

推薦論文

# 医療用嗅覚ディスプレイを用いた自閉スペクトラム症児の嗅覚検知能力測定

松浦 絵理<sup>1,a)</sup> 鈴木 理沙<sup>1,b)</sup> 本間 秀太郎<sup>1,c)</sup> 熊崎 博一<sup>2,d)</sup> 岡田 謙一<sup>3,e)</sup>

受付日 2014年12月19日, 採録日 2015年11月5日

**概要:** 自閉スペクトラム症 (ASD) は脳の発達障害の一種であるといわれており, 人とうまくコミュニケーションをとることができないといった症状がみられる. このような症状は適切な療育によって改善することが可能であるため, 子供の頃に診断を受け早期から療育を受けることが重要である. しかし, 費用や待機期間などの問題から ASD の検査を受けることは容易ではなく, スクリーニング検査においては患者の見逃しが生じている. 近年, ASD 患者の嗅覚特性に注目した研究が進められており, 嗅覚の検知能力や同定能力に特徴がみられている. これより, 子供の頃に嗅覚能力を測定することで ASD 患者を早期に発見できる可能性がある. そこで, 本研究では ASD のスクリーニング検査を目的として, パルス射出が実現可能な医療用嗅覚ディスプレイを用いた子供向けの嗅覚測定アプリケーションを構築した. 本アプリケーションを用いて子供の嗅覚検知能力を測定した結果, ASD 児は嗅覚検知能力が低下する傾向が得られた. 本研究により, ASD 患者の早期発見に向けたスクリーニング検査の構築に貢献できると期待される.

**キーワード:** 嗅覚測定, 嗅覚ディスプレイ, 自閉スペクトラム症 (ASD) 児, アプリケーション

## Measurement of Odor Detection Ability in Children with ASD by Medical Olfactory Display

ERI MATSUURA<sup>1,a)</sup> RISA SUZUKI<sup>1,b)</sup> SHUTARO HOMMA<sup>1,c)</sup> HIROKAZU KUMAZAKI<sup>2,d)</sup>  
KEN-ICHI OKADA<sup>3,e)</sup>

Received: December 19, 2014, Accepted: November 5, 2015

**Abstract:** Autism Spectrum Disorder (ASD) is considered as one of the developmental difficulties caused by dysfunction of the brain. Because the symptoms can be significantly improved by appropriate treatment and education, it is important to detect patients with ASD during childhood. However, it is difficult to have the examinations of ASD because of cost and time, and the screening tests cannot always detect a patient. Recently, the studies on olfactory senses of patients with ASD have been conducted, and differences of odor detection and identification abilities between people with ASD and controls have been found. Therefore, there is the possibility of detecting patients with ASD while young by measurement of olfaction. We developed an application to measure odor detection ability in children by medical olfactory display using pulse ejection. Then, we assessed the odor detection ability in children by using the application. As a result, we found that odor detection ability was impaired in the children with ASD. We aim to contribute to development of a screening test to detect children with ASD in the future.

**Keywords:** olfactory measurement, olfactory display, children with ASD, application

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science of Technology, Keio University,  
Yokohama, Kanagawa 223-8522, Japan  
<sup>2</sup> 福井大学子どものこころの発達研究センター  
Research Center for Child Mental Development, University  
of Fukui, Yoshida-gun, Fukui 910-1193, Japan  
<sup>3</sup> 慶應義塾大学理工学部  
Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama,  
Kanagawa 223-8522, Japan

## 1. はじめに

自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: ASD)

a) matsuura@mos.ics.keio.ac.jp  
b) risa@mos.ics.keio.ac.jp  
c) honma@mos.ics.keio.ac.jp  
d) kumazaki@tiara.ocn.ne.jp  
e) okada@mos.ics.keio.ac.jp

は脳の機能不全による発達障害の一種であるといわれている [1]. Wing の三つ組と呼ばれる代表的な特徴として社会性の障害やコミュニケーションの障害, 想像力の障害があげられる [2]. これらの障害は ASD の診断基準となっているが, 症状の現れ方は一様ではない. しかし, ASD の症状は適切な療育を行うことで大きく改善されることが分かっているため [3], ASD 患者を子供の頃に発見することが重要である. その一方で, ASD の検査は事前準備や検査に時間がかかる, 費用が高額であるといった問題をかかえており, 検査を受けることは容易ではない. 検査を受けるまでに 1 年以上待たなければならない場合もあり, ASD 患者を早期に発見することは難しいといえる.

