

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14947

研究課題名(和文) 嗅覚拡張手法の確立：人間の嗅覚識別能力を向上する匂い知覚変調器の開発

研究課題名(英文) Establishment of olfactory augmentation technologies: Development of olfactory modulator that can enhance human olfactory selectivity

研究代表者

松倉 悠 (Matsukura, Haruka)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号：60808757

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：嗅覚に関する身体拡張技術の確立を目指し、人間の匂い知覚を変調する装置の開発を行った。空気中を漂う匂いの分子を吸着剤に捕集し、濃度を高めてユーザに提示すれば、嗅覚感度が向上したような効果が得られる。特定の匂い分子を吸着する吸着剤を利用すれば、ユーザに届く匂いの成分比を変調することができる。同じ匂いを提示した場合でも、温冷覚刺激や風覚刺激により温熱刺激を同時に与えると、匂いの知覚が変化する。これらの変調装置を試作し、実現可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

バーチャルリアリティシステムやロボットの開発で培われた技術を応用し、人間の運動能力や認識能力の限界を超えた身体拡張を実現しようという研究は多数ある。しかし、嗅覚の拡張を目指した研究は、他にない。本研究では、嗅覚感度増強装置や匂い知覚変調装置の研究開発を行い、その実現可能性を実験的に示した。この技術を発展させれば、加齢や疾病によって衰えた嗅覚を補助する、不快な匂いを除去してスメルハラスメントを予防するなどの応用が可能になると期待される。

研究成果の概要(英文)：Toward establishment of olfactory augmentation technologies as a new modality of human augmentation, we have developed several types of olfactory modulators in this research project. By collecting odor molecules wafting in the air onto the adsorbent, we can increase the concentration of the odor vapor. By presenting this concentrated odor vapor, we can make the user feel as if their olfactory sensitivity is enhanced. The mixing ratio of odor molecules can be modulated by using adsorbents having affinities to different classes of odor molecules. Olfactory perception can be also modulated by presenting thermal and/or wind stimuli to the user even if the same odor is presented. We have fabricated the prototype systems of these olfactory modulators and have experimentally shown their feasibility.

研究分野：情報学

キーワード：嗅覚 身体拡張 バーチャルリアリティ 感性情報学 嗅覚ディスプレイ ヒューマンインタフェース

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

人工的に作ったデバイスを装着・活用することにより、人間の運動能力や感覚を増強する「身体拡張」の研究が行われている。ロボットアームを自らの3本目の手であるかのように知覚させて自在に動かそうとする研究例や、ヘッドマウントディスプレイにユーザの前方と後方の映像を同時に映して360°の視野を得ようとする例などがある。

一方、筆者の知る限りでは、嗅覚に関する身体拡張の研究例はほとんど存在しない。そもそも、眼鏡や補聴器など視覚や聴覚を補う装置は存在するが、嗅覚を補助する装置も実用化されていない。しかし、もし人間が持つ嗅覚を増強できれば、様々な可能性が開ける。

この嗅覚拡張には、図1に示す三つの様式が考えられる。

(i) 感度向上

匂いを感じる感度が加齢や疾病により損なわれてしまった場合に、何らかの方法で嗅覚感度を回復できれば、食品や飲料の香りを再び楽しむことができるようになる。人間の嗅覚の感度を犬に匹敵するレベルまで向上できれば、火薬の匂いを検知し、カバンに隠された爆発物を探し当てることも可能になると期待される。

(ii) 識別力向上

一般的な人が普通に匂いを嗅いだけでは分からないような微妙な匂いの違いを識別できるようになれば、スープの匂いを嗅ぐだけで、特別な訓練をしなくても微量に加えられた隠し味(例えば、キノコ、カニ)を言い当てることができるようになる可能性がある。食品を口にする前に、その中に含まれるアレルギー物質を匂いで検知することも可能になると期待される。

(iii) 知覚変調

元の匂いとは違う匂いを感じさせることも嗅覚拡張の一要素として考えられる。例えば、廉価ワインの匂いを何らかの手法で重厚な匂いに変えれば、高級なワインを飲んでいるかのような感覚が得られると期待される。不快に思う匂いをマスキングして抑え、良い香りだけ嗅ぎたい場合にも、匂いの知覚変調が有効となる。

