



混合臭知覚における片鼻腔への時間差提示の影響

永谷直久¹⁾, 石踊敦士¹⁾

1) 京都産業大学 (〒603-8555 京都市北区上賀茂本山, nagaya@cc.kyoto-su.ac.jp)

概要: ウィスキーのブレンダーは、まず片方の鼻腔で嗅いだ後に両方の鼻腔から嗅ぐことで、ニオイをより鮮明に知覚できるという。本研究では、4種類のニオイ要素を混合した混合臭を、左右の鼻腔に対して時間差を設けて提示した実験を行った。その結果、呼吸の開始から片側の鼻腔に対して1300ms遅れで提示した条件が、最も混合臭の構成ニオイ要素の正答数が多く、左右の鼻腔への時間差提示により混合臭の嗅ぎ分け能力が変化することが示唆された。

キーワード: 嗅覚, 両側嗅覚情報統合, 嗅覚拡張

1. はじめに

感覚インタラクション技術においては、ユーザの行動に対して得られる感覚情報に齟齬がないことを満たす必要があり、感覚ディスプレイには十分な解像度(表現能力)と時間応答、さらには知覚される刺激源の定位位置に対してユーザの違和感がないことが求められる。嗅覚インタラクションにおいては、ユーザであるヒトの解像度に相当するニオイの識別や認識(Identification)と、刺激源の定位であるニオイ源の定位(Localization)の2つの能力に関する知見が他の感覚に比べて少なく、嗅覚ディスプレイ開発や嗅覚インタラクション実現の障壁となっている。

一方で、VAQSO社のVAQSO VR[1]やFEELREAL社のFeelreal sensory mask[2]のように、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)に対して取り付ける形でニオイ提示可能な嗅覚ディスプレイが販売されはじめており、VR環境構築における嗅覚ディスプレイの研究開発は今後加速的に進むことが予想される。しかし、これまでの研究・製品としての嗅覚ディスプレイでは、ユーザの鼻腔付近に如何にニオイ物質を提示するのか、という設計思想を基にしており、視覚や聴覚ディスプレイのように左右の受容器に対してどのように刺激を提示するのが良いのか、といったような観点で設計を行っているものは少ない。

そこで、著者らはこれまでに、ヒトの鼻腔及び嗅覚受容器が視覚受容器や聴覚受容器と同様に左右に1対あることに着目し、ニオイの識別や認識(Identification)[3]と、刺激源の定位であるニオイ源の定位(Localization) **Error! Reference source not found.**の2つの能力に関する研究を行い、嗅覚ディスプレイ設計に援用できる知見を明

らかにしてきた。

本研究では、ニオイの識別や認識に関する研究課題として、1呼吸間で左右の鼻腔に対して時間差を設けて混合臭を提示することで、ニオイの嗅ぎ分け能力が変化するかを検証するために実験を行った。

本研究により、ニオイの構成要素が知覚しやすくなるなどの、左右の鼻腔への時間差提示に対する混合臭の知覚特性が明らかとなれば、新しい設計思想に基づく嗅覚ディスプレイの開発に寄与できると考えている。

2. ニオイ提示装置

被験者の両鼻腔に時間差を設けて混合臭を提示できるニオイ提示装置の製作を行った。図1に示すように、ニオイ提示装置では、制御用PCとマイコンのmbed(LPC1768, NXP Semiconductors N.V.)を用いて2つの直流式エアポンプ(CM-15-24, E.M.P-Japan Ltd., Japan)を制御する仕組みとなっている。エアポンプからはニオイ瓶(容量100mL, 品番: 1-7404-01, AS ONE Co., Japan)を経由して、3Dプリントしたチューブ固定具まで、内径4mmのシリコンチューブ(SR1554, Tigers Polymer Corp., Japan)で接続して被験者の両鼻に差し込む形で装着できるようにした。エアポンプ駆動用外部電源として、24V直流安定化電源(VTB24SA, ETA ELECTRIC INDUSTRY Co., Ltd., Japan)を使用した。

水上置換法による計測から、シリコンチューブの長さおよびエアポンプへの印加電流によって、射出される空気量に違いが出たため、エアポンプからニオイ瓶までとニオイ瓶からチューブ固定具までのシリコンチューブの長さをそれぞれ50cmとした。また、印加電流はエアポンプの最大吐出流量が毎秒25mL以上であるため、最大値の9割程度の吐出量である毎秒約23mL(10秒間で233.6±

