

短時間で測定可能な嗅覚能力の スクリーニング検査法

本間 秀太郎^{1,a)} 松浦 絵理^{1,b)} 岡田 謙一^{2,c)}

受付日 2015年6月29日, 採録日 2015年12月7日

概要: 嗅覚には危険察知や病気の早期発見などの役割がある。そのため、定期的に嗅覚能力を検査することは重要であるといえる。しかし、今日の健康診断や人間ドックでは、視覚や聴覚の検査は行われているが嗅覚の検査は行われていない。既存の嗅覚検査である T&T オルファクトメーターでは、提示するに
おきの不安定さ、におい提示の手間や時間が問題となり、健康診断などにおける嗅覚検査としての実用化は
されていない。そこで本研究では、短時間で測定可能な嗅覚スクリーニングシステムの構築を目指す。に
おきの提示に関する問題点を解決するために、医療用嗅覚ディスプレイを開発し、微小時間のにおい提示
手法であるパルス射出を行うことでのにおいの気体濃度を香料の射出量により制御する。そして、この装置
を用いた嗅覚検査と既存手法との比較実験を行うことでスクリーニング値の選定を行い、受診者を嗅覚の
状態により 3 段階に分類する嗅覚測定システムを構築する。嗅覚スクリーニングシステムを使用して定期
的に嗅覚検査を実施し、日常的に嗅覚の状態を把握することで病気の早期発見につながることを期待する。

キーワード: 嗅覚検査, スクリーニング検査, 嗅覚ディスプレイ, 香り

Screening Test for Olfactory Ability Measured in a Short Time

SHUTARO HOMMA^{1,a)} ERI MATSUURA^{1,b)} KEN-ICHI OKADA^{2,c)}

Received: June 29, 2015, Accepted: December 7, 2015

Abstract: Olfaction plays roles such as detecting diseases and sensing danger. Therefore, testing the ability to smell on a regular basis is important. However, in current health checkups and health diagnosis, although testing of sight and hearing is performed, testing of smell is not performed. Existing methods to test smelling abilities have problems such as unstableness of the presented odor, time-consuming odor presentation, and long measurement time. Due to these problems, olfaction is not measured in health checkups. In this study, we aim to build an olfactory screening system that can measure olfaction ability in a short time. In order to solve the problem of odor presentation, we developed an olfactory display for medical checkups. The strength of scent is controlled by the injection quantity, which can be changed easily by performing pulse ejection. Pulse ejection is a method for presenting scent for a very short period of time. In addition, we selected the screening value by carrying out a comparative experiment between the existing method and our olfactory display, and developed the olfactory measurement system. We expect to detect diseases at an early stage by being aware of our olfactory status by performing the tests on a regular basis with our system.

Keywords: olfactometry, screening test, olfactory display, odor

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University,
Yokohama, Kanagawa 223–8522, Japan

² 慶應義塾大学理工学部
Faculty of Informatics, Keio University, Yokohama, Kana-
gawa 223–8522, Japan

a) honma@mos.ics.keio.ac.jp

b) matsuura@mos.ics.keio.ac.jp

c) okada@mos.ics.keio.ac.jp

1. はじめに

嗅覚はガス漏れなどの危険察知や腐った食べ物の判別などに必要であり、日常では欠かせない感覚といえる [1]。また、その衰退はアルツハイマー型認知症などの病気の初期症状といわれており、嗅覚の状態を把握することは医学的に重要なことである [2], [3]。しかしながら、今日の健康診

断では視覚や聴覚の検査は行われているが、嗅覚の検査は行われていない。現存する嗅覚検査には、静脈にアリナミン注射液を注入する静脈性嗅覚検査 [4] や紙に染み込ませたにおいを嗅がせる T&T オルファクトメーター [5], [6] などが主流であるが、これらの手法は検査に手間や時間がかかるため、大勢を相手とする測定を行うことが困難である。そのため、健康診断や人間ドックなどにおける嗅覚検査としての実用化はされていない。

そこで本研究では、短時間で測定可能な嗅覚能力のスクリーニングシステムの構築を目指す。まず、既存のにおいの提示に関する課題を解決するため、精密なにおい制御を行うことが可能な嗅覚ディスプレイを使用する。次に、微小時間幅のにおいを提示することができるパルス射出 [7] を用いて、射出量の変化によりにおいの気体濃度を変化させていく。また、嗅覚障害を判定するためのスクリーニング値の選定を行い、嗅覚測定システムを構築する。なお、短時間で測定できるため健康診断への導入も可能である。

以降、2 章では既存の嗅覚検査とその問題点について、3 章では提案システムの概要について述べる。そして 4 章では開発した嗅覚ディスプレイと T&T オルファクトメーターとの比較実験を行い、嗅覚測定システムを構築していく。5 章では本システムを用いて嗅覚検査を実施した際の結果について述べ、そして最後に 6 章で実験結果の考察をふまえた本研究の結論について述べる。