筆者らは本研究の以前より、人間の嗅覚感度を増幅させる装置の開発に取り組んできた。空气中を漂っている匂いを吸着剤に捕集し、濃縮した匂いを提示することにより、あたかも嗅覚の感度が向上したかのような効果が得られる。しかし、匂いの捕集を開始してから濃縮した匂いを提示するまでに、10分程度の長い時間を要するという課題があった。本研究では、この匂い濃縮装置を発展させ、濃縮した匂いを短時間で提示できるようにした。また、匂いの識別率向上、知覚変調の実現に向け、その基礎技術の研究開発を行った。

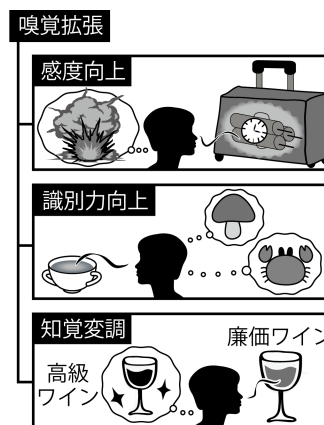


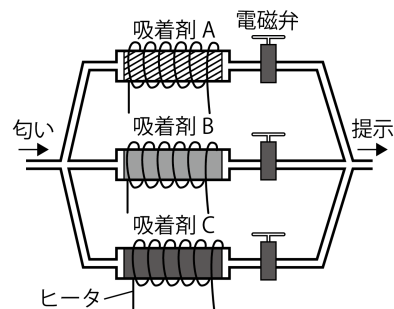
図1. 嗅覚拡張の3様式

2. 研究の目的

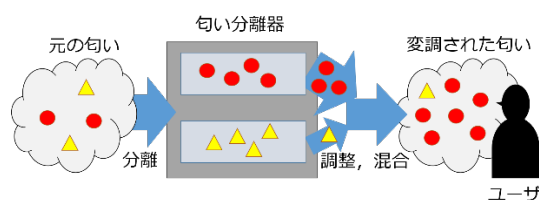
本研究では、人間の匂い知覚を変調することができる装置の実現を目指し、様々な変調方法を実現するための基礎技術の実現可能性を実験的に確認することを目的とした。変調原理を確認する装置を試作して官能検査を行い、その効果を確認した。

将来的に実現を目指す匂い知覚変調器の概念図を図2に示す。図2(a)に示す装置により、人間が鼻孔に吸引しようとしている空気をトラップし、その中に含まれる各種匂い成分を吸着剤に捕集する。吸着剤を加熱すると、捕集した匂い分子が一斉に脱着し、濃縮した匂い蒸気が得られる。このとき、元の匂いに含まれる全ての匂い分子を等しい割合で濃縮し、ユーザに提示すれば、元の匂いが微弱であっても明確に感じられるようになる。そのため、自身の嗅覚の感度が向上したかのような効果が得られる。

一方、特性の異なる吸着剤を複数用意す



(a) 提案する匂い知覚変調器の構成



(b) 匂い変調の概念図 (文献①から転載)

図2. 実現を目指す匂い知覚変調器

ると、元の匂いに含まれる様々な匂い分子がそれぞれ異なる割合で吸着される。異なる吸着剤を加熱して得た匂い蒸気の混合比を変えて鼻孔に送り込めば、図 2(b)に示すように、実際に漂ってきた匂いとは異なる匂いを知覚させることができる。特に嗅ぎたい匂い成分の混合比だけを高めて提示すれば、その匂いの有無を明瞭に知覚できるようになり、匂い識別力を向上することができる。また、混合比を適切に変えることにより、鼻腔に吸引する匂いを自分にとって好ましい匂いに変えてから嗅ぐことも可能となる。