Naohisa NAGAYA and Atsushi ISHIODORI

1.5mL, N=5) が射出されるように調整した。

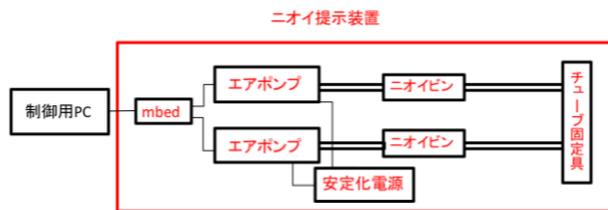


図1：実験装置システム図

3. 予備実験

本実験で提示する混合臭の構成要素数を検討するため、被験者に単臭 4 種類の香料を混ぜた混合臭を片鼻腔に対してのみ提示して、1呼吸で何種類のニオイ刺激の構成要素を回答できるのか調査した。

3.1 被験者に関して

実験に参加した被験者は男性 4 名であった。年齢は、21 歳が 3 名、22 歳が 1 名であった。紙に印刷した実験内容と流れを事前に読んでもらい、実験参加に対する同意を得た後に実験を行った。

3.2 提示ニオイ条件

実験に用いた混合臭は、市販のエッセンシャルオイル (TREE OF LIFE Co., Ltd., Japan) のうちブラックペッパー、オレンジスイート、ヒノキ、ペパーミントの 4 種類の混合であり、蒸留水 5mL にそれぞれ 0.06mL ずつ混ぜてニオイ瓶に封入した。また、無刺激条件としてニオイ瓶に何も封入していない条件を無臭刺激として用いた。

3.3 実験手順

実験に際して、事前に被験者には混合臭の構成要素である 4 種類のニオイと無臭をそれぞれ吸引して確認してもらった。また、エアポンプの駆動音を手がかりにしないように、イヤホンを装着させ、エアポンプの駆動音が聞こえなくなるようにホワイトノイズの音量を調節し提示した。さらに、実験室内環境の統制のために、室温は空調設備により 21°C程度になるようにし、湿度は加湿器を用いて 35%程度になるように調整した。被験者には提示される混合臭は試行毎に組み合わせの種類が異なることを教示したが、実際に提示したのは 4 種類のニオイを混ぜた混合臭と無臭の組み合わせと無臭と無臭の組み合わせの 2 条件のみとすることで、知覚したニオイ要素の要素数と種類を評価できるようにした。

実験では、図 2 の実験手順チャートに示すように、試行毎に被験者間で呼吸の統制を行うために、ディスプレイを用いて拡大縮小する円を提示し、吸気が 3 秒と呼気が 2 秒となるように 3 回繰り返してから 5 秒のカウンタダウン表示のあとに 2 秒間だけニオイを提示した。被験者はニオイ提示後すぐにチューブ固定具を外してもらい、知覚したニオイを回答してもらった。試行毎に 1 分間の換気を行い、その間被験者には休憩してもらった。

被験者 1 人に対する試行数は、左鼻腔に無臭を提示し、右鼻腔に混合臭を提示した条件で 6 試行、左右入れ替

えた条件で 6 試行に加えて、両鼻腔に対して無臭刺激を提示した 3 試行の合計 15 試行である。提示順序による順序効果をなくすために、15 試行における提示順序は被験者ごとにランダム化した。

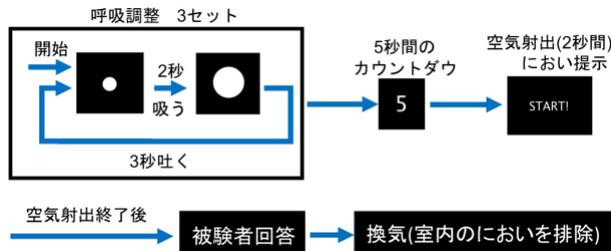


図2：実験手順チャート

3.4 実験結果

実験により、左右どちらかに混合臭を提示した条件で 48 試行分 (12 試行×4 名分) の回答と、両鼻腔に無臭刺激を提示した 12 試行分 (3 試行×4 名分) の回答を得た。

混合臭を提示した条件では、4 種類のニオイ要素のうち 1 種類を回答していたのは 48 試行中 13 試行 (27.1%)、2 種類を回答していたのは 48 試行中 25 試行 (51.1%)、3 種類を回答していたのは 48 試行中 8 試行 (16.6%)、4 種類を回答していたのは 48 試行中 2 試行 (4.2%) だった。1 種類のみを回答していた中で一番多く回答していたニオイ刺激はペパーミント (13 試行中 10 試行) であった。

