

自閉スペクトラム症者へのコミュニケーション支援に向けた他者表情提示システムの検討

堀江彩太¹ 大西鮎美¹ 和田真² 寺田努^{1,3} 塚本昌彦¹

概要：発達障害のひとつである自閉スペクトラム症 (ASD: Autism Spectrum Disorder) は、主な症状として言葉の発達の遅れや、特定のものへの過剰なこだわり、他人との社会的関係の形成の困難さをもたらす。ASD の症状のひとつに、定型発達 (TD: Typically Developing) 者に比べて人の気持ちや感情を読み取ることが苦手ということがある。そこで本論文では、表情推定を行うことができるカメラセンサモジュールを搭載したメガネ型デバイスを作成し、視野内に存在する人の表情から感情を推定し、その推定結果を音、振動、光で ASD 者にフィードバックするシステムを提案した。提案システムがフィードバック方法として有用であるかを評価するため、ASD 者 3 名と TD 者 2 名に実際に提案デバイスを装着させ、3 種類のフィードバックシステムを体験させた後、インタビューを行った。提案システムについては、音声フィードバックの評価が最も高く、振動フィードバックは人によって刺激に対する評価が分かれ、光フィードバックは LED の取り付け位置が悪く色の見分けが難しいという理由で低い評価となった。表情認知における ASD 者の困りごとと支援ニーズについてもインタビューを行い、実運用に向けた知見を得た。

1. はじめに

発達障害のひとつである自閉スペクトラム症 (ASD: Autism Spectrum Disorder) は先天的な脳機能障害であり、主な症状として、知的障害の有無に関わらず、言葉の発達の遅れや特定のものへの過剰なこだわりなどが見受けられ、他人との社会的関係の形成の困難さをもつ人のことを指す [1]。2012 年の米国の疾病管理予防局 (CDC: Centers for Disease Control and Prevention) の調査によると ASD と診断された子供は 68 人に 1 人といわれており、その数は年々増加している [2]。1944 年、Asperger が知的障害をもたないにもかかわらず自閉症状をもつアスペルガー症候群を発見したが [3]、1980 年まで自閉症は知的障害を伴うもの (古典的自閉症) と思われていた。1981 年に Lorna Wing がアスペルガー症候群の発見を紹介した [4] ことから自閉症状に関する研究が進み、古典的自閉症とともに ASD として新たに分類されるようになった。その結果、社会的な理解がより深まり ASD 診断が一般的に行われるようになってきたことが ASD 児の増加の背景として挙げられる。しかし症状の種類や重度は人によって様々であり、ASD の発症に到るまでの詳細なメカニズムなどは、明確に

解明されていないことが多い。ASD 診断は問診や行動観察などから行うのが一般的であり、ASD であるか判断するための数値化された基準は現段階では存在しないため、報告されている有病率以上に身近な障害といえる。ASD 症状のひとつである社会的関係の形成の困難さに関して、ASD 者は ASD に当てはまらない定型発達 (TD: Typically Developing) 者に比べて人の表情からその人の感情を読み取ることが苦手であることが指摘されている。例えば、他者が本心では怒っているが作り笑顔をしてみせるときに、TD 者なら表情を見て違和感に気づき怒っていると分かる場面でも、ASD 者はその違和感に気づかずさらには他者を怒らせるような行動をしてしまうといったことがある。このような「空気が読めない」行動をしてしまうことによって他者との社会的関係の形成が困難となる。年齢による発達によってこの困難を克服する場合もあるが、成人しても人の表情から感情を読み取ることが苦手な人は多い。このような ASD 症状には、医師の診断やカウンセリングによる治療が一般的であるが、増加しつつある ASD 者の数に対して医師やカウンセラーの数は限界があり、常につきっきりで支援するというのは非現実的である。また ASD 者が成人して 1 人暮らしをするなど、他者からの援助を受けることが困難な場合、ASD 者への日常的な支援がより一層求められる。

日常的な支援に適した手法として、ウェアラブルデバイ

¹ 神戸大学大学院工学研究科

² 国立障害者リハビリテーションセンター研究所脳機能系障害研究部発達障害研究室

³ 科学技術振興機構さきがけ

スを活用した支援が挙げられる。ウェアラブルデバイスはセンサの小型化、高性能化により装着者の様々なコンテキストを取得できるため、高齢者の見守り支援やフィットネストラッカーなど、より日常生活に密着したサービスが充実しつつあり、さらなる普及が見込める。また近年、顔認識機能が搭載されたカメラセンサモジュールの小型化が進み、身体に装着できる程度の大きさのモジュールで、人の顔画像を取得し、表情を推定できる。このように装着可能な小型の表情推定モジュールを用いてコミュニケーションを支援するシステムがあれば、ASD 者に対して日常的な支援が可能と考えた。

そこで本論文では、ASD 者のコミュニケーションを支援するため、装着型のカメラセンサモジュールを用いて他者の表情を推定し、ASD 者にフィードバックするシステムを提案する。メガネ型デバイスに搭載したカメラセンサモジュールを用いて、人の顔画像を取得し、その画像からリアルタイムに表情推定した結果を ASD 者に音や振動や光でフィードバックする。このデバイスを普段から装着することで、ASD 者の日常会話での他者感情の理解を助け、コミュニケーションの支援を試みる。ASD 者には、ある感覚に対して人よりも過剰に反応してしまうという、感覚過敏という特徴もあるため、それらを考慮したデバイスを設計し、実際に ASD 者に装着させインタビューを行うことで適切なフィードバック方法を検討する。

本論文では以降、2 章で関連研究を紹介し、3 章では提案デバイス及び提案システムについて述べる。4 章で ASD 者に行ったグループインタビューによる ASD 者のコミュニケーションにおける困りごとの調査と提案デバイスへの評価について述べ、5 章でその考察を行い、6 章で本論文をまとめる。

