

研究報告

発達障害児の学校生活適応に向けた Virtual Reality(VR)を用いた評価方法の検討

大河内彩子*, 松永信智**, 佐藤弘**

Virtual classroom for assessing gaze and distractor inhibition in children with autism spectrum disorder (ASD) and attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): An initial investigation for classroom performance

Ayako Okochi*, Nobutomo Matsunaga**, Hiro Sato**

Abstract: Objective: Virtual reality (VR) has demonstrated the potential to become a neuropsychological assessment modality for children with neurodevelopmental disorders (NDs). VR may be well suited for evaluating children suspected of having autism spectrum disorder (ASD) and attention deficit/hyperactive disorder (ADHD). This study was conducted to explore the feasibility of VR for assessing atypical gaze and inhibition using sensory distractors. Methods: School-aged children were assigned to the NDs group (n=7) or control group (n=7), respectively. A virtual classroom was designed to evaluate their reactions to distracting events, including multiple noises, an object falling and moving objects. The direction and the time duration of the gaze were measured and calculated every fifteen seconds. A performance test instructed by a virtual teacher was also conducted. Results: The NDs group had a significantly longer gaze duration on the virtual teacher during 30-45 seconds of the VR classroom event ($p<.05$), while a control group seemed to gaze at notice and some other items when artificial noises came out. During that 15 seconds, the NDs group's gaze duration time on teacher increased more, and the one on noise direction decreased more than immediately before 15 seconds. Although the NDs group tended to make a wrong answer at the fourth question that needed a complicated cognitive process, the difference in the correct answer ratios was not significant. Discussion: These results validated the potential of a VR environment to evaluate the difference of gaze and inhibition between school-aged children with NDs and typically developed children. Moreover, we proposed assessing hyperfocus and the central coherence deficit among children with NDs through our developed performance test. Future research is necessary to investigate the quantitative validity of the VR environment used in this study to differentiate the clinical levels of gaze characteristics that lead to deficits in learning.

Key words: Virtual reality, school refusal, neurodevelopmental disorder, sensory modulation disorder, assessment

受付日 2021年10月21日 採択日 2022年1月18日

*熊本大学大学院生命科学研究部 環境社会医学部門 看護学分野 **熊本大学大学院 自然科学研究科

投稿責任者: 大河内彩子 okochi@kumamoto-u.ac.jp

I はじめに

発達障害が疑われる子どもは、全国の小中学校児童生徒において6.5% (約63万人)¹⁾と看過できない

数である。彼らの早期発見・早期支援による二次障害、すなわちストレス・不安、不登校・ひきこもりの予防は喫緊の課題である。なお本稿では、発達障害者支援法や米国精神科医学会診断・統計マニュアル

ル第5版DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) に基づき、発達障害を自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: ASD)、注意欠如・多動症 (Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: ADHD)、限局性学習症 (Specific Learning Disorder: SLD) などの神経発達症と定義する。

発達障害と不登校との関連が指摘されている。社会性の課題や生活習慣の乱れ (インターネット依存) や偏食や学業不振等から、ASD や ADHD をもつ子どもは不登校をきたしやすい^{2,3)}。不登校はひきこもりとの親和性が高く³⁾、学童期からの不登校の予防が重要である。

不登校の予防には、ASD や ADHD を背景にもつ子どもの学業不振につながる感覚や実行機能の障害を理解することが重要である。感覚調整障害を合併する発達障害児は多く、約5割である⁴⁾。感覚調整障害とは、感覚入力過程に問題があり、身体や環境からの感覚入力に関して低反応又は過反応を起こすことであり、全ての感覚領域で起こり、複数の感覚領域にまたがって問題があることや低反応 (感覚鈍麻) と過反応 (感覚過敏) を併せ持つこともある。ASD・ADHD 児では学業不振につながる様々な感覚機能の障害がある⁵⁾。ASD 児は視覚情報の妨害刺激を無視することは定型発達児より難しい⁶⁾。ADHD 児および ASD 児は雑音がある中で聴覚に基づく課題の実行が障害される⁵⁾。ADHD 児は視聴覚の妨害刺激のある VR 教室を用いた注意機能評価において、定型発達児より多くの間違いや体動を示した⁷⁾。しかし、ASD・ADHD 児・者の特徴を定量的に明らかにすることは難しく^{8,9)}、評価方法の開発が求められている¹⁰⁾。