近年, ASD 患者の嗅覚特性に注目した研究が行われている. これは ASD の症状として特定のにおいに執着するなどのにおいに対する特徴的な行動がみられるからである. 嗅覚の検知能力や同定能力に注目した研究では, ASD 患者と非 ASD 患者との間で能力に差がみられることが分かっているため, 嗅覚能力を測定することによって ASD 患者をスクリーニングできる可能性がある. また, ASD 患者を早期に発見するためには子供の頃に検査を行う必要がある. しかし, 従来の嗅覚検査法は検査に時間がかかるなど子供向けではない. そこで本研究では, 子供向けの嗅覚測定アプリケーションを構築し, ASD のスクリーニングに向けた子供の嗅覚測定を行う.

以降, 2 章では ASD のスクリーニング検査や ASD 患者の嗅覚特性について述べる. 3 章では考案した子供向けの嗅覚測定法について述べ, 4 章では提案した嗅覚測定法の実装に関して述べる. そして, 実際に行った測定実験の内容と評価について 5 章で述べる. 最後に, 実験結果の考察をふまえた本研究の結論について 6 章で述べる.

## 2. 自閉スペクトラム症について

### 2.1 スクリーニング検査

現在, 日本では ASD の主なスクリーニング検査として日本語版の自閉症スペクトラム指数 (AQ) 診断 [4] が用いられている. これは 50 項目の質問に対して本人が回答を行う質問紙形式のスクリーニング検査であり, 質問の各項目に対し「そうである」, 「どちらかといえばそうである」, 「どちらかといえばそうではない (ちがう)」, 「そうではない (ちがう)」の 4 つの選択肢から回答する. しかし, AQ 診断は大人向けの検査となっているため ASD 患者の早期発見には適していない. 子供向けのスクリーニング検査としては The Checklist for Autism in Toddlers (CHAT) があげられる [5]. これは AQ 診断と同様に質問紙形式のスクリーニング検査であり, 親と専門家が回答する質問で構成されている. しかし, このスクリーニング検査は特異度が高い一方で感度が低く, さらに全般的な発達の遅れと ASD の区別をすることができないという問題が見つけられた. そ

こで, CHAT の改変版として The Modified Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT) が考案された. M-CHAT では親に対する質問項目のみとなり, 新たに 14 項目が追加されている. また, 検査対象は 2 歳前後の幼児としており, 2 段階スクリーニングを採用している. M-CHAT の日本語版は神尾らによって作成され, 質問の理解を補助するため一部の項目に絵が加えられている [6]. 日本語版 M-CHAT においても 2 段階スクリーニングが採用されているが, 1 段階スクリーニングの時点で 15% 程度の ASD 児を見逃してしまうことが分かっている [7]. また, これらのスクリーニング検査は質問紙形式であるため, 回答者が質問の意味を正しく理解できず適切な回答を選ぶことができない可能性がある. さらに, 回答者が注目する部分によって対象者の行動を過大評価または過小評価してしまう可能性も存在する. これらは患者を見逃してしまう原因の 1 つであり, 見逃しを少なくするためには客観的指標による検査を行うことが重要である.

### 2.2 自閉スペクトラム症と嗅覚

ASD の症状は年齢により変化していくと考えられている. 多くの ASD 児にみられる付随症状の 1 つに感覚の異常があげられ [8], たとえば嗅覚ではにおいが気になりバスに乗れない, 特定のにおいを嗅ぎ続けるなどの行動がみられる. これらの感覚刺激に対する異常反応に対し, Gal らは多くの ASD 患者は思春期の間に症状の変化があり, 感覚調整の兆候も変わると主張している [9]. また, 実際に年齢が上がるにつれ症状が改善したという報告や反対に悪化したという報告が多くされている. したがって, ASD 患者の感覚特性を調査する際には被験者の年齢を考慮して検討する必要がある.

ASD 患者の症状は一様ではなく, 感覚への異常反応も様々な形で現れる. その中で, ASD 患者は非 ASD 患者に比べ嗅覚や味覚に対する異常反応が強いといわれている. また, 嗅覚や味覚, 触覚に対する異常反応は ASD 児のうち男児に比べ女児は症状が重く, 特に嗅覚の重症度が高いという報告がある. このように, ASD 患者の多くは嗅覚に対し特徴的な反応を示すと考えられており, 近年では嗅覚に注目した研究が進められている.

Suzuki らはアスペルガー症候群\*1の成人男性 12 名と対照群の成人男性 12 名に対し, University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT) [10] を用いて嗅覚検知能力の測定を行い, アスペルガー症候群の成人男性には検

本論文の内容は 2014 年 7 月のマルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウムにて報告され, デジタルコンテンツクリエーション研究会主催により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である.