以上のような匂い知覚変調器の実現に向けて本研究では、嗅覚感度向上を可能にする匂い濃縮装置の高速化と、吸着特性の差異を利用した匂いの成分比変調の実現可能性を検討した。また、図 2 に示す装置とは異なる方法で匂い変調する手法についても検討を行い、匂い刺激と同時に温冷覚刺激や風覚刺激を与えることにより匂いの知覚を変調する装置の開発も行った。変調した匂いを提示する装置についても研究を行い、ユーザの呼吸と同期して匂いを提示することにより残臭を抑制した匂い提示装置を開発した。

3. 研究の方法

(1) 匂い濃縮装置の高速化

測定対象物質を選択的に捕集する吸着剤を使い、検知感度を高める手法は、ガスクロマトグラフィによるガスの成分分析において広く使われている。通常は、数時間かけてガスを捕集し、加熱脱着したガスを 1 ml 程度の少量だけガスクロマトグラムに注入する。一方、人間に匂いを嗅がせる場合には、数秒で匂いの捕集を完了し、成分比を変え濃縮した匂い蒸気を、鼻腔に吸い込むために十分な量だけ用意せねばならない。

図 2 に示す匂い知覚変調器を実現する際にも、嗅覚感度を向上する匂い濃縮装置と同様の装置を吸着剤の種類を変えて複数用意することになる。匂いを吸着剤に捕集し、加熱脱着して濃縮した匂い蒸気を生成し、ユーザに提示するまでのプロセスを短時間に完了できれば、匂い知覚変調も短時間で行うことが可能になる。そこで、匂い濃縮装置の高速化に取り組んだ。

まず、吸着剤に匂いを捕集するプロセスを高速に行うため、吸引した空気が効率よく吸着剤に触れるように、吸着剤を詰めるセルの構造を検討した。また、匂いの加熱脱着を高速化するため、加熱用のヒータから吸着剤まで素早く熱が伝わるように濃縮装置を設計した。生成した匂い蒸気を素早くユーザに提示できるように、匂い蒸気を送る流路の構造についても検討を行った。

(2) 吸着剤を利用した匂い物質の混合比変調

空気中に漂う様々な匂いの比率を変化させ、ユーザが匂いを選択的に嗅ぐことを可能にするシステムの開発を目指した研究を行った。提案するシステムの実現可能性を評価するために、2 物質を混合した匂いを対象として匂いの変調を試み、その結果を官能検査で確かめた。

匂い変調実験には、1-ノナノールと(-)-カルボンの 2 物質からなる混合臭を用いた。1-ノナノールは、シトロネラ油の香りを呈し、レモンに似た柑橘系の匂いがする。(-)-カルボンは、スペアミントの香りを呈する。一方、1-ノナノールと(-)-カルボンを混合すると、(-)-カルボンの光学異性体である(+)-カルボンの匂いに近くなることが知られている。この(+)-カルボンは、少し酸味のあるキャラウェイ（セリ科のハーブ）の香りを呈する。

(3) 温冷覚刺激や風覚刺激による嗅覚変調

嗅覚刺激と共に他の感覚刺激を同時に与えると、匂いの知覚が変化することが知られており、これをクロスモーダル効果と呼ぶ。例えば、グレープフルーツの画像をユーザに見せながらレモンの匂いを嗅がせると、グレープフルーツの匂いであるかのように感じさせることができると報告されている。

本研究では、嗅覚刺激と共に温冷覚刺激や風覚刺激をユーザの顔に提示し、実際に提示した匂いと異なる印象の匂いを意図的に知覚させることを試みた。室内の温湿度が変わると、同じ匂いに対する嗅覚閾値が変化し、また、快・不快など匂いの印象が変化することが知られている。この効果を利用すると、図 2 に示す匂い知覚変調器よりも簡便な装置で匂いの知覚を変調し、不快な匂いの感覚強度を和らげるなどの効果を発揮させることが可能になると期待される。

(4) 残臭を抑制した匂い提示装置の開発

バーチャルリアリティの分野において、ユーザに匂いを提示する装置のことを嗅覚ディスプレイと呼ぶ。本研究では、変調した匂いをユーザに提示するために、嗅覚ディスプレイの開発も行った。匂いを提示するためには、匂い物質の蒸気を含む空気を放出し、ユーザの鼻に吸引してもらう必要がある。しかし、多くの嗅覚ディスプレイでは提示した匂いがユーザの周囲に留まり、匂いが残ってしまうことが問題となる。