2. 関連研究

本章では、ASD の特徴である表情認知と感覚過敏に関して、およびウェアラブルデバイスによる ASD 支援に関する先行研究について述べる。

2.1 ASD の表情認知に関する研究

コミュニケーションは大きく言語コミュニケーションと非言語コミュニケーションの 2 つに区分されるが、手振りや表情などの身体を用いた非言語コミュニケーションはより普遍的で原始的なものといえる。表情から他者の感情を理解することは社会的な関係を築く上で重要である。しかし ASD の特徴のひとつである他者の表情の読み取り能力の低さによって他者の感情を理解できないことが ASD 者のコミュニケーションに支障をきたしている。ASD 者の表情認知に関する研究として、Weeks らは ASD 児に年齢、表情、帽子の種類がそれぞれ異なる組み合わせの顔写真を分類させたところ、ASD 児は表情よりも帽子の種類を優先

し、表情によって分類するように指示を与えても 1/3 の者は分類ができないと報告している [5]。これは ASD 児の他者の表情に対する感受性の低さを示している。具体的な表情分類に関して、若松は 12 歳から 18 歳までの年長 ASD 児 22 名を対象に表情図および表情写真の認知能力について実験的検討を行っている [6]。ASD 児は同知能年齢のダウン症児と比較して基本的な表情認知能力が低く、特に怒りの表情を喜びに誤って分類することが多く見られたと述べている。加えて、他者の表情を認知する能力だけでなく、ASD 児は自身の感情を表情で他者に伝えることも苦手であると示している。菊池らは表情認知において、喜びの表情に対する TD 児の認知が、悲しみ、怒りの表情に対する認知に比べて正答率が有意に高かったことに対し、ASD 児では表情ごとにその差が見られなかったことを報告している [7]。このような差が生じる原因について、梶田は ASD 児が他者の表情を見る際に顔のどの部分を注視しているのかをアイトラッキングシステムを用いて検討している [8]。ASD 幼児は ASD 児に比べて表情認知が不得意だが、目よりも口を注視することが多く、表情認知と目の注視が関係していると結論づけられないものの、目以外からの情報を信用しすぎてしまうため、表情の誤認識が起こるのではと推測している。また Pelphrey らは、ASD 者は対人場面での不当な恐怖心から目や鼻、および口などの顔の特徴領域をあまり見ないために、表情認知が困難となっていることを示している [9]。これらの先行研究から、ASD 者は何らかの理由で他者の表情を認知することが苦手で、それを克服することが社会的関係の形成において重要であると考えられる。そこで本論文では、表情推定ができるカメラセンサモジュールを用いることで、他者の表情から感情を読み取るサポートをするというアプローチをとる。

2.2 ASD の感覚過敏に関する研究

ASD の特徴として、表情認知の他に感覚過敏が挙げられる。感覚過敏とは視覚や聴覚、触覚が TD 者に比べ過剰に反応してしまうという性質であり、人によって度合いが異なるが、例えば、白いものや光を過剰にまぶしく感じたり、TD 者は特に気にしない小さな物音でも気になったりする。特に聴覚が過剰に反応してしまう聴覚過敏の発現頻度は非常に高く、Rosenhall らは ASD 者の 18.3% に聴覚過敏があると報告している [10]。中川は聴覚過敏について特別支援学校に通う ASD 者も含めた知的障害者を対象として調査を行っている [11]。聴覚過敏をもつ者は成人近くになっても高い頻度で持続していたと報告している。聴覚過敏を生じやすい音として赤ちゃんの泣き声、犬の鳴き声、雷、スーパーやデパートの館内放送など約 20 種の音で生じている。表情認知の困難さと同様に、感覚過敏は社会生活に大きな影響を及ぼすために、その改善に向けた治療や生活支援方法の確立が求められている。しかし、感覚の問題

ということもあって人によって種類も重さも異なるため、感覚過敏が生じる神経学的メカニズムはまだ解明されておらずその治療法も確立されていない。岩永は現在明らかになっている ASD 者の感覚処理や運動の問題に関する知見、およびそれらに対する支援について紹介している [12]。感覚過敏は感覚系をまたがって現れることが多く、一方の感覚過敏が変化するともう一方も変化することがある。例えば、揺れに対して過敏な ASD 児も、揺れ刺激の受け入れが良くなると他者とのかわりに対する柔軟性が見られる場合が多いと述べている。また、感覚過敏は情動面との関係があることが指摘されている [13] ため、事前に説明をしたり自身に選択させたりすることによって、不安を軽減することも必要である。よって本論文では、デバイス設計にあたって感覚過敏を考慮し、様々なフィードバック方法のうちユーザが好みのものを選択できるようなシステムを構築する。

2.3 ウェアラブルデバイスによる ASD 支援に関する研究

2.1 節及び 2.2 節では ASD の代表的な症状についての先行研究について述べてきたが、本節では包括的な ASD 者への支援について述べる。土田は ASD に対するリハビリテーションの基本的な考え方を数点示している [14]。そのうちのひとつに「アプローチは ASD 者自身だけではなく、家族、地域社会にも同時に向けられなければならない」という考え方があり、ウェアラブルデバイスの設計にあたって、装着が簡単にできることや他者から見て支援デバイスであることを意識させないような自然なデザインを心がけることなどが求められる。また最近では、実際にウェアラブルデバイスを用いた ASD 者へのリハビリテーション的介入実験も行われている。Washington らは自動表情認識ツールを搭載した Google Glass を ASD 児に装着させ、取得した画像データを Android アプリに送信し、そこで分析した表情結果を ASD 児に骨伝導スピーカを用いて音声で提示、または Google Glass のディスプレイ上にアイコンを用いて提示するシステムを構築している [15]。ASD 児の親は別の Android 端末で、子供の反応に応じて音声でフィードバックするか、アイコンでフィードバックするか選択できるようになっている。また、Google Glass と Android 端末を親子に持ち帰ってもらい、毎日数分から 1 時間の ASD 児に Google Glass を装着させた状態での親子の会話を 14 週間観察することで、社会性にどのような変化があるかを調査しており、参加した家族の多くが、子供の親の感情を認識する能力が研究の過程で顕著に改善したと回答している。この実験報告から、ウェアラブルデバイスを用いた支援を定期的に受けることによって ASD 者の社会的行動が改善される可能性があると考えられる。ASD 者を対象とするウェアラブルシステムの設計は ASD の感覚過敏を考慮した上で、各人の症状に合わせて行われるべきであること