感覚の評価において、近年視線探索による発達障害児・者の特徴の解明が行われるようになった。例えば、ASD 者特有の視線パターンの検出や⁸⁾ ASD 者の特異な知覚と環境からの視聴覚信号との関連の検証¹¹⁾ がされている。Fujioka⁸⁾によると、ASD 男性群は口唇の動きのない顔画像における目といった顕著な社会情報の注視時間が定型発達男性群よりも有意に短かった。一方で口唇の動きのある顔画像への注視時間は2群で有意な差はなかった。よって、ASD 児・者は視覚や視知覚が独特と言われている

一方で¹¹⁾、その特徴は十分に解明されておらず、詳細な検討が必要なが示されている。特に既存研究は成人を対象としており^{8,11)}、児童生徒を対象とした研究はほとんど皆無である。

これらの感覚や実行機能の障害の評価において VR 環境の利用が注目されている。希少な研究の中でも国外では、Virtual Reality (VR) で再現した仮想教室 (以下、VR 教室) を利用した感覚や実行機能の評価が実施されている^{7,9)}。VR 教室では統一された実験環境下で刺激の設定ができ、現実に近い体験が可能のため、学校環境における発達障害児の困りごとの同定につなげることができる。しかし、本邦では VR 教室を利用した発達障害児の感覚の評価は行われていない。

VR 教室環境は一般的な実験環境より精度の高い測定が可能であり、発達障害児の好みに合うので正確な能力を反映しやすく、発達障害児の感覚や認知機能の障害を明るみにしやすい⁹⁾。よって、VR 教室内での妨害刺激発生時の発達障害児の視線パターンの特徴を明らかにできれば、学業改善の支援のヒントが得られる可能性がある。しかし、国内外において、VR 教室環境下で詳細な視線計測はほとんど行われていない。VR 環境下での視線計測は、当初機器の作成や誤差の課題があった¹²⁾。近年、機器の進化により、視線追跡機能付き VR ヘッドセットを活用した視線計測研究が見られるようになったが十分な知見が得られていない¹³⁾。また、VR 教室環境下で妨害刺激を受けた時に注意を逸らさずに反応を抑制し課題を遂行する実行機能の評価も少ない。本研究では感覚刺激を受けた時の反応や実行機能について、VR 教室を用いて評価する方法を試行的に開発し、その有効性を検証することを目的とする。

II 研究方法

1. 対象者

発達障害と医師から診断された児童生徒7名 (発達障害児群) および定型発達の対照群7名である。発達障害児群には、研究協力に同意した医師が対象者および家族に事前に文書および口頭で説明を行

