



# 高齢者向け嗅覚 VR コンテンツのための匂い選択

## Odor Selection for Olfactory VR Content for Elderly People

角南遼太<sup>1)</sup>, 中本高道<sup>2)</sup>, コーヘン ネイサン<sup>3)</sup>

Ryota SUNAMI, Takamichi NAKAMOTO, and Nathan COHEN

- 1) 東京工業大学 工学院 (〒226-8501 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, [sunami@nt.pi.titech.ac.jp](mailto:sunami@nt.pi.titech.ac.jp))  
2) 東京工業大学 科学技術創成研究院 (〒226-8501 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, [nakamoto@nt.pi.titech.ac.jp](mailto:nakamoto@nt.pi.titech.ac.jp))  
3) University of The Arts London ([n.cohen@csm.arts.ac.uk](mailto:n.cohen@csm.arts.ac.uk))

**概要:** バーチャルリアリティが普及する中で嗅覚 VR に期待が高まっている。匂いは感覚情報と意味ラベル情報で知覚される。感覚情報のみで匂いが提示されることが想定される嗅覚 VR コンテンツにおいて、提示される匂いはコンテンツの内容に従ってその要求が設定され、その要求を満たす匂いを選択する必要がある。本論文では開発中の高齢者向け嗅覚 VR コンテンツで利用するための匂い選択を行った。知覚可能である、弁別可能である、コンテンツ体験を損なわないという 3 つの要求を満たす匂いを、三点識別課題と命名課題の 2 つの課題で構成される官能検査で調査した。

キーワード: 嗅覚, バーチャルリアリティ, 官能検査

### 1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ技術の発達は著しいものであり、特に視聴覚をモダリティとしたデバイスが市場に流通し社会に浸透しつつある。バーチャルリアリティ体験が身近なものとなる中で、嗅覚提示を体験に組み込む需要が高まり、研究活動が進められている。

匂いは、化学物質を受容することで感じられる感覚情報と、その匂いを何の匂いだと思っているかという意味ラベル情報によって知覚される[1]。

嗅覚 VR コンテンツでは、意味ラベルが与えられず、感覚情報のみが匂い情報として提示される場面が想定される。例えば Aromatic Garden 3D[2]では、向いている方向に最も近い匂い源の匂いとアバターからの距離が最も近い匂い源の匂いが、視覚的に匂い源が見えていなかったとしても提示された。プレイヤーは提示された匂い情報の差異を感覚情報のみで知覚することが要求された。

本論文では、開発中の高齢者向け嗅覚 VR コンテンツで提示する匂いの選択を行う。高齢者向け嗅覚 VR コンテンツでは、高速電磁弁開閉型嗅覚ディスプレイ[3]を用いて匂いを提示する。高齢者向け嗅覚 VR コンテンツでは感覚情報のみで知覚可能であり、感覚情報のみで互いに弁別可能な 3 種類の匂いを使用する。また、コンテンツ体験を損なわない景観に応じた匂いが望ましい。実験では、何の匂いであるかという言語ラベルを提示しない条件下で匂いを提示し、三点識別法による匂い種類の弁別課題と匂いの命

名課題で構成される官能検査を行い、要求を満たす匂いを選択した。

### 2. 高齢者向け嗅覚 VR コンテンツ

本章では、開発中の高齢者向け嗅覚 VR コンテンツの概要を述べ、使用される匂いへの要求を設定した。

#### 2.1 コンテンツの流れ

コンテンツは次の流れで進行する。コンテンツでは、匂いに言語ラベルは与えられない。

第一ステップとして、数秒間にわたり単一の匂いが提示される。プレイヤーは明示的なタイミングで提示された匂いを知覚することが求められる。

第二ステップとして、プレイヤーは匂い源物体を探索する。提示される匂いは第一ステップで提示されたものと同じであり、物体は目視で容易に認識できるものである。プレイヤーは匂い源の探索と並行して、提示された匂いを知覚して記憶する。

第三ステップとして、プレイヤーは 3 種類の匂いを嗅ぎ比べる。3 種類の匂いのうち一つは第一ステップ、第二ステップで提示されたものと同じであり、残りの二つはそれとは異なる種類の匂いである。プレイヤーは 3 種類の匂いを弁別し、第一ステップ、第二ステップと同一の匂いを選ぶ。