も示している。しかし、この実験の対象者は発達前の子供に限られており、また、どのような症状の人にどのフィードバックが適しているかまでは言及していない。そこで本論文では、成人の ASD 者を対象として、感覚過敏を考慮したウェアラブルデバイスを設計し、ASD 者に他者の表情を提示する際に適切なフィードバック方法を調査する。

3. 提案システム

本章では、ASD 者の表情認知を支援する提案デバイス及び提案システムの詳細を述べる。

3.1 システム要件

本論文では ASD 者が装着するウェアラブルデバイスによって他者表情をフィードバックし ASD 者のコミュニケーションを支援することを目的とする。その目的を達成するためのデバイス及びシステム要件を以下に示す。

社会性

他者から見て支援デバイスであることを意識させない日常生活を行う上で違和感の無い自然なデザインを目指すべきである。また、コミュニケーションを支援するデバイスのため、デバイスの大きさやフィードバックの刺激が会話を阻害するものは不適切である。

装着性

長時間装着することを想定して小さく軽いデバイスであることが好ましい。また、ASD 者が容易に着脱できるものが望ましい。

選択性

感覚過敏の症状は人それぞれであるため、デバイスを装着する ASD 者が自身でフィードバック方法を選択できるようにすることが不可欠である。

この 3 点を満たすようなウェアラブルデバイス及びフィードバックシステムの設計を行う必要がある。ウェアラブルデバイスには、メガネ型や腕時計型、着衣型などがあるが、本論文では他者の表情を正確に読み取る必要があるため、ユーザの目の近くに装着可能なメガネ型デバイスの設計を行う。フィードバックシステムについては、メガネ型デバイスに実装可能であり、装着者が自由に選択できるように音、振動、光によるフィードバックシステムを実装する。

3.2 システム構成

システム構成を図 1 に、デバイス装着の様子を図 2 に示す。オムロン社のカメラセンサモジュール (HVC-P2 B5T-007001-020[16]) をメガネに取り付け、有線で Arduino 社のマイコン (Arduino Nano[17]) に接続している。マジックテープ付のベルトをメガネに接着し、ベルトの締め具合を調整可能にしている。左右のベルトに挟みこむような形でマイコンと DFROBOT 社の音声ファイルプレーヤー

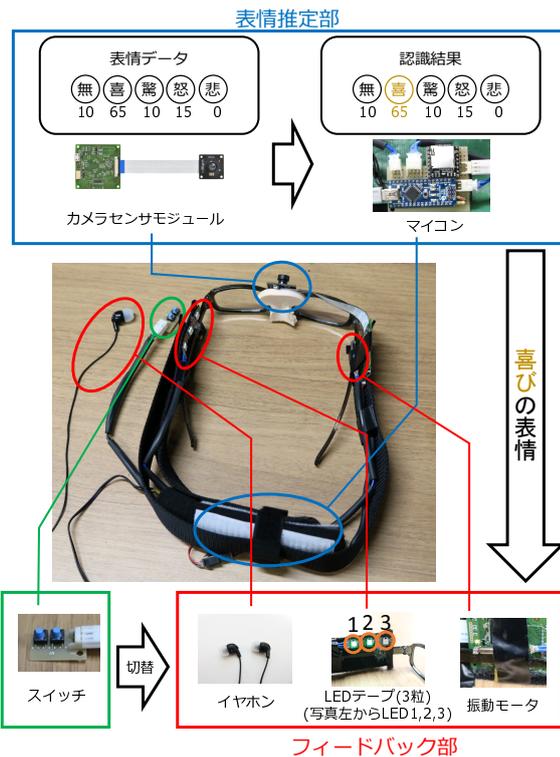


図 1 提案システム構成図

(DFPlayer Mini[18]) を取り付けたユニバーサル基盤を収納している。メガネも含めた総重量は 160g である。使用するカメラセンサモジュールは表情推定の他に検出した顔の向きや視線の推定、手の検出など 10 種類のセンシングが可能であるが、本論文では表情推定機能のみ用いる。500 ミリ秒ごとにカメラセンサモジュールで画像を取得し、検出した顔の座標データと表情データがマイコンに送信される。表情データは無表情、喜び、驚き、怒り、悲しみの 5 要素の合計が 100 になる数値で表現され、複数人の顔が検出された場合もそれぞれの表情で数値表現される。5 要素のうち数値が 50 を超える要素を推定表情とし、いずれも 50 を超えなかった場合は曖昧な表情として無表情に分類する。以上の方法で他者の表情を推定し、その結果に応じたフィードバックを ASD 者へ行う。マイコンには、2 つのタクトスイッチを搭載しており、一つは音、振動、光などのフィードバックの種類を切り替えることができ、もう一つはそれぞれのフィードバックにおける、音高、振動パターン、点灯パターンなどのモードの切り替えが可能である。スイッチでモードが遷移したとき、図 3 に示すように、光フィードバック用の LED テープの中の 2 つの LED が 1 秒間のみ点灯する色で現在のモードが確認できるようになっている。音によるフィードバックは LED1 が赤色に点灯し、DFPlayer Mini により microSD カードに内蔵している音声ファイルを読み込み、マイコンに接続されたイヤホンから音声を出力する。振動によるフィードバックは LED1 が緑色に点灯し、メガネの右側テンプルの内側に取