2. 関連研究

嗅覚障害を見分けるために患者の嗅覚能力を測定する必要がある。嗅覚障害の程度を判定するための測定器具として、厚生労働省に医薬品として認可されている T&T オルファクトメーターがある [5]。T&T オルファクトメーターは嗅覚測定用基準臭をにおい紙につけて、被験者の鼻の前に提示し検知、認知閾値を検査する手法である [6]。においは 5 種類用いられており、それぞれの香料において 8 段階（うち 1 種類は 7 段階）の濃度を用意し、においを検知できた最も薄い濃度を検知閾値、においの質を認知できた最も薄い濃度を認知閾値とする。このほかには、静脈にアリナミン注射液を注入し、アリナミン臭が現れるまでの時間を計測する静脈性嗅覚検査も用いられている [4]。また、同定能力を測定する嗅覚検査として、スティック型嗅覚検査 (OSIT-J) [8] も開発され、その臨床的有用性も確認されている [9]。さらに、この OSIT-J の短所を補った Open Essence [10] も開発されている。海外で注目されている閾値測定のための嗅覚検査として、CCCRC [11] や Sniffin' Sticks [12] もあげられる。

閾値を測定するための嗅覚検査では、液体濃度を変えた香料を用意することでにおいの気体濃度の調節を行っている。そのため、液体濃度を調節して測定に必要な香料を用意する必要がある。さらに、現在主流となっている T&T

オルファクトメーターでは、紙に染み込ませたにおいを嗅ぐ手法をとっている。このような手法では、においを嗅ぐ距離によって感じる気体濃度が変化することがある。また、におい分子は風の影響を受けやすいため、においを嗅ぐ際の手の動きによっても気体濃度が変動してしまい、一定の気体濃度での測定が難しい。ほかにも、検査の準備に手間がかかり測定時間が長くなってしまうこともある。さらに、紙に染み込ませたにおいの処分や、使い捨てにする紙も大量に必要である。また、においの提示に使用した香料の瓶から空気中ににおいが拡散し、空気中ににおいが充満することによって鼻が順応してしまうため、正確な測定が行えないといった問題も生じている [13]。

3. 嗅覚能力のスクリーニング検査法

我々は、微小時間のにおい提示手法であるパルス射出を用いることにより、においの提示に関する問題点の解決に取り組んでいる [7]。においの提示を微小時間で行うことで空気中へ拡散するにおいの影響を最小限に抑え、空間に残留する香料を少量化することを可能にした。このパルス射出を図 1 に示す。パルス射出では、単位時間あたりの射出量と射出時間を制御し、全体の射出量を変化させることでにおいの気体濃度を制御することができる。

本研究では、パルス射出が可能な医療用の嗅覚ディスプレイを開発することにより、射出量の変化を利用した嗅覚測定を行っていく。パルス射出では微小な時間のみにおいを提示するため、順応の影響が生じにくい [14]。また、コンピュータ制御により一定の射出量でにおいを提示でき、においの提示における気体濃度の不安定さを軽減させる。既存手法ではにおいの提示は人の手により行われていたが、嗅覚ディスプレイを使用することでコンピュータによる操作が可能となり、測定の手間も軽減される。しかし、射出量を変化させた場合、既存の嗅覚検査で用いられていた液体濃度を変化させたときと同様ににおいの気体濃度を変化させられるかは確認できていない。そこで、液体濃度の変化と射出量の変化による検知閾値の関係を調査する。既存の嗅覚検査による結果と嗅覚ディスプレイを使用して測定

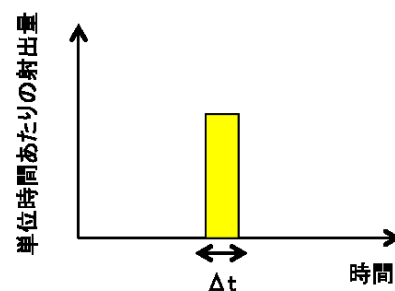


図 1 パルス射出

Fig. 1 Pulse ejection.

した値を比較することでそれぞれの値ごとの対応をとり、検知閾値を調べる。また、本研究で構築するシステムは健康診断での利用を想定しているため、1人あたり数分で終了することが理想である。そのため、短時間で測定可能な簡便な検査を行い、嗅覚障害の可能性がある人を判別することを目的として、スクリーニング値を選定していく。

本研究では、医療用の嗅覚ディスプレイを開発し、射出量を変動させておきの気体濃度を制御する。そして、選定したスクリーニング値をもとに短時間の測定が可能な嗅覚スクリーニングシステムを構築する。

4. 嗅覚スクリーニングシステムの構築

4.1 嗅覚ディスプレイ

本研究において開発した医療用の嗅覚ディスプレイ“Fragrance Jet for Medical Checkup (FJMC)”を図2に示す。装置の寸法は、本体が108W×160D×110H (mm)となっており、これに275mmのノズルが装着されている。この嗅覚ディスプレイはインクジェットプリンタの技術を応用したものであり、バブルジェット方式を採用している。さらに、パルス射出が可能であるため、微小時間内でおきの種類や射出量の切替を制御できる。この装置には4種類のタンク(大タンク×1, 小タンク×3)をセットできるヘッドを1つ設置でき、タンクの中の香料はヘッドから射出される。大タンクに接続したヘッドには255個、小タンクに接続したヘッドには127個の微細な穴が開いており、同時に射出する穴の数を調節することで射出する香料の量を調節することが可能である。1個の微細な穴から1秒間に射出される香料の平均量を「単位平均射出量」、同時に射出する微細な穴の数を「同時射出数」と呼ぶ。各香料の単位平均射出量は大タンクが7.3pL, 小タンクが4.7pLである。また、最小667μ秒単位でのにおい制御が可能である。これらの値により射出量を以下の式のように計算でき、この射出量を変動させることによりにおいの気

