

360度カメラを用いた発達障害者の困難体験システムの開発

Development of a System for Experiencing Difficulties for People with Developmental Disabilities that has a 360 Degree Camera.

宮崎 英一¹ ・ 坂井 聡¹

Eiichi Miyazaki, Satoshi Sakai

要旨

肢体不自由、視覚障害、聴覚障害等の障害は周囲の人にイメージ的に理解されやすく、周囲のサポート方法も直感的に理解しやすいが、発達障害は、外見では判断できず、他人に理解されにくいという問題点があった。そこで本研究では360度カメラで撮影した動画にリアルタイムで発達障害者の人が見えているような画像処理を行い、これをVRヘッドセットで視聴する発達障害者の困難体験システムを開発した。これはVRで視聴する事により、発達障害の人の困りごとが実体験として体験できるシステムとなる。

キーワード：360度カメラ、発達障害、VRシステム、MR、仮想空間

1. はじめに¹

肢体不自由、視覚障害、聴覚障害等の障害は周囲の人にイメージ的に理解されやすく、周囲のサポート方法も直感的に理解しやすい。しかし発達障害は、外見では判断できず、障害の特性も個人によっても大きなばらつきがあり、他人に理解されにくいという問題点があった。

一方、文部科学省の調査ⁱⁱでは、高機能自閉症を含む特別な教育的支援を必要とする児童生徒は、表1に示すように、約6.5%の割合で通常の学級に在籍しているという結果が出ているが、多くの場合、通常学級において、発達障害の人がなぜ困っているかが理解されていない場合が多い。これは、学校のみならず、発達障害の人が学校を卒業し、一般社会での就職や自立生活を行う時にもこれらの問題点は解消されないままである。

しかし、何らかの方法を用いて、発達障害の人の日常生活を疑似的に体験できれば、それが障害者理解の第一歩に

つながる。本研究では体験者に360度カメラを装着してもらい、これで撮影した360度動画にリアルタイムで「発達障害者が見ているように見える動画処理」を行い、それを体験者が装着したVRゴーグルで視聴するシステムを提案する。これにより、体験者は自分の存在する現実環境での発達障害体験が可能になり、従来では不可能だった深い障害者理解が行えると考えられる。

2. 目的・意義¹

現在、発達障害の人の基礎的な疑似的体験としては、2つのパターンに分別できる。1つは、発達障害の人の目線で作成された2Dの画像・動画である。これは、最近のコンピュータを用いれば比較的簡単に作成する事が可能である。発達障害の人の目線で作成された2Dの画像例ⁱⁱⁱを図1にあげる。これは読字障害を持った人（ディスレクシア）の見え方の疑似体験であり、知能的には全く問題がないが、普通の文字でも同図ように見えてしまうので、文字の読み書きのみ著しい困難を抱える障害である。もう1つは、VR（Virtual Reality）システムを利用したものであり、仮想現実として困りごとを体験できるので、より現実に近い体験が可能である。

VRシステムを用いた疑似体験は、最近では既に一般化しており、いくつかの先行例を見る事が出来る。その例を図2に示す。同図a^{iv}は英国自閉症協会が作成したもので

表1 高機能自閉症を含む特別な教育的支援を必要とする児童生徒の割合

	推定値 (95%信頼区間)
学習面又は行動面で著しい困難を示す	6.5% (6.2%~6.8%)
学習面で著しい困難を示す	4.5% (4.2%~4.7%)
行動面で著しい困難を示す	3.6% (3.4%~3.9%)
学習面と行動面ともに著しい困難を示す	1.6% (1.5%~1.7%)

