

鍵探し課題に基づく掃除動作型 MR 認知リハビリテーションシステムに関する研究

西村 亮汰^{1,a)} 大井 翔^{1,b)}

概要：高次脳機能障害は、脳の損傷により思考、記憶、行為、言語、注意などの認知機能に障害が生じた状態である。特に、日常生活において掃除は計画性を要するタスクであり苦手な人も多い。本研究では、Mixed Reality 技術を用いて掃除を題材とした MR 認知リハビリテーションシステムを提案し、認知機能障害の判別に役立つ行動特性を明らかにしてリハビリテーション支援や評価設計に活用するため、健常者と高次脳機能障害者の掃除行動の違いを検証した。

1. はじめに

高次脳機能障害とは、脳卒中や交通事故などによる脳損傷により、思考・記憶・行為・言語・注意などの高次脳機能に障害が生じた状態を指す。高次脳機能障害の主な症状名とその特徴を表 1 にまとめる [1]。代表的な症状には注意障害、記憶障害、遂行機能障害などがあり、注意障害では周囲への注意や注意の持続が困難となり、記憶障害では情報の保持や想起が難しくなる。遂行機能障害では目標設定や計画・実行が困難になる。厚生労働省の「令和 4 年生活のしづらさなどに関する調査」によれば、医師から高次脳機能障害と診断された者は約 22.7 万人と推定されている [2]。さらに、福岡県で実施された調査では、中等度の高次脳機能障害の発症率は人口 10 万人あたり 2.3 人と報告されており、この値を全国人口に当てはめると、年間約 2,884 人が新規発症していると推定される [3]。軽度および重度の症例も含めた場合には、その数はさらに増加する可能性がある。

高次脳機能障害者に対するリハビリテーションの一環として自立訓練（生活訓練）がある [4]。日常生活や社会生活に必要な能力の習得を目的としており、調理や掃除などの生活動作訓練は実生活に近い状況で実施できることから重要視されている [5][6]。特に、掃除は QOL（生活の質）の維持や向上に欠かせない活動であり、室内の埃やカビ、散らかった環境は、呼吸器疾患や心理的ストレスの原因となることが報告されている [7][8]。しかし、高次脳機能障害者にとっては、注意機能や遂行機能の障害により掃除の遂

表 1 高次脳機能障害の主な症状名とその特徴 [1]

症状名	主な特徴・具体例
記憶障害	・物の置き場所を思い出せない ・新しい情報を覚えにくい ・同じ質問を繰り返す
注意障害	・集中が続かず、ミスが多い ・同時に複数の作業を行うと混乱する ・作業を持続することが難しい
遂行機能障害	・自分で計画を立てて行動に移すことが困難 ・指示がないと活動を始められない ・約束の時間に遅れる
社会的行動障害	・興奮しやすく、暴言・暴力がみられることがある ・思い通りにならないと強い感情を表す ・自己中心的な行動が目立つ

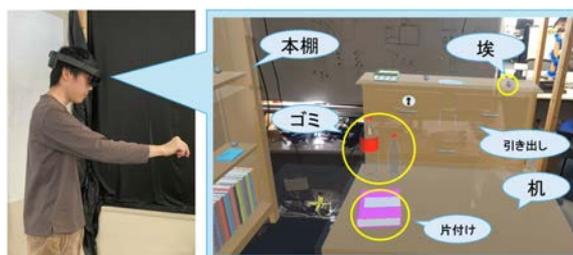


図 1 開発したシステム

行が困難になり、きれいな環境を保つことが難しく、健康被害を引き起こす可能性が高い [6]。また、調理訓練は火や刃物を使用するため、常に職員の付き添いが必要となる。掃除訓練においても、訓練環境の再現や実施頻度、標準化の課題がある。このため、利用者が単独で訓練を行うことは困難である。

こうした課題を解決する手段として、近年は VR（仮想現実）や MR（複合現実）といった先端技術を活用したりハビリテーションが注目されている。佐野らの研究 [9] で