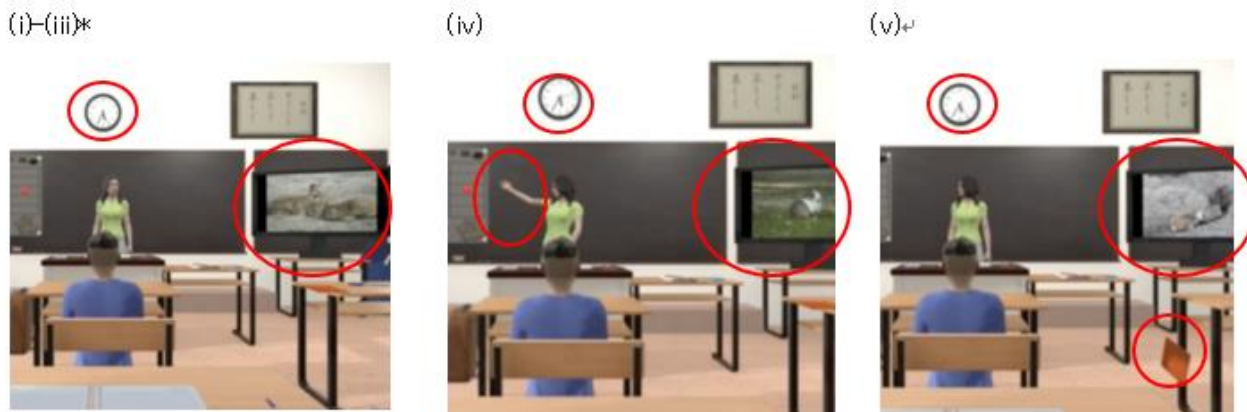


図 1 VR 教室の内容

- (i) 0-15 秒時点の画像、妨害刺激はスクリーンセーバーと時計
 - (ii) 15-30 秒時点の画像、妨害刺激はスクリーンセーバーと時計と石焼き芋販売の音
 - (iii) 30-45 秒時点の画像、妨害刺激はスクリーンセーバーと時計と犬と猫の泣き声
 - (iv) 45-60 秒時点の画像、妨害刺激はスクリーンセーバーと時計と教師の指差し
 - (v) 60-75 秒時点の画像、妨害刺激はスクリーンセーバーと時計とノート落下
- *: (i)-(iii)は聴覚の妨害刺激は異なるが、画像としてはほぼ同一であり、まとめて掲載した

い、事前に文書で同意を得た。評価当日には著者が両群に説明を行い、同意を得た。発達障害は ASD もしくは ADHD とし、合併例も含めた。XR 協会によるガイドライン¹⁴⁾で VR を利用可能なのは 7 歳以上であること、画像のシナリオの難易度を考慮し、年齢は 12-18 歳とした。除外基準は視力・視野の問題や聴覚の問題や身体障害や知的障害としたが、該当者はいなかった。

2. VR 教室

先行研究⁹⁾を参考にし、対象者が VR 教室内で机や教師や生徒や窓や黒板に囲まれて座る実験アプリケーション(映像)を設計し、視覚・聴覚の妨害刺激を作成した(図 1)。映像は、対象者が教室内前方 2 列目の真ん中の席に座って、教師と対面し終礼時に話を聞くというシナリオで作成した。アメリカの研究⁹⁾では、視聴覚の妨害刺激として、本が床に落ちる、生徒が手を挙げる、紙飛行機が部屋を飛ぶ、飛行機が頭上を通過する(教室の天井がない画像設定)、ベルが鳴る、などが時間軸に沿って発生する。これらをわが国の状況に合うように検討し、妨害刺激は、画面左手にある窓の外からの雑音(石焼き芋販売、犬と猫の鳴き声)、教師による掲示物の指差し、右前の机からのノート落下、チャイム、スクリーンセーバーの画像の切り替わり、時計の秒針の動き等である。石焼き芋販売の音を 15-30 秒時点で、

犬と猫の泣き声を 30-45 秒時点で、教師による指差しを 45-60 秒時点で、ノート落下を 60-75 秒時点で発生させた。ASD 児は全体を把握することや新たな課題に注意を向けるのが苦手であり、教室での配慮が求められている¹⁵⁾。終礼時の教師の説明は行事予定等に合わせて非定型かつ多岐にわたるため、発達障害児にとって全体把握や話題への対応がしづらいつらと考えた。映像の作成には 2D/3D ゲーム開発環境である Unity¹⁶⁾を用いた。音量はヘッドマウントディスプレイ(HMD)の最大音量とした。HMD は、VR デバイスのことであり、HTC 社「VIVE Pro Eye」¹⁷⁾を使用した。

3. 視線計測方法

教師の説明中に妨害刺激が発生した際の注視位置を 15 秒間隔で計測した。HMD を装着した対象者の眼球の状態を内部カメラによって計測した、VR 空間内での視線(注視点)決定手法として、個別に 0.05 秒ごとに赤の円を描いた(プロットした)(図 2)。なお、図中のピンクの線は対象児の視線を可視化するために引いたものである。注視時間は教師、15 秒ごとの主な妨害刺激、その他に分けてプロットした赤の円の数を算出し、その個数から求めた。注視時間の個別データを各群で集計し、各群の平均値を算出した。

視線計測の前にはキャリブレーションを行った。

(i)



(ii)



図 2 VR 教室における視線探索例

(i) 45 秒-60 秒までの注視点 (発達障害児群の 1 名)

(ii) 45 秒-60 秒までの注視点 (定型発達児群の 1 名)

計測は HMD を装着した対象者を椅子に座らせた状態で行った。対象者によって座高が異なるため、測定前には HMD の高さの調整を行った。対象者には、シナリオの設定と視聴後にクイズがあることを説明した上で、HMD を装着してもらった。VR 酔い¹⁸⁾の予防として、90 秒の動画視聴の前に、対象者が VR を視聴する練習を別の画像を用いて 1 分以上行った。VR 酔いを防止するために VR 映像を視聴する際は視線だけではなく、顔や首を動かすように指導した。

