

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04418

研究課題名（和文）嗅覚における注意の機能に関する心理学的研究

研究課題名（英文）Psychological research on the function of attention in olfaction

研究代表者

綾部 早穂（Ayabe-Kanamura, Saho）

筑波大学・人間系・教授

研究者番号：40323232

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、連続提示するニオイガスの濃度や種類を変化させ、その変化検出（気づき）を心理学的・生理心理学的に計測することで嗅覚情報処理にかかわる注意のメカニズムを解明することを試みた。従来使用されているサーミスタを用いて、ニオイガスの種類切替後、5呼吸内で呼吸間隔の変動を観察したが、ニオイ変化の検出を必ずしも予測できるものではなかった。小早川が開発した圧力センサで、短周期呼吸（sniffing）の計測が可能となり、ニオイガス切替後に出現することが観察されたが、ニオイ変化の検出との関連を検証するには至らなかった。また、ニオイガス切替後に心拍数が低下する傾向も観察されたが統計的有意を示してはいない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代の人間社会において嗅覚に向けられる注意資源は視聴覚と比較するとはるかに少ない。ガス漏れを警告するためのガスへの着臭は危険を回避するための手段として用いられているが、日常生活の中において注意が向けられていないとその危険を察知できない。また近年、ガス臭に遭遇する機会が少なく、ガス臭を知らないために、気づくことができないという報告もあり、環境中の化学物質の嗅覚情報処理における「注意」機能について検討することは、生活の質向上のために五感の機能を十分に活用することにつながる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we attempted to elucidate the mechanism of "attention" involved in olfactory information processing by changing the concentration and type of continuously presented odor gases and measuring the detection of such changes (awareness) from psychological and physiological perspectives. Using a conventionally used thermistor, the variation of the respiratory interval within five cycles of in and exhale after switching the type of odor gas was observed, however, it was not always possible to predict the detection of odor changes. The pressure sensor developed by Kobayakawa made it possible to measure short-period breathing (sniffing), and it was observed that the sniffing appeared after the odor gas switchover, but the relationship with the detection of the odor change could not be verified. We also observed a tendency for the heart rate to decrease after the odor gas switchover, but this was not statistically significant.

研究分野：実験心理学

キーワード：嗅覚 注意 呼吸反応 心拍 圧力センサ

1. 研究開始当初の背景

無臭環境として認識しているような空間においても実際には多くのニオイ物質が存在する。普段からニオイへの関心が低いことによって、ニオイ物質を検出するために嗅覚系に意識的に注意を向けようとしなければ、ニオイに気がつかないことが多い (Sela & Sobel., 2010)。

2. 研究の目的

本研究では、連続提示する嗅覚刺激 (ニオイガス) の濃度や種類を変化させ、その変化検出 (気づき) を心理学的・生理心理学的に計測することで嗅覚情報処理にかかわる注意のメカニズムを解明することを試みた。嗅覚系は呼吸によってニオイ物質が嗅覚受容体に取り込まれることから誘起されるので、呼吸反応の変動がニオイの検出に及ぼす影響について検討を行った。

また、常時ニオイ物質が存在する環境への順応、ニオイ物質が切替わる際への順応の影響も併せて検討した。左右の2つの鼻腔は構造的には鼻中隔によって分断されている。嗅上皮は、左右鼻腔で異なり、入力された嗅覚情報は左右嗅球に出力される。げっ歯類の研究では前嗅咳の前交連を介して左右嗅覚情報の統合が生じることが報告されている (菊田ら, 2009)。したがって、左側鼻腔にニオイ物質を提示し続けて左側の嗅覚受容体で順応が生じたとしても、右側の嗅覚受容体では嗅覚情報が通常通りに処理されるが嗅球レベルでは順応が生じており、右側から提示したニオイ物質と同じニオイ物質に対する反応が生じないと考えられた。