体濃度を変動させることができる。

$$\text{射出量 (pL)} = \text{単位平均射出量 (pL/個} \cdot \text{秒)} \\ \times \text{同時射出数 (個)} \times \text{射出時間 (秒)}$$

装置の後部にはファンがついており、タンクから出た香料を風によって鼻元まで送る仕組みになっている。風速は9段階で制御できる。さらに、この装置はノズルを取り替えることができるようになっている。今回は耳鼻科で使用されている、鼻に付けるタイプの鼻孔型のノズルを使用した。このノズルは、永島医科器械株式会社の「分離型逆止管付 オリーブ N-28 10602001」である。また、においの制御は香料の種類、射出量、射出間隔などをあらかじめ設定して、射出することができる。

4.2 検知閾値の測定

4.2.1 T&T オルファクトメーターと FJMC の比較実験

液体濃度を变化させた場合と射出量を変化させた場合で、人間のにおいの感じ方が同様であるのかを確認するために、既存の嗅覚検査との比較実験を行った。既存の嗅覚検査として、T&T オルファクトメーター(第一薬品産業株式会社)を用いた。被験者は20代~70代の男性9名、女性20名の計29名で、大学生、大学院生、医療従事者、大学病院の耳鼻咽喉科の患者に対して実験を行った。被験者の内訳を表1に示す。実験ではまず、我々の開発した医療用の嗅覚ディスプレイであるFJMCを使用して、被験者の鼻に鼻腔型ノズルを挿入した状態で検知閾値を測定した。測定中に鼻にノズルを挿入された被験者で、送風の不快感を訴えた者はみられなかった。その後、同じ被験者に対してT&T オルファクトメーターを使用して嗅覚障害度を測定した。FJMCを用いた測定において、検知閾値を測定として採用した理由として測定時間の問題があげられる。認知閾値を測定する際には、被験者におきの質(花においや甘いにおいなど何においであるか)を回答してもらう必要があるが、被験者によっては負荷の高い作業となり、測定時間が長くなる可能性がある。しかし、本研究では短時間で測定可能な嗅覚検査を目標としているため、測定時間は短い方が良い。また、97人の被験者を対象にT&Tオ

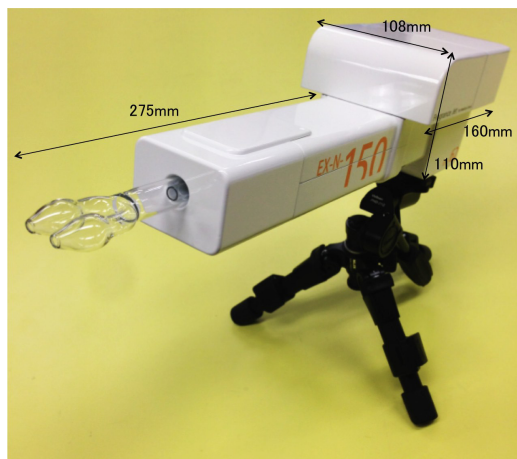


図2 医療用嗅覚ディスプレイ (FJMC)

Fig. 2 Fragrance Jet for Medical Checkup (FJMC).

表1 被験者の内訳

Table 1 Details about subjects.

	男性		女性		計
	患者	患者以外	患者	患者以外	
20代	0	1	0	5	6
30代	0	0	0	0	0
40代	0	1	1	0	2
50代	1	1	7	0	9
60代	2	1	3	0	6
70代	1	1	4	0	6
計	4	5	15	5	29

表 2 嗅覚障害の判定基準 [6]

Table 2 Judging standard of olfactory disturbance.

認知平均嗅力損失	嗅覚度	嗅覚障害の程度	患者の訴え
-2.0~1.0	1 度	正常	正常におうと思う
1.1~2.5	2 度	軽度	におうが弱い
2.6~4.0	3 度	中等度	強いにおいは分かる
4.1~5.5	4 度	高度	ほとんどにおわない
5.6 以上	5 度	脱失	まったくにおわない

ルファクトメーターにおける検知閾値と認知閾値を測定した Doty ら [15] によると、両閾値間のスピアマンの積率相関係数は 0.59 と比較的強い相関 [16] を示した。以上を考慮し、FJMC を用いた測定では検知閾値を測度として採用した。また、測定の際に空气中に拡散したお互いのおいが影響しないよう、それぞれの実験は別々の部屋で行われた。T&T オルファクトメーターの測定実験では、空气中においが拡散しやすいため十分な換気が行えるように専用の脱臭器を使用した。この脱臭器は、ダクトレス脱臭装置 SD-1 (永島医科器械株式会社) である。