\*1 2013 年 5 月, アメリカ精神医学会の診断基準の変更により, 自閉症やアスペルガー症候群などの広汎性発達障害が自閉スペクトラム症という 1 つの診断名に統合された.

知能力の低下は認められないという結果を得た [11]. しかし, Dudova らが 10 歳前後のアスペルガー症候群または高機能自閉症と診断された子供と対照群の各 35 名に対し Sniffin' Sticks [12] を用いて測定を行った結果, 自閉症児には検知能力の低下が認められた [13]. このように, 検知能力に関しては大人と子供で異なる結果が得られている. また, Suzuki らは嗅覚同定能力に関してもアスペルガー症候群の成人男性 12 名と対照群の成人男性 12 名に対し測定を行い, アスペルガー症候群の成人男性には同定能力の低下が認められた [11]. Bennetto らが 10 歳から 18 歳の自閉症患者 21 名と対照群の 27 名に対し Sniffin' Sticks を用いて同定能力を測定した結果, 自閉症患者の場合も同定能力の低下が認められた [14]. 一方, Dudova らが 10 歳前後のアスペルガー症候群または高機能自閉症と診断された子供と対照群の各 35 名に対し Sniffin' Sticks を用いて測定を行った結果, 全体の同定能力に関しては有意差がみられなかったが, においの種類ごとに比較を行うと自閉症児はオレンジの正答率が高く, クロウブの正答率が低いという結果が得られた [13]. 自閉症児はオレンジのにおいを好み, クロウブのにおいを好まない [15] ことから, 自閉症児の同定能力はにおいに対する快さが関係していると主張した.

このように, 近年は ASD 患者の嗅覚特性に関する研究が行われているが, 被験者により異なる結果となっている. ASD の症状は年齢により変化すると考えられ, 大人と子供の測定結果においてそれぞれ有意差がみられていることから, 年代ごとに異なる特性が現れるといえる.

### 3. 子供の嗅覚検知能力の測定

ASD の症状は適切な療育を行うことで改善できるため, 子供の頃に ASD の診断を受けることが重要である. しかし, ASD の検査は手間や費用がかかるため, 検査を受けることは容易ではない. スクリーニング検査に関しても, 検査は主観的な評価をもとに行われるため患者を見逃してしまう可能性がある. そこで, 患者の見逃しを減らすために客観的指標による検査を行うことが重要である. また, 嗅覚の検知能力や同定能力において ASD 患者と非 ASD 患者との間で違いが示されていることから, 嗅覚能力が客観的指標となる可能性がある. しかし, 嗅覚能力の違いに関する主張は研究ごとに異なるものとなっている. その原因としては, ASD の症状には年齢による変化がみられるため, 被験者の年齢層の違いが結果に影響していると考えられる. したがって, 対象年齢を限定することで嗅覚測定が客観的指標による検査になりうるといえる. ASD 患者を早期に発見するためには子供の頃に検査を行う必要があり, 10 歳前後の ASD 児は非 ASD 児と比べ嗅覚検知能力が低いという主張がされている. また, ほとんどの ASD 児は生後 18~24 カ月までに兆候が現れるという一方で, 実際には幼少期までに診断を受けていない場合がある [16]. こ

れより, 10 歳前後の子供, すなわち小中学生の嗅覚検知能力を測定することは重要である. 嗅覚検知能力の測定には主に T&T オルファクトメーター [17] が用いられるが, これは残り香の影響などの問題をかかえている [18]. さらに単純作業の繰り返しが多く検査時間も長いため, 子供の場合には検査に飽きてしまい正確な測定が行えない可能性がある. したがって, 子供の嗅覚能力を正確に測定するためには検査に飽きさせない工夫を施す必要がある.