3. 研究の方法

本研究では、無臭空気および無臭空気にニオイを混合した有臭空気 (ニオイガス) を実験参加者の左右鼻腔側に連続提示でき、それぞれに提示ガスの種類を任意のタイミングで切替えることが可能な装置 (サンプリングバッグ方式のオルファクトメータ、図1) を開発した (研究1と研究2で使用)。このオルファクトメータは、ヒートホースにより空気を約 40℃ に温めることにより、三叉神経系への刺激を最小化し、人間の自然な吸気に近い条件 (流量 2l/min) で、嗅覚刺激と提示することが可能であった。また、呼吸反応の計測には、研究1では従来型のサーミスタを用いた。さらに、サーミスタで計測した呼吸反応の分析をもとに、より短周期の呼吸変化を測定できる圧力センサによる呼吸反応計測計を開発し、それを用いて研究2を実施した。

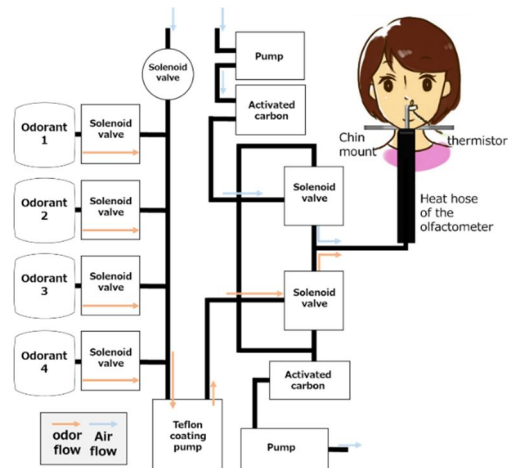


図1 オルファクトメータ模式図

4. 研究成果

研究1

<実験1> オルファクトメータを用いて実験参加者に嗅覚刺激を提示した。無臭空気 (Air 30秒) からニオイガス (PEA: 300秒) に切替え、実験参加者には、ニオイの主観的強度評価を経時 (連続) 的に求めた。呼吸反応は鼻の下に装着したサーミスタで記録した。呼吸反応については得られた電圧値 (mV) は、オフラインでローパスフィルタを通し、10Hz以上の周波数の成分を除去した。この電圧値の上昇は温度の上昇を、電圧値の低下は温度の低下を意味し、この上昇と低下によって呼吸サイクルが形成されている。呼吸ごとに電圧値の最小ピーク時間から最大ピーク時間を減じることで吸入時間を算出した。切り替え前5呼吸の平均吸入時間を1としたときの切り替えの各5呼吸の変動比を求めた。各実験参加者の5呼吸の変動比を用いて、クラスタ分析を行ったところ5群

を得た。5 群ごとに 1~5 呼吸の吸入時間の変動比の平均を求めた。群 (1~5) と呼吸時点 (1~5 呼吸目) における吸入時間の変動比で二要因分散分析を行ったところ、交互作用が認められた ($F(16, 32) = 4.39, p < .01, \eta^2 = 0.69$)。各群はそれぞれ、各呼吸時点で他の呼吸時点よりも変動比が大きくなり、無臭から二オイガスに切替わった際の呼吸変化は切替後 5 呼吸内のいずれかで見られたがそのタイミングには個人差が見られた。二オイガスを提示し始めてから、初めて二オイの強度が上昇するまでの時間を強度上昇開始時間とした。5 群の強度上昇開始時間で 1 要因の分散分析を行ったところ主効果は有意ではなかったが、1 呼吸目長群と 3 呼吸目長群の差の効果量 ($r = .38$) および 2 呼吸目長群と 3 呼吸目長群の差の効果量 ($r = .38$) が中程度であり、吸入時間の変動が大きい呼吸が遅く出現するほど、強度の上昇が開始されるまでの時間も遅い傾向がみられた。