そこで本研究では、呼吸に同期した気流制御を行い、残香を抑制した嗅覚ディスプレイの開発を試みた。匂い蒸気を嗅覚ディスプレイから放出しても、息を吐いている間は鼻腔に吸引されない。息を吸い込んでいる間だけ匂い蒸気を放出すれば、匂い蒸気の総放出量を削減することができる。周囲の空間に止まってしまう匂いを最小限に留めることができる。

4. 研究成果

(1) 匂い濃縮装置の高速化

匂い濃縮の高速化を目指して設計・試作した装置のうち、吸着剤を封入したセルの部分を図 3(a)に示す。顆粒状の Tenax TA (ジーエルサイエンス) を吸着剤として用い、外径 3 mm、内径 2.4 mm の銅パイプに入れ、図 3(b)の断面図に示すように、その両端をポーラスセラミックスで封止した。このセルの左右につながる配管も含めて内径をできるだけ統一し、デッドボリュームの発生を極力抑えた構造となっている。その結果、匂い蒸気を吸引した際の匂い捕集効率が向上した。加熱脱着した匂いを空気流で押し流して提示するのに要する時間も同時に短縮されている。

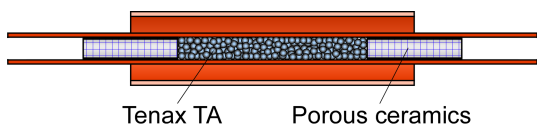
吸着剤を詰めた銅パイプの外側には外径 6 mm、内径 3 mm の銅パイプを被せてあり、その外側に薄膜状のポリイミドヒータを巻き付けた。銅を素材として用い、ヒータで発生した熱を細い管に詰めた吸着剤に素早く伝える構造とした結果、加熱脱着に要する時間も短縮された。

0.83 ppm の 1-ブタノールガスを 1.6 L/min の流量で管状濃縮セルに吸引し、濃縮されて出てきたガスに対する半導体ガスセンサ (TGS8100, フィガロ技研) の応答を測定した結果を図 3(c)に示す。設定温度を 220°C とし、加熱開始の 10 秒後からセンサ応答の測定を開始した。測定開始から 20 秒後にポンプを稼働し、脱着したブタノールガスを 30 mL/min の空気流で押し流すと、図 3(c)に示す応答波形が観測された。センサ応答は、清浄空気中におけるセンサ抵抗に対するガス曝露時のセンサ抵抗の比を表し、値が小さいほどブタノールガス濃度が高いことを意味する。

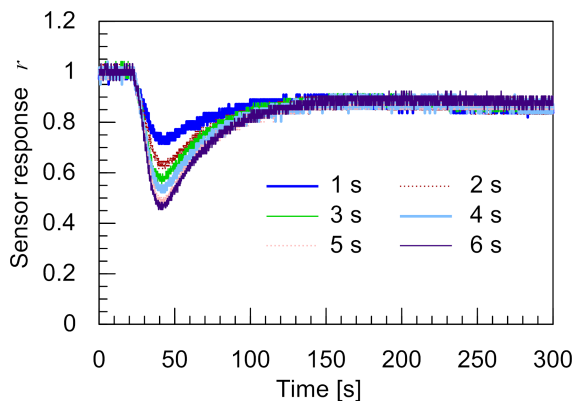
加齢や疾病で衰えた嗅覚感度を補助する用途を想定すると、匂いを 10 倍程度に濃縮できれば、匂い強度の増加を明瞭に知覚できると予想される。図 3(c)では匂いの捕集時間を 1 秒から 6 秒まで変えて実験を行っているが、捕集時間を 5 秒に短縮しても元の匂いの 10 倍の濃度が得られることがセンサ応答から分かった。匂いの提示に要する時間も短くなっており、匂いの捕集開始から提示までにトータルでかかる時間が 10 分から 1 分まで短縮された。実用化を考えると 10 秒程度で匂い濃縮を完了したいが、その目標にあとわずかのところまで濃縮時間を短縮できた。