本研究では, ASD 患者のスクリーニングを目指し子供の嗅覚検知能力を測定する. 嗅覚測定においては客観的な評価を行うことを目的とし, 保護者への問診によってではなく実際に被験者自身の嗅覚機能を用いた測定を行う. そのため, 被験者は測定の指示内容を十分に理解できる年齢である必要があり, 被験者の対象年齢を小中学生とする. また, 短時間でできる測定手法とすることで小中学校の健康診断などの場へ容易に導入できるようにする. これにより, 幼少期までに診断を受けていない ASD 患者を小中学生の間に発見することを目指す. 測定の際には既存の嗅覚検査の問題を軽減させるため, 微小時間の香り提示手法であるパルス射出 [19] を実現可能な医療用嗅覚ディスプレイを用いる. これはパーソナルコンピュータ (PC) を操作することでにおいの提示を行うことができ, おいの種類や強さを瞬時に切り替えることが可能である. この装置を用いることで手作業のにおい提示による手間をなくし検査時間の短縮を図る. また, おい提示時間をきわめて短くすることにより空気中への残り香を最小限に抑えることが可能であるため, 鼻の順応の影響も生じにくくなっている. この嗅覚ディスプレイは PC によって操作を行うため, 専用のアプリケーションを構築し嗅覚測定を行う. 子供を飽きさせない工夫として, 被験者自身がアプリケーションの操作を行うようにする. さらに, 被験者の集中力を持続させるため検査にゲーム要素を取り入れる. アプリケーションの画面は検査の進行をするための検査者用画面とゲームを行う被験者用画面の 2 つを用意する. 検査者用画面では必要最低限の操作のみを行い, 検査者が被験者の様子を観察できるようにする. 被験者用画面での操作は単純なものとし, また直観的な操作を行えるようにする. そこで, 今回は被験者用画面をタッチパネルモニタに表示する. この測定法によって ASD 児と非 ASD 児の嗅覚検知能力を測定し, 結果の比較を行っていく.

## 4. 子供向けの嗅覚測定法の実装

### 4.1 医療用嗅覚ディスプレイ

本研究ではパルス射出を実現可能な医療用嗅覚ディスプレイである “Fragrance Jet for Medical Checkup (FJMC)” を開発した (図 1). 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ており, インクタンクに充填した香料をタンクに接続したヘッドの微小な穴から空気中へ



図 1 医療用嗅覚ディスプレイ (FJMC)

Fig. 1 Medical olfactory display.

放出することでの提示を行う。この装置には1つの大タンクと3つの小タンクがあり、4種類の香料を格納することができる。今回の測定で使用するのは小タンクであり、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いる。これらの穴からはすべて同時に香料を射出することが可能であり、同時に射出する微細な穴の数を「同時射出数」とする。この装置ではおおいの射出時間を667 $\mu$ 秒単位で制御することができる。小タンクを使用する場合、それぞれの穴からの単位平均射出量は4.7pLである。香料は複数の穴から同時に射出することができるため、同時射出数は0–127の範囲で設定することが可能である。これらの値により単位時間あたりの射出量が決定される。この射出量を「単位時間平均射出量」とする。射出される香料の量によっておおいの強さは変化するため、単位時間平均射出量と射出時間を調整することでおおいの強さを制御することができる。実際の射出量は以下の式で計算される。

$$\text{射出量 (pL)} = \text{単位時間平均射出量 (pL/個} \cdot \text{秒)} \\ \times \text{同時射出数 (個)} \times \text{射出時間 (秒)} \quad (1)$$

$$\text{香料量 (pL)} = \text{射出量 (pL)} \times \text{香料濃度 (\%)} \quad (2)$$

## 4.2 測定用アプリケーション

嗅覚能力のうち検知能力の測定を行う。測定では4段階の強さを用意し、そのうち被験者が気づくことのできるおおいの強さの最小値を測定する。今回のアプリケーションではおおいのする箱を見つけるという宝探しゲームとして実装した。使用する香料は生活に馴染みのあるバナナとパイナップルの2種類とした。特にパイナップルに関しては、ASD児のおおいの好みに関する研究[13], [15]を参考に採用した。おおいの射出時間を200m秒と固定し、同時射出数を10, 20, 40, 80個と2倍系列で変化させた。今回は同時射出数の値をにおいの強さとする。測定では3つの箱の中から1つのおおいのする箱を見つけるという形で3点比較法を用いた。強さの測定順に関しては、値の小さい

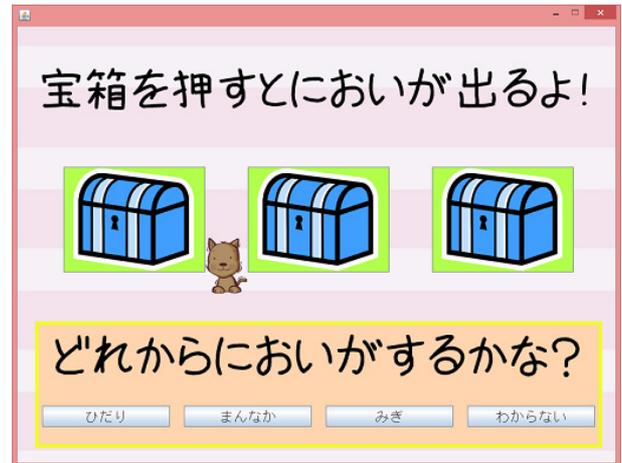


図 2 被験者用画面

Fig. 2 Screen for subject.

