

令和元年5月30日現在

機関番号：34304

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16107

研究課題名(和文) 吸気の時空間分割呈示に基づく嗅覚知覚調整システム

研究課題名(英文) Olfactory perception adjustment system based on spatiotemporal division presentation of inhalation

研究代表者

永谷 直久 (NAGAYA, Naohisa)

京都産業大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：10636418

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、何故ヒトは鼻腔および感覚受容器の嗅球が左右に1対あるのにも関わらず立体的に知覚できないのか、という問いに端を発した嗅覚知覚メカニズムの解明するための研究を行った。研究成果から、ニオイの識別や認識において呼気経路が影響すること、左右の鼻腔への提示の時間差が混合臭のニオイ要素の嗅ぎ分けに影響することなどの知見を得た。また、ニオイ源定位に関して、視覚的な情報がない条件下でのニオイ源の定位においては風の方向の影響は小さく、手で扇ぐといった身体的動作や頭部の向きがニオイ源の知覚位置に影響を及ぼすという知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、混合臭の構成要素の嗅ぎ分けにおいて左右の鼻腔に対する提示時間差が影響することを明らかにした点である。これまで学術的裏付けはなされていないが、種々の異なるウィスキーを味ではなくニオイを元にブレンドするウィスキーのブレンドはニオイを嗅ぐときに、まずは片方の鼻腔で嗅いだ後に両方の鼻腔から嗅ぐことでニオイをより豊かに知覚することができるという経験則を支持する結果であり、本研究の成果をもとにニオイを知覚しやすいグラスの開発などへの応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we conducted research to elucidate the mechanism of olfactory perception based on the question of why humans can not perceive in three dimensions despite having a pair of olfactory bulbs on the left and right of the nasal cavity and sensory receptors. From the research results, we have found that the expiratory pathway influences the identification and recognition of odor and that the time difference between the presentation to the left and right nasal cavities influences the ability of recognition the odor component of the mixed odor. In addition, the following points were suggested for odor source localization. In the localization of the odor source under the condition without visual information, the influence of the wind direction is small, and the factors of the physical movement and the head orientation such as fanning more affect the perceived position of the odor source.

研究分野：情報学・人間情報学 ヒューマンインタフェースおよびインタラクション関連

キーワード：嗅覚知覚 受動的嗅覚 前後鼻腔経路刺激 ニオイ源定位 昆虫行動解析 Olfactory Perception Orthonasal olfaction Retronasal olfaction

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

なぜ人間の嗅覚知覚において、ニオイ物質を含んだ吸気の経路である鼻腔や嗅覚受容器の集まりである嗅上皮、さらには一次中枢である嗅球がそれぞれ左右に1対ずつあるのに、視覚や聴覚のように立体的に知覚することができないのか。ある種のモグラは立体的に臭いを知覚しているとされているが、同じく鼻腔が2つある他の哺乳類においても、その機能的な理由は未だ明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

本研究は嗅覚知覚における吸気の経路である左右の鼻腔に対して、外気を時空間的に分割して呈示することで嗅覚知覚のダイナミックレンジを制御することを目指す。嗅覚知覚における順応による知覚感度低下の抑制や、経験則的にその効果が知られている調香師の匂いの嗅ぎ方を工学的に実現することで嗅覚の知覚感度の鋭敏化や、逆に鈍化する効果が期待できる。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために、電磁弁を用いた物理的なシャッタと吸気量を調整するポンプの組み合わせによる匂い呈示装置の開発と、被験者を用いた心理物理実験を行い、嗅覚知覚における吸気の左右鼻腔への時空間分割呈示による知覚特性への影響に関する基礎的な知見を得る。これらの知見から得られた呈示パラメータを用いた嗅覚知覚調整システムの開発と検証を行なう。