まず、FJMC では閾値の測定に対する被験者の不快感を低減させるため、不快と感じられる香料を使用せずに快臭と感じられるような日常関連臭を用いることとした。快臭である香料としてバナナのおいがするイソアミルアセテート、バラのおいがする β -フェニルエチルアルコール、パイナップルのにおいがするカブロン酸アリルの 3 種類を使用して測定を行った。また、においを FJMC を用いて提示する際に香料の粘度が重要な要素となっている。香料の粘度は適切な範囲に収まるように調整する必要がある。本実験ではそれぞれの香料を水とエタノールを用いて 5% に希釈したうえで小タンクに注入して使用した。においの提示にはカウントダウンを用いており、「3, 2, 1, はい」と口頭で伝え、「はい」のタイミングでにおいを提示し、被験者にはその際に鼻から大きく息を吸ってもらった。また、においの射出時間は 100ms に固定し、以降この装置における同時射出数を「強さ」と定義する。強さは 10 から 120 まで 10 ずつ変化させた。そして、それぞれのおいに関して、3 点比較法 [17] により検知閾値の測定を上昇法を用いて行った。この 3 点比較法とは、3 回の提示のうち 1 回は付臭、残りの 2 回は無臭となっており、その順番が不規則に変化するので何回目においが付いていたかということに答える手法である。間違えた場合には強さを 10 増やし、正解した場合にはもう一度同じ強さのおいを嗅ぐ。そして、2 回連続で正解した場合にその値を検知閾値とした。この操作をそれぞれのおいに対して行った。T&T オルファクトメーターではにおいの提示は一度のみであり、においの検知の判断は被験者に委ねられていた。しかし、3 点比較法を用いて測定を行うことで、においを検知できているか否かの判断を客観的に行えるようになり、厳密な測定が可能になると考えられる。なお、風速

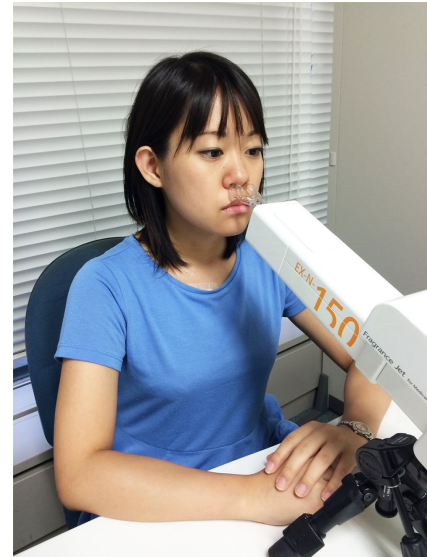


図 3 医療用嗅覚ディスプレイを用いた嗅覚検査

Fig. 3 Olfaction ability test using FJMC.

は最大に設定したため風量も最大で一定となっている。鼻孔型ノズルの射出口付近で測定された風速は約 1.10 m/s であり、射出口の面積は約 19.6 mm² であるため、風量は約 0.02 L/s と算出された。今回、被験者の嗅覚能力を実際よりも高く推定することを避けるため、3 種類のおいのうち最も検知閾値の高い値を T&T オルファクトメーターとの比較対象とした。測定の様子を図 3 に示す。

次に、同じ被験者に対して既存の嗅覚検査手法である T&T オルファクトメーターを用いた嗅覚障害度の測定を行った。においは、バラのおいがする β -フェニルエチルアルコール、カラメルのおいがするメチルシクロペンテノロン、腐敗臭のイソ吉草酸、桃のおいがする γ -ウンデカラクトロン、糞臭のスカトールの 5 種類を使用した。それぞれのおいごとに -2~5 までの 8 段階 (メチルシクロペンテノロンは -2~4 の 7 段階) の基準臭液の濃度が用意されている。段階が 1 大きくなるごとに濃度が 10 倍ずつ濃くなっている。この 5 種類のおいを下の段階から順番に嗅いでいき、においがしたと感じた値を検知閾値とした。そしてさらににおいを強くし、何のおいかわかった値を認知閾値とした。また、最大の強さでにおいがわからない場合の認知閾値は 6 とした。すべてのにおいの認知閾値の平均値を算出し、その値を認知平均嗅力損失として表 2 より被験者の嗅覚障害の程度を決定した [6]。以上の

流れを全被験者に対して個別に行った。

4.2.2 実験結果および考察

どちらの実験においても、バラのにおいはβ-フェニルエチルアルコールを使用した。そこで、まず同じ香料を使用しているバラのにおいについて、T&T オルファクトメーターにおいて濃度を变化させた場合と、FJMCにおいて射出量を変化させた場合の検知閾値の関係を調べた。その結果を図4に示す。T&T オルファクトメーターの認知閾値は基準臭液の濃度の値で表され、その値が1大きくなるごとに液体濃度が10倍ずつ濃くなる。そこで、横軸には対数目盛を用いた。たとえば、認知閾値が-2の場合は 10^{-2} 、1の場合は 10^1 とした。また、縦軸はFJMCの検知閾値を表している。なお、FJMCを用いた検知閾値では、120の強さが分からなかった者は測定不能としている。図4において、1つのプロットが複数人を示している場合はそのプロットの上に人数を示した。図4に記載した式は、測定不能であった者(図4の薄いグレー部分)を除外したデータの単回帰分析を行った結果の回帰式であり、寄与率は約70%と精度が高いため強い相関があるといえる[18]。既存のにおいの提示では、におい紙に十分な量の香料を浸すことにおいを嗅がせていた。そのため、香料の消費も多く、空気中へのにおいの拡散も大きな問題となっていた。また、人間が感じられるにおいの気体濃度の変化は、液体や気体の濃度の変化のみにより可能であった。しかし、我々の開発したFJMCを使用することで、香料の微少な射出量の変化によりにおいの気体濃度を变化させられることが分かった。以上より、検査に使用する気体濃度の香料をあらかじめ用意する必要はなくなり、単一の液体濃度で様々な気体濃度のにおいを提示することが可能となった。