¹ 大阪工業大学

^{a)} ryota.nishimura@mix-lab.net

^{b)} sho.ooi@outlook.jp

は、仮想空間を活用して片づけ行動に基づく認知トレーニングシステムを開発し、VR空間内で行動モニタリングと振り返りインタラクションを組み合わせた訓練を実施している。しかし、VRは現実空間を視認できないことから、歩行を伴う動作には広い物理空間が必要となり、リハビリテーション施設などでは十分に活用できない。これに対して、吉田らの研究[10]では、複合現実を活用して特定の場所に依存せず、日常生活動作に基づく認知リハビリテーションシステムを開発し、MR空間内で調理訓練を模擬した訓練を実施している。また、朝田らの研究[11]では、BADSの修正6要素検査を日常動作に応用したMR認知リハビリテーションシステムを開発し、調理と掃除、通話の課題を実施している。しかし、総合的な掃除行動を題材としたMR型の認知リハビリテーションはまだ少なく、実生活場面に即した多段階的かつ計画性を要する課題としての活用は十分に検討されていない。

本研究では、図1に示すようなシステムを開発し、健常者と高次脳機能障害者の掃除行動の違いを検証することで、認知機能障害の判別に役立つ行動特性を明らかにし、リハビリ支援や評価設計に活かすことを目的とする。

2. 関連研究

実生活における認知リハビリテーションでは、佐野らの研究[6]があり、日常的な掃除行動を用いた認知リハビリテーションを行い、振り返りシステムによる自己認識の促進および動機づけの向上を報告している。一方で、実環境を用いたリハビリテーションには、安全性の確保や環境の再現性といった課題が指摘されている。

VRを用いた研究として、Liu Changら[12]は紙面ベースの検査と実生活行動との乖離に着目し、郵便局を模したVR課題を用いることで、遂行機能や注意機能の向上を確認している。佐野らの研究[9]では、仮想空間を活用して片づけ行動に基づく認知トレーニングシステムを開発し、VR空間内で行動モニタリングと振り返りインタラクションを組み合わせた訓練を行っており、認知機能を向上させることを確認している。この結果から、実社会に近いVR課題が高次脳機能障害者への認知支援に有効であることが示唆されているが、VR環境では転倒リスクがあり、広い空間を必要とするといった課題がある。

次に、吉田ら[10]はMRを用いた調理行動に基づく認知リハビリテーションシステムを提案している。しかし、当該システムは単一動作を中心とした構成であり、調理全体における計画立案や一連の実行過程を十分に含んでいないため、遂行機能などの高次脳機能を十分に引き出せていないという課題がある。朝田らの研究[11]では、BADSの修正6要素検査を日常動作に応用したMR認知リハビリテーションシステムを開発し、調理と掃除、通話の課題を実施している。



図2 埃掃除動作

以上の先行研究から、調理や掃除といった日常生活行動は認知リハビリテーションにおいて有効な対象であり、VRやMR技術は高次脳機能の評価および支援手段として有用であることが示されている。

そこで本研究では、MR技術を用いて掃除行動を実生活に近い形で再現し、認知リハビリテーションにおける有効性を検証する。

3. システム概要

本システムは、HoloLens2を使用する。ユーザはMR環境内で4種類の掃除行動（埃掃除、片付け、ゴミ捨て、机拭き）と職員への対応課題を実施できる。これらのシステムは、先行研究[13]で提案した掃除動作型MR認知リハビリテーションシステムを改良したものである。改良にあたっては、作業療法士とのミーティングを実施し、臨床的観点からの助言を反映した。

3.1 埃掃除

埃掃除動作は、部屋の中に点在している埃を、埃掃除用の雑巾で触れることで除去され、タスクが完了になる。埃は本棚や引き出し棚の上、冷蔵庫の上、床などに合計で10個配置されており、部屋にある埃を見つけて除去することが出来ているか評価する。図2に埃掃除課題の画像を示す。