1 香川大学教育学部

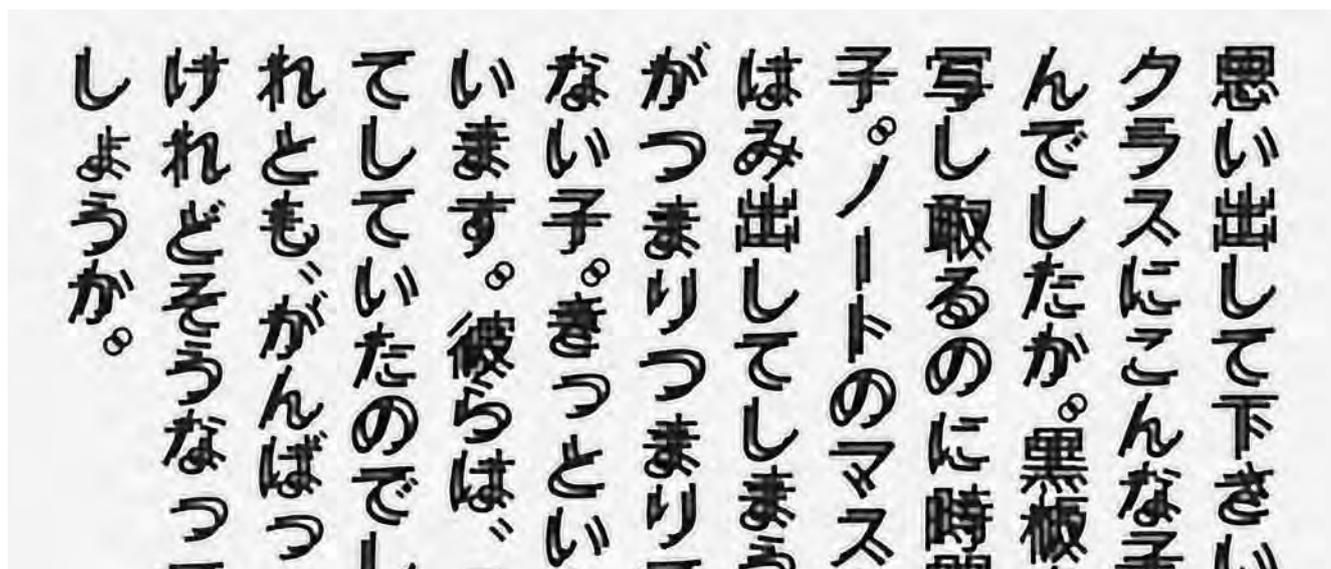


図1 読字障害を持った人（ディスレクシア）の見え方の疑似体験例



a) 英国自閉症協会のVR動画



b) VR香川大学体験会の様子

図2

あり、発達障害の人と母親の駅構内での出来事を示している。ここでは風船を持った人が画面上を移動しているが、発達障害の人には風船のように移動している物体が軌跡を残しながら移動している様に見える様子が表されている。

同図bは、このVR画像を用いて香川大学において、発達障害の人の疑似体験を行っている様子である。このVR体験を受けた人の多くは、「このように刺激が強い状態では長く教室に居られない」や「光や音といった刺激が想像以上に苦しい」等の感想を述べていた。実際の現場でこのようにVR体験では、体験者に非常に強い疑似体験を与える事が示された。

これらのVRシステムは仮想的な3D空間で視聴されるために、2Dでの画像よりもより現実に近い視聴を提供する事が可能であり、発達障害の人の疑似体験を行う上で、VRシステムの今後の可能性を示唆するものである。

しかし一方、これらのVR動画はあらかじめ撮影された動画に発達障害の人が見えるであろう視聴覚効果を施したものであり、リアルタイムでの体験ではない。このため従

来のVRシステムでは、知らない人や知らない場所での視聴体験なので、本当の日常的な現実体験を与えるものではない。

そこで本研究では、360度カメラを使用して撮影した360度動画にリアルタイムで、発達障害の人が見えるであろう視聴覚効果を施し、それを360度のVR動画として提供する新しいMR (Mixed Reality: 複合現実) システムを作成した。この方式は

1. 普段の身の周りにある教室や部屋といった環境で
 2. 普段に接している先生や友人といった顔なじみの人が
 3. 発達障害の人がどのように見え・聞こえているかを
 4. VRを通してリアルタイムで体感出来る
 5. 更に視聴している人だけでなく、周りの人との相互作用がリアルタイムで反映されるので、サポートを行う周囲の人の学習機会も提供できる
- といった特徴を持つ。

つまり、本研究で提案するシステムを用いる事で、自分の存在する現実環境での発達障害体験が、従来のVRシス

テムでは不可能だった深い障害者理解を与え、発達障害の人の困りごとを自分自身の体験として昇華させる事が期待できる。

3. 360度カメラシステム

本システムの実現に際して、360度カメラで撮影された動画にどのようなエフェクトを与えれば、発達障害の人が日常に体験しているような環境を再現出来るかが重要な課題である。

事前に公開されている発達障害の人の体験VR動画を確認すると多くの場合、以下の6つのエフェクトが多く（複数を組み合わせて）用いられている事が分かった。しかし、発達障害の人によっても個人的な特性が異なるので、以下のエフェクトで全てを網羅しているものではない。

- 障害者体験VRで使用されている代表的なエフェクトは
- a) 不自然に強調されたコントラストや音声
 - b) 明暗のある物体の光強度の誇張された強弱
 - c) 動きのある物体が尾を引いて動いているような軌跡表示
 - d) 不快な匂いやものが当たった衝撃に色がついて見える
 - e) 大きな音や不快な音に影響を受ける
 - f) 他人の視線が自分に注目しているように見える
- の6つである。

