

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04105

研究課題名(和文)バーチャルリアリティを用いた発達障害児・者の空間認知能力評価とその改善

研究課題名(英文)Evaluation and improvement the spatial cognition of developmental disability patient using with VR

研究代表者

渡邊 洋(WATANABE, HIROSHI)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：20358386

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：発達障害児・者の空間認知能力を定量的に評価する技術を開発し、リハビリテーション技術の確立を行うことが本研究の目的である。特色として、VRシステムを用いて現実場面に近い環境を模擬しそこでの空間探索行動を計測することが挙げられる。3年間の実施期間を通じて成人健常者71名、発達障害児童56名の実験を実施した。主な成果として本研究において開発した方向感覚質問紙による「方向音痴」に関する自覚特性、特にランドマークの利用能力および認知地図の利用能力について、VR実験のパフォーマンスと相関を持つことが示された。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to development the quantitative evaluation methods for the spatial recognition of developmental disability patient and rehabilitation methods. As a distinctive feature, we measured subjects' spatial navigation behavior in the virtual space simulating the real environment. Through the research period we obtained the data of seventy one normal adults and fifty six patients and developed the topographical disorientation questionnaire. Our results suggest the relationship between the performance in the VR experiment and the self-awareness about the spatial cognition, especially the ability of utilizing the landmark and cognitive map.

研究分野：人間工学、認知科学、バーチャルリアリティ

キーワード：空間認知 バーチャルリアリティ 発達障害 認知地図 ランドマーク

1. 研究開始当初の背景

発達障害児・者が直面する課題の一つとして、日常生活に支障が出る地誌的見当の障害は **topographical disorientation** と呼ばれる症状が指摘されている。これは、広い現実空間において、方位の認識、建築物の配置の認識、ランドマークの利用、心の地図の回転など多様な認知的問題点によって生じることを意味する。この障害は、頭部外傷や脳血管障害などによる高次脳機能障害もしくは認知症などで引き起こされるが、器質的な脳障害を伴わず、先天的に起こりうるものが近年わかってきており、発達性地誌的見当識障害 (**Developmental topographical disorientation; DTD**) と呼ばれている。DTD は発達障害に合併することも多く、その修験頻度や状態把握が必要と思われる。

従来これら进行评估するためには机上のペーパーテストが主であったが、それらを定量的に評価し、症状の改善に資する手法の開発が望まれていた。

2. 研究の目的

われわれは1. の問題に資するために、発達障害児・者の空間認知能力を定量的に評価する技術を開発し、リハビリテーション技術の確立を行うことを本研究の目的とした。これを実現するために、VR システムを用いて現実場面に近い環境を模擬し、そこでの空間探索行動を計測し、その特性を明らかにする実験計画を立てた。

3. 研究の方法

本研究の流れは以下の通りである。すなわち没入型 VR 装置を用いた高臨場感のもとでの空間認知特性の解明を行い、その実験方法をブレークダウンしたシステムを開発し簡便にデータの収集を可能とした。一方で児童の空間認知能力を言語化するために、保護者が他覚的に評価できる質問紙を開発した。

4. 研究成果

3年間の実施期間を通じて定型発達成人71名、発達障害児童56名の実験を実施した。まずは没入型 VR 装置を用いて定型発達大学生を対象とした実験を行い(図1)、俯瞰の不可による認知地図の形成が、迷路の学習曲線に影響を与えることを示した(図2-1)。