3.2 片付け

片付け動作は、部屋内に点在している12個の片付け対象を部屋内にある本棚や引き出し棚、冷蔵庫、机などに正しく片付けることで完了とする。図3に片付け対象を示す。分別では、正しい場所に仕舞うことができれば得点が得られる。正しい場所ではなくても片付け対象と判断して仕舞うことができれば部分点が得られるものとして評価する。図4に片付け課題の画像を示す。

3.3 ゴミ捨て

ゴミ捨て動作は、部屋内に点在している10個のゴミ捨て対象を部屋内にあるゴミ箱に正しく捨てることで完了とする。ゴミ箱は、生活ゴミ用、資源ゴミ用、ビン用の三種

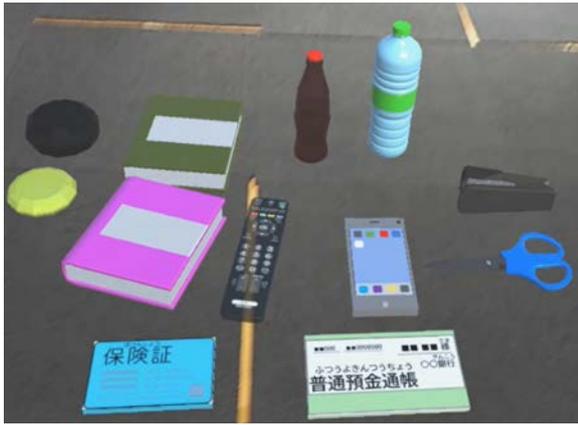


図 3 片付け対象



図 4 片付け動作

類ある。図 5 に三種類のゴミ箱を示す。分別では、正しい場所に捨てることができれば得点が得られる。正しい場所ではなくてもゴミ捨て対象と判断して捨てることが出来れば部分点が得られるものとして評価する。図 6 にゴミ捨て課題の画像を示す。

3.4 机拭き

机拭き動作では、机全体を机拭き用雑巾で拭くことで完了とする。机拭きの効率性を評価する。図 7 に机拭き課題の画像を示す。

3.5 職員への対応課題

職員への対応課題では、掃除の途中で職員のキャラクターが出現し、参加者に対して片付け対象となっている物の中からランダムに 1 点を指定して持ってくるよう依頼する。参加者が依頼された物を職員のキャラクターに正しく手渡しした場合を成功として評価する。図 8 に職員への対応課題の画像を示す。

4. 評価項目

掃除行動を客観的に評価することを目的として、掃除行動評価シートを作成した。評価対象となる課題は「埃掃除」「片付け」「ゴミ捨て」「机拭きの計画性」「掃除順序の計画性」「職員への対応課題」「作業時間」の 7 項目とし、各課題ごとに複数の具体的な評価項目を設定した [14]。評価項



図 5 三種類のゴミ箱

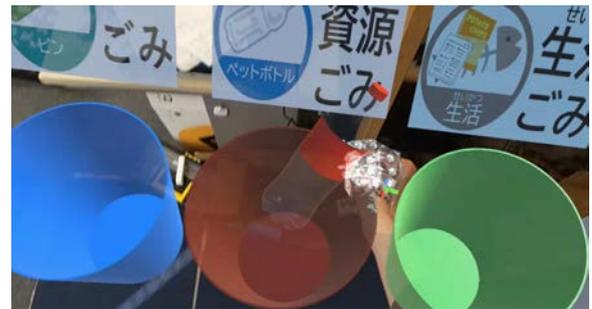


図 6 ゴミ捨て動作

目の一覧を表 2 に示す。

4.1 机拭きの評価

机拭き動作の効率性については、鹿島ら [15] (2003) による『日本版 BADS 遂行機能障害症候群の行動評価』に含まれる「鍵探し検査」の評価指標を参考にし、これを机拭き動作に応用する形で評価を実施した。具体的な評価は、以下の 7 つの観点に基づいて実施した。

