



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

Study of Design on MR Cognitive Rehabilitation System based on Cleaning Actions

西村亮汰¹⁾, 大井翔¹⁾

Ryota NISHIMURA, Sho OOI

1) 大阪工業大学 (〒 573-0196 枚方市北山 1-79-1, ryota.nishimura@mix-lab.net, sho.ooi@outlook.jp)

概要: 高次脳機能障害は、脳の損傷により思考、記憶、行動、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苦手な日も多い。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、その要件について検討した。

キーワード: 高次脳機能障害, 福祉, リハビリテーション, 掃除, MR

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って脳の一部が損傷され、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。代表的な症状には、注意機能障害、遂行機能障害、記憶障害などがある。

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）が実施されており、日常生活や社会生活に必要な能力の習得を目的としている¹⁾。中でも調理や掃除といった生活動作訓練は、現実的な生活場面を模した実践的訓練として重要視されている [1] [2]。

特に掃除は QOL（生活の質）を高め、身体的・精神的健康維持に不可欠な日常動作である。室内の埃やカビ、ダニなどは呼吸器疾患やアレルギー、視覚的混乱や慢性ストレスの要因となり得るため、掃除の適切な実施はこれらの健康リスクの予防にもつながる。また、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って掃除の遂行が困難となる場合が多い [2]。しかし、調理訓練は火や刃物を使用するため、常に監督者の付き添いが必要となる。また、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。

こうした課題の解決策として、近年では VR（仮想現実）や MR（複合現実）といった先端技術を活用したリハビリテーション手法に注目が集まっている。吉田らの研究 [3] では、複合現実を用いて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を開発し、MR 空間内で調理訓練を模擬したリハビリテーションを実施している。しかし、掃除行動を題材とした VR・MR 型の認知リハビリ



図 1: 開発中のシステム

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。

本研究では準備段階として、図 1 に示すようなシステムを開発しており、後日実施予定の本実験に先立ち、健常者を対象に各掃除動作の重要度を調査する予備実験を行い、その結果について報告する。

2. 関連研究

実生活におけるリハビリテーションでは、佐野らの研究 [2] 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の効果を検証し、振り返りシステムによる自己認識の促進と動機づけの向上が確認されたが、現実のリハビリテーションでは安全性や環境再現の課題がある。

VR に関する Liu Chang らの研究 [4] では、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 課題を用いて遂行機能や注意力の促進効果を確認し、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されたが、VR には転倒リスクや広いスペースの必要性といった課題がある。

吉田ら [3] は、MR を使っ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開発しているが、単一動作にと

¹⁾ 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）」ページ, URL: http://www.rehab.go.jp/TrainingCenter/General/training_life/

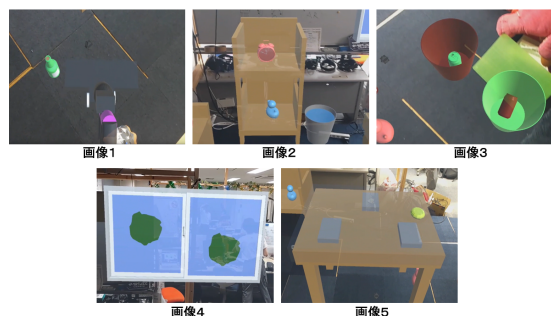


図 2: 掃除動作ごとのシステムのシーン

どまっており、調理全体の計画立案や実行過程が十分ではなく、遂行機能などの高次脳機能が十分に発揮される構成となっていない課題がある。

以上の研究から、実生活に即した調理や掃除などの日常行動は、認知リハビリにおいて有効な対象であり、VR や MR 課題は高次脳機能の評価・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環境で再現し、認知リハビリテーションに対する効果を検証する。

3. システム概要

本システムは、HoloLens2 を使用する。ユーザは仮想空間内で掃除機や雑巾などの掃除道具を操作し、5 種類の掃除行動（埃掃除、片付け、ゴミ捨て、窓拭き、机拭き）を実施できる。これらの動作は、佐野らの研究 [2] に基づいて選定され、実生活に即した形でリハビリテーション訓練に適した環境を提供する。システム内の 5 種類の掃除動作の画像を図 2 に示す。