#### 2.2 実装

コンテンツは Unity 2022.3.10f1 で実装された。高齢者向



図 1: 高齢者向け嗅覚 VR コンテンツのためにデザインされた空間。中央の灯籠は第 2 ステップで探索する匂い源物体。第 3 ステップでは、3 色の煙から 3 種類の匂いがそれぞれ提示される。

け嗅覚 VR コンテンツの空間として、自然の風景である森の中をイメージした仮想空間がデザインされた(図 1)。

### 2.3 匂いへの要求

高齢者向け嗅覚 VR コンテンツで使用される 3 種類の匂いには次の性質が要求される。

#### ①意味ラベルなしで知覚可能である

コンテンツでは、匂いは言語ラベルを与えられない状態で提示される。知覚が困難な匂いを用いた場合、プレイヤーの知覚が遅くなることが想定され、コンテンツの進行に影響を及ぼす可能性がある。

#### ②意味ラベルなしで互いに弁別可能である

コンテンツの第三ステップで、プレイヤーは匂いを感覚情報のみで嗅ぎ分けることが求められる。感覚情報のみでの弁別が困難な場合、第三ステップの課題が成立しない。

#### ③空間のもつイメージと著しく離れていない

コンテンツ体験として、空間の持つイメージと著しく離れている匂いは体験を損なうため望ましくない。プレイヤーが知覚した匂いの印象は、デザインされた空間である自然の風景から想起され、不快でない匂いが望まれる。

## 3. 匂い選択

本章では、第 2 章で要求された性質を満たす匂いを、被験者実験を通して選択した。

### 3.1 匂い種類

高齢者向け嗅覚 VR コンテンツでは、同一のシーンで提示される匂いは最大 3 種類であった。3 種類の匂いを 1 群として、精油から選択される精油群と、食品フレーバーから選択される食品群の 2 つの群の匂い選択を行った。

精油群は、ウッディ、フローラルを始めとする森の中を想起させる自然な匂いから選択した。食品群は、主にフルーツなどの甘い匂いから選択した。

精油は実験全体を通してエタノール 5 倍希釈とした。食品フレーバーははじめエタノール 5 倍希釈であったが、エタノールの匂いが強かったため、途中から水希釈(5 倍、3 倍)とした。

### 3.2 手法

2 種類の匂い種類を弁別する三点識別課題と、匂い単体を

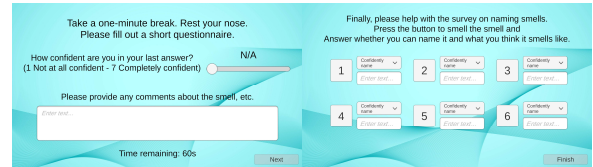
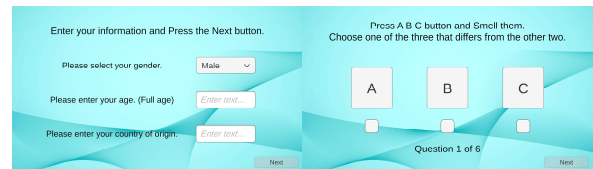


図 2: 官能検査のためのコンテンツのスクリーンショット (a. 情報の入力画面, b. 三点識別課題のシーン, c. 休憩画面, d. 命名課題の画面)

評価する命名課題の 2 つの課題で構成される官能検査を実施した。三点識別課題は各群内の総当たりである計 6 対の匂いの組で実施した。命名課題は、精油群、食品群に含まれる計 6 種類の匂いに対し実施した。三点識別課題では、三点識別法での匂い種類の弁別と、直後の休憩時間に回答への確信度と匂いに対する自由記述のコメントを求めた。命名課題では、自由記述形式での匂い単体への命名とその回答への確信度を 3 段階(確信をもって命名できる、どういうわけか命名できる、まったく自信がない)で求めた。

被験者には何の匂いが提示されるかを事前に通知しなかった。言語ラベルが与えられない条件下での匂い印象を命名課題で評価し、コンテンツ体験を損なわない、知覚が容易な匂いを選択した。また、三点識別課題で弁別性を評価した。

官能検査は、専用のコンテンツ(図 2)で進行した。コンテンツは次の流れで進行した。命名課題によるラベル付けを避けるため、三点識別課題を先に実施した。

1. 識別情報 (性別, 年齢, 出身国) の入力
2. 6 組のうち, 1 組に対する三点識別課題
3. 1 分間の休憩
4. 6 組すべてについて, 2, 3 を繰り返す
5. 6 種類の匂いに対する命名課題