次に、嗅覚障害度とFJMCにおける検知閾値との関係

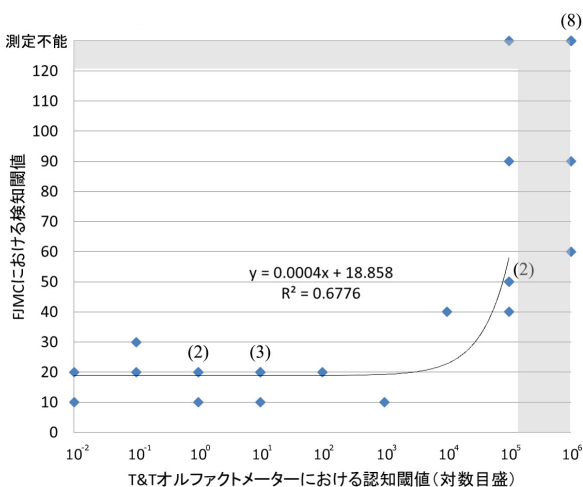


図4 β-フェニルエチルアルコールにおけるFJMCの検知閾値とT&T オルファクトメーターの認知閾値の対応

Fig. 4 Correspondence of detection threshold by FJMC and recognition threshold by T&T olfactometer in phenethyl alcohol.

を調べた。その結果を図5に示す。横軸では認知平均嗅力損失の値を図4と同様に対数目盛を用いて表し、縦軸はFJMCの検知閾値を表している。プロットされている値はすべての被験者の結果であり、図の中にある赤い縦線が障害度ごとの区切りである。それぞれの嗅覚障害度ごとの被験者の人数は健常者が12名、軽度が4名、中等度が4名、高度が5名、嗅覚脱失が4名であった。図5においても、1つのプロットが複数人を示している場合はそのプロットの上に人数を示した。

図5より、健常者から軽度の嗅力損失を示す人付近の細かい検知閾値の差を明確に測定できていないことが分かった。今回FJMCを用いた測定では、射出幅である射出時間を100msに固定して同時射出数を変化させることで射出量を変化させたが、射出時間を短くすることで全体の射出量をさらに少なくすることが可能である。この射出時間は 667μ 秒単位で制御することができるため、微量のにおい提示から多量のにおい提示まで行うことでより細かい検知閾値を測定することができる。さらに、今後は実験のターゲットを健常者から軽度の嗅力損失を持つ者に絞ることで、より細かい検知閾値を測定することを検討している。

4.3 嗅覚スクリーニング法

本研究では、短時間で行える嗅覚スクリーニング検査法の構築を目標としているため、嗅覚健常者、注意が必要な患者として軽度の嗅覚障害の可能性のある人(経過観察者)、病院で検査をする必要のある中等度以上の嗅覚障害の可能性のある人(要検査者)を判別する。受診者をこれらの3段階に分類するために、図5の結果より嗅覚障害と判定する基準となるスクリーニング値を2つ選定する。図5では嗅覚健常者、すなわち認知平均嗅力損失が 10^1 の者であれば40のにおいの強さが分かり、中等度の嗅覚障害のある人、すなわち認知平均嗅力損失が 10^4 の者であれ

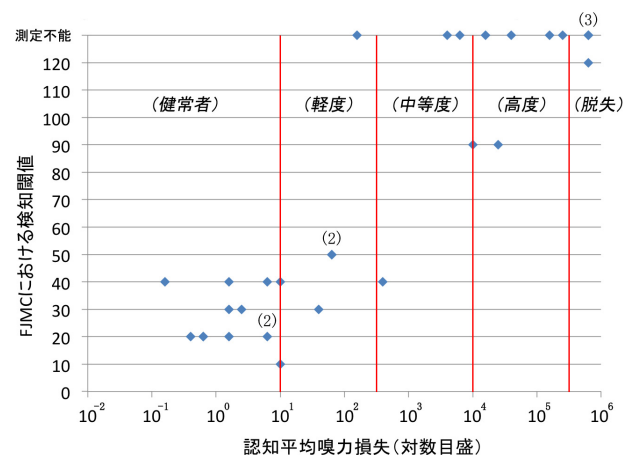


図5 FJMCの検知閾値と認知平均嗅力損失の関係

Fig. 5 Relationship between detection threshold by FJMC and the average recognition threshold.