両鼻腔への無臭刺激条件では、12 試行中 4 試行で無臭刺激であるにも関わらずニオイを知覚していた。無臭刺激においてニオイを知覚したのは、被験者 4 名中 2 名が 2 試行ずつ知覚しており、ブラックペッパーやヒノキ、オレンジスイートと知覚していた。

4. 本実験：時間差提示による知覚への影響

予備実験より、1呼吸間に片鼻腔にのみ混合臭を提示した条件では、知覚した混合臭の構成要素は 1 種類 (27.1%) または 2 種類 (51.1%) と回答する割合が高いことがわかった。

本実験では予備実験と同じ混合臭で実験を行い、左右の鼻腔に混合臭を時間差を設けて提示した際の影響を調査した。また、無臭刺激に対してニオイを知覚しないように、実験中は空気清浄機を用いるとともにサーキュレータを増やして試行間での換気をしっかり行うように改善した。

4.1 被験者に関して

実験に参加した被験者は男性 6 名であった。年齢は 21 歳が 4 名、22 歳が 2 名であった。予備実験と同様に、紙に印刷した実験内容と流れを事前に読んでもらい、実験参加に対する同意を得た後に実験を行った。

4.2 提示ニオイ条件

予備実験と同様にブラックペッパー、オレンジスイート、ヒノキ、ペパーミントの 4 種類の混合臭を用いた。両鼻腔に対して提示するため、エアポンプに接続したニオイ瓶にはそれぞれ蒸留水 5mL に対して 0.03mL ずつ混

ぜた溶液を封入した。

4.3 実験手順

予備実験と同様の実験前統制と実験室内温度および湿度の統制のもとで実験を行った。

実験手順も図 2 で示した予備実験手順チャートと同様であるが、空気清浄機を用いて実験中の空气中に拡散したニオイ物質を極力除去するように努めた。

実験条件として、片鼻腔に対する提示開始の時間差は 0ms, 300ms, 1300ms 遅れの 3 条件とした。図 3 に 300ms の時間差を設けた条件での実験ダイアグラムを示す。被験者 1 人に対して、各時間差条件につき 5 試行と無臭刺激 3 試行の計 18 試行を試行順序のランダム化を行い実験した。

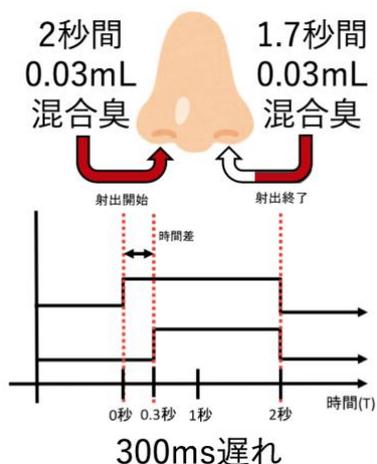


図 3：時間差提示実験ダイアグラム（300ms 遅れ）

4.4 実験結果

実験により、混合臭提示条件で 90 試行分（5 試行×時間差 3 条件×6 名分）の回答と、両鼻腔に無臭刺激を提示した 18 試行分（3 試行×6 名分）の回答を得た。

混合臭を提示した条件では、4 種類のニオイ要素のうち 1 種類を回答していたのは 90 試行中 53 試行(58.9%)、2 種類を回答していたのは 90 試行中 34 試行(37.8%)、3 種類を回答していたのは 90 試行中 3 試行(3.3%)、4 種類を回答した被験者はいなかった。各提示開始時間差における回答したニオイ要素数の結果を表 1 に示す。

両鼻腔に無臭刺激を提示した条件では、全 18 試行で無臭と回答していた。

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

4.5 統計解析

独立変数を提示時間差（3 条件）として、従属変数を各

回答種類数における回答数とした 1 要因 3 水準の分散分析を行った。

回答種類が 1 種類であった時の分散分析の結果を表 2 に、2 種類の時を表 3、3 種類の時を表 4 に示す。平方和を SS、自由度を df、平均平方を MS、F 値を F としている。