3.1 埃掃除 (図 2 画像 1)

埃掃除動作は、部屋内に散在する埃を掃除機や雑巾で除去することで完了とする。埃は片付け棚や床に配置されており、掃除の順序には制約を設けないが、「上から下へ」の掃除方法を評価対象とする。これは、埃が上から下へ落ちる性質を踏まえ、再飛散を防ぐ実生活に即した効率的な方法であるためである。また、全ての埃が除去されているかも、動作の正確さとして評価する。

3.2 片付け (図 2 画像 2)

片付け動作は、玩具と日用品を棚に正しく仕舞うことで完了とする。分別は色別またはカテゴリ別で、事前に指定された基準に従って正しく片付けられているかを評価する。

3.3 ゴミ捨て (図 2 画像 3)

ゴミ捨て動作は、瓶と缶を分類基準に従って正しくゴミ箱に捨てることで完了とする。分別は色別またはカテゴリ別で、事前に指定された基準に従って正しく捨てられているかを評価する。

3.4 窓拭き (図 2 画像 4)

窓拭き動作は、「水拭き」と「乾拭き」の 2 段階をすべて行うことで完了とする。水拭きでは、雑巾を汚れに数秒間接触させることで徐々に汚れが消え、この間、仮想的な水滴が窓面を伝って落ちる仕様となっている。乾拭きでは、窓

面の水滴と床上に落下した水滴を拭き取り、仕上げまで含めた現実的な清掃動作を再現する。動作全体を通して、汚れや水滴が完全に除去されているかを評価対象とする。

3.5 机拭き (図 2 画像 5)

机拭き動作では、机の上に 3 冊の本を配置し、それらを適宜移動させながら机全体を拭くことで完了とする。机拭きの効率性を評価対象としている。

4. 評価項目

4.1 掃除行動評価

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「埃拭き」「片付け」「ゴミ捨て」「窓拭き」の 4 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²。評価項目の一覧を表 1 に示す。

4.2 机拭きの評価

机拭き動作の効率性については、鹿島ら [5] (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」の評価指標を参考とし、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。

4.2.1 入路

拭き掃除の始まりが、いずれか 4 つの角から始まれば 3 点、それ以外で上辺または下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。

4.2.2 終路

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、それ以外で上辺または下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。

4.2.3 連続性

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

4.2.4 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。

4.2.5 水平線か垂直線

すべての線が垂直または水平である場合 1 点、それ以外は 0 点とした。

4.2.6 既存のパターン

既存パターンの評価を図 3 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。

4.2.7 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、それ以外は 0 点とした。

5. 実験

本システムでは 5 種類の掃除課題を実施する。実験では、通常の健常者群と、認知的負荷を付与して高次脳機能障害者を疑似的に再現した認知的負荷群の 2 群にシステムを体験してもらい、掃除行動の違いを検証した。参加者は健常

²ダスキン「掃除方法に関するコラム」、URL:<https://www.duskin.jp/merrymaids/column/detail/00034/>

表 1: 掃除行動評価シート

課題名	評価項目	配点
埃掃除	棚の埃を除去したか	間違い 1つき -1 配点 3
	床の埃を除去したか	間違い 1つき -1 配点 3
	「棚 → 床」の順番で掃除を行ったか	できている 1 できていない 0
	床の埃掃除よりも先に片付けやゴミ捨てをしているか	できている 1 できていない 0
	棚の埃掃除を片付けのあとに行っていないか	できている 1 できていない 0
片付け	片付け残しはないか	間違い 1つき -1 配点 4
	適切に分別できているか	できている 1 できていない 0
ゴミ捨て	ゴミの捨て残しはないか	間違い 1つき -1 配点 4
	適切に分別できているか	できている 1 できていない 0
窓拭き	汚れの拭き残しはないか	拭き忘れ 1つき -1 配点 2
	水滴の拭き残しはないか	拭き忘れ 1つき -1 配点 4