図 2 装着の様子

フィードバック (LED1)	モード (LED2)	ポジティブ群			ネガティブ群	
		喜び	驚き	無表情	悲しみ	怒り
音	音高	高	←			低
	音量	小	→			大
振動	効果音	キラキラ	小鼓	/		雫 不正解音
	振動	/			振動弱	振動強
光	色	黄	白	緑	青	赤
	輝度	←			→	

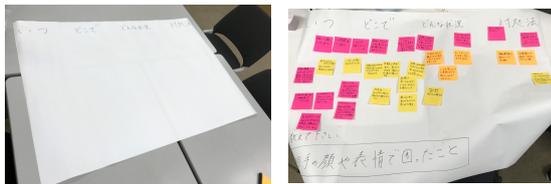
図 3 フィードバック方法

り付けた振動モータ (0408RN-41-10ATM-20) を振動させることで推定結果を提示する。光によるフィードバックでは LED1 が青色に点灯し、メガネの左側テンプルの内側に取り付けられた LED テープを点灯させることによって、表情推定の結果をフィードバックする。

次にフィードバック方法について述べる。本論文では、音声フィードバックには、音高モード、音量モード、効果音モードの 3 種類のモードを用意する。音高モードでは、LED2 は赤色に点灯する。同じビープ音を用いて表情推定結果がポジティブ群 (喜び) のときは高音、ネガティブ群 (怒り、悲しみ) のときは低音となる 5 段階の音を出力する。音量モードでは、LED2 は緑色に点灯する。「ピッ」という同じ効果音を用いて表情推定結果がポジティブ群のときは小さい音、ネガティブ群の数値が大きければ大きいほど大きな音を出力する。効果音モードでは、LED2 は緑色に点灯する。喜びのときは笑顔イメージする星がキラキラする音、驚きのときは「ボン」と小鼓を叩く音、悲しみのときは雫の音、怒りのときは不正解音など、感情を想起させるような 4 種類の効果音を出力する。振動フィードバックのモードは 1 種類で、LED2 は赤色に点灯する。悲しみのときは 200 ミリ秒間、怒りのときは 400 ミリ秒間振動モータが振動する。光フィードバックでは、色モードと輝度モードの 2 種類を用意する。色モードでは、LED2 は赤色に点灯する。喜びの表情のときは黄色、悲しみの表情のときは青色といった、表情に応じた色の LED を点灯させる。輝度モードでは、LED2 は緑色に点灯する。同じ白



図 4 インタビューの様子



(a) 模造紙 (b) 模造紙に貼られたメモ紙
図 5 インタビュー用紙

色光をポジティブ群のときは暗く、ネガティブ群のときは明るく点灯させる。

4. ASD 者へのグループインタビュー

ASD 者の表情認知における実際の困りごとを調査し提案システムの評価を行うために、筆者と情報系研究者 2 名に加えて、発達障害研究者 (DDR: Developmental Disorder Researcher) 1 名、作業療法士 (OT: Occupational Therapist) 2 名のもと、ASD をもつ 20 代男性 3 名を対象にグループインタビューを行った。インタビューは図 4 のように机を囲んで話し合い形式で行った。はじめに ASD 者 1 人ずつが表情認知における困りごとについて話し、つぎに支援ニーズについて尋ねた。その際、図 5 のように、ASD 者の発言内容を ASD 者ごとに色分けされたメモ用紙に OT が書き込み、「いつ」「どこで」「どんな状況」「対処法」と書かれた模造紙に貼り付けた。最後に本論文の提案デバイスを装着させ、フィードバックを行い提案システムの評価を調査した。本章ではそれぞれの調査結果を述べる。

4.1 ASD 者の困りごとについての調査

はじめに、表情認知に関して困った具体的なエピソードについて、いつ、どこで、どのような状況で困るか、またそれに対する対処法について、ASD 者が 1 人ずつ数分間話す場を設けた。ASD 者 A, B, C が話した内容の要点を以下に示す (インタビュー内容は付録を参照のこと)。

〈困る状況〉

- 相手の心情を察せない、表情だけでは分からない。(ASD 者 A)
- 相手が笑っていても本当に笑っているかが分からず、相手をごまかしているのかと思って気を使わなければならないことがしんどい。(ASD 者 A, C)
- 接し方が分からず、人間関係に困る。(ASD 者 A)

- 家族相手の場合ははっきり言い合えるので困ることが無い。(ASD 者 A, B)
- 人の顔を見ることが苦手で、話すときは首か胸元を見る。(ASD 者 B)
- 昔は人に顔を見られることが怖くて伏し目がちだったが、今でも癖が抜けない。(ASD 者 B)
- 顔を見ると自分も相手に見られるのではと思うから苦手。(ASD 者 B)
- 1 対 1 の場面は緊張するので特に苦手、複数だと一人の顔を見る必要が無いから楽。(ASD 者 B)
- 顔を見ないので人の顔が覚えることが苦手で、再び会ったときに誰か思い出せなくて困る。(ASD 者 B)
- 冗談で怒った顔をされても、本当に怒っているのではないかと不安になる。(ASD 者 C)

〈対処法〉

- 分からないときは相手に聞くか、別の人に聞く。(ASD 者 A, B, C)
- 高校生のころからこのままだとだめだと思い試行錯誤し始めて、昔よりは困らなくなってきた。(ASD 者 A)
- 顔の表情は当てにならないと思っていて、本心がより出ると感じる声のトーンで判断する。(ASD 者 C)