### 3.3 実験

#### 3.3.1 参加者

17 名の嗅覚異常の自己症状のない被験者が参加した。(平均 28.8 歳, SD=10.9, 女性 3 名)

内, 出身国別の人数は日本 10 名 (平均 27.4 歳, SD=12.2, 女性 2 名), 中国 5 名 (平均 27.2 歳, SD=3.6, 女性 1 名), インドネシア 1 名 (31 歳, 男性), スペイン 1 名 (49 歳, 男性) であった。

#### 3.3.2 精油群の匂い選択

匂いの選択と評価を以下のように段階的に行った。主にウッディ, フローラルを始めとする森の中を想起させる自然な匂いから選択した。命名課題の結果を表 1 に示す。

1 回目 ラベンダー シダーウッド バジル

表 1: 命名課題の結果 (精油群)

赤は自信あり, 青は自信なしの回答.

下線は回答が提示された匂いの印象を適切に表現し, 匂いが知覚されたと評価した回答.

Odor	回答
ラベンダー	ガソリン, <u>柑橘系と草っぽいの間</u> , <u>grass</u> , <u>flower</u> , <u>herb</u> , ハッカとミントのミックス, <u>オレンジ</u> , パスタ, 木におい, 緑色のガム, <u>アルコール</u> , <u>hard to say</u> , <u>制汗剤</u> , <u>camphor</u> , <u>Almond</u> , <u>spicy</u>
シダーウッド	<u>オレンジ</u> , 無臭, <u>bean</u>
バジル	<u>嫌な臭い・灰色</u> , <u>新鮮な臭い</u> , <u>grass</u> , <u>industrial ordour</u>
キャロットシード	vehicle exhaust
スペアミント	<u>mint</u> , <u>mint</u> , <u>green</u> , <u>チョコミントアイスのおい</u> , <u>おい</u> , <u>オレンジ</u> , <u>ミカン</u> , <u>レモンの皮</u> , <u>草</u> , <u>みんと</u> , <u>pear</u> , <u>虫よけスプレー</u> , <u>amber wood</u> , <u>Herb</u> , <u>cover of orange</u>
オレンジ	<u>lemon</u> , <u>alcohol</u> , <u>風味のないミント</u> , 無印, 木, <u>湿布</u> , <u>トイレの芳香剤</u> , <u>ヒノキ</u> , <u>flower</u> , 雑草, <u>sweet</u> , <u>Lemony soap</u> , <u>orange juice</u>

3 人の被験者が官能検査を実施した.

命名課題の結果, シダーウッドは知覚されにくいと評価した. ラベンダーは, フローラルな印象である, 草っぽさと甘さが感じられていると評価した. バジルは草っぽさが知覚されており, 匂いの印象が強く不快に感じられる場合があると評価した.

2 回目 キャロットシード スペアミント バジル

知覚が困難であったシダーウッドの代わりとしてキャロットシード, バジルの匂い印象が強いためラベンダーの代わりとして特徴的な刺激のあるスペアミントを選択した. 1 人の被験者が官能検査を実施した. 命名課題の結果, キャロットシードは不快な印象を与えると評価した. バジルは匂いの印象が強く, 不快な印象を与えていると評価した. スペアミントは適切に知覚されていると評価した.

3 回目 オレンジ ラベンダー スペアミント

13 人の被験者が官能検査を実施した. 不快な印象を与えていたキャロットシード, バジルの代わりとして, 柑橘系の匂いであるオレンジ, フローラルな匂いであるラベンダーを選択した. 命名課題の結果, 3 つの匂いは知覚可能であり与える印象はコンテンツ体験を阻害しないと評価した. 三点識別課題の結果を表 2 に示す. すべての組について有意に弁別が可能であることが示された (有意水

表 2: 三点識別課題の結果 (精油群 3 回目)

Odor A	Odor B	正	誤	正答率(p 値)
オレンジ	ラベンダー	9	4	0.692(0.0016)
ラベンダー	スペアミント	7	6	0.538(0.035)
スペアミント	オレンジ	7	6	0.538(0.035)

表 3: 命名課題の結果 (食品群)

赤は自信あり, 青は自信なしの回答.