4. 視線以外の項目

視聴覚に訴える妨害刺激による学業への影響を評価するために、VR 教室内の教師の説明の理解度を評価する Performance test (以下、クイズ) を作成した。クイズは、90 秒の VR 動画中に教師が説明する内容から 5 問設定した。クイズの内容は、問 1: 宿題の数、問 2: 翌日の学校行事の時間、問 3: 来週の当番、問 4: 飼育係の次に話題にされた係、問 5: 学校で流行している病気、である。VR 視聴前に視聴後クイズがあることを説明した上で、クイズ (自記式) を実施した。

5. 分析方法

発達障害児群と定型発達児群の 2 群について、基本属性 (年齢、性別)、15 秒ごとの注視時間、注視時間の増減、クイズの正答率に関する記述統計を行った。群間比較では、等分散性の検定・対応のない t 検定、Fisher の直接確率検定を行った。分析には統計ソフト SPSS Ver. 28 (IBM)¹⁹⁾を使用した。有意水

準は 5%とした。

6. 倫理的配慮

本研究は、筆頭著者の所属組織の倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 倫理第 1917 号)。子ども用の説明同意文書とは別に保護者用の説明同意文書を作成し、その用紙を用いて保護者から代諾を取得した。子ども本人には、可能性や疑いを含めて発達障害に関する告知はなされていない可能性があるため、研究者から情報の漏洩がないよう留意した。フォローとして、かかりつけ医療機関からの継続的支援が受けられることや県内の関係機関の紹介ができることを説明した。HMD 装着中や前後において、対象者の観察や声掛けを行い、気分不良の発見や表出の促進に努めたほか、休息できる環境等を準備した。なお、VR 酔いの症状や訴えのある対象者はいなかった。

III 研究結果

1. 基本属性

発達障害児群 7 名 (男子 5 名、女子 2 名)、定型発達児群 7 名 (男子 5 名、女子 2 名) を分析対象とした。2 群で性別や平均年齢に有意な差は見られなかった (表 1)。

2. 視線データの比較

30-45 秒までの「教師」に対する注視時間において、2 群で有意差が見られた ($p < 0.05$)。発達障害児群のほうが、教師を注視している時間が定型発達

表 1 対象児 (2 群) の属性

変数	発達障害児群(n=7)		定型発達児群(n=7)		p
	人	%	人	%	
性別 男子	5	71.4%	5	71.4%	0.720
	2	28.6%	2	28.6%	
年齢	M	SD	M	SD	p
	12.714	1.604	13.571	0.535	

児群より有意に長かった。全ての時間帯を通して、30-45 秒における「教師」以外では、2 群で有意差のある項目は見られなかった (表 2)。

表 2 対象児 (2 群) と注視時間との関連

変数	発達障害児 (n=7)		定型発達児 (n=7)		P値	
	平均	SD	平均	SD		
0-15秒までの注視時間 (秒)	掲示物	1.1	1.1	1.6	0.9	0.429
	教師	10.2	3.1	9.1	2.7	0.461
	その他	3.6	2.3	4.4	3.3	0.637
15-30秒までの注視時間 (秒)	掲示物	1.3	1.4	1.7	1.3	0.653
	教師	9.7	4.2	7.4	3.4	0.274
	その他	3.9	4.1	5.9	4.2	0.383
30-45秒までの注視時間 (秒)	掲示物	0.8	1.2	1.4	0.7	0.312
	教師	11.3	2.4	8.2	2.9	0.047
	その他	2.9	2.3	5.4	3.5	0.130
45-60秒までの注視時間 (秒)	掲示物	2.8	1.5	3.2	1.8	0.703
	教師	7.7	4.2	7.9	3.2	0.941
	その他	4.5	4.6	4.0	3.2	0.821
60-75秒までの注視時間 (秒)	ノート	1.3	1.2	1.1	0.9	0.815
	教師	8.7	2.6	8.4	2.8	0.817
	その他	5.0	2.7	5.5	2.4	0.733

t検定

30-45 秒までの注視時間において、発達障害児群では 15-30 秒までの注視時間と比較して、教師が 11.1 秒の増加に対し、定型発達児群では 5.8 秒の増加であった。また、当該期間において、その他への注視時間は発達障害児群で 7.4 秒の減少に対し、定型発達児群では 3.6 秒の減少であった (表 3)。