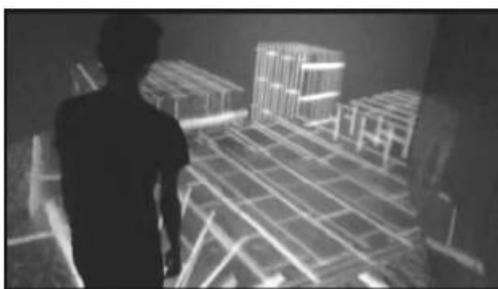


図1 没入型 VR 装置内に構築した、迷路課題

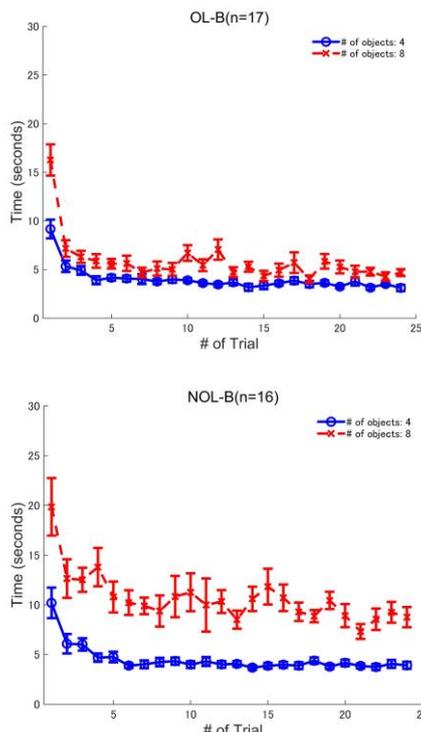


図 2-1 大学生被験者による没入型 VR を用いた実験での、俯瞰可の場合の迷路学習曲線 (上図)、俯瞰不可の場合の迷路学習曲線 (下図)

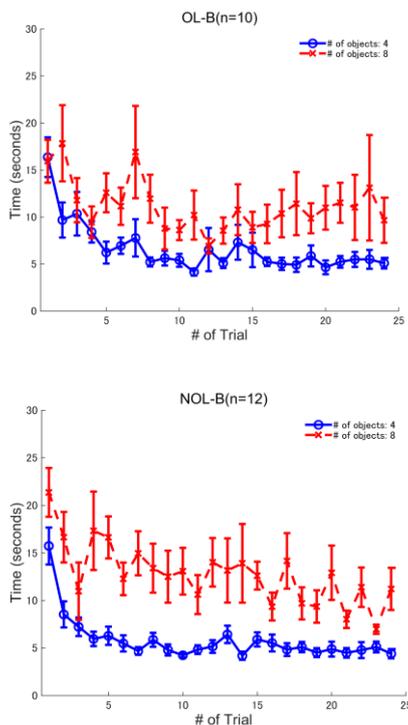


図 2-2 定型発達小学生被験者による結果 (実験条件は図 2-1 に準ずる)。

この結果を受けて、簡便なシステム開発としてヘッドマウントディスプレイ (HMD) システムへの移植を開始したが、途中で推奨利

用年齢のレギュレーションが変更となり HMD の利用は断念せざるをえなくなった。そこで PC ディスプレイを用いたプログラム開発に転換することとなった。

同一の実験条件を 10 歳代の定型発達小学生 22 名に対して行った時の結果 (図 2-2) を比較すると両実験の比較は、主効果については同等の結果が得られたことを示した。一方で下位検定の比較は以下の 2 点において両者の間に差があったことが示された。すなわち、1) オブジェクトの数が 4 本であるときに、小学生は俯瞰の不可が探索時間に影響を及ぼしたことに對し、大学生では差が無かった、2) オブジェクトの数が 8 本かつ俯瞰不可能な場合に、大学生ではマップ間で探索時間が異なっていたことに對し、小学生では差が無かった、の 2 点である。

小学生参加者が一貫して俯瞰不可時により長い探索時間を要したのに対し、大学生参加者が 8 本時のみ俯瞰可能性が影響したことは興味深い。また 8 本のオブジェクトが俯瞰不可能なときのみ、マップ条件 (オブジェクトの配置) が大学生参加者の探索時間に異なる影響を与えたことも重視すべき結果である。

この結果の違いとして、情報の多寡に応じた認知地図の形成過程あるいは認知地図の使い方に対する発達段階の影響を示唆している可能性が指摘された。

また、方向感覚に関する自覚症状を問う質問紙は成人を対象としたものしかなく、言葉遣いや表現が児童には不適切であるため、これについて保護者の観点から回答が可能なように改変を行い、学童用地誌的見当識チェックリスト (Topographical orientation questionnaire for children: TOQ-C) として開発し、発表を行った (図 3)。