下線は回答が提示された匂いの印象を適切に表現し, 匂いが知覚されたと評価した回答.

Odor	回答
マロン	<u>わかりません</u> , <u>草</u> , <u>grass</u>
梅	<u>イチゴ</u> , <u>わからん</u> , <u>fruit</u> , <u>sour fruit</u> , <u>pepper</u> , <u>herb</u> , <u>酸っぱいフルーツ</u> , 空気, <u>梅</u> , <u>ソーダ</u> , <u>すっきりガム</u> , <u>うめ</u> , <u>candy</u> , 柑橘系, <u>tartaric acid</u> , <u>Strawbry</u> , <u>grass</u>
ラフランスペアー	<u>ラムネ</u> , <u>甘い感じ</u> , <u>fruit</u>
チーズ	<u>banana milk</u> , <u>flower</u> , <u>sugar</u>
ピーチ	<u>peach</u> , <u>flower</u> , <u>orange</u>
マンゴー	<u>イチゴアイスの匂い</u> , <u>sour</u> , 石鹸, 梅干しの飴, <u>甘いガム</u> , <u>メロン</u> , <u>apple</u> , <u>apple</u> , <u>soap flowers</u> , <u>Apple</u> , <u>fresh soil</u>
メロン	<u>風味のないイチゴ</u> , 無印. <u>紫蘇</u> , <u>りんご</u> , 風船ガム, <u>SODA</u> , <u>grassy</u> , <u>orange</u> , <u>grapefruit fruit</u> , <u>Fruity</u> , <u>orange juice</u>

準 5%) .

3.3.3 食品群の匂い選択

匂いの選択と評価を以下のように段階的に行った. 主にフルーティな匂いを選択した. 日本人の高齢者がコンテンツの対象者であるため, 自然の風景を想起させ, 親しみのある梅の匂いを含めることとした. 命名課題の結果を表 3 に示す.

1 回目 マロン 梅 ラフランスペアー

3 人の被験者が官能検査を実施した. 命名課題の結果, マロンは知覚が難しいと評価した. 梅はフルーティな印象が知覚されていると評価した. ラフランスペアーはフルーティな印象が知覚されていると評価した. 自由記述のコメントで, 全ての匂いからエタノールの匂いを知覚したと指摘されたため, 2 回目以降では水希釈とした.

2 回目 チーズ ピーチ 梅

3 人の被験者が官能検査を実施した. 知覚が困難であったマロンをフルーティでない甘さを持つチーズに変更し, 酸味を有する梅との匂い印象の違いを明らかにするために, ラフランスペアーをより甘さの強いピーチに変更した. 希釈率は 5 倍であった. チーズは, 甘さが知覚されており不快な印象を与えていないと評価した. ピーチは, 甘くフルーティな印象が知覚されていると評価した. 梅は酸味の印象を与えるが, 印象が弱い場合があると評価した. 三点識別課題の結果, ピーチのフルーティさと甘さの印象が他の匂いの印象と共通し, 比較を難しくしていると評価した.

3 回目 マンゴー メロン 梅

11 人の被験者が官能検査を実施した. フルーティな印象を共通することでフルーティ以外の印象で比較されることを期待し, チーズ, ピーチをフルーティに加え特有の風味を持つメロン, マンゴーに変更した. 濃度を高め匂い印象を強くするため, 希釈率は 3 倍であった. マンゴーはフル



表 4: 三点識別課題の結果 (食品群 3 回目)

Odor A	Odor B	正	誤	正答率(p 値)
マンゴー	メロン	8	3	0.73(0.0014)
メロン	梅	7	4	0.64(0.0088)
梅	マンゴー	8	3	0.73(0.0014)

ーティに加え、甘さが知覚されており、不快な印象を与えていないと評価した。メロンはフルーティさが知覚されているが甘さの印象が弱く、不快な印象を与えていないと評価した。梅はフルーティさと酸味、爽やかさが知覚されており、不快な印象を与えていないと評価した。三点識別課題の結果を表 4 に示す。すべての組について有意に弁別が可能であることが示された (有意水準 5%)。