表 2：分散分析表（1 種類回答）

要因	SS	df	MS	F
条件	16.778	2	8.389	12.79**
個人差	11.611	5	2.322	
残差	6.556	10	0.656	
全体	34.944	17		

n.s.; not significant, *, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$

表 3：分散分析表（2 種類回答）

要因	SS	df	MS	F
条件	10.111	2	5.056	13.0**
個人差	9.778	5	1.956	
残差	3.889	10	0.389	
全体	23.778	17		

n.s.; not significant, *, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$

表 4：分散分析表（3 種類回答）

要因	SS	df	MS	F
条件	1.000	2	0.500	2.14 n.s.
個人差	1.167	5	0.233	
残差	2.333	10	0.233	
全体	4.500	17		

n.s.; not significant, *, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$

混合臭の構成要素を 1 種類のみ回答した結果では、分散分析の結果、表 2 に示したように時間差の主効果は有意であった($F(2,10) = 12.79$, $p < 0.01$)。HSD 法を用いた多重比較により、各条件の平均の大小関係は $1300\text{ms} < 0\text{ms} = 300\text{ms}$ であった。

2 種類回答した結果でも、表 3 に示したように、時間差の主効果は有意であった($F(2,10) = 13.0$, $p < 0.01$)。HSD 法を用いた多重比較により、各条件の平均の大小関係は $0\text{ms} = 300\text{ms} < 1300\text{ms}$ であった。

3 種類回答した結果では、表 4 に示したように、時間差の主効果は有意ではなかった。

5. 考察

本実験結果と統計解析結果から、1 呼吸内で時間差を 1300ms 設けて提示することで、時間差なしや 300ms の時間差よりも混合臭の構成要素数を多く回答できることが示唆された。また、予備実験では片鼻腔にのみ提示した条件では 4 種類回答した被験者もいたのに対して、本実験では知覚したニオイ要素数が少なくなっている。このことに関して考察する。

吸気時のニオイ提示に関する先行知見として、佐藤らは吸気全体の 2/3 までのニオイ提示を知覚することができ

ることを報告している[5]。つまり、吸気時間が2秒であった場合、吸気開始から約1.3秒後以降にニオイを提示しても知覚できない。

成人の安静時における1分間の呼吸数は文献により差異があり、16~17回(標準偏差3回)とする文献[5]もある。本研究では、佐藤らの研究を参考に呼吸の吸気と呼気の時間をそれぞれ2秒と3秒として、12回/分となるように呼吸の統制を行った。したがって、実験において設けた提示時間差のうち1300msの条件では、1300ms遅く提示された側の鼻腔ではニオイを知覚できないと考えられ、ニオイの濃度は異なるものの予備実験と同様の片鼻腔へのニオイ提示実験と等価な実験条件と考えることができる。

本実験結果と解析結果より提示時間差が1300msの時、他の条件よりも混合臭のニオイの構成要素を多く回答できることが示唆された。予備実験における片鼻腔のみへの実験結果では、片鼻腔のみへの提示では2種類回答した割合が最も高く、また3種類および4種類回答できた被験者もいた。以上の結果から、ニオイの構成要素を複数回答する割合は、片鼻腔への提示または片鼻腔提示と等価な1300msの時間差を設けた条件で高い傾向があることが明らかとなった。つまり、片鼻腔に対してのみニオイを提示したほうが混合臭のニオイ構成要素の嗅ぎ分け能力が高くなると考えられる。

6. まとめ

本研究では、左右の鼻腔に対する時間差提示が、混合臭のニオイ構成要素の知覚にどのような影響があるのかを明らかにすることを目的に実験を行った。その結果、片鼻腔へのニオイ提示または、片鼻腔への提示と等価になるような時間差を設けることで、左右の鼻腔に対して同時に提

示するよりも混合臭のニオイ構成要素が多く知覚されることが分かった。

本研究での知見をもとに、左右の鼻腔に対してニオイの到達時間が異なるようなウィスキーグラスの開発や、嗅覚知覚能力を拡張するような嗅覚ディスプレイの開発を今後行っていきたい。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP16K16107の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] VAQSO VR: Retrieved from <https://vaqso.com/>, Last accessed July 27, 2018.
- [2] Feelreal sensory mask : <https://feelreal.com/>, Last accessed July 27, 2018
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 佐藤淳太, 門脇亜美, 大津香織, 坂内祐一, 岡田謙一: 順応効果を軽減できるパルス射出による香り提示手法; 情報処理学会論文誌 vol.49 No.8 2922-2929, 2008.
- [6] 山崎昌廣, 坂本和義, 関邦博: 人間の許容限界辞典, 朝倉書店, 第4版, p112, 2013.