本システムでは、この中のa) c) e) の3つに着目して、これらの動画エフェクトプログラムを作成してみた。

なお、実際の発達障害の人がパニックを起こした場合、クールダウンのために静かな環境や暗い場所に対応（スヌーズレン）する必要があるが、これは上記のe) f) の影響を避けるためである。

3.1 360度カメラ事前テスト

本研究では事前のテストとして、発達障害の人が見えているように見える動画処理において最も負荷が高い上記c)の項目に関して動画処理プログラムをProcessingを用いて作成した。この視聴画面を図3に示す。ここでは通常の



図3 移動物体の軌跡表示(2D)

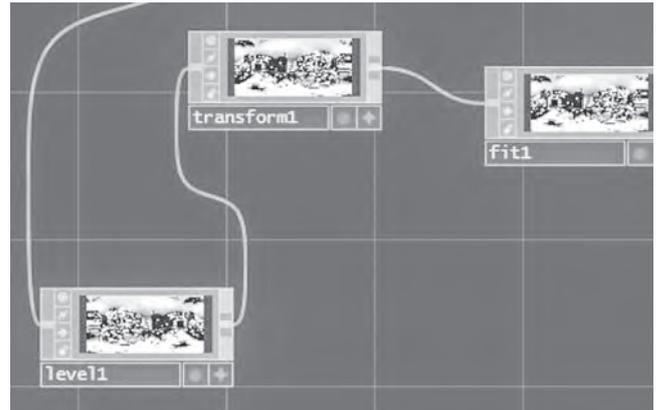


図4 TouchDesignerのプログラム

WEBカメラで撮影した2D画像にリアルタイムで移動物体の軌跡を描画しており、移動した左手のみに軌跡が表示されている。軌跡描画アルゴリズム自体は簡単で、フレーム間の差分を取り、変化があったセルのみフレーム間で軌跡を描画するものである。このため、1フレーム毎に全ての撮影画素にリアルタイム（毎秒30フレーム）で計算を行う必要があり、800×600画素の解像度までが限界であった。

今回は最終的にVRシステムで画像を視聴するので、VRの快適な視聴条件として最小でも4Kの解像度（3840×2160画素）が必要であり、業務用のVRシステムでは8Kの解像度（7,680×4,320画素）を持つものもある。そのため、このシステムでは解像度とリアルタイムにおいて性能が不足している事が分かった。そこで本研究では、プログラムの言語をProcessingからTouchDesigner^vに変更した。

これは、ハイエンドのメディアアートの制作に用いられるカナダのDerivative社が開発したソフトウェアである。このプログラム画面を図4に示す。本プログラム言語は、オペレータというボックスをつなぎ合わせていく、直感的なプログラミング言語である。同図では、本研究で実際に行った動画変換の一部を表示している。このシステムを用いる事で4Kの解像度を保ったまま、リアルタイムでの画像処理が実現できた。

3.2 VRシステム概略

本研究で試作したシステムのフローとしては

- 1) VR体験者360度カメラ（RICOH THETA Z1）を装着
 - 2) 360度動画撮影
 - 3) コンピュータで撮影された動画にリアルタイムで「発達障害者が見ているように見える動画処理」を行う
 - 4) VRヘッドセット用に画像処理
 - 5) VR画像をVRヘッドセットに送信
 - 6) 体験者が装着したVRヘッドセット（Oculus Quest 2）で視聴
- になる。

フロー1)～2)は、そのまま360度カメラを用いて360度動画を撮影するものであるが、ここでのポイントは

360度カメラと画像処理を行うコンピュータとの接続方法である。本研究で使用した360度カメラは有線と無線のどちらでも使用可能である。無線接続の場合、360度カメラからRTSPで動画が配信される時点で10秒弱のタイムラグが発生してしまうという問題点があった。このタイムラグは、360度カメラの解像度を4K解像度からフルHD解像度に落としても同様に発生した。このため、リアルタイム性を要求される本システムでは、無線接続では運用出来ないという結論になった。よって本研究では、360度カメラとPC間はリアルタイム性を優先して有線接続とした。

また360度カメラが360度動画を撮影している上に、RTSPサーバを並列で同時に動作させているので、360度カメラのCPUに大きな負担をかけてしまう。このためRTSPサーバ下でVR撮影および配信を行っていると、カメラ本体が高温で停止してしまう事もあり、無線では安定した運用が困難であった。