作成に当たっては日本語で報告されている既存の成人用地誌的見当識チェックリスト (竹内 1990; 増井 1997) を参考に、保護者の視点で子どもを評価する 38 の質問項目を作成した。回答方式は「あてはまらない (0)」「少しだけあてはまる (1)」「だいたいあてはまる (2)」「よくあてはまる (3)」の 4 件法とし、そしてこれを公立小学校普通学級に在籍する小学生を持つ保護者を調査対象とし、189 名から回答を得た (対象の内訳は、男児 103 名、女児 86 名、4 年生 54 名、5 年生 72 名、6 年生 63 名であった)。

この調査結果から質問の因子構造を検討するために主因子法、プロマックス回転によって因子分析を行い、因子負荷量について検討を行った。その結果、各因子で高い負荷量

を示した項目の内容から、第 1 因子は「メンタルマップ (10 項目)」、第 2 因子は「ランドマーク (6 項目)」、第 3 因子は「応用・方略

1. 出口や扉から出た時、来た方向と反対方向に進んでしまう……………	0	1	2	3
2. 地図上で自分の位置を見つけることができない……………	0	1	2	3
3. 道順を覚えても、しばらく経つと忘れてしまう……………	0	1	2	3
4. その土地の地名などを書いた看板や立て札などに気づかない……………	0	1	2	3
5. 方向の目印になるものを見つけれない……………	0	1	2	3
6. ことばで説明/ただけでは、道順を理解することができない……………	0	1	2	3
7. 景色の違いを区別して覚えることができない……………	0	1	2	3
8. 方向の目印になるものを見ていない……………	0	1	2	3
9. 目印になるような建物や情景を覚えていない……………	0	1	2	3
10. よく知っている土地の道順を尋ねられても、ことばでうまく説明できない……………	0	1	2	3
11. 自宅周辺のよく出かける場所(近所の公園など)であっても、……………	0	1	2	3
自宅の方向がわからない				
12. 自分の家にいるとき、東西南北がどの方向かわかる……………	0	1	2	3

図 3 開発された TOQ-C (一部)

(6 項目)」、第 4 因子は「方位 (3 項目)」、第 5 因子は「自己解決 (2 項目)」に関する因子と考えられ、本チェックリストを学童用地誌の見当識チェックリスト (Topographical orientation questionnaire for children: TOQ-C) と命名した。

これらのプログラムおよび質問紙を用いて、発達障害児に対して実験を行った結果、課題マップを俯瞰不可能な条件において、次の点で有意な相関関係を見いだすことができた。すなわち、質問紙によって評価されたメンタルマップの形成能力およびランドマークの利用能力と VR 課題解決に要する時間

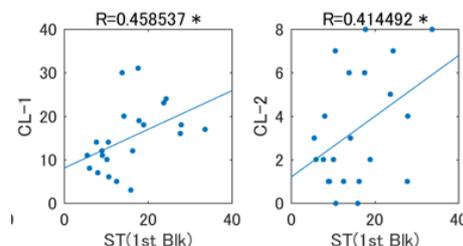


図 4 VR 課題解決に要する時間と、質問紙によって評価されたメンタルマップ家伊勢能力およびランドマーク利用能力の相関。

の関係である (図 4)。一方で一般的な認知能力を評価する、Raven 式色彩マトリクス検査 (Raven's Colored Progressive Matrices) あるいは Visual Perceptual Skill (TVPS-3) テストなどとは有意な相関を示さなかった。

発達障害児童の実験は簡便な PC システムによって行ったことから VR 装置と同様の結果であったことが明らかとなり、今後のデータ取得を PC システムで実施していくことの妥当性が得られたと考える。研究開発年度内では基礎的な知見収集として抽象的な刺激映像を用いるにとどまった。今後より一般的な状況での空間認知のありかたを明らかにするために、市街地内を歩行しその移動軌跡を記憶、再現することを課題とするプログラムを作成した。このとき町並みの多様性およびパス形状を制御可能とし、さらにパス再現時の視点位置を変更可能な仕様とした (図 5)。



図 5 開発された市街地移動課題プログラム。多様性のない町並み (上図) と多様性のある町並み (下図)

なお、最終年度内に同プログラムの出力を大型 VR 装置にて提示し、提示されたパスの記憶と、記憶に基づく近道の生成 (図 6) を課題とする予備実験を行った (定型発達大学生 25 名)。