3. クイズ正答率の比較

クイズ正答率は 2 群において有意差は見られなかった (表 4)。クイズの問ごとの正解・不正解者の割合では有意差は見られなかった。しかし、クイズ問 4 では発達障害児群の正解者が 4 名に対し、定型発達児群の正解者が 7 名であり、発達障害児群で正解者の割合が低い傾向が見られた ($p < 0.1$)。

表 3 対象児 (2 群) における 15 秒ごとの注視時間の増減

変数		発達障害児 (n=7)	定型発達児 (n=7)
		15-30秒までの注視時間の増減(秒)*	掲示物 1.6 教師 -3.6 その他 2.0
30-45秒までの注視時間の増減(秒)	掲示物 -3.7 教師 11.1 その他 -7.4	-2.2 5.8 -3.6	
45-60秒までの注視時間の増減(秒)	掲示物 14.0 教師 -25.3 その他 11.3	12.5 -2.4 -10.1	
60-75秒までのグループ総数の増減(秒)	教師 7.1 その他 3.7	3.6 10.6	

*: 15-30秒までの注視時間の各群の総計における、0-15秒までの注視時間の総計からの増減

表 4 対象児 (2 群) とクイズ正答率との関連

変数	発達障害児 (n=7)		定型発達児 (n=7)		P値
	平均	SD	平均	SD	
クイズ正答率 (%)	71.43	25.45	91.43	15.74	0.102
	人	%	人	%	P値
クイズ問1 正解	4	57.1%	5	71.4%	0.500
クイズ問2 正解	4	57.1%	6	85.7%	0.280
クイズ問3 正解	6	85.7%	7	100.0%	0.500
クイズ問4 正解	4	57.1%	7	100.0%	0.096
クイズ問5 正解	7	100.0%	7	100.0%	-

Fisherの正確確率検定

IV 考察

本研究では児童生徒を含む、貴重なサンプルにおいて計測によるデータを収集することができた。発達障害児・者の感覚の一つである身体感覚に関して、診断のある対象でかつ測定も行っている研究は国内外で少なく、児に限ると 1 件程度である^{10,20)}。また、視線データの子細な検討は本邦では少なく⁸⁾、VR 教室環境下での計測はほとんど見られない。本研究では注視点や聞き取り機能という、発達障害児の学業成績に関連し、支援者にとっても重要なデータを収集した。

1. 視線データ

VR 教室環境において、30-45 秒時点の「教師」への注視時間に 2 群で有意な差が見られた。一方、これ以外では有意差は得られなかった。30-45 秒時点では、教師が説明をしている最中に画面左手から聴

覚の妨害刺激が発生する。しかし、発達障害児群では妨害刺激に影響されず、教師を注視していたと考えられる。事実、発達障害児群は外部からの障害音があっても、教師の注視時間は 9.7-11.3 秒、その他は 2.9-3.9 秒、定型発達児群は各々 7.4-9.1 秒、4.3-5.9 秒であった (表 2)。さらに、外部の刺激音がする方向 (その他) への注視時間は発達障害児群では定型発達児群よりも減少幅が大きく、教師への注視時間は増加幅が大きかった (表 3)。

ADHD や ASD をもつ人びとでは過集中があり、自分の興味のあることに集中し過ぎて、注意を切り替えるのが難しかったり、周りの音やひとが目に入らなくなったりすることが知られている²¹⁾。本研究の発達障害児群は過集中のため聴覚刺激に定型発達児群ほど集中をそらされずに、教師を注視し続けた可能性が考えられた。注意が逸れなかったのは良い面でもあるが、実際には複数の作業を同時並行で行うことが難しい、という発達障害児がもつ別の困難にも関係する。学校生活においては級友の会話や文具や教材を使う音がする中、教師の話聞き、メモを書くといったマルチタスクが要求される⁵⁾。実際、本研究の発達障害児群は聴覚刺激で注意をそらされにくい一方で、後述するようにクイズの正答率が劣る傾向もみられている。発達障害児では、過集中によって疲れやすく眠気も引き起こされやすい。本研究の発達障害児群でも、より時間が長い VR 環境下では、先行知見^{5,7)}のように定型発達児よりも妨害刺激に影響されやすい特徴が現れたかもしれない。今後、VR 教室における感覚刺激の種類や画像時間や作業の内容やレベルをより現実の学校生活に近い設定に修正した上で評価を行うことで、発達障害児の経験する学業上の困難によりリアルに迫っていくことが課題である。