以上の内容をまとめると、3 名とも表情認知に困難さがあることが分かる。しかしその原因や対処法は人によって異なることも分かる。ASD 者 A, C は他者の見た目の表情認知はできるものの、表情とその人の実際の感情との結びつきを考えることが苦手である。一方、ASD 者 B はそもそも他者の顔を見ること自体が苦手で、そのために他者の感情を読み取ることが困難になっている。家族などの普段からコミュニケーションをとる相手であると困ることは無いが、それ以外の相手だと冗談が理解できなかつたり緊張で、コミュニケーションの不安につながっていることが 3 名に共通している。対処法としては、3 名とも、発育の過程で自らと向き合うなかで見つけた自分なりの対処法をとっているが、やはり困難さは拭えないと回答した。

4.2 ASD 者への表情認知の支援ニーズについての調査

4.1 節で回答した ASD 者 3 名に表情認知の支援ニーズについて、「どのような装置があると嬉しいか」という質問をした。内容を抜粋したものを付録に記す。

ASD 者 A は作り笑いの検出ができれば嬉しいと話したが、ASD 者 B, C からは同様の意見は得られなかった。しかし 3 名とも共通して、常に検出ができてしまうと相手の心を覗き見しているようで快いものではないとも話した。また他に ASD 者 B は他者の顔を覚えることが苦手なため以前も会ったことのある人と会ったときにその人が誰かを教えてくれる機器があれば助かると話した。

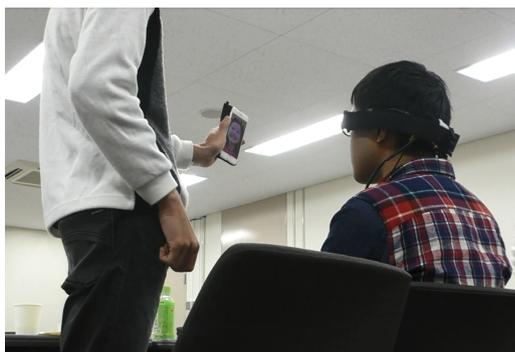


図 6 ASD 者の提案デバイス装着の様子

4.3 提案システムの評価

インタビューを行った ASD 者 3 名を対象に、図 6 のように実際に提案デバイスを装着させ、それぞれのフィードバック方法と装着性について調査した。表 1 から表 3 にそれぞれの ASD 者が話した感想をまとめた。なお今回の評価は、スマートフォンの画面上に表示した 5 種類の表情をした顔写真を見せ、音は効果音モード、光は色モードでフィードバックを行った。

3 名ともに、3 種類のフィードバックのうち音声フィードバックが一番分かりやすく良かったという回答だった。振動フィードバックは ASD 者ごとに異なる感想だった。振動が急で驚く人がいたため、急な刺激が苦手な ASD 者には振動モータがゆっくり始動するなどの工夫が必要である。光フィードバックについては、LED の取り付け位置が悪く光の色の見分けが難しいために分かりづらかったという理由で、3 名ともあまり良くないと回答だった。装着性に関しては、ベルトの締め具合が調整可能であったため問題なかった。また、フィードバック方法と装着性において感覚過敏を引き起こす不快さは無かった。

続いて、ASD 者との比較のために、作業療法士である TD 者 2 名にも提案デバイスを装着させ、デバイス評価の回答を得た。回答を表 4、表 5 に示す。TD 者 2 名の評価では、音声フィードバックが一番分かりやすく、光フィードバックは分かりにくかったという回答であった。振動フィードバックは 2 名とも評価が高く、装着性に問題はなかった。

5. 考察と今後のアプローチ

本章ではグループインタビューで得た調査結果に基づき、ウェアラブルデバイスを用いた ASD 支援のアプローチと提案デバイス評価の考察について述べる。

5.1 ウェアラブルデバイスを用いた ASD 支援のアプローチ

表情認知の支援ニーズについての調査から、フィードバック方法の工夫は必要なものの、ASD 者への表情提示支援が求められていることを確認した。また、ASD 者の表情

表 1 ASD 者 A のデバイス評価

評価項目	評価
音声フィードバック	一番良い。イヤホンが片耳だけなら喋っていても気にならない。
振動フィードバック	ちょうど良い刺激であった。
光フィードバック	相手の顔を見ながら LED の光も見ることが難しかった。
装着性	初めはきつかったが、ベルト調整すると大丈夫だった。

表 2 ASD 者 B のデバイス評価

評価項目	評価
音声フィードバック	一番分かりやすかったが、音の鳴る頻度が多く感じた。
振動フィードバック	初めは驚いたが悪くはなかった。
光フィードバック	光の色の見分けが難しかった。
装着性	問題なかった。

表 3 ASD 者 C のデバイス評価

評価項目	評価
音声フィードバック	一番良かったが、頻度が気になる。
振動フィードバック	急な刺激で驚いた。
光フィードバック	何かに集中していると光に気がかなさそう。
装着性	ケーブルが耳に当たり気になったが、位置を調整すれば大丈夫。

表 4 TD 者 A のデバイス評価

評価項目	評価
音声フィードバック	分かりやすかった。
振動フィードバック	肌と振動モータが離れていて、ちょうど良い刺激であった。
光フィードバック	LED の位置が悪く色が分かりにくい。
装着性	問題なかった。

表 5 TD 者 B のデバイス評価

評価項目	評価
音声フィードバック	分かりやすかった。
振動フィードバック	肌と振動モータの距離感が良く、ちょうど良い刺激であった。
光フィードバック	光の色はメガネのレンズに反射して見える。
装着性	問題なかった。

認知における困りごとに関する調査結果から、大きく二つの問題が挙げられる。ひとつは他者の表情がその人の本当の感情から出た表情なのか、あるいは作りものの表情なのかが分からないということである。TD 者は多くの場合、周囲の人の表情の影響を受けた知覚になる。例えば話し相手が怒っている表情でも、周囲の人が笑っていればその人はふざけて怒っている表情をしていて、感情としては喜びの感情である可能性が高いと認識する。しかし ASD 者は

中心化傾向の影響を受けにくい、すなわち物事を多くの情報から総合的に判断することが苦手という特徴がある [19]. このため ASD 者は表情認知において周囲の人の表情やその人の身振りを総合的に判断できずに話し相手の表情のみで判断してしまうことがあると考えられる. したがって, ASD 者に情報を提示する際, 話し相手の表情だけでなく周囲の人の表情の情報, 身振りや声の調子も加味してフィードバックする必要がある. また本論文では外部からの表情観察による感情認識のアプローチをとったが, ASD 者は自身の感情を表情に出す能力も苦手であるため, 表情の表出からのアプローチによる ASD 者のコミュニケーション支援も可能であると考えられる.