フロー5)のVR画像配信に関して、当初の研究では、YouTubeの3Dストリーミング機能で配信を計画していた。このYouTubeを用いる利点は、配信者側で3Dに対応したストリーミングサーバを準備せずとも、YouTubeのアカウントだけで配信可能な点、及び複数の視聴者に対して同時にVR動画が配信可能な点である。しかし、実際にYouTubeで配信を行ってみると、非常にタイムラグが大きい(1分程度)ため、自分の操作がリアルタイムで視聴出来ないという問題点があった。そのため、本研究ではVR動画を配信するプログラムを作成し、この問題に対応した。

3.3 VR動画変換

本プログラムの変換に関しては、3つのブロックから構成されている。その構成は

1) VR動画を取り込み、パノラマ動画(2D)に変換し

た後、発達障害の人が見えているように動画変換するブロック

2) 変換された動画をVR用に再構築するブロック

3) VRヘッドセットの情報(傾き、視線方向等)を取り込み、これに応じてVT動画をVRヘッドセットに送信するブロック

である。この1)のブロックでの動画変換の一部を図5に示す。この図は変換状態を分かりやすくするために2Dの動画を示している事に注意されたい。同図1)が変換する前の画像、同図2)が変換後の画像を示している。ここでは顔の部分のみ移動前の画像も残像となり表示されている事が分かる。実際の画像処理では、これ以外に色の変化も組み合わせている。

更に動画変換に関しては、360度カメラの動画から音声抽出し、その音の強度によっても残像の変化具合を対応させている。これは発達障害の人が周囲の騒音に敏感であり、音が大きくなるとパニックになりやすい事から、周囲の音が大きくなれば、それにつれて軌跡の変化も大きく(激しくなる)ようにしている。このため、本研究で試作したシステムは、よりインタラクティブに周囲の状況に応じてリアルタイムに変化するシステムとなっている。

図6にVRを視聴するためのVRレンダリングプログラムの一部を示す。ここではleft_eyeとright_eyeの両眼用の画像が示されている。VRヘッドセットでVR動画を視聴する場合、パノラマ動画を全天球に変換した動画を更にVRヘッドセット用にレンダリングする必要があるが、この部分は予めTouchDesignerが持っているプログラム^{vi}を使用した。これにより、動画を自動的にVRの両眼用にレンダリングしてくれるだけでなく、加速度センサにより計測されたVRヘッドセットの傾きやVRヘッドセットのハンド・コントローラーの制御まで行ってくれる。