< 実験 2 > 2 種類の二オイガス (1-Phenylethyl Alcohol: PEA と Isovaleric Acid: IVA) を切替えた時の二オイの変化の検出について、実験 1 と同様に時系列的な主観的強度評価と呼吸反応を計測した。実験参加者を 2 群に分け、PEA-IVA 群では無臭空気 (30 秒) PEA (240 秒) IVA (180 秒) 無臭空気 (30 秒) の順で、IVA-PEA 群では PEA と IVA の提示順を入れ替えて提示した。二オイガスの提示時間はその二オイガスへの順応が始まる時間を予備実験から決定した。二オイガスの種類を切替え時の呼吸反応について、実験 1 と同様にクラスタ分析を行ったところ 4 群を得た。4 群ごとに 1~5 呼吸の吸入時間の変動比の平均を求めた。群 (1~4) と呼吸時点 (1~5 呼吸目) における吸入時間の変動比で二要因分散分析を行ったところ交互作用が有意であった ($F(12, 72) = 4.85, p < .01, \eta^2 = 0.45$)。群 2 では、2 呼吸目の吸入時間の変動比が 1, 4, 5 呼吸目より有意に大きかった。群 3 では 3 呼吸目の吸入時間の変動比が 2, 4, 5 呼吸目よりも有意に大きかった。群 4 では吸入時間の変動比が有意な呼吸時点は得られなかったが 5 呼吸目の吸入時間の変動比の差には中程度の効果量 ($r_s > .35$) があつた。二オイガスの種類を切替えた時の 4 群の強度上昇開始時間で一要因の分散分析を行ったところ主効果は有意ではなかったが、2 呼吸目長群と 5 呼吸目長群の差の効果量 ($r = .52$) が高く吸入時間の変動が大きい呼吸が遅く出現するほど強度の上昇が開始されるまでの時間も遅い傾向がみられた。

< 実験 3 > 片側の鼻腔側に二オイガスを提示し続け、途中で順応していない反対側の鼻腔側に同一あるいは別の二オイガスを提示することで、順応が末梢レベルで生じているのか、注意といった高次機能が関連しているのかについて検討した。片鼻腔側に二オイガスを連続提示しながら、反対鼻腔側で無臭空気から同一の二オイガスに切替えた時には 24 人中 20 人で呼吸の吸入時間の変動 (つまり二オイの検出) がみられ、本実験で観察された順応が中枢よりも末梢レベルで生じていることは確認された。一方、反対鼻腔側に無臭空気から別の二オイガスを切替えた時には 24 人中 13 人でしか吸入時間の変動がみられず、使用した二オイガスの濃度等の問題も考えられたが、嗅覚の順応が注意の問題である可能性も否定できなかった。

研究 1 では、オルファクトメータの開発・改良を進めながら、一定の濃度の二オイガスの切り替えをした際において、二オイ変化の検出反応として、呼吸の吸入時間が長くなることが示唆されたが、無臭空気から二オイガスに切り替わった時には吸入時間が短い呼吸も観察された。呼吸反応の変動をより詳細に計測する必要性が示唆されたため、呼吸気の温度変化測定以外の方法で、呼吸反応を計測する方法の開発をすすめ、圧力 (変化検出) センサを作成し、研究 2 を実施した。実験計画は、実験 3 とほぼ同様であったが、自律神経系の反応 (心拍の変動) についても併せて計測を行った。

研究 2

嗅覚刺激の提示条件は図 2 の通りで、切替 1 (右: 無臭 PEA、左: 無臭 無臭)、切替 2 (右: PEA PEA、左: 無臭 PEA)、切替 3 (切替 1 同様)、切替 4 (右: PEA PEA、左: 無臭 IVA) の 4 条件で、呼吸反応を圧力センサでサンプリングレートを 0.1Hz で計測した。

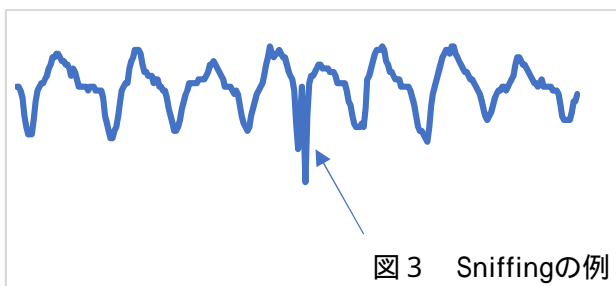
右鼻腔側	安静	PEA	無臭	PEA	無臭	安静			
左鼻腔側		無臭	PEA	無臭	無臭	IVA	安静		
提示時間	120	240	60	60	240	60	30	120	sec.