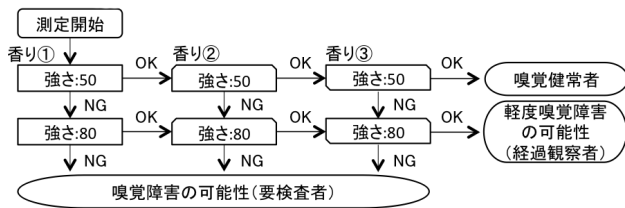


図 6 嗅覚スクリーニング手順

Fig. 6 Olfactory screening method.

ば 90 のにおいの強さが分かると読み取れる。今回、嗅覚健常者を誤って軽度の嗅覚障害の可能性があると判断することを防ぐため、50 のにおいの強さが分かる者は嗅覚健常者と判定する。また、中等度以上の嗅覚障害の可能性のある人を確実にスクリーニングできるようにするため、80 のにおいの強さが分からない者は要検査者であると判定する。これらのスクリーニング値は今回の実験により求められた値であり、香料の種類などによっても変動する可能性があるが、本研究ではこのスクリーニング値を利用して嗅覚スクリーニングを行った。

この2つのスクリーニング値を使用した嗅覚測定法について説明する。本研究では、短時間で行える嗅覚スクリーニング検査法の構築を目指し、測定時間は2分～3分を目標としている。そこで、図6のようなスクリーニング手順を考案した。検査では、実験で使用したバナナ、バラ、パイナップルのにおいがする3種類の香料を使用して検知閾値の測定を行う。測定は3点比較法で行い、正当性を高めるよう工夫した。また、測定するにおいの順番はランダムで行い、それぞれのおいごとに前述したスクリーニング値を2つ設定した。なお、射出時間は100msに固定した。測定はまず、50の強さから開始する。においを提示し、検知可能であれば次のにおいへと変更する。このとき、強さの設定は50のまま変わらない。一方、検知不可であった場合は同じにおいで再度測定を行う。このとき、強さは80へと変更する。一度強さが変更されてからは、測定が終了するまで設定は80のまま変化しない。最終的に、3種類のおいすべてにおいて50の強さが検知可能であった場合は嗅覚健常者と判定される。また、あるにおいでは50の強さが検知不可であったため、強さの設定を変更し、以降80の強さについては検知可能であった場合には、軽度の嗅覚障害の可能性があると判定され、その時点で測定終了となる。これにより、2回～4回の測定で検査が終了するため、測定時間を短縮することが可能となる。

4.4 測定用アプリケーション

短時間で嗅覚測定を行うためには自動で設定を変えていく必要がある。そこで、においの提示順や強さなどを自動

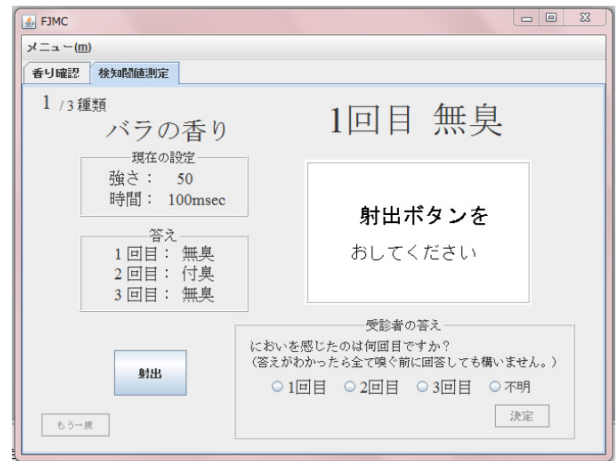


図 7 嗅覚測定用アプリケーション

Fig. 7 Application for olfactory measurement.

で制御できる測定用アプリケーションを構築した。

測定ではまず受診者の情報を入力する。患者番号や学籍番号などの受診者のIDとなる番号、受診者の名前、性別、年齢を入力する。そして測定開始ボタンを押すことで、図7の画面が表示されて検査が開始される。この画面は測定者の操作画面であり、測定中の画面には測定者に現在の状態が分かりやすいよう、次に提示されるにおいの種類、何回目の測定であるか、においの強さの設定、3点比較法における付臭と無臭の提示順などが表示されている。画面左下の射出ボタンを押すと、音の合図とともにカウントダウンが開始され、画面右側の表示部分に、3, 2, 1, GOの文字も表示される。GOという合図でにおいが射出され、受診者には音の合図に合わせて鼻から大きく息を吸ってもらう。そして、3点比較法により3回の提示のうち、何回目においが付いていたかを答えてもらう。受診者の回答は画面右下の部分を選択し、決定ボタンを押すことで図6の手順に従い自動で値が変化する。測定が終了すると、画面には結果が表示される。また、検査の始めに入力した受診者の情報、測定時のにおいの順番、においの設定、受診者の回答結果、診断結果はすべてExcelファイルに自動で保存される。記録を自動化することによって測定者の手間を軽減し、短時間での測定を可能にしている。

5. スクリーニングシステムを用いた嗅覚測定

5.1 測定時間の計測

構築した嗅覚スクリーニングシステムを用いて測定時間を計測した。被験者は20代の男性17名、女性3名の大学生、大学院生の計20名であり、各被験者にスクリーニング検査を行った。測定者がアプリケーションを操作し、被験者には測定の前に30秒程度で簡単に検査方法を説明した。