1) 変換前



2) 変換後

図5 動画変換例

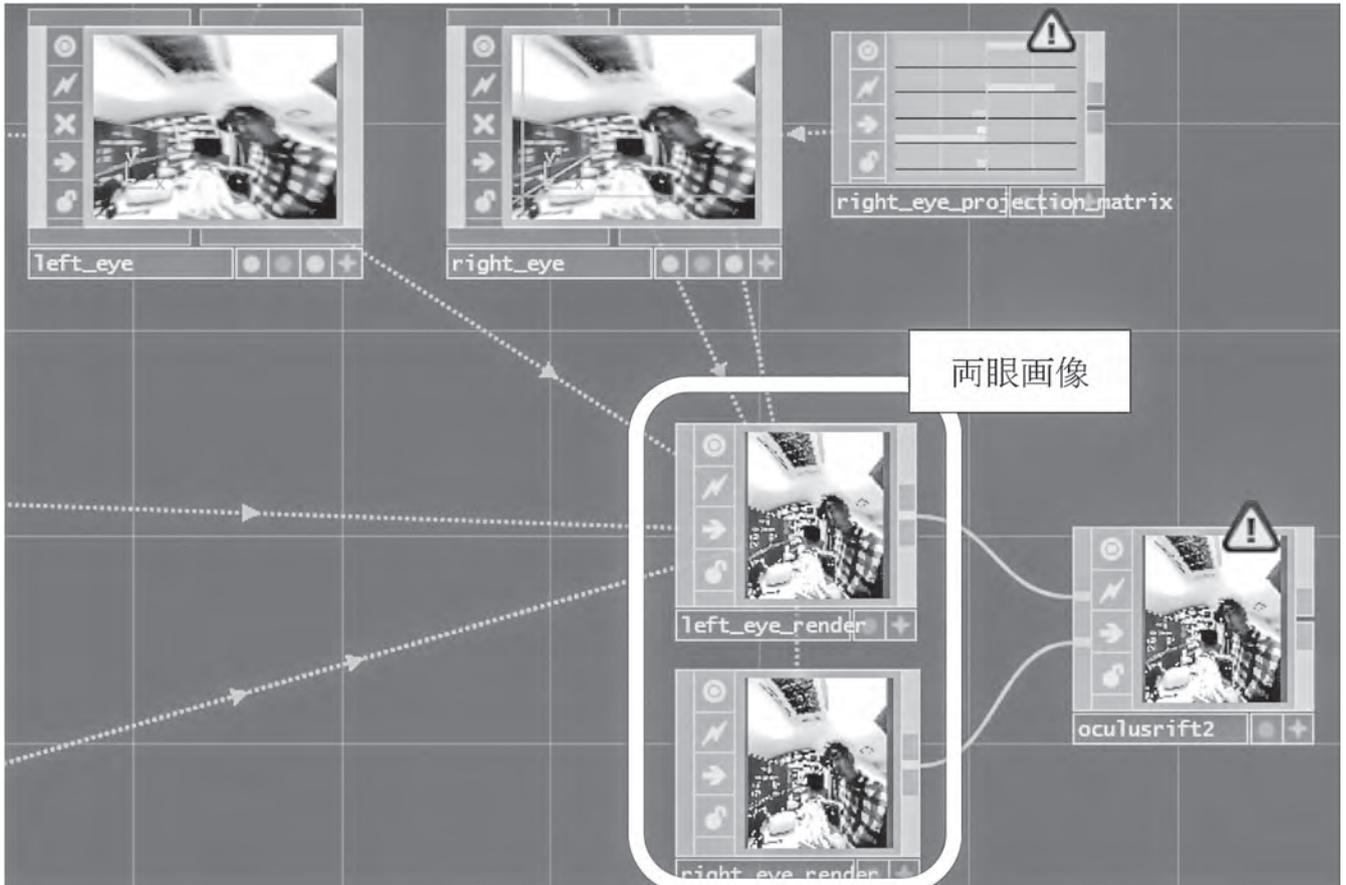


図6 VR用レンダリング

実際のVRヘッドセットで視聴される画面を図7示す。同図1)がパノラマ動画を、同図2)がパノラマ動画をVR動画に変換したものであり、どちらも枠内で示したように移動領域のみ軌跡が見えている。ここでは4Kの解像度を保ちながら、リアルタイムでの画像処理が実現出来ている。この画像処理では、物体の移動に伴う軌跡以外に移動に応じて色が変わって残像が見える処理まで実現できた。

4. おわりに

本研究は発達障害の人がどのような困りごとを抱えているか、どのようにしたらそれが当事者として体験出来るかという事から始まった。当初危惧していたリアルタイム性と解像度の関係には、ある程度の目途がたち、何とか使用できるシステムになった。しかし、発達障害の人が、本当にこのシステムで試作した動画のように見えているかどうかは、今後の検証が必要である。

さらに本研究はシステムを構築しただけでは意味が無く、今後はこのシステムを用いて、VR障害者体験を行う事で多くの人になぜ発達障害の人が困っているか、またそれを解決するにはどのようにすれば良いかを知ってもらう必要がある。本システムを用いれば、体験者は自分の存在する現実環境での発達障害体験が可能になり、従来では不

可能だった深い障害者理解が行える。更に体験中に、周囲の人によるサポートにより、体験者の困り事が減少すれば、サポートする周囲の人にとっても、障害者の実情に合わせてサポート方法を新しく見出すものとなる

こうして、周囲の理解をも促す事で、発達障害をもった人でも分け隔てなく、同じ場所で同じ景色を見る世界に行きたいと思う。

5. 謝辞

本研究は、2020年度「破壊的な挑戦部門」INV07_705211「今日からあなたも障害者！発達障害者の困難を日常生活で体験するMRシステムの試作」として実現する事が出来た。

本研究にあたり、専門的な立場から多くの貴重なご指導を頂いた異能vation事務局の皆様には改めてお礼を申すものである。

6. 参考文献

- i 異能vationプログラム報告書「今日からあなたも障害者！発達障害者の困難を日常生活で体験するMRシステムの試作」宮崎英一、2020年度「破壊的な挑戦部門」INV07_705211



1) 発達障害が見えている想定のパノラマ動画



2) VR動画配信

図7

- ii 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, <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mext.go.jp/kaigisiryo/content/000140037.pdf>, 2012/12/05
- iii 発達障害の疑似体験ができる！？発達障害・発達の遅れが気になる子の学習塾・児童発達支援ステラ幼児教室・個別支援塾, <https://www.stella-edu.com/blog/3171/>
- iv Autism TMI Virtual Reality Experience https://www.youtube.com/watch?v=DgDR_gYk_a8&t=2s
- v TOUCHDESIGNER, <https://derivative.ca/>
- vi Visual Thinking with TouchDesigner プロが選ぶリアルタイムレンダリング&プロトタイピングの極意, 松山 周平他, ビー・エヌ・エヌ新社, 2017