順に測定を行うとおおいに気付くことのできない状態が続く。被験者が子供の場合には検査に飽きてしまう可能性があるため、値の大きい順に測定を行う下降法を用いた。そのため、強さ80から測定を開始し、2回連続で正解した場合のみ強さを1段階下げて同様の測定を行うこととした。間違った回答をしてしまった場合にはその時点で測定を終了した。これにより、それぞれのにおいに対する測定回数は1回から8回であった。測定はバナナ、パイナップルの順で行い、それぞれ最後に2回連続で気付くことのできたおおいの強さを測定値とした。

### 4.2.1 被験者用画面

被験者用画面を図2に示す。画面上には3つの箱が表示されており、箱をタッチすることでおおいが提示される。その際、息を吸うタイミングを示すため、おおいの提示と同時に音が鳴るようになっている。また、おおいを嗅いだ箱がどれであることを示すため、タッチされた箱の横に犬のアイコンが表示される。3つの箱のうちどれか1つの箱からおおいがするため、その箱を見つけたら画面下部に表示された選択肢のボタンを押して回答する。選択肢は「ひだり」、「まんなか」、「みぎ」、「わからない」の4つである。被験者が回答を行うと画面が自動で遷移し、回答の正誤を示すイラストが表示される。結果のイラストを3秒間表示した後、回答が正しかった場合は元の測定画面へと遷移し、回答が間違っていた場合には全測定結果を表示する結果画面へと遷移する。被験者用の結果画面を図3に示す。結果画面では正解した回数分の宝箱のイラストと獲得した宝箱の個数が表示される。

### 4.2.2 検査者用画面

検査者用画面では、最初に測定モードを選択する。子供に対して操作方法を説明する場合には、口頭説明のみと比べ実際に操作をしながら説明を行う方が十分な理解を得られる。そこで、操作方法を説明するための練習モードと実際に測定を行う検査モードの2種類を用意した。練習



図 3 被験者用画面での結果表示

Fig. 3 Screen of results for subject.



図 4 検査者用画面

Fig. 4 Screen for conductor.

モードでは検査モードと同様の画面が表示されるが、バナナのおいを用いた1回だけの測定となっている。測定中の検査者用画面を図4に示す。画面上部には現在測定を行っているおいの種類が表示される。画面中央には各測定の結果や現在の測定の回答、被験者の操作時間が表示されている。操作時間を表示した理由は、測定を開始してから回答をするまでの時間にASD児と非ASD児との間で差がみられる可能性があるためである。測定開始時の各測定の結果には「未測定」と表示されているが、被験者が回答を行うたびに結果に合わせた表示に自動で切り替わるようになっている。画面下部には途中で測定を終えるための終了ボタンと被験者用画面の制御をするためのボタンが設置されている。練習モードから検査モードに進む場面やバナナからパイナップルの測定へと移る場面では、被験者の様子を確認してから測定を進める方が好ましいと考えられ



図 5 実験風景

Fig. 5 State of the experiments.

る。そのため、検査の区切りとなる場面では検査者の操作によって被験者用画面の制御を行うよう設定した。

## 5. 実験および評価

### 5.1 実験方法

今回実装したアプリケーションを用いてASD児と非ASD児に対して嗅覚検知能力の測定実験を行った。5歳から高校1年生まで(12.1±3.01歳)のASD児22名(男性:17名,女性:5名)と小学4年生から中学3年生まで(12.9±1.84歳)の非ASD児20名(男性:11名,女性:9名)を被験者とした。実験ではFJMC, PC, タッチパネルモニタを用いた。PCには検査者用画面を表示し、タッチパネルモニタには被験者用画面を表示した。被験者には椅子に座ってもらい、FJMCの手前にタッチパネルモニタを置いた。実験風景を図5に示す。十分な換気を行える個室で1名ずつ実験を行った。

### 5.2 実験結果

測定では、どの被験者も画面操作を十分に理解し測定を進めることができた。測定時間はASD児の場合には最長で約11分、非ASD児の場合には最長で約6分であり、また被験者はすべての測定を終えるまで飽きた様子を見せずに取り組むことができた。実験結果に関して、被験者の測定値により分類を行った。測定値10をLv.1として測定値が上がるにつれレベルを上げ、測定不能であった場合をLv.5として5段階に分類し、おいの種類ごとに人数をまとめた。ASD児の実験結果を表1に示す。バナナの場合にはLv.2の人数が最も多く、Lv.5の人数が最も少ない。パイナップルの場合にはLv.3の人数が最も多く、Lv.1の人数が最も少ない。バナナとパイナップルにおける人数分布を $\chi^2$ 検定を用いて比較した結果、有意水準5%において有意差がみられた( $p = 0.033 < 0.05$ )。このことから、ASD児の場合には検査を行うおいの種類によって検知能力に差が現れると考えられる。バナナの場合には人数の

表 1 ASD 児の結果

Table 1 Results of ASD group.