測定の結果、最短で1分18秒、最長で3分12秒、平均では1分59秒、標準偏差は31.7秒であった。被験者の中には嗅覚健常者のみでなく、軽度の嗅覚障害の可能性を持

つ者、そして中等度以上の嗅覚障害を持つ可能性がある人と判断された者もいたため、測定結果にかかわらず、3分程度で測定が行えたといえる。また、検査方法の説明時間をあわせても、3分程度で測定が終了した。この結果より、健康診断などの短時間で大勢の受診者の測定を行う際でも十分に有用性があるといえる。

5.2 嗅覚検査の実施

本提案手法により、実際に大勢を相手に嗅覚検査を行いその有用性を確認した。検査は、2013年12月に東京国際フォーラムで開催された展示会で10:00~18:00の間に行われた。測定の前に簡単に検査の説明を行い、被験者には嗅覚ディスプレイの鼻孔型ノズルの先端を鼻に挿す形においておいをかんでもらった。その際、送風による不快感を訴えた被験者はみられなかった。鼻孔型ノズルは直接被験者の身体に触れるため、使用後は必ずアルコール除菌ティッシュを用いて清掃した。

被験者は10代~80代の男性90名、女性26名の計116名である。測定結果を図8に年代別に示す。横軸は年代ごとの結果と人数で、右端には全体の結果をまとめている。縦軸は診断結果ごとの人数の割合であり、斜線部が嗅覚健常者、白色部分が軽度の嗅覚障害者、黒色部分が中等度以上の嗅覚障害者と判定された者の割合を示している。

図8より、40代が最も嗅覚健常者の割合が多いことが分かる。そして、50代や60代になるにつれて軽度の嗅覚障害の可能性がある人の割合が増えており、さらに70代や80代になると中等度以上の嗅覚障害の可能性がある人の割合が増えている。既存研究においても、50代から嗅覚の低下が始まり、70代で急速に悪化することが確認されている[19]。また、30代~50代で最も検知能力が良く、その後60代から低下し始め、70代になると有意に低下するともいわれている[20], [21]。以上より、検査の結果と同様の傾向がみられることが分かった。また、被験者全員の結果より、6人に1人が中等度以上の嗅覚障害を持つ可能性

があるという結果となった。中等度以上の嗅覚障害を持つ可能性がある人と判定された人の一部は、嗅覚障害や味覚障害、重度のアレルギー性鼻炎であると病院で診断されていたため、これらが結果に影響したと考えられる。

6. おわりに

嗅覚は危険察知や病気の早期発見などの役割がある。そのため、定期的に嗅覚能力を検査することは重要であるといえる。また、嗅覚障害の程度を判定するための測定器具としてT&Tオルファクトメーターが現在の嗅覚測定の主流となっている。しかし、T&Tオルファクトメーターでは気体濃度を基準臭液の濃度で変化させているため、測定の際には濃度の異なる香料が必要である。さらに、空気中において拡散しやすく、提示するに際して不安定さや提示の手間や時間が課題となり、健康診断などで嗅覚検査は行われていない。

そこで本研究では、短時間で測定可能な嗅覚能力のスクリーニング検査法の構築を行った。まず、おおいの提示に関する問題点を解消するために、医療用嗅覚ディスプレイの開発を行い、単一濃度での提示を可能にした。次に、測定時間に関する問題点を解消するため、短時間で測定が可能であるスクリーニング値の選定を行った。値の選定のためにT&Tオルファクトメーターを用いた測定との比較を行うことで、嗅覚ディスプレイを使用した際のおおいの強さとの対応関係を調べた。その結果からスクリーニング値を選定し、受診者を嗅覚状態により3段階に分類する測定法を構築した。この測定法で検査を行うと2分~3分で測定が終了することも確認した。今後は、様々な嗅覚障害度の被験者を増やすことでより適切なスクリーニング値を選定できると考えられる。

この嗅覚スクリーニングシステムを使用して定期的に嗅覚検査を実施し、日常的に嗅覚の状態を把握することで病気の早期発見につながることを期待する。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(C)課題番号26330229(2014年)の支援と、慶應義塾大学病院の神崎昌医師、高砂香料工業株式会社の協力により行われた。

参考文献

- [1] 任 智美, 阪上雅史:【認知症と食】味覚・嗅覚の老化(解説/特集), 老年精神医学雑誌, Vol.20, No.7, pp.725-730 (2009).
- [2] 関 一彦, 鶴田和仁, 稲津明美, 福本安甫, 繁田雅弘: アルツハイマー型認知症と嗅覚障害, *Geriatric Medicine*, Vol.49, No.6, pp.711-718 (2011).
- [3] 栗原堅三: 味覚・嗅覚, 化学同人 (1990).
- [4] Furukawa, M., Kamide, M., Miwa, T. and Umeda, R.: Significance of intravenous olfaction test using thiamine propyldisulfide (Alinamin) in olfactometry, *Auris Nasus Larynx*, Vol.15, pp.25-31 (1988).