4.1.1 入路

机拭き掃除の始まりが、いずれか 4 つの角から始めれば 3 点、角以外で机の外周 (上辺・下辺・左右の辺) に沿ったところであれば 2 点、それ以外だと 1 点とした。

4.1.2 終路

机拭き掃除の終わりが、いずれか 4 つの角から終われば 3 点、角以外で机の外周 (上辺・下辺・左右の辺) に沿ったところであれば 2 点、それ以外だと 1 点とした。

4.1.3 連続性

一筆書きのように拭くことができれば 1 点とした。途中で動作を止めて雑巾を離しても、その地点から再開した場合は連続性があるとみなした。これ以外の場合は 0 点とした。

4.1.4 平行性

すべての線の傾きが同じ場合 1 点とし、それ以外は 0 点とした。

4.1.5 垂直線か水平線

すべての線が垂直または水平である場合 1 点とし、それ

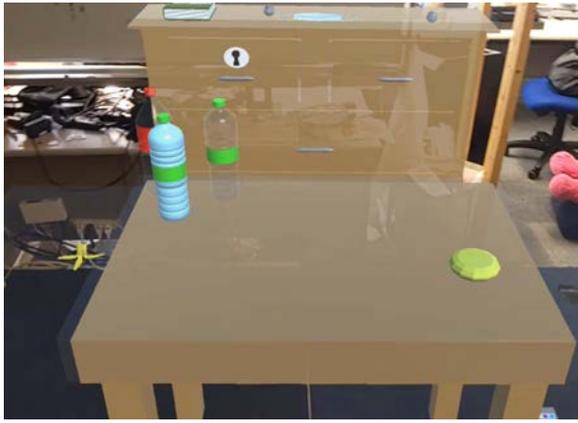


図 7 机拭き動作



図 8 職員への対応課題

以外は 0 点とした。

4.1.6 既存のパターン

既存パターンの評価を図 9 に示す。a の水平・垂直型は 5 点、b の斜め・同心円型は 3 点、c の混在型は 2 点、d の非効率でも計画性があれば 1 点、意図や規則性が見られないものは 0 点とした。

4.1.7 網羅性

対象の全領域を網羅的に拭こうという動きができていれば 1 点とし、それ以外は 0 点とした。

5. 実験

本システムでは 4 種類の掃除課題と職員への対応課題を実施する。実験では、健常者と A 施設に通院している高次脳機能障害者の 2 群にシステムを体験してもらい、両群における掃除行動の違いを検証した。参加者は健常者 3 名と高次脳機能障害者 3 名の計 6 名である。

実施風景を図 10 に示す。体験前に 4 種類の掃除動作および職員への対応課題の説明を行い、操作方法の練習を行った。

実験は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認（承認番号：2024-29-1）を受けて実施した。

6. 結果と考察

6.1 結果

掃除行動の対象は健常者（以下 HC）3 名（HC-A～C）

および高次脳機能障害者（以下 HBD）3 名（HBD-D～F）であった。掃除行動評価シートの結果は表 3 に示す。さらに、各課題の平均値および標準偏差を表 4 に示す。

合計得点は、HC 群では 69 ± 0.8 点と高く安定していた。一方で、HBD 群では 47.7 ± 13.4 点とばらつきが大きく、低い傾向を示した。具体的な得点は次の通りである。

埃掃除課題では、HC 群は全員が満点（ 10.0 ± 0.0 点）であったのに対し、HBD 群では得点が 4.3 ± 2.6 点とばらつきが大きく、HC 群に比べ低い傾向を示した。

片付け課題では、HC 群は 22.0 ± 1.4 と高得点で安定していたのに対し、HBD 群では 15.0 ± 5.9 点と得点に個人差がみられ、低い傾向を示した。一方、冷蔵庫や引き出しの閉め忘れは両群ともに見られず、得点差は認められなかった。