	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.4	Lv.5
バナナ	4	6	5	4	3
パイナップル	1	2	8	7	4

表 2 非 ASD 児の結果

Table 2 Results of control group.

	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.4	Lv.5
バナナ	12	6	1	1	0
パイナップル	16	4	0	0	0

偏りは少ないが、パイナップルの場合には Lv.3 と Lv.4 に偏っている。したがって、ASD 児はバナナのおいに比べパイナップルのおいに対する検知能力が低いといえる。Hydlicka らの研究 [15] より ASD 児はパイナップルのおいを好まない傾向があり、また Dudova らの研究 [13] において同定能力へのおいに対する快さの影響が示唆されている。これより、ASD 児の場合には嗅覚検知能力においてもおいに対する快さが影響している可能性がある。

ASD 児の場合と同様に非 ASD 児の結果についても分類を行い、おいの種類ごとに人数をまとめた。非 ASD 児の結果を表 2 に示す。バナナの場合には Lv.1 の人数が最も多く過半数を占めており、Lv.5 となった被験者はいなかった。パイナップルの場合には Lv.1 の人数が最も多く過半数を占めており、すべての被験者が Lv.2 までの段階に含まれた。バナナとパイナップルにおける人数分布を  $\chi^2$  検定を用いて比較した結果、有意水準 5%において有意差はみられなかった ( $p = 0.35 > 0.05$ )。このことから、非 ASD 児の場合にはおいの種類による分布の差はみられず、検知能力には差がないといえる。

ASD 児と非 ASD 児について年齢の比較を行った。ASD 児の平均年齢は  $12.1 \pm 3.01$  歳、非 ASD 児の平均年齢は  $12.9 \pm 1.84$  歳である。t 検定を用いて比較した結果、有意水準 5%において有意差はみられなかった ( $p = 0.36 > 0.05$ )。これより、各群の年齢層は同じものとして結果の比較を行っていく。ASD 児と非 ASD 児の人数分布に関して  $\chi^2$  検定を用いて比較を行った。図 6 はバナナの測定値による人数分布を示したものである。青い棒グラフが ASD 児の人数分布、赤い棒グラフが非 ASD 児の人数分布となっている。各群の人数分布を比較した結果、有意水準 5%において有意差が得られた ( $p = 0.028 < 0.05$ )。グラフの形を比較すると、ASD 児の場合には大きな偏りはなく全体に分布しているのに対し、非 ASD 児の場合は Lv.1 に大きく偏り、段階が上がるにつれて人数が少なくなっている。このことから、ASD 児は非 ASD 児と比べ、バナナのおいに対する検知能力が低いといえる。次に、パイナップルの結果について比較を行った。図 7 はパイナップルの測定値

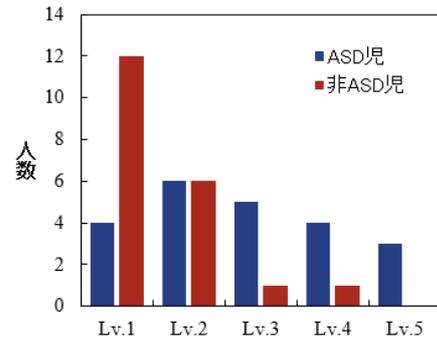


図 6 測定値の人数分布 (バナナ)

Fig. 6 Distribution of measured value (banana).

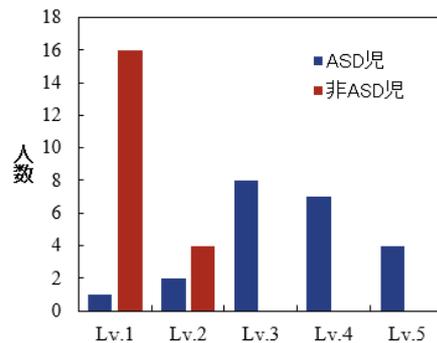


図 7 測定値の人数分布 (パイナップル)

Fig. 7 Distribution of measured value (pineapple).