もうひとつの問題は, 緊張や恐怖から話し相手の顔を見ることができないということである. この問題に対しては, 初めのうちは話し相手の胸元を見ればカメラが相手の顔を捉えられるように設定することでフィードバックを受けられるようにしておき, 次にフィードバックを受けられるカメラの検出範囲を段階的に狭めていき, 徐々に顔の近くを見られるように誘導していくアプローチが有効であると考えられる.

5.2 提案システムの評価の考察

4章のインタビュー結果から, ASD 者と TD 者とのデバイス評価に大きな差は見られず, 音声フィードバックが1番良く, 光フィードバックが分かりにくいとの回答であった. 提案デバイスの装着性の評価では, 頭部の大きさなどの身体的要因が振動フィードバックや装着性における評価に影響を与えていた. これは短時間の装着で, 筆者らによる補助がある環境での評価であったことや, それぞれのフィードバックにおいて標準的な機能しか実装していなかったことが影響していると考えられるため, 今後実環境で使用した際の評価も必要である. フィードバック方法について, 光フィードバックは一見分かりやすい提示方法であるが, その評価は低かった. これは LED テープの取り付け位置が装着者から見えにくい位置にあったことが原因であると考えられる. 国際照明委員会 (CIE: Commission Internationale de l'Éclairage) では4度を超える視野の規格として10度視野を定めており [20], 10度を超える視野での光の認知は難しいとされている. このような人間工学の知見を加味しながら, 今後適切な LED テープの取り付け位置やフィードバックのタイミングを検討していく. また, インタビューから, 相手の現在の感情を直接フィードバックするのではなく, 相手の感情に対して, 自分の振る舞いにアドバイスを与えてくれるフィードバックが求められていることがわかった. このようなフィードバック方法は人の好みによっても大きく左右されることが予想されるが, フィードバック方法の一つとして, 今後検討していく.

最後に装着性については, 装着している間の不快感は無

かったものの, 装着を始める際にケーブルが頭部に引っかかり時間がかかったことがあったため, 今後は1人でもスムーズに装着できるデザインを目指す.

6. まとめ

本論文では, ASD 者のコミュニケーションを支援するため, 他者の表情を推定し, ASD 者に音声や振動, 光でフィードバックを行うメガネ型デバイス及びフィードバックシステムを提案した. 提案システムは, メガネ型デバイスに搭載したカメラモジュールにより人の表情推定を行い, 装着者にフィードバックすることができる. 本システムが ASD 支援に有用であるかを評価するため, ASD 者にインタビュー調査を行い, ASD 者は人によって原因や症状は異なるものの, 表情認知において困難があることを確認した. また, 提案デバイスを ASD 者3名と TD 者2名に実際に装着させ, 3種類のフィードバックシステム, 装着性についてインタビュー調査を行った. フィードバック方法について, ASD 者と TD 者ともに同様の意見であり, 音声フィードバックの評価が一番高く, 振動フィードバックは人によって振動刺激を強く感じる, または適切な刺激であると評価が分かれた. 一方, 光フィードバックの評価は低い結果となったが, LED テープの取り付け位置や人間の光認識の仕組みが原因であると考えられる. システム設計においてそれぞれの人に適合したフィードバック方法を探る必要性を確認した. 装着性については, 装着の際にケーブルが頭部に引っかかり, 時間がかかったが, 装着中は特に問題はなかった. しかし, 今回行ったインタビューでは装着時間が短かったことや被験者が ASD 者3名, TD 者2名と少なかったことなどから, 今後さらに調査を行う必要があると考えられる.

今後の課題としては, デバイスを軽量化することで装着者の負担を減らすなどして実環境で使用できるようなシステム設計を行い ASD の感覚過敏を考慮したウェアラブルデバイスの装着位置やフィードバック方法についてさらなる検討を進める.

謝辞

本研究の一部は, JST さきがけ (JPMJPR15D4) の支援によるものである. ここに記して謝意を表す.

参考文献

- [1] 文部科学省: 今後の特別支援教育の在り方について (最終報告), http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/054/shiryo/attach/1361204.htm.
- [2] Centers for Disease Control and Prevention: Autism Spectrum Disorder (ASD), <https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>.
- [3] H. Asperger: Die "Autistischen Psychopathen" im Kindesalter, *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, Vol. 117, No. 1, pp. 76-136 (1944).