ゴミ捨て課題では、HC 群は 19.0 ± 1.4 点と高得点で安定していたのに対し、HBD 群では 13.3 ± 5.3 点と得点の幅が大きく、平均点も HC 群より低かった。

机拭き課題では、HC 群は 11.0 ± 2.8 点であり、HBD 群では 11.7 ± 2.1 点であった。入路や終路の得点は HC 群・HBD 群ともに満点に近く、連続性や平行性、垂直水平、パターン、網羅性の項目でも両群間に差は認められなかった。

掃除順序の計画性では、HC 群は 4.3 ± 0.5 点で安定して高得点を示したのに対し、HBD 群では 1.7 ± 1.2 点と、得点が低い傾向を示した。

職員への対応課題では、HC 群は 2.0 ± 0.0 点であり、HBD 群は 1.3 ± 0.9 点であった。HC 群および HBD 群のほとんどの対象者は、職員から依頼された物を正しく手渡すことができ、依頼されていない物を渡すことはなかった。HBD 群の HBD-F は、いずれの項目も達成できなかった。

6.2 考察

本システムの合計得点は HC 群が 69.0 ± 0.8 点と高く安定していたのに対し、HBD 群は 47.7 ± 13.4 点と群内での個人差大きく、低い傾向を示した。

特に埃掃除（HC 群： 10.0 ± 0.0 点、HBD 群： 4.3 ± 2.6 点）、片付け（HC 群： 22.0 ± 1.4 点、HBD 群： 15.0 ± 5.9 点）、ゴミ捨て（HC 群： 19.0 ± 1.4 点、HBD 群： 13.3 ± 5.3 点）の各課題では、HBD 群は HC 群に比べ得点が低く、個人差も大きかった。これらの課題で低得点となった主な原因は、分別能力の欠如ではなく、部屋に点在している埃や片付け対象、ゴミ捨て対象を視覚的に見つけられなかったことによると考えられる。行動の観察から、HBD 群は体験中に触らなかった MR オブジェクトが多く、部屋全体を十分に確認できていなかった。また、作業の最後に全体を確認する行動がみられなかったことが、得点低下の要因であることが示唆される。

掃除順序の計画性に関しては、HC 群は 4.3 ± 0.5 点と高得点を示したのに対し、HBD 群では 1.7 ± 1.2 点と得点に

表 2 掃除行動評価シート

掃除課題	評価項目	配点
埃掃除	埃を拭いたか	各 1 点 (計 10 点)
片付け	正しい場所に片付けたか	正しい場所：各 2 点 片付け実施：各 1 点 未実施：0 点 (計 24 点)
	冷蔵庫を閉めたか	1 点
	引き出しを閉めたか	1 点
ゴミ捨て	正しいゴミ箱に捨てたか	正しい場所：各 2 点 ゴミ捨て実施：各 1 点 未実施：0 点 (計 20 点)
机拭きの計画性	入路	3 点
	終路	3 点
	連続性	1 点
	平行性	1 点
	垂直水平	1 点
	パターン	5 点
	網羅性	1 点
掃除順序の計画性	本棚の上から順に埃を掃除しているか	1 点
	本棚・引き出し棚の上・冷蔵庫の上にゴミがない状態での埃拭き	各 1 点 (計 3 点)
	床の上にゴミがない状態で埃拭き	1 点
	床の埃掃除を最後にしているか	1 点
	机の上にゴミがない状態で机拭き	1 点
職員への対応課題	職員にお願いされたものを渡した	1 点
	お願いされた物以外渡さなかった	1 点
作業時間	15 分以内にシステム終了したか	1 点
合計		81 点