による人数分布であり、バナナの場合と同様に、青い棒グラフが ASD 児の人数分布、赤い棒グラフが非 ASD 児の人数分布である。各群の人数分布を比較した結果、有意水準 1%において有意差が得られた ( $p = 7.8 \times 10^{-5} < 0.01$ )。グラフの形は、ASD 児の場合には Lv.2 までの分布が少なく、過半数が Lv.3 以降に分布している。非 ASD 児の場合には人数の過半数が Lv.1 に分布し、Lv.3 以降には分布していない。グラフの形の違いから、パイナップルの場合も ASD 児は非 ASD 児に比べ検知能力が低いといえる。したがって、バナナ、パイナップルのどちらのおいに対しても ASD 児は非 ASD 児と比べて検知能力が低い傾向がみられる。また、比較結果ではパイナップルのおいに対する検知能力に有意な差が現れている。バナナのおいに対する快さに関しては ASD 児と非 ASD 児との間に感じ方の差はなく、パイナップルに関しては差がみられ、ASD 児はパイナップルのおいを好まない傾向があるといわれている [15]。これより、ASD 児の方が嗅覚検知能力が低下しており、特に好まないおいに対する嗅覚検知能力が低下する傾向があるといえる。

今回の測定結果を用いて ASD 児のスクリーニングを行う際の判定基準について考察する。図 6, 図 7 より非 ASD 児は Lv.2 と Lv.3 との間で人数の分布に大きな差が出ており、測定値の段階が高くなるにつれて人数が少なくなっている。これより、Lv.2 と Lv.3 を境に測定値の段階が低

ければ低いほど ASD の可能性が低く、高ければ高いほど ASD の可能性が高いと判断できると考えられる。そこで、測定値が Lv.3~Lv.5 に分類された場合に要検査者と判定する。しかし、実際に嗅覚検知能力測定によりスクリーニングを行うには嗅覚障害である可能性などを除外しなければならない。そのため、嗅覚測定によるスクリーニングを行ったのちに、専門医からの問診などの別の指標によりさらに詳しい検査を行う必要があるといえる。

## 6. おわりに

ASD は脳の機能不全による発達障害の一種であり、主な症状のほかに付随症状として嗅覚過敏といった感覚の異常も多くみられている。これらの症状は適切な療育によって改善されるため、ASD 患者を早期に発見し個人に合った対応をとることが重要である。しかし、ASD の検査は容易に受けられるものではなく、スクリーニング検査も患者を見逃してしまう場合がある。そこで、本研究では ASD 患者の早期発見を目指し、ASD 児の嗅覚検知能力を測定した。測定の際には既存の嗅覚検査の問題を軽減できる医療用嗅覚ディスプレイを使用し、子供を飽きさせない工夫を施した測定用アプリケーションを用いた。測定を行うにの種類のバナナとパイナップルとし、子供の ASD 患者と非 ASD 患者に対して嗅覚検知能力を 5 段階で評価した。検知能力の分布の比較を行った結果、バナナに関しては有意水準 5% で、パイナップルに関しては有意水準 1% でそれぞれ差がみられた。したがって、各群の分布の形から ASD 児は非 ASD 児に比べ嗅覚検知能力が低いといえる。また、測定は 1 人あたり約 10 分で終わることができ、ASD 児を含めたすべての被験者が最後まで測定を行うことができた。このことから、本アプリケーションによって ASD 患者の早期発見に向けた短時間のスクリーニング検査の構築に貢献できると期待される。

**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)、高砂香料工業株式会社の支援により行われた。

## 参考文献

- [1] Stoner, R., Chow, L.M. and Boyle, P.M., et al.: Patches of Disorganization in the Neocortex of Children with Autism, *N. Engl. J. Med.*, Vol.370, No.13, pp.1209-1219 (online), DOI: 10.1056/NEJMoa1307491 (2014).
- [2] Wing, L. and Gould, J.: Severe impairments of social interaction and associated abnormalities in children: epidemiology and classification, *J. Autism Dev. Disord.*, Vol.9, No.1, pp.11-29 (1979).
- [3] 西脇雅彦: ASD 児発達改善への早期介入—感覚運動を中心とした早期療育の効果, 愛知教育大学教育臨床総合センター紀要, Vol.3, pp.47-54 (2013).
- [4] 若林明雄, 東條吉邦, Baron-Cohen, S., Wheelwright, S.: 自閉症スペクトラム指数 (AQ) 日本語版の標準化—高機能臨床群と健常成人による検討, *The Japanese Journal*