- [4] L. Wing: Asperger's Syndrome: A Clinical Account, *Psychological Medicine*, Vol. 11, pp. 115–129 (Feb. 1981).
- [5] J. Weeks and P. Hobson: The Salience of Facial Expression for Autistic Children, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Vol. 28, pp. 137–152 (Jan. 1987).
- [6] 若松昭彦: 年長自閉症児の表情認知・表出に関する実験的研究, *特殊教育学研究*, Vol. 27, No. 3, pp. 19–30 (1989).
- [7] 菊池哲平, 古賀精治: 自閉症児・者における表情の表出と他者と自己の表情の理解, *特殊教育学研究*, Vol. 39, No. 2, pp. 21–29 (2001).
- [8] 梶田奈々子: 自閉症スペクトラム障害児の表情認識能力について, *心理相談センター年報*, Vol. 9, No. 9, pp. 37–42 (Mar. 2014).
- [9] K. Pelphrey, N. Sasson, J. Reznick, G. Paul, B. Goldman, and J. Piven: Visual Scanning of Faces in Autism, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol. 32, No. 4, pp. 249–261 (Aug. 2002).
- [10] U. Rosenhall, V. Nordin, M. Sandström, G. Ahlsén, and C. Gillberg: Autism and Hearing Loss, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol. 29, No. 5, pp. 349–357 (Oct. 1999).
- [11] 中川辰雄: 聴覚過敏——仕組みと診断そして治療法, 海文堂出版 (2012).
- [12] 岩永竜一郎: 自閉症スペクトラム障害児の療育と支援, *日本生物学的精神医学会誌*, Vol. 24, No. 4, pp. 252–256 (2013).
- [13] S. Lane, S. Reynolds, and L. Dumenci: Sensory Over-responsivity and Anxiety in Typically Developing Children and Children With Autism and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Cause or Coexistence?, *American Journal of Occupational Therapy*, Vol. 66, No. 5, pp. 595–603 (Sep. 2012).
- [14] 土田玲子: 5 自閉症に対するリハビリテーション (IV リハビリテーション), 長崎大学公開講座叢書, Vol. 10, pp. 155–160 (Mar. 1998).
- [15] P. Washington, C. Voss, A. Kline, N. Haber, J. Daniels, A. Fazel, T. De, C. Feinstein, T. Winograd, and D. Wall: SuperpowerGlass: A Wearable Aid for the At-Home Therapy of Children with Autism, *Proc. of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 3, pp. 112:1–112:22 (Sep. 2017).
- [16] オムロン株式会社: ヒューマンビジョンコンポ (HVC) シリーズ, <https://plus-sensing.omron.co.jp/product/hvc-p2.html>.
- [17] Arduino Holding: Arduino Nano, <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>.
- [18] DFROBOT: DFPlayer Mini SKU:DFR0299, https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DFPlayer_Mini_SKU:DFR0299.
- [19] T. Karaminis, M. Cicchini, L. Neil, G. Cappagli, D. Aagten-Murphy, D. Burr, and E. Pellicano: Central Tendency Effects in Time Interval Reproduction in Autism, *Scientific Reports*, Vol. 6, No. 28570 (June 2016).
- [20] CIE: CIE 10 Degree Photopic Photometric Observer, <http://www.cie.co.at/publications/cie-10-degree-photopic-photometric-observer>.

付録

ASD 者へのインタビュー内容を以下に記す。なお省略のため、作業療法士を OT, 発達障害研究者を DDR, ASD 者 A, B, C をそれぞれ A, B, C と表記している。

話者	発言内容
OT	んと、なんかちょっと人の顔の表情とかで困ることについて、ちょっと聞きたいんですけど。すごく分かりやすい人もいますか。こう、いろいろな友達の中で、この人は怒ってるとか、悲しんでるとか、そういう分かりやすい……。
A	いや、たぶん、みんな。
OT	みんな似たような。
A	表情、何て言うか、自分の気持ちをごまかしてって、ごまかしてっていうのはつらいけど、なので隠してって、気を使ってるから、笑ってるから、なかなか分からないですね。
(略)	
DDR	家族でも、それはなかなか難しい？
A	いや、家族だと、なんかお互いにはっきり言い合えるから。
OT	ああ、そうか。表情を見なくても、ちゃんと本音で言ってコミュニケーションを。
A	やっぱり、一番関わってきてるっていうか、一番一緒にいる、やっぱり家族だから。
(略)	
OT	もし、ニコニコしてたら、それは本当にニコニコの気持ちなのか、どうかっていうところが分からない？
A	やっぱり (そうです)。
OT	なるほど。
A	特にあんまり、何て言うか、関わってきてない人とかだったら。友達じゃないっていうか。言い方がおかしいんですけど。えっと、知り合いじゃなかったりとか。そういう初対面の人とかが、一番難しいっていうか。社会に出ていく上でも、そういうことがちょっと分からないですよ。
(略)	
DDR	対処法っていうか、その、それでもなんか表情を推定するために、何か、あの、対処しているようなことってありますか。
A	対処してるような？
DDR	もしかしたら、この人、怒ってるかもとか、何とかかもっていうふうに推定する何か。
A	うーん、それはやっぱり、うーん、相談とか。
DDR	まず、打ち解けて話すっていうことが重要じゃないかと？
A	そうですね。
(略)	
A	それで、何て言うか、声とか聞いても、なんだったか、っていうか、表情とか見て、それで相手に聞いたりとか、いろいろ試行錯誤を重ねながら、人間関係を自分の中に、どういう人間関係が自分には合ってるかとか、うーん、お互いに築き上げていけるのかとか考えてきましたね。
(略)	
DDR	それでは二番目の方お願いします。

(次頁に続く)