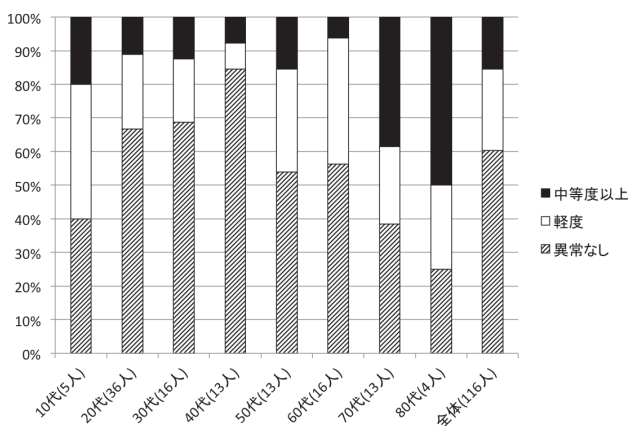


図8 嗅覚検査の結果

Fig. 8 Result of olfactory test.

- [5] 綾部早穂, 斎藤幸子: アロマサイエンスシリーズ 21—においの心理学, フレグランスジャーナル社 (2008).
- [6] 製品情報: T&T オルファクトメーター (online), 入手先 (<http://www.j-ichiyaku.com/kyukaku/t-t.html>) (参照 2014-09-04).
- [7] 深澤 彩, 鈴木理沙, 岡田謙一: パルス射出を用いた測定法による嗅覚能力の数値化, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.10, pp.2325–2332 (2013).
- [8] 志賀英明, 三輪高喜, 塚谷才明, 木下弥生, 斎藤幸子, 小早川達, 出口雄一, 古川 帆: 人間ドックにおけるスティック型嗅覚検査法 (OSIT) による嗅覚障害スクリーニングの検討, 日本耳鼻咽喉科学会会報, Vol.110, No.8, pp.586–591 (2007).
- [9] 篠 美紀, 古田厚子, 内田 淳, 横森恵夏, 鈴木恵美子, 大氣誠道, 斎藤幸子, 出口雄一, 洲崎春海: スティック型嗅覚検査法による嗅覚障害評価の検討, 日本鼻科学会誌, Vol.45, No.2, pp.148–153 (2006).
- [10] 西田幸平, 小林正佳, 萩原仁美, 竹尾 哲, 北野雅子, 竹内万彦: カード型嗅覚同定検査「Open Essence」の有用性, 日本耳鼻咽喉科学会会報, Vol.113, No.9, pp.751–757 (2010).
- [11] Veyseller, B., Ozucer, B., Karaaltin, A.B., Yildirim, Y., Degirmenci, N., Aksoy, F. and Ozturan, O.: Connecticut (CCCRC) Olfactory Test: Normative Values in 426 Healthy Volunteers, *Indian J. Otolaryngol Head Neck Surg.*, Vol.66, No.1, pp.31–34 (2014).
- [12] Wolfensberger, M., Schnieper, I. and Welge-Lüssen, A.: Sniffin' Sticks: A New Olfactory Test Battery, *Acta Otolaryngol*, Vol.120, pp.303–306 (2000).
- [13] 三輪高喜, 志賀英明, 塚谷才明, 古川 帆: 嗅覚研究・臨床の進歩, 嗅覚検査の現状と展開, 日本耳鼻咽喉科学会会報, Vol.111, No.5, pp.399–404 (2008).
- [14] 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, pp.2922–2929 (2008).
- [15] Doty, R., Smith, R., McKeown, D.A. and Raj, J.: Tests of human olfactory function: Principal components analysis suggests that most measure a common source of variance, *Perception and Psychophysics*, Vol.56, No.6, pp.701–707 (1994).
- [16] 吉田寿夫, 森 敏昭: 心理学のためのデータ解析テクニカルブック, pp.217–259, 北大路書房 (1990).
- [17] 社団法人におい・かおり環境協会: ためして簡単, 現場で使える「臭気簡易測定ガイドブック」(2005).
- [18] 沢田史子, 杉森公一, 大藪多可志: 基礎から学ぶ統計解析—Excel 2010 対応, pp.31–42, 共立出版 (2011).
- [19] 元村直靖: 精神障害と認知障害, *AROMA RESEARCH*, Vol.5, No.3, pp.213–216 (2004).
- [20] 深澤啓二朗: 高齢者嗅覚障害の特徴とその治療, 医学のあゆみ, Vol.197, No.7, pp.543–546 (2001).
- [21] Doty, R.L.: A review of olfactory dysfunctions in man, *American Journal of Otolaryngology*, Vol.1, No.1, pp.57–79 (1979).



松浦 絵理 (学生会員)

2014 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。香り情報処理に関する研究に従事。



岡田 謙一 (正会員)

慶應義塾大学理工学部情報工学科主任教授, 工学博士。専門は CSCW, グループウェア, HCI。本学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GN 研究会主査, 日本 VR 学会理事等を歴任。現在, 情報処理学会監事, 電子情報通信学会 HB/KB 幹事長。本学会論文賞 (1996, 2001, 2008 年), 本学会 40 周年記念論文賞, IEEE SAINT '04, ICAT '07 最優秀論文賞等を受賞。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会各会員。本会フェロー。



本間 秀太郎 (学生会員)

2014 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科修士課程在学中。香り情報処理に関する研究に従事。