#### 4. 考察

実験では、命名課題を通して被験者が受ける匂いの印象を調査し、三点識別課題を通して被験者が匂いの種類を弁別可能であるかを調査した。

命名課題は被験者が受ける匂い印象を調査する目的のものであった。感覚情報のみで知覚した匂いへの印象を言語化し、その確信度を問うことで被験者の匂い印象を推測することができた。一方で、それぞれの匂いで独立した評価を期待していたが、他の匂いと比較することが可能であったため複数の匂いを比較して回答し、他の匂いに影響を受けた被験者が複数存在した。他の匂いと比べできない形式が望ましい。

三点識別課題は被験者が感覚情報のみで提示された匂いを弁別することが可能であるかを調査する目的のものであった。三点識別課題を通して、匂いの弁別性を評価できた。匂い種類での弁別を期待していたが、知覚強度の違いを感じて回答した被験者が存在した。匂いの強度で弁別されない形式が望まれる。

精油群の匂い選択では、ウッディな匂いの知覚と不快な印象を与える匂いが課題であった。ウッディな匂いは被験者に知覚されにくかった。特にシダーウッドは、特徴的な刺激がなく淡く感じられる匂いであり、知覚強度が弱くなったと考えられる。また、バジル、キャロットシードの 2 種類の匂いは被験者に不快な強い印象を与えた。苦味や渋みのある匂いは知覚強度が強くなる一方で不快な印象を与えると考えられる。不快な印象を与えないように匂いを選択するとき、ミントや柑橘系のような爽やかさや甘さのような特徴的な刺激を持つ匂いが有力な選択肢となるだろう。

食品群の匂い選択では、淡い匂いの知覚と匂い印象の差異を明らかにすることが課題であった。特にマロンの匂いは甘い匂いではあるがその印象は弱かった。マロンの匂いは漂ってくるような淡い匂いであり、果実のフルーティさが含まれない。3 回目ではフルーティ以外の印象で比較す

ることを期待し、すべてフルーティな印象を持つ匂いを選択した。結果として、被験者は高い精度で弁別を行うことができた。これらのフレーバーは菓子類などで広く利用されており、日常的に嗅ぐ機会の多い匂いである。被験者の過去の体験が豊富であったことが知覚、弁別のしやすさに寄与したと考えられる。

ミントや柑橘系のような爽やかな匂い、バジルやキャロットシードのような苦みのある匂い、フレッシュなフルーティな匂いが、言語ラベルを与えない条件下で知覚、弁別されやすかった。これらの匂いは日常的に嗅ぐ機会の多い匂いであるか、不快な印象を与える匂いである。コンテンツで想定されるプレイヤーの日常生活などを分析し、頻繁に嗅ぐ匂いを調査し、そのカテゴリの中で匂いを選択することでプレイヤーが知覚しやすい匂い選択ができることが示唆された。

#### 5. 結論

本論文では、開発中の高齢者向け嗅覚 VR コンテンツで提示する匂いの選択を行った。まず、嗅覚 VR コンテンツで使用される匂いへの要求を設定した。また、要求を満たす匂いを 2 種類の官能検査を通して調査した。

何の匂いであるかが明示的に示されない条件下では、知覚される匂いの印象はコンテンツ開発者が想定したものとは大きく乖離する可能性があり、その場合匂い提示がコンテンツ体験を阻害してしまう。また、匂いが明示的に示されない条件下では匂いの弁別を行うことはしばしば容易ではなく、適切な匂い提示を行わなければプレイヤーは提示された匂いの差異を知覚することができない。

嗅覚提示を行うコンテンツの開発者は、適当な官能検査を行い適切な匂い選択を行う必要がある。

謝辞 本研究を進めるにあたり、多大なるご指導とご協力を賜りました文京学院大学小林剛史教授、法政大学山本晃輔准教授に深く感謝申し上げます。また、本研究の一部は JST 未来社会創造事業 (NO. 22692685) の支援を受けた。

#### 参考文献

- [1] Okumura T, Kida I, Yokoi A, Nakai T, Nishimoto S, Touhara K, Okamoto M: Semantic context-dependent neural representations of odors in the human piriform cortex revealed by 7T MRI. *Hum Brain Mapp.* 2024 Apr 15;45(6)
- [2] Onai S, Cohen N, Nakamoto T: Demo of an olfactory game using paired odors to increase the odor range, enabling immersive olfactory experience in VR environments
- [3] Nakamoto T., Minh H. P. D.: Improvement of olfactory display using solenoid valves, 2007 IEEE Virtual Reality Conference, Charlotte, NC, USA, 2007, pp. 179-186