.7
$M_5$	40.0	70.0	70.0	50.0	70.0	30.0	55.0
$M_{avg.}$	48.0	80.0	74.0	62.0	50.0	60.0	62.3
$F_1$	90.0	80.0	30.0	70.0	80.0	60.0	68.3
$F_2$	60.0	80.0	70.0	40.0	70.0	60.0	63.3
$F_3$	40.0	90.0	30.0	60.0	90.0	50.0	60.0
$F_4$	60.0	70.0	50.0	60.0	60.0	40.0	56.7
$F_5$	70.0	70.0	60.0	30.0	40.0	60.0	55.0
$F_{avg.}$	64.0	78.0	48.0	52.0	68.0	54.0	60.7

f:森, l:レモン, o:オレンジ, m:ミント, p:ピーチ, a:アルコール.

M:男性, F:女性, avg:平均.

表 2 各においの正答数（上段）と正答率（下段・%）

Table 2 The number and percentage of correct answer by odor.

	左		右	
	正	誤	正	誤
森	26	24	30	20
	52.0	48.0	60.0	40.0
レモン	39	11	40	10
	78.0	22.0	80.0	20.0
オレンジ	31	19	30	20
	62.0	38.0	60.0	40.0
ミント	27	23	30	20
	54.0	46.0	60.0	40.0
ピーチ	32	18	27	23
	64.0	36.0	54.0	46.0
アルコール	30	20	27	23
	60.0	40.0	54.0	46.0
合計	185	115	184	116
	61.7	38.3	61.3	38.7

表 3 好みと常用経験に対する各においの正答率（%）

Table 3 Percentage of correct answer by preference and experience.

	好み			常用経験	
	好き	普通	嫌い	あり	なし
森	50.0	52.0	75.0	55.0	56.3
レモン	72.5	85.0	80.0	70.0	82.9
オレンジ	64.3	65.0	30.0	30.0	68.8
ミント	60.0	50.0	60.0	48.0	66.0
ピーチ	55.0	-	75.0	65.0	55.0
アルコール	63.3	53.3	60.0	60.0	54.0
平均	60.7	60.0	66.4	56.2	64.4

- は回答者なし.

い人とでは、8.2 ポイントの差が見られ、常用経験がない人ほど正答率が高い結果となった。

また、被験者の実験に関する感想として、ミントのにおいと森のにおいに関して、においが強く、においの濃さの違いが不明瞭になるため、どちらからにおいがしているかが分からなくなるというものが多かった。

### 3.6 考察

各においに関して考察していく。男女ともにレモンのおいに対する正答率が、他のにおいに比べて高かった。男性の平均値 ( $M_{avg.}$ ) に着目すると、オレンジのにおいに対して、74.0%の正答率と、高いスコアを出していることが見受けられた。女性の平均値 ( $F_{avg.}$ ) に着目すると、ピーチのにおいに対して、68.0%の正答率が出ており、男性はオレンジのにおいに対して、女性はピーチのにおいに対して正答率が高い結果となった。これらから、男性は、レモンのおいとオレンジのにおいにおいて、女性は、レモンのおいとピーチのにおいとにおいて、嗅覚における方向知覚ができていないのではないかと考えられる。また、

全体の平均正答率に男女差が無いことが明らかになった。

次に、全てのおいに関して考察していく。左右の鼻腔での正答率の差異がほとんどないことから、におい検知能には左右差が無いことを裏付ける結果となった。

また、常用経験がない人ほど正答率が高い結果となったことから、においの常用がにおい検知能に影響を及ぼすことが示唆された。

## 4. まとめ

本研究では、嗅覚デバイスを作成するにあたり、においのする空気とおいのしない空気を片方ずつ左右の鼻腔に送る実験をすることで、においにおける方向提示の可能性を実証した。そのため、実験用嗅覚デバイスを作成し、森のにおい、レモンのおい、オレンジのにおい、ミントのにおい、ピーチのにおい、アルコールのにおい、の6種類のにおいで実験を行った。実験結果より、男性に関してはレモンのおい、オレンジのにおいを使った、においでの方向提示が、女性に関しては、レモンのおい、ピーチのにおいを使った、においでの方向提示が可能であると考えられる。

レモンのおい、オレンジのにおい、ピーチのにおいを使用することで、においでの方向提示が可能であると考えられるため、これらのにおいを使用した、方向提示が可能な嗅覚ウェアラブルデバイスの作成への応用を検討している。本研究での結果をもとに作成されるウェアラブル嗅覚デバイスによって、より複雑化した立体的な嗅覚的表現ができるであろう。

## 参考文献

- [1] 元木澤文昭：においの科学，理工学社（1998）.
- [2] Carl von Linne.: *Odores medicamentorum, Amoenitates academicae*, Vol.3. pp.183-201 (1752).
- [3] Kensaku Mori, et al.: *Neurons in the Anterior Olfactory Nucleus Pars Externa Detect Right or Left Localization of odor Sources*, PNAS, Vol.107, No.27. pp.12363-12368 (2010).
- [4] G. Kobal, S. van Toller and T. Hummel.: *Is there directional smelling?*, *Experientia*, Vol.45, Issue2. pp.130-132 (1989).
- [5] Jason B. Castro, Arvind Ramanathan, Chakra S. Chennubhotla.: *Categorical Dimensions of Human Odor Descriptor Space Revealed by Non-Negative Matrix Factorization*, PLoS ONE, vol. 8, issue 9. p. e73289 (2013).
- [6] 柳田康幸：“香りの提示とバーチャルリアリティ”，計測と制御，第43巻，第2号。pp.139-144 (2004).
- [7] 横山智史，谷川智洋，広田光一，廣瀬通孝：“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”，TVRSJ, Vol.9, No.3. pp.265-274 (2004).