図 2 嗅覚刺激提示条件

20 名の実験参加者のうち、呼吸反応が安定して計測できた 13 名のデータを分析した。切替の前後 30 秒間ずつの呼吸回数をカウントして平均を求めたところ、いずれの切替条件においても呼吸回数の増加がみられたが、統計的有意は得られていない(表 1)。また、ベースとなる呼吸波に重なって観察される 1 秒以下の短周期の呼吸波(鼻をくくんさせる sniffing)の計測が可能であった。この出現回数を呼吸数と同様に、切替前後 30 秒間でカウントしたところ、切替後に多く出現することが観察された。

表 1 各切替条件前後の平均呼吸回数と sniffing 回数

呼吸数	切替 1 前後		切替 2 前後		切替 3 前後		切替 4 前後	
平均	8.38	9.13	8.08	9.17	7.83	8.67	7.96	8.04
SD	1.77	1.14	1.66	1.31	1.70	2.07	1.78	1.71
sniffing	9	13	2	19	9	10	2	6



刺激切替のいずれの条件においても呼吸反応の変化および sniffing 回数の増加傾向が観察されたことは、研究 1 と同様、中枢で順応の働きが強いわけではないことを示唆した。また、切替 2 (両鼻腔に同一の二オイガス提示) よりも切替 4 (両鼻腔

に異なる種類の二オイガス提示) の変化に対して、呼吸回数や sniffing 回数の変化量は少ない結果が示され、研究 1 の実験 3 と同様に、二オイ検出のための注意機能の低下を示している可能性もある。特に、本実験のパラダイム上、連続刺激提示の時間(16 分間の拘束) 的影響が大きく、実験参加への集中度の低下や鼻疲労の可能性も考えられた。

また、切替前後 30 秒間の心拍数の変動比は、切替 1 では 1.00、切替 2 では 0.98、切替 3 では 0.99、切替 4 では 0.97 で、統計的有意差はないが、切替 2 と 4 のように、両鼻腔共に二オイガスが提示されることで、心拍数がやや低下する可能性も示唆された。

本研究では、二オイガスの変化に気づく(検出可能)かどうかを計測するため、目的にかなう適切な嗅覚刺激提示方法を確立すること、またその検出の指標として呼吸反を簡便かつ精密に計測する方法の試行錯誤に多くの時間を費やしたこともあり、明確な結論を導き出すに至っていないが、今回確立できた手法によって、今回示唆が得られた、呼吸回数や呼吸反応の変動、短周期数の呼吸反応の出現や心拍の変動に、より着目して嗅覚における注意のメカニズムについてさらなる検討を重ねる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小早川達・小林剛史・白井真菜美・半井貴大・長野祐一郎・綾部早穂・後藤なおみ
2. 発表標題 心理行動実験・脳機能測定用の嗅覚刺激提示装置の開発
3. 学会等名 日本味と匂学会第 53 回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田紘平・綾部早穂
2. 発表標題 ニオイ刺激切り替え時の呼吸反応
3. 学会等名 日本味と匂学会第 51 回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	小早川 達 (Kobayakawa Tatsu) (70357010)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究グループ長 (82626)	
研究分担者	小林 剛史 (Kobayashi Takefumi) (30334022)	文京学院大学・人間学部・教授 (32413)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	長野 祐一郎 (Nagano Yuichihiro) (00325870)	文京学院大学・人間学部・准教授 (32413)	