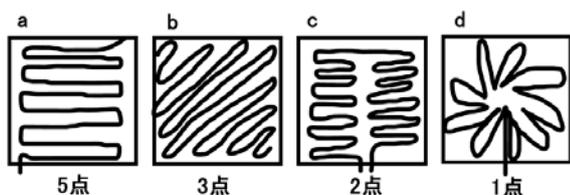


図 9 既存のパターン

低い傾向がみられた。これは、HBD 群において作業の全体像を把握し計画的に進めることが難しいことを示唆している。しかし、得点低下の要因は単に計画性の欠如だけではなく、埃を十分に拭けていないことが影響していると考えられる。HBD 群では埃掃除の得点が低く、順序評価の低下につながった可能性が高い。このことから、HBD 群における掃除順序の低得点は、作業の計画的遂行能力だけでなく、探索行動や確認行動の不足とも関連していることが示唆される。

7. まとめと今後の展望

本研究では、MR 掃除リハビリテーションシステムを開



図 10 実験の様子

発し、MR 環境下での健常者 (HC 群) と高次脳機能障害者 (HBD 群) の掃除行動の遂行特性を比較した。結果、HC 群は合計得点が高く安定していたのに対し、HBD 群では得点のばらつきが大きく、低い傾向がみられた。特に、埃掃除や片付け、ゴミ捨て、および掃除順序の計画性に関わる課題で差が顕著であった。これらのことから、高次脳機能障害者は対象物の探索や作業の全体把握が不十分であり、計画的に遂行することが難しいことが明らかになった。今後は高次脳機能障害者への応用に向けて、課題難易度の調

表 3 掃除行動の評価項目と各群のスコア

掃除課題	評価項目	HC-A	HC-B	HC-C	HBD-D	HBD-E	HBD-F
埃掃除	埃を拭いたか	10	10	10	8	2	3
	片付け	19	19	22	15	19	5
片付け	冷蔵庫を閉めたか	1	1	1	1	1	1
	引き出しを閉めたか	1	1	1	1	1	1
	正しいゴミ箱に捨てたか	17	20	20	20	13	7
ゴミ捨て	正しいゴミ箱に捨てたか	17	20	20	20	13	7
	机拭きの計画性	3	3	3	3	3	1
	入路	3	3	3	3	3	3
	終路	3	3	3	3	3	3
	連続性	0	1	0	1	1	1
	平行性	0	0	0	0	0	1
	垂直水平	1	0	0	0	1	1
掃除順序の計画性	パターン	5	5	0	1	5	5
	網羅性	1	1	1	1	1	0
職員への対応課題	本棚の上から順に埃掃除	1	1	1	0	0	0
	本棚・引き出し棚の上・冷蔵庫の上にゴミがない状態での埃掃除	2	1	2	2	1	0
	床の上に物がいない状態で埃掃除	0	0	1	0	0	0
	床の埃掃除を最後にしているか	0	1	0	0	0	0
	机の上にゴミがない状態で机拭き	1	1	1	1	1	0
作業時間	職員にお願いされたものを渡した	1	1	1	1	1	0
	お願いされた物以外渡さなかった	1	1	1	1	1	0
作業時間	15分以内にシステム終了したか	1	0	1	1	0	0
合計		68	70	69	60	54	29

表 4 各課題の平均値と標準偏差

課題	HC 群 (n=3)		HBD 群 (n=3)	
	平均値	標準偏差 (範囲)	平均値	標準偏差 (範囲)
合計	69.0 ± 0.8	(68-70)	47.7 ± 13.4	(29-60)
埃掃除	10.0 ± 0.0	(10)	4.3 ± 2.6	(2-8)
片付け	22.0 ± 1.4	(21-24)	15.0 ± 5.9	(7-21)
ゴミ捨て	19.0 ± 1.4	(17-20)	13.3 ± 5.3	(7-20)
机拭きの計画性	11.0 ± 2.8	(7-13)	11.7 ± 2.1	(9-14)
掃除順序の計画性	4.3 ± 0.5	(4-5)	1.7 ± 1.2	(0-3)
職員への対応課題	2.0 ± 0.0	(2)	1.3 ± 0.9	(0-2)
作業時間	0.7 ± 0.5	(0-1)	0.3 ± 0.5	(0-1)