- of Psychology, Vol.75, No.1, pp.78-84 (2004).
- [5] Robins, D.L., Fein, D., Barton, M.L., et al.: The Modified Checklist for Autism in Toddlers: an initial study investigating the early detection of autism and pervasive developmental disorders, *J. Autism Dev. Disord.*, Vol.31, No.2, pp.131-144 (2001).
- [6] Inada, N., Koyama, T., Inokuchi, E., et al.: Reliability and validity of the Japanese version of the Modified Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT), *Research in Autism Spectrum Disorders*, Vol.5, No.1, pp.330-336 (online), DOI: 10.1016/j.rasd.2010.04.016 (2011).
- [7] Al-Qabandi, M., Gorter, J.W. and Rosenbaum, P.: Early Autism Detection: Are We Ready for Routine Screening?, *Pediatrics*, Vol.128, No.1, pp.e211-e217 (2011).
- [8] Tomchek, D.S. and Dunn, W.: Sensory Processing in Children With and Without Autism: A Comparative Study Using the Short Sensory Profile, *Am. J. Occup Ther.*, Vol.61, No.2, pp.190-200 (2007).
- [9] Gal, E., Cermak, A.S. and Ben-Sasson, A.: Growing Up with Autism: Working with School-Age Children and Adolescents, *Sensory processing disorders in children with autism: Nature, Assessment, and Intervention*, Gabriels, L.R. and Hill, E.D. (Eds.), pp.95-123 (2007).
- [10] Doty, L.R., Frye, E.R. and Agrawal, U.: Internal consistency reliability of the fractionated and whole University of Pennsylvania Smell Identification Test, *Percept Psychophys*, Vol.45, Issue 4, pp.381-384 (1989).
- [11] Suzuki, Y., Critchley, H., Rowe, A., et al.: Impaired Olfactory Identification in Asperger's Syndrome, *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.*, Vol.15, pp.105-107 (2003).
- [12] Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S.R., et al.: 'Sniffin' Sticks': Olfactory Performance Assessed by the Combined Testing of Odor Identification, Odor Discrimination and Olfactory Threshold, *Chem. Senses*, Vol.22, No.1, pp.39-52 (online), DOI: 10.1093/chemse/22.1.39 (1997).
- [13] Dudova, I., Vodicka, J., Havlovicova, M., et al.: Odor detection threshold, but not odor identification, is impaired in children with autism, *Eur. Child Adolesc Psychiatry*, Vol.20, No.7, pp.333-340 (online), DOI: 10.1007/s00787-011-0177-1 (2011).
- [14] Bennetto, L., Kuschner, S.E. and Hyman, L.S.: Olfaction and Taste Processing in Autism, *Biol Psychiatry*, Vol.62, No.9, pp.1015-1021 (online), DOI: 10.1016/j.biopsych.2007.04.019 (2007).
- [15] Hydlicka, M., Vodicka, J., Havlovicova, M., et al.: Brief Report: Significant Differences in Perceived Odor Pleasantness Found in Children with ASD, *J. Autism Dev. Disord.*, Vol.41, No.4, pp.524-527 (online), DOI: 10.1007/s10803-010-1084-x (2011).
- [16] 市川宏伸, 内山登紀夫: 発達障害 早めの気づきとその対応, p.2, 中外医学社 (2012).
- [17] 第一薬品産業株式会社: T&T オルファクトメーター (オンライン), 入手先 (<http://www.j-ichiyaku.com/kyukaku/t-t.html>) (参照 2014-11-10).
- [18] 三輪高喜: 嗅覚検査の現状と今後の展望, 耳鼻咽喉科展望, Vol.54, No.2, pp.70-79 (2011).
- [19] 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).

推薦文

自閉症の早期発見を目的としたシステムを提案しており、実用化されれば非常に有用なシステムで興味深い応用である点に新規性と有効性があることから、学術的な価値が高いと考えられる。

(デジタルコンテンツクリエーション研究会主査  
塚本昌彦)



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。



鈴木 理沙 (学生会員)

2013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。DICOMO2013ヤングリサーチ賞を受賞。



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。DICOMO2015優秀プレゼンテーション賞を受賞。



熊崎 博一

2004年慶應義塾大学医学部卒業。2006年慶應義塾大学精神神経学教室入局。2014年2月より福井大学子どもこころの発達研究センターに勤務。現在日本精神神経学会専門医、日本精神神経学会専門医指導医、日本児童青年精神医学会認定医。自閉スペクトラム症の嗅覚特性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。情報処理学会理事、学会誌編集主査、論文誌編集主査、GN研究会主査、IE領域編集長、日本VR学会理事等を歴任。現在、情報処理学会監事、情報処理学会論文誌：デジタルコンテンツ編集長、DCC研究会運営委員、電子情報通信学会HB/KB幹事長。情報処理学会論文賞(1996, 2001, 2008年)、情報処理学会40周年記念論文賞、IEEE SAINT'04、ICAT'07最優秀論文賞等を受賞。日本VR学会フェロー、IEEE、ACM、電子情報通信学会各会員。本会フェロー。