実験条件として、多様性のない町並み (同一区画のコピーペースト) および多様性のある町並み (区画ごとに異なる建物を配置したもの、図 5 参照) を設定し、4 種類のパスをそれぞれの多様性条件においてランダムな順番で提示する。受動的な移動場面を観察し道順を記憶した後、再生あるいは近道再生が求められた。

実験の結果、単純な再生率は多様性の有無によって微増した (88.3%および 87.2%)。一方、近道の正答率は多様性のある場合の 89%を、多様性のない場合 93%が上回った。多様性のあることが町並みの認知地図生成に寄与し、近道回答の向上が期待されたが、この一見合理的でない結果は、パスの定量的な記憶負荷体が低いことによる天井効果である

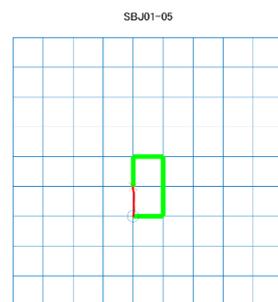
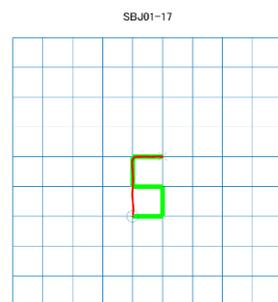


図 6 実験で使用されたパス (緑線) と、反応された近道 (赤線)。上 2 段は 2 区画短縮可能な条件、下 2 段は 4 区画短縮可能な条件。

ことが想定された。次期段階では、町並みの区画を複雑化することによって (図 7) 認知的負荷を高めこの問題を解決したい。

発達障害児を対象とした実験においては、その程度についてばらつきが大きく、公平なデータの比較のためにはさらなるデータの

蓄積が必要と考える。今後、本研究計画で開発されたプログラムを利用して、データ収集を推進していきたい。

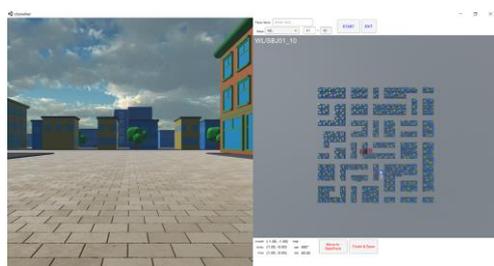
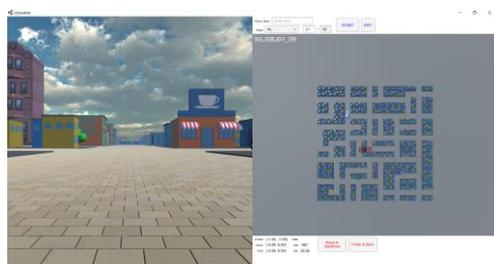


図7 次期実験で想定されている、複雑な経路を用いた実験条件

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Hiroshi Watanabe, Tomohito Okumura, Eiji Wakamiya, Comparison of Developmental Stages in Relation to Way Finding Behavior in an Immersive Virtual Reality Space, Health, 査読有、2016, 8, 487-494.
DOI: 10.4236/health.2016.85052
- ② 奥村智人、渡邊 洋、若宮英司、三浦朋子、中西誠、玉井浩 学童用地誌的見当識チェックリスト(TOQ-C)の作成 眼鏡学ジャーナル、査読有、2016, 20, 36-39.

[学会発表] (計 2 件)

- ① Tomohito Okumura, Hiroshi Watanabe, Eiji Wakamiya, Testability and Validity of a Virtual Reality Testing to Measure Topographical Orientation Skill, American Academy of Optometry annual meeting, US, 2016
- ② 若宮英司、奥村智人、渡邊 洋、玉井 浩、バーチャルリアリティ装置を用いた視覚関連機能障害者の地誌的見当識の検討、第57回日本小児神経学会学術集会

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 洋 (WATANABE HIROSHI)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・主任研究員

研究者番号：20358386

(2) 研究分担者

若宮 英司 (WAKAMIYA EIJI)

藍野大学・医療保健学部看護学科・教授

研究者番号：20426654

(3) 連携研究者

梅村 浩之 (MEMURA HIROYUKI)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・主任研究員

研究者番号：10356587

(4) 研究協力者

氏家 弘裕 (UJIKE HIROYASU)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・上級主任研究員

研究者番号：40262315