整や個別の支援設計を検討していくとともに、A 施設での現場での検証を進めている。

謝辞 本研究は、大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の倫理審査を受け、倫理的に適切な方法で行われました。研究参加者の皆様には、貴重な時間を割いてご協力いただき、深く感謝申し上げます。

参考文献

[1] 国立障害者リハビリテーションセンター. 高次脳機能障害 情報・支援センター — 理解する. <https://www.rehab.go.jp/brainfukyu/rikai/>.ITF : 2025 - 11 - 25.

[2] 厚生労働省. 令和 4 年 生活のしづらさなどに関する調査 (全国在宅障害児・者等実態調査) 結果概要, 2024. https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsuc_housajist.html.

[3] 蜂須賀研二, 加藤徳明, 岩永勝, 岡崎哲也. 日本の高次脳機能障害者の発症数. 高次脳機能研究 (旧 失語症研究), Vol. 31, No. 2, pp. 143-150, 2011.

[4] 国立障害者リハビリテーションセンター. 自立訓練 (生活訓練). <http://www.rehab.go.jp/TrainingCenter/General/trainingife>.ITF : 2025 - 11 - 25.

[5] 大井翔, 佐野睦夫, 渋谷咲月, 水野翔太, 大出道子, 中山佳代. 高次脳機能障害者の自立に向けた調理行動振り返り支

援システムに基づく認知リハビリテーション. 認知リハビリテーション, Vol. 20, No. 1, pp. 51-61, 2015.

[6] 佐野睦夫, 中川葵, 小谷凌和, 大井翔, 小山智美, 西野朋子. 高次脳機能障害に対する掃除行動振り返り支援システムに基づく認知リハビリテーション. 認知リハビリテーション, Vol. 22, No. 1, 2017.

[7] 川上裕司. 室内環境の微生物に関わる最近の話題 (1) . 室内環境, Vol. 21, No. 3, pp. 209-216, 2018.

[8] Catherine Roster and Joseph Ferrari. Does work stress lead to office clutter, and how? mediating influences of emotional exhaustion and indecision. *Environment and Behavior*, 09 2020.

[9] 佐野睦夫, 辻村拓実, 大井翔, 田淵肇, 斎藤文恵, 梅田聡. 仮想空間における片づけ行動の振り返りによる認知トレーニングシステム. 情報処理学会 インタラクション 2018, pp. 481-486. 情報処理学会, 2018. 1P09.

[10] 吉田瑞生, 大井翔. 複合現実における場所にとらわれない生活行動に基づく認知リハビリテーションシステムの検討. インタラクション 2024 論文集. 情報処理学会, 2024.

[11] 青葉朝田, 瑞生吉田, 翔大井. 修正 6 要素検査に基づいた日常生活行動の mr 認知リハビリテーションシステムの検討. 第 2024 巻. 情報処理学会, Sep 2024. 本研究は、高次脳機能障害の遂行機能を高める検査である BADS テストは、紙面検査であるため高得点の場合でも実生活がうまくいくとは限らないため、BADS の修正 6 要素検査を日常生活行動に置き換えた MR 型のリハビリテーションの開発を行う。

[12] Chang Liu, 勇輝渡邊, 豪志朗山本, さやか岡橋. 遂行機能・注意リハビリテーションを目的とする没入型バーチャルリアリティ認知課題に関する検討. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 29-34, 02 2023.

[13] 西村亮汰, 大井翔. 掃除動作に基づく mr 認知リハビリテーションシステムの設計に関する検討. 第 30 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2025.

[14] ダスキン株式会社. ホコリ分野の研究. <https://www.duskin.co.jp/rd/laboratory/feature/dust/03/>. 参照日: 2025-12-14.

[15] 鹿島晴雄監訳. BADS 遂行機能障害症候群の行動評価 日本版. 新興医学出版社, 東京, 2003.