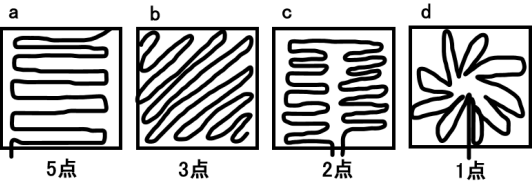


図 3: 既存のパターンの評価

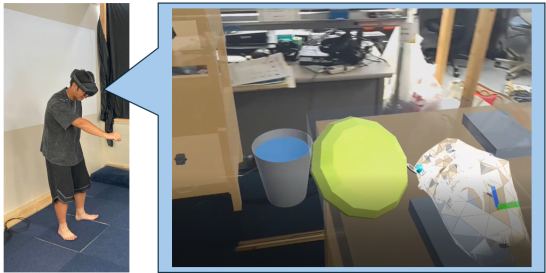


図 4: 実験の様子

者 4 名で、2 名ずつに通常条件・認知的負荷条件を割り当てた。認知的負荷条件では、1 分ごとにベル音を鳴らし、参加者に「1000 から 7 を順に引く連続引き算課題」を実施させた。ベル音の間隔は事前に告知せず、突発的に発生するように設計した。これにより掃除中に認知的負荷を生じさせることを意図している。

実施風景を図 4 に示す。練習は行わず、体験前に 5 種類の掃除動作および片付けとゴミ捨ての分類方法について説明し、認知的負荷群には引き算課題の内容も伝えた。

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

掃除行動評価シートの結果は表 2 に示す。掃除動作の基本的な遂行に関しては、健常者群および認知的負荷群の実験参加者いずれも高得点を記録していた。具体的な得点は次の通りである。健常者群 A および B、認知的負荷群 C および D のすべての参加者が「埃除去」については、棚と床を併せて評価した結果、すべての群で満点（6 点）が記録された。また、「ゴミ捨て」についても、すべての群で満点（4

点）が記録された。しかし、窓拭きにおける「水滴拭き」や「汚れ拭き」の項目では、認知的負荷群 C および D が一部の工程を実施し忘れ、満点を獲得できなかった。具体的には、健常者群 A および B は「水滴拭き」で満点（4 点）を記録したが、認知的負荷群 C および D はそれぞれ 2 点であった。「汚れ拭き」についても、健常者群 A および B、認知的負荷群 D は満点（2 点）を記録したが、認知的負荷群 C は 1 点であった。また、作業手順に関する評価項目では、健常者群および認知的負荷群のいずれも一部の項目で誤りが見られたが、特に認知的負荷群の実験参加者が複数の手順項目にわたって誤答が確認された。具体的には、「棚→床」の順番について、健常者群 A は 0 点、健常者群 B は 1 点、認知的負荷群 C および D はともに 0 点であった。「棚の埃掃除を片付けのあとに行っていないか」については、健常者群 A および B は 1 点、認知的負荷群 C は 0 点、D は 1 点であった。「片付けやゴミ捨てを埃掃除の前に行ったか」については、健常者群 A は 0 点、健常者群 B は 1 点、認知的負荷群 C および D は 1 点であった。「片付けやゴミ捨ての分別」については、健常者群 A は 2 点、健常者群 B は 1 点、認知的負荷群 C は 1 点、D は 0 点であった。作業手順の評価項目の合計点は 5 点中、健常者群 A が 3 点、健常者群 B が 4 点、認知的負荷群 C が 2 点、認知的負荷群 D が 2 点であった。

机拭きの結果は表 3 に示す。健常者群のうち、参加者 B は各評価項目において高得点を記録し、合計スコアは 10 点であった。これに対し、健常者群 A および認知的負荷群 C と D はいずれも合計スコアが 4 点となり、複数の評価項目において得点が見られなかった。具体的には、全参加者が「平行性」および「垂直平行性」の項目で 0 点となっており、拭き動作における空間的な整列や方向性の一貫性は、いずれの群においても明確に確認されなかった。また、健常者群 A および認知的負荷群 C と D では、「連続性」や「網羅性」においても、拭き残しが生じる可能性のある動作経路が観察され、加点には至らなかった。