(a) 試作した管状濃縮セル



(b) 管状濃縮セルの構造 (文献②から転載)



(c) 濃縮した匂いに対するガスセンサの応答

図 3. 管状濃縮セルによる匂い濃縮

(2) 吸着剤を利用した匂い物質の混合比変調

1-ノナノールと(-)-カルボンの 2 物質からなる混合臭に対し、混合比を変えて匂いを変調する実験を行った。2 物質を分離する吸着剤には、多孔質の粒状合成ゼオライト (モレキュラーシーブ, Honeywell UOP) を用いた。空孔径が異なる 4 種類のタイプの吸着剤に対し、5 種類の匂い物質の破過時間を測定した結果を表 1 に示す。

この実験では、2.0 g の吸着剤を直径 20 mm、長さ 50 mm のポリエチレン製チューブに詰め、それぞれの匂い物質をバブリングして得た匂い蒸気を流量 2.0 L/min で流し、吸着剤通過後に排出された空気の匂いを嗅いで破過時間を求めた。表 1 より、モレキュラーシーブのタイプ 3A または 13X を用いた場合に 1-ノナノールに対する破過時間が長くなっており、この物質を選択的に吸着できることが分かる。

そこで次に、モレキュラーシーブ 3A を用いて混合臭の分離を試みた。1-ノナノールと(-)-カルボンを等量ずつ混ぜた液体をバブリングして匂い蒸気を作り、モレキュ

表 1 各匂い物質に対する破過時間 [s] (文献①から転載)

| 匂い物質 | モレキュラーシーブのタイプ | | | |
|----------------|---------------|----|-----|------|
| | 3A | 4A | 5A | 13X |
| 1-ノナノール | 420 | 40 | 180 | 1800 |
| (-)-カルボン | 90 | 40 | 180 | 300 |
| エタノール | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-フェニルエチルアルコール | 6 | 30 | 30 | 180 |

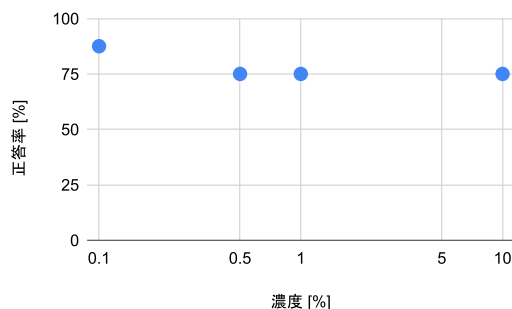


図 4. 変調した匂いに対する識別率 (文献①から転載)

ラーシーブ 3A に通す。1-ノナノールが吸着されて 2 成分の混合比が変われば、元の匂いとは異なる匂いに知覚される。しかし、(-)-カルボンも多少は吸着されるため、元の匂いよりも濃度が低くなる。そこで、2 種の匂い物質を混合した液体を流動パラフィンで 10%から 0.1%まで希釈し、それぞれをバブリングして得た匂い蒸気と、吸着剤を通過してきた匂いを嗅ぎ比べる。

今回は三点識別法を用い、吸着剤を通過してきた匂いを詰めたサンプリングバッグを一つと、希釈した混合臭を詰めたサンプリングバッグ二つを用意した。異なる匂いがするバッグを 8 名の被験者を選んでもらった結果を図 4 に示す。吸着剤を通した匂いが他の二つのバッグに詰めた匂いと異なると偶然に回答する割合が 33%であるのに対し、どの希釈率の匂いに対しても、吸着剤通過後の匂いが異なると回答した被験者が多くなっている。分子径などに応じて適切な吸着剤を選択して用いれば、混合臭の成分を分離して匂いを変調できることを実験的に示すことができた。

(3) 温冷覚刺激や風覚刺激による嗅覚変調

温冷覚刺激や風覚刺激を匂い刺激と同時に与え、匂いに対する印象を変化させることを試み、図 5 に示す装置を試作した。図 5 の左に示す装置では、ファンを用いて気流を作り、装置の開口部から被験者の顔に向けて風を提示する。内蔵するヒータにより、温風を提示することもできる。図 5 の右に示す装置は、ペルチェ素子を用いてアルミ剤を加熱・冷却し、それを顔に接触させて温覚・冷覚を提示する。