話者	発言内容
B	はい。そうですね、自分の顔や表情で困ったことですが、私、あの、目線が、まあ、今もそうなんですけど、えっと、相手の顔をなんか真正面で見ると、受け止めることも苦手でして。大体、首元回りか、胸回りってというのが大体、まあ、目の前の方だとその辺のほうを見てしまうんですけども。そのせいで、あの、あれですね、人の顔はちょっと覚えにくっていか、ちょっと、大体そうですね、自分の名前が珍しいこともあって、大体、相手が覚えてくれる。
OT	ああ、相手が覚えてくれる、確かに。
B	ということもあるので、それで大体やり過ぎてしまったので。ちょっと、ま、社会に出て、ちょっと困ってるというか、は、ありますね。でも、ちょっと、なんでしょうね、見られるの怖いことも。昔、小さい時に怖くて。
OT	ああ、見られるのが？
B	見られてるとい、そういう視線を浴びるっていうのが怖くて、どうも、どうしても見れなかったんですよ、小さい時。今は、まあ、必要に応じて、まあ、見るようにはできますけど。ちょっとどうしても伏し目がちになってしまいがちだったので、そうですね、それでちょっと厳しい。まあ、そうですね、あの、相手の顔とか、あんまりはっきり見ないで過ごしてしまいました。表情については、まあ、何となく声とか、そういう、なんか、えーと、話の雰囲気とかでも、大体察するというか、まあ、笑ったりとかもしてまして。それなりに、まあ、判断してますかね。まあ、そんなに判断してるっていうよりも、そんな比重は置いてないんですけども、そんなことを思ってますね。そうですね、んで、そう、うーん、ま、そうですね、ま、特になんか1対1のときとかは、特に苦手ですね、そういうのは特に。まあ、周りでこうやって話すときは、ま、今も伏し目がちなんですけど、まあまあ、でも、1つに集中してないので、なんか、やり場はいろいろありますし。こっち、集中してない人の顔なんか、こうやって見て、覚え、ああ、そう、何となく観察したりとかして、覚えてたりとかしてますね。
OT	やっぱ、1対1だと緊張高い感じ？
B	緊張、そうですね、今はそんな緊張しすぎることないんですけど、どうも癖というか、要は抜けないんだと思いますね。
DDR	人から見られるのも結構怖かったけれども、自分が相手の顔をじっと見るのも結構怖い感じ？
B	そうですね、なんか。見ると、こっちを、なんか、見てくるんですよ、相手。それがなんか怖かった、怖いっていか、怖いっていか、そうですね、怖かったかな。 (略)
OT	社会人になって、その、あの、人の顔を覚えるのがちょっと大変なのに気付いたってところで、何か

(次段に続く)

話者	発言内容
	対処してる方法とか今あるんですか。
B	うーん、あとから、まあ、あの人誰でしたっけ、っていうことは聞いたり、まあ、先輩とかに聞いたりしてます。 (略)
OT	それ、ご家族でもって感じですか。
B	いや、それは大丈夫です、それは。 (略)
DDR	んと、じゃあ、3番目の方、お願いします。
C	はい。えー、私が、その、顔や表情で困ったことは、あの、ま、笑った時に、その、愛想笑いとかあるじゃないですか。で、まあ、それで本当に笑っているのかってことを思うことが、まあ、なんかありますね。あの、常に笑ってる人とかいると思うんですけど、ま、いつも。
OT	いる、いる。
C	いつもニコニコ。で、逆に、何を思っているのかって。
OT	はい、困りますよね、そういうの。
C	それで、まあ、うん、どう思ってるのかなと思った方もする。まあ、あと、友達同士で、ま、ふざけて怒った顔とかされたときに、ま、一瞬、一瞬困ってしまったり。なんか相手を傷つけてしまったのかなとか、思ってしまったことがあります。 (略)
C	怒った顔とかした時は、あれ、なんかした？って、こう、聞きます。
DDR	口に出して聞いちゃうっていう感じ？
C	うん、直接。
OT	直接、相手に。
C	その場で。 (略)
C	そう。あの、まあ、顔は笑っているんですけど、その、ま、声の音色とか怒ってる感じの。
OT	音とか。
C	人とかいたりするんで。ま、表情はわりと当てにはならないかなって感じですよ。 (略)
OT	当てにする感じ？声のほうを。
C	ま、総合的に。声が結構、当てにはなるかなって感じがあります。 (略)
OT	それもちょっと皆さんに聞きたいんですけど。もし、こう、表情がもっとパッと分かりやすかったら、なんか人間関係とかはもう少しやりやすくなったりするかな、とかはありますか。別に表情分かってても変わらないのか、どうですか。何か意見がもしあれば、少し、見るのがちょっと怖いってなると、なかなかあれです

(次頁に続く)

話者	発言内容
	よね。
B	あんまり変わらないんじゃないかな、とは思いますがけど。表情。
DDR	例えば、その、本当は笑ってる顔なんだけど、本当は怒ってるっていうのを、あの、検出できる機械というか、眼鏡みたいなのができたら。
OT	そう、教えてくれるようなものがあったら。
DDR	それがあったら役に立ちそうですか。
A	ああ、それがあったら、今までこういう人間関係で苦しんだ生活をしてないんじゃないかなっていうか。それができたら、本当にすごいと思うっていうか。でも、それがないからこそ、なんか楽しいんだ、みたいな感じもあるっていうか。あ、でも、駄目なところ、相手が自分に対して嫌だなど思ってることは明確になるような装置が欲しいっていうか、相手の気持ち読み取れる装置が欲しいっていうか。
OT	今、何を考えてるのかな、みたいなのを。
DDR	表情そのものっていうよりは、うそ笑いっていうか、本当は作り笑いなんだけど、今ちょっと相手、実は気分悪くなってからヤバイよっていうのを教えてくれる装置とかがあると、それだったら役に立ちそうっていうか。
A	あ、そうですね。 (略)
DDR	直でこう返すより、周りの雰囲気も含めて返してくれるっていうデバイスがあるといいのかなというのは、やっぱり。
OT	確かにたくさんさんの、ちょっとたくさん人がいる中で、ちょっと、会議の時とか、自分がそういうしゃべっているのがだんだんあれな時とか、そういう中で雰囲気を读みつつ教えてくれるような。
DDR	あの、無理に、1対1の相手のを無理やり、こう、読み取るっていうよりは、全体的にちょっと今は気を付けなさい、みたいな感じのほうが、むしろ、あんまり、何て言うか、罪悪感がなくなるみたいな。
B	そうですね。まあ、空気読めないこととかあるので、まあ、あればいいかなとは思ってことですかね。助かるなどか思いますね。 (略)
C	いや、私も、それがあったら確かに便利かもしれないですけど。うーん、なんか相手の心をのぞき見してる感じじゃないですか。ちょっと罪悪感出るかなと思います。

(以上)