6.2 考察

掃除動作の基本的な遂行に関して、健常者群と認知的負荷群の間に大きな差は見られなかった。このことは、埃除

表 2: 掃除行動の評価項目と各群のスコア

課題名	評価項目	健常者群 A	健常者群 B	認知的負荷群 C	認知的負荷群 D
埃掃除	棚の埃を除去したか	3	3	3	3
	床の埃を除去したか	3	3	3	3
	「棚 → 床」の順番で掃除を行ったか	0	1	0	0
	床の埃掃除よりも先に片付けやゴミ捨てをしているか	0	1	1	1
	棚の埃掃除を片付けのあとに行っていないか	1	1	0	1
片付け	片付け残しはないか	4	4	4	4
	適切に分別できているか	1	0	1	0
ゴミ捨て	ゴミの捨て残しはないか	4	4	4	4
	適切に分別できているか	1	1	0	0
窓拭き	汚れの拭き残しはないか	2	2	1	2
	水滴の拭き残しはないか	4	4	2	2

表 3: 机拭きの評価と認知的負荷群の計算課題の正答率

群	実験参加者	入路	終路	連続性	平行性	垂直平行	パターン	網羅性	合計	計算課題の正答率
健常者群	A	3	1	0	0	0	0	0	4	
	B	3	3	1	0	0	2	1	10	
認知的負荷群	C	2	1	1	0	0	0	0	4	77.8%
	D	1	3	0	0	0	0	0	4	85.7%

去やゴミ捨てのように、判断や手順計画をあまり要さない動作については、認知的負荷下でも遂行可能であることを示している。ただし、窓拭きにおいては、認知的負荷群の実験参加者が「水滴の拭き」や「汚れの除去」において一部の工程を実施し忘れる場面が見られた。このことから、動作自体は単純でも、複数の工程が連なる作業においては注意の維持や切り替えが困難となる可能性がある。一方で作業手順や適切な分別といった、計画性や判断を要する課題では群間の差が明確となった。特に、「棚→床」の順序や「棚の埃掃除を片付けのあとに行っていないか」などの評価項目では、認知的負荷群の実験参加者が複数の項目で誤った順序をとっており、計画的な遂行や順序性の保持が困難である傾向が認められた。

机拭きでは、健常者群 B は評価項目において高得点を示した。特に『連続性』や『網羅性』、『パターン』など複数の項目でスコアを獲得しており、作業順序の保持や拭き残しの回避といった計画性のある行動が確認された。このことは、空間全体を見渡しながら一貫した拭き動作を展開する戦略的な遂行が行われていた可能性を示している。一方、健常者群 A と認知的負荷群 C と D は、入路や終路など部分的な得点は認められるものの、探索の一貫性や計画的遂行において課題が見られた。とくに「連続性」や「パターン」の欠如は、注意の維持、空間的順序づけ、および遂行機能に関わる側面の困難さが推察される。なお、健常者群 A と認知的負荷群 C と D が同等のスコアであった点から、鍵探し課題における遂行には個人差が大きく、単純な群間比較のみでは判断が難しい可能性がある。したがって、今後は、より多くの参加者を対象とした分析が必要である。

7. まとめと今後の展望

本研究では、本実験に先立つ予備実験として、MR 環境下で掃除動作の遂行特性と重要度を健常者に調査した。その結果、単純動作では群間差は少なかったが、判断や計画

を要する課題では認知的負荷群に困難が見られ、そうした課題ほど重要度が高いことが明らかとなった。今後は、高次脳機能障害者への応用に向けて、より多くの参加者を対象とした検証や、課題ごとの難易度調整、個別の遂行特性に応じた支援設計を進めていく予定である。

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] 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.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.