4. 研究成果

● 2016年度

初年度である2016年度では、被験者の左右の鼻腔に対して異なるニオイを提示可能な分配機能を持った嗅覚刺激デバイスを開発し、被験者実験により左右鼻腔への異なるニオイ刺激による嗅覚知覚特性を評価することを目的とした。開発した嗅覚刺激デバイスは、図1に示すように、複数の電動ポンプとチューブ、ニオイ源、鼻腔下にチューブを固定できる固定具、装置制御用マイコンからなり、制御用PCによって流量や提示する鼻腔が選択可能である。次に、被験者を用いた心理物理実験により、左右の鼻腔に対して異なるニオイを提示した際の知覚特性を計測した。実験に際して、無臭刺激の提示による順応の効果や被験者ごとのニオイへの知覚強度などの影響を事前にテストした。この結果、左右の鼻腔に対して異なるニオイを提示すると、ヒトは提示側と逆側にニオイを提示されると知覚しやすいこと、呼気が後鼻腔経路を経た条件の方が逆に知覚しやすいことなどが分かった。また、ヒトのニオイ源の定位における左右鼻腔のニオイ知覚強度の差と風の影響を調べるために、ファンを用いた風提示条件において実験したところ、被験者は風の知覚方向に依存せずニオイ源の定位を行っていることが示唆された。いずれの実験も、本研究の目的の一つである、鼻腔経路が左右に1対ずつある機能的役割を明らかにするための実験であり、本年度の成果により複数のニオイを混ぜた混合臭のニオイ弁別やニオイ源の方向知覚において、鼻腔が2つあることによる知覚特性を明らかにすることができた。

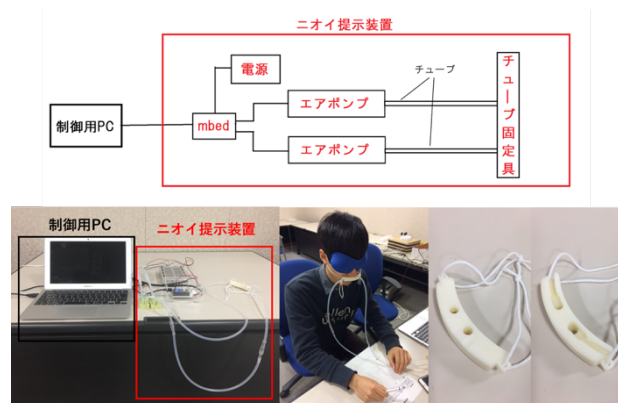


図1. 開発した嗅覚刺激デバイス

● 2017年度

実施2年目にあたる2017年度は、昨年度開発した嗅覚刺激デバイスを用いて、(1)左右の鼻腔に対する呈示タイミングの時間差が混合臭知覚に及ぼす効果の検証と、(2)ニオイ源定位における身体運動と頭部の向きの影響の検証を行った。いずれも受動的嗅覚に関する実験であった。まず、(1)では1呼吸サイクル内での左右の鼻腔への提示時間差が、4種類の単臭の混合臭に対して、構成ニオイ要素の識別および認識に影響を与えるかの実験を行った。その結果、表1に示すように、300msの時間差よりも1300msの時間差を設けたほうが混合臭の構成ニオイ要素を多く正答する割合が高くなることが分かった。条件設定として、1呼吸サイクルにおける1300msの時間差は片鼻腔へのニオイ提示と実質的に等価となる条件であったため、混合臭知覚においては片鼻腔で吸引したほうがニオイの嗅ぎ分け能力のパフォーマンスが高くなることが示唆さ

れる結果となった。(2)のニオイ源定位に関する身体運動の影響を調査した実験では、被験者自身の手の煽ぎ動作とただ単に手を伸ばした場合でニオイ源の方位決定にどのような影響があるのか、頭部を動かす手の方向を向くのか違う方向を向くのかの条件も含めて検証を行った。また、昨年度のニオイ源定位実験から、外部装置によって発生した風の方向によってはニオイ源の知覚方向が影響を受けにくいという結果を得たため、手の煽ぎ動作によって生じた風を遮蔽した場合とそうでない場合の条件でも実験を行った。その結果、煽ぎ動作をしたほうがニオイ源の方位を動作した手の方向に知覚しやすいこと、煽ぎ動作によって生じる風を知覚するか否かは方位決定に影響しないこと、頭部の向きもニオイ源の方位決定に影響することが示唆された。最後に、当初の研究計画にはなかったが、ニオイに対する昆虫の行動変化を解析する目的で、昆虫のためのバーチャルリアリティシステムの検証を行った。