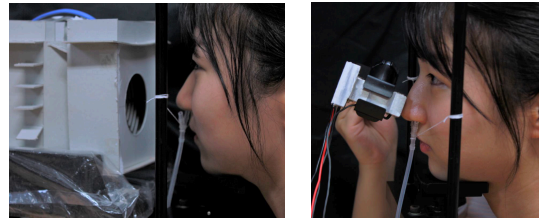


図 5. ファンヒータを用いた温風提示装置 (左) とペルチェ素子を用いた温冷覚提示装置 (右)

(文献③から転載)

これらの装置を用い、柑橘系の匂いを呈する(R)-(+)-リモネンに対する匂いの印象がどのように変化するか調べた。その結果、冷風を提示すると、「はっきりとした」、「すっぱい」、「鋭い」などの印象が強くなる結果が得られた。温覚刺激を提示した場合には、風覚刺激の有無によらず、「腐った」、「暗い」、「不快」などの印象が強くなる結果となり、匂いの変調効果が確認された。悪臭の不快感を和らげるなどの効果が期待されるため、今後、リモネンの他にも様々な匂い物質に対する匂いの変調効果を検討することが望まれる。

(4) 残臭を抑制した匂い提示装置の開発

本研究では、変調した匂いを提示する嗅覚ディスプレイの開発も行った。試作した装置を図 6 に示す。HMD (ヘッドマウントディスプレイ) の下部に装置を取り付けることにより、没入感のある映像コンテンツを提示しながら、同時に匂いを提示できる装置構成となっている。



図 6. HMD 搭載用匂い提示装置

(文献④から転載)

この装置では、残香を抑制するために、呼吸に同期して匂いを提示する。鼻孔から 1 cm 程度離れた位置に風量センサが取り付けられており、吸気のタイミングで匂いを提示する。適切なタイミングで素早く匂いを提示するため、ピエゾ振動子式ミストメーカーを用い、液体香料を霧化して匂いを提示する。匂いを絶えず提示した場合と比べ、吸気のタイミングでのみ匂いを提示することにより、香料の使用量を 50%削減できた。残香が少ないため、異なる匂いを素早く切り替えて提示することもでき、様々な応用が期待される。