次に、VR 教室やアニメーション画像に対する発達障害児の選好の影響が考えられる。ASD 児は VR 教室などの新しい IT 技術に興味があり、VR 教室を用いた測定にはやる気をもって参加する⁹⁾。仮想空間が好きな自閉症当事者も多い²²⁾。発達障害児は社会的な刺激をもつ情報を注視するのは苦手とするが⁸⁾、本研究の画像はアニメーションで制作しており、表情があまりないため、発達障害児群の参加

者にとって注視するのが苦手ではなく、むしろ好ましい視覚刺激となっていた可能性もある。これらの理由により、発達障害児群においては聴覚刺激が発生しても教師への注意が継続し、結果として「教師」への注視時間が有意に長くなった可能性が考えられた。発達障害児では社会情報の認知の苦手さ等から、指示を聞いても教師の意図とは異なる理解をしていることがある²³⁾。今後、教師の表情や目の動きなど、社会情報をより強く持つ画像に修正することで、現実の学校環境における視覚刺激をより正確に再現し、その上で発達障害児の感覚への影響を見ていくことが重要と考えられた。

2. クイズ

クイズ全問の正答率に 2 群で有意差は見られなかったが、クイズ問 4 の正答率に 2 群で差のある傾向が見られた。問 4 の設問は飼育係の次に話題にされた係について答えることを求めており、話の順番を記憶していたり話の流れを理解していなければ答えにくい。他の設問と比較すると、設問の文章が 2 段階になっており、複雑な内容になっている。全国の児童生徒の 6.5% に発達障害 (LD、ADHD、ASD) の存在が疑われるが、うち ADHD や ASD が疑われる児童生徒の約半数が学習面の困難を抱えている可能性がある¹⁾。ADHD の診断のある子どもでは算数の文章問題や読解問題を解く際に、ADHD の行動特性やワーキングメモリの弱さから、複数の段階を経て正確な回答を導くのが苦手なことがある²³⁾。また、アスペルガー症候群、つまり ASD をもつ子どもは中枢性統合の欠陥のために細部を好み、全体を理解するのが難しいことがある¹⁵⁾。これらの特性や機能的弱さが影響して、本研究の発達障害児群では定型発達児群よりも問 4 の正答率が低い傾向が見られたのではないかと考えられた。

3. 本研究の限界と今後の課題

第 1 に、本研究の対象は 2 群合わせて 14 名であり、多くはない。しかし、VR 教室を用いた海外の先行研究でも ASD をもつ対象は 8 名である⁹⁾。本研究は VR 教室という本邦では先駆的な手法を用いた基礎的研究であり、対象者数は少ないものの貴重な成果を提供したと考える。第 2 に、発達障害児は医師によって発達障害と診断され、かつ知的障害の

ないことが確認されている子どもを対象としたが、より厳密なアセスメントが必要であった可能性がある。感覚は発達障害特性や知的レベルに関連するため、ASD 児の診断に用いる DISCO (The Diagnostic Interview for Social and Communication Disorder)²⁴⁾や ADHD 評価スケール (ADHD-RS) やウェクスラー式知能検査を用いて、医師の診断とは別に評価を行えばより正確な評価を行えた可能性がある。対象児への負担等を考慮し本調査では再度の評価を行わなかったが、今後先行研究⁸⁾を参考にして取り入れて行くことが望ましい。第 3 に、本研究の VR 画像が短かったことである。海外の先行研究では、VR 教室環境下で約 20 分の心理検査課題 (ストループテスト) を行わせている⁹⁾。本研究では発達障害児の感覚の特徴の一部しかとらえられていない可能性はある。しかし、海外の先行研究でも対象の平均年齢は 22.88±5.33 歳であり⁹⁾、本研究ではより若い年代のデータが収集できたこと、本邦で初めて発達障害児に VR 教室を適用した取り組みであったことから、限界はあるものの一定の知見を提供できたと考えられる。

謝辞

ご協力を賜りました対象者およびご家族の皆様、医師の皆様へ深く感謝申し上げます。貴重なご助言を賜りました熊本大学 野村恵子先生、福井大学 藤岡徹先生に感謝いたします。