表 1：各提示時間差条件における知覚種類数の回答数

| 回答数 | 提示開始時間差 | | |
|------|---------|-------|--------|
| | 0ms | 300ms | 1300ms |
| 1 種類 | 19 | 24 | 10 |
| 2 種類 | 11 | 6 | 17 |
| 3 種類 | 0 | 0 | 3 |

● 2018 年度

実施最終年度である 2018 年度は、これまでの実施期間で開発した嗅覚刺激デバイスを用いて、指先からの吸気による身体運動と連動した条件と頭部を能動的に動かした条件におけるニオイ源探索能力精度を比較検証した。本実験は実施初年度より行っている、ニオイ源定位に関する実験の発展的研究であり、これまでに明らかとなった風などの外的要因よりも腕などの身体動作がよりニオイ源の方位知覚に影響を与えている可能性が高いことをさらに検証することを目的として実験を行った。実験は、図 2 に示すように、ニオイを染み込ませた 1cm 角のひのきブロックと無臭のブロックをグリッド上に配置し、視覚情報を遮蔽した状態で指先からの吸気および実際に鼻からの吸気した条件の 2 条件でどちらがニオイつきのブロックが形成する軌跡を追従できるかの実験を行った。実験に際して、いくつかの無臭のブロックに紙やすりを貼り付け、触覚刺激のみを頼りに触覚刺激があるブロックのみを追跡する課題では、すべての被験者が指先からの触覚刺激のみで提示した軌跡を追従できた。実験結果より、指先からの吸気および鼻からの吸気のどちらの条件においても、ニオイつきブロックのみを追従することはできず、探索時間も触覚刺激のみをたよりにした追従実験では 1 分以内で追従できていた課題も数倍長く探索しても追従精度は極端に悪かった。今後は刺激への順応を考慮し、異なるニオイを染み込ませたブロックを追従する課題を設定することで、より詳細に身体動作とニオイ源追従に関する特性を明らかにしていく。



図 2. 指先からの吸気によるニオイ追跡実験

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件) 全て査読あり

- [1] [Naohisa Nagaya](#), Nobuaki Mizumoto, Masato S. Abe, Shigeto Dobata, Ryota Sato & Ryusuke Fujisawa, Anomalous diffusion on the servosphere: a potential tool for detecting inherent organismal movement patterns, PLoS One, Vol.12, No.6, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0177480

〔学会発表〕 (計 6 件)

国外会議 (全て査読あり)

- [1] [Naohisa Nagaya](#), Keiichi Otsuki and Ryusuke Fujisawa. “Improvement of ANTAM for long-term measurement of small animal movements,” SWARM 2017: The Second International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics, Oct. 2017.

国内会議（全て査読なし）

- [2] 永谷直久, 石踊敦士, “混合臭知覚における片鼻腔への時間差提示の影響,” 第 23 回二本バーチャルリアリティ学会大会, 2018.
- [3] 永谷直久, 岩崎あかり, 釜地智也. “ニオイ源定位における風と身体動作の影響,” 第 62 回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI' 18), 2018.
- [4] 永谷直久, 岩崎あかり, 山田浩也. “ニオイの嗅ぎ分けにおける呼気経路の影響,” 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2017. [日本 VR 学会 第 22 回大会学術奨励賞]
- [5] 大槻圭一, 川野雄基, 阿部真人, 藤澤隆介, 永谷直久. “昆虫用バーチャルリアリティ装置を用いた行動軌跡計測 -オカダンゴムシを対象とした反走光特性の検証-,” 行動 2017 KOUDOU2017 (日本動物行動関連学会・研究会 合同大会), 2017. [行動 2017 大会賞優秀賞]
- [6] 橋爪 秀典, 永谷 直久, 奥田 次郎, 色と香りの組み合わせによる感情変化の検討, 第 18 回 香り・味と生体情報研究会, 2016.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

(2) 研究協力者

※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、研究者個人に帰属されます。