<引用文献>

- ① 本田 健斗, 松倉 悠, 岩井 大輔, 石田 寛, 佐藤 宏介, “ガスの吸脱着に基づく匂い変調デバイスの開発—吸着時における匂い物質の分離—”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, vol. 26, no. SBR-1, 2021, pp. 19–23.
- ② 塚田 鷹介, 吉田 朋子, 松倉 悠, 石田 寛, “匂い強度を短時間で増幅する装置の基礎的研究—濃縮セル構造の検討—”, 第 37 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム論文集, 28P1-SS2-3, 2020, 3 pages.
- ③ 岡本 祥宏, 松倉 悠, 佐藤 宏介, “顔への温冷覚・風覚刺激による嗅覚変調”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 27, no. 1, 2022, pp. 87–97.
- ④ 大村 恭歌, 松倉 悠, 佐藤 宏介, “HMD 搭載匂い提示における呼吸同期—MEMS 風量センサを用いた吸気検出とピエゾ振動子を用いた匂い提示—”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, vol. 26, no. CS-2, 2021, pp. 17–21.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Kento Honda, Haruka Matsukura, Daisuke Iwai, Hiroshi Ishida, Kosuke Sato | 4. 巻 12936 |
| 2. 論文標題 Human Olfactory Interface for Odor Modulation Utilizing Gas Adsorption and Desorption: Evaluation of Separation Performance of Odorous Substances in Adsorption Process | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 431 ~ 435 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-85607-6_52 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Yoshihiro Okamoto, Haruka Matsukura, Kosuke Sato | 4. 巻 1419 |
| 2. 論文標題 Modulation of Olfactory Perception by Presenting Heat Sensation: Effects of Different Methods on Degree of Olfactory Perception Modulation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science | 6. 最初と最後の頁 145 ~ 152 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-78635-9_21 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 岡本 祥宏、松倉 悠、佐藤 宏介 | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 顔への温冷覚・風覚刺激による嗅覚変調 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 87 ~ 97 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.27.1_87 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 松倉 悠、藤野 佑一、安部 直喜、岩井 大輔、石田 寛、佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 Smelling Screenの開発と嗅覚に関する身体拡張の可能性 |
| 3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第67回サイバースペースと仮想都市研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤野 佑一, 松倉 悠, 平木 剛史, 岩井 大輔, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 温度を制御した空気によるにおいの印象変調 |
| 3. 学会等名 日本パーチャルリアリティ学会第25回香り・味と生体情報研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 本田 健斗, 松倉 悠, 岩井 大輔, 石田 寛, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 ガスの吸脱着に基づく匂い変調デバイスに関する基礎的検討 |
| 3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤野 佑一, 松倉 悠, 平木 剛史, 岩井 大輔, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 温湿度制御に基づきにおいの印象を変調させる空気提示装置 |
| 3. 学会等名 電気学会ケミカルセンサ/バイオ・マイクロシステム合同研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 塚田 鷹介, 吉田 朋子, 松倉 悠, 石田 寛 |
| 2. 発表標題 匂い強度を短時間で増幅する装置の基礎的研究ー濃縮セル構造の検討ー |
| 3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大村 恭歌, 松倉 悠, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 XRシステムのための呼吸同期型匂い提示装置の開発 |
| 3. 学会等名 電気学会マイクロマシン・センサシステム/ケミカルセンサ/バイオ・マイクロシステム合同研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 本田 健斗, 松倉 悠, 岩井 大輔, 石田 寛, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 ガスの吸脱着に基づく匂い変調デバイスの開発ー吸着時における匂い物質の分離ー |
| 3. 学会等名 第26回香り・味と生体情報研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 松倉 悠, 石田 寛 |
| 2. 発表標題 匂いセンサと嗅覚ディスプレイの研究開発課題 |
| 3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会(招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yosuke Tsukada, Takumi Kawai, Haruka Matsukura, Hiroshi Ishida |
| 2. 発表標題 Applying Odor Preconcentrator for Enhancing Human Olfaction: Feasibility Study |
| 3. 学会等名 18th International Meeting on Chemical Sensors(国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 岡本 祥宏, 松倉 悠, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 匂い知覚変調のための温覚提示手法の比較 |
| 3. 学会等名 第65回システム制御情報学会研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大村 恭歌, 松倉 悠, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 HMD 搭載匂い提示における呼吸同期－MEMS 風量センサを用いた吸気検出とピエゾ振動子を用いた匂い提示－ |
| 3. 学会等名 第27回香り・味と生体情報研究会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉田 朋子, 塚田 鷹介, 松倉 悠, 石田 寛 |
| 2. 発表標題 匂い強度を短時間で増幅する装置の基礎的研究－濃縮セル構造の検討とE-Noseによる評価－ |
| 3. 学会等名 日本機械学会第20回機素潤滑設計部門講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 本田 健斗, 松倉 悠, 岩井 大輔, 佐藤 宏介 |
| 2. 発表標題 呼吸に同期した気流制御による匂いの混入を抑制した嗅覚ディスプレイの開発 |
| 3. 学会等名 第28回香り・味と生体情報研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 木村 晟也, 谷口 大輔, 吉田 朋子, 坂上 源生, 松倉 悠, 石田 寛 |
| 2. 発表標題 匂い強度を増幅する装置の開発ーマルチチャンネル匂い濃縮セルの試作ー |
| 3. 学会等名 令和4年度電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 中本 高道, 松倉 悠, 石田 寛, 他33名 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 シーエムシー出版 | 5. 総ページ数 289 |
| 3. 書名 匂いのセンシング技術 | |

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 塩田 清二, 松倉 悠, 石田 寛, 他54名 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 技術情報協会 | 5. 総ページ数 543 |
| 3. 書名 においのセンシング、分析とその可視化、数値化 | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| <p>松倉悠Webページ https://www.haruka-matsu.com</p> |
|---|

6. 研究組織

| | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|