本研究は、科研費 (21K10882)、2019 年度 (第 51 回) 倉田奨励金、令和 2 年度アマビエ研究推進事業の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 文部科学省: 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について, 2012. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1328729.htm, 2021年10月21日閲覧
- 2) 塩川宏郷 (齊藤万比古編著): 発達障害が引き起こす不登校へのケアとサポート, 38-51, 学研

- 教育出版, 東京, 2011.
- 3) 小山秀之, 他: ひきこもりと行動嗜癖: 地域での経験から, 児童青年精神医学とその近接領域, 60: 180-190, 2019.
- 4) Lane, S. J. et al.: Sensory Over-Responsivity as an Added Dimension in ADHD. *Front Integr Neurosci.* 13: 40, 2019.
- 5) Schafer, E. C., et al.: Personal FM systems for children with autism spectrum disorders (ASD) and/or attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): an initial investigation. *J Commun Disord.* 46:30-52, 2013.
- 6) Christ, S.E., et al.: Inhibitory control in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord.* 37: 1155-65, 2007.
- 7) Parsons, T.D., et al.: A Controlled Clinical Comparison of Attention Performance in Children with ADHD in a Virtual Reality Classroom Compared to Standard Neuropsychological Methods. *Child Neuropsychology.* 13:363-81, 2007.
- 8) Fujioka, T. et al.: Gazefinder as a clinical supplementary tool for discriminating between autism spectrum disorder and typical development in male adolescents and adults. *Mol Autism.* 23; 7: 19, 2016.
- 9) Parsons, T.D.et al.: Bimodal Virtual Reality Stroop for Assessing Distractor Inhibition in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders.* 46: 1255-1267, 2016.
- 10) 大河内彩子, 他: 発達障害児・者の困り感の見える化を促進するための身体感覚の評価に関する文献レビュー, 熊本大学医学部保健学科紀要, 16: 19-26, 2020.
- 11) 長井志江, 他: 自閉スペクトラム症の特異な視覚とその発生過程の計算論的解明: 知覚体験シミュレータへの応用, 日本認知科学会第 32 回大会: 32-40, 2015.
- 12) 宮下広夢, 他: 両眼式 HMD のための動作と視線を用いた映像視野移動手法 (「仮想都市と VR」特集), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 14: 177-184, 2009.

- 13) 石橋健: 調査実験における視線追跡機能付き VR の利用可能性に関する研究, 経営情報学会 全国研究発表大会要旨集 PACIS2018 主催 記念特別全国研究発表大会: 99-102, 2018.
- 14) エンターテインメントXR協会: VR コンテンツのご利用年齢に関するガイドライン. 2018. <https://extra.or.jp/pdf/guidelines.pdf> 2021年10月21日閲覧
- 15) バル・クミン, 他 齊藤万比古監訳: 教師のためのアスペルガー症候群ガイドブック, 33-54, 中央法規出版株式会社, 東京, 2005.
- 16) Unity: Unity をダウンロード<https://unity3d.com/jp/get-unity/download> 2021年10月21日閲覧
- 17) VIVE: VIVE Pro Eye, <https://www.vive.com/us/product/vive-pro-eye/overview/> 2021年12月16日閲覧
- 18) 原直人: 仮想現実環境が姿勢制御と両眼視機能に及ぼす影響—映像酔いと 3D 映像視覚疲労について—. あたらしい眼科, 36: 867-76, 2019.
- 19) IBM: IBM SPSS Statistics Ver. 28. <https://www.ibm.com/jp-ja/products/spss-statistics> 2021年10月21日閲覧
- 20) DuBois, D., et al.: Interoception in autism spectrum disorder: A review. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 52: 104-11, 2016.
- 21) Ashinoff, B.K., et al.: Hyperfocus: the forgotten frontier of attention. *Psychol Res*. 85: 1-19, 2021.
- 22) 池上 英子: 自閉症という知性, 27. NHK 出版, 東京, 2019.
- 23) 水田めぐみ: 子どもの学びと向き合う 医療スタッフのための LD 診療・支援入門, 97, 株式会社 診断と治療社, 東京, 2016.
- 24) Wing, L., et al.: The Diagnostic Interview for Social and Communication Disorders: background, interrater reliability and clinical use. *J Child Psychol Psychiatry*. 43: 307-25, 2002.