



V-CARE: 日常生活行動を基にした VR 認知リハビリテーションシステムの検討

Instructions for Preparation of Camera-ready Manuscripts
for Proceedings of the Virtual Reality Society of Japan

神田直輝¹⁾, 岩崎寛太, 遠藤飛鳥, 大井翔¹⁾

Naoki KANDA, Kanta IWASAKI, Asuka ENDOU and Sho OOI

1) 大阪工業大学大学院 情報科学研究科 (〒 573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1)

概要: 高次脳機能障害へのリハビリテーションでは、トランプなどを使った机上作業訓練や反復訓練などが存在する。しかし、それらの多くは日常生活行動に伴わないため、評価結果と実生活において差異が生じる。我々はこれまでに、VR 空間内で生活行動に基づいた認知リハビリテーションシステムを開発している。本研究では、これまでのシステムに加えて注意機能の訓練を目的に調理に着目したシステムを開発し、検証を行った。

キーワード: 高次脳機能障害, 認知リハビリテーション, VR

1. はじめに

脳梗塞や脳損傷により高次脳機能障害を患うと日常生活が困難になる。日本の高次脳機能障害者数は約 50 万人であり、特に 50 歳以上が大部分を占めている [1]。認知リハビリテーションは障害の回復に有効である。しかし、現行の方法は日常生活行動と一致しない場合が多く、乖離が生じる可能性がある。小倉らの研究 [2] では現実空間での調理行動が認知リハビリテーションとして有用と示されたが、火気や刃物を扱うため危険が伴う。Manera らの研究 [3] では VR ベースの課題だと患者に対する満足度が高く、難易度が高い課題でも意欲的に取り組む傾向があることを示したが、日常生活行動には適用できるか不明である。これらの問題に対し、岩崎らの研究 [4] では VR で日常生活行動を再現し、安全に認知リハビリテーションを行い、動機づけと効果が示されたが、実生活の再現度が不十分だった。

本研究では、先行研究の課題を解決するために V-CARE (Virtual Cognitive Assistance and Rehabilitation for Life Skills) を開発した。V-CARE は岩崎が開発したシステムを基に改良を加えたものである。実生活の再現度が低いという課題に対し、リハビリテーション内容の細分化を行った。図 1 に V-CARE 内で行う実生活行動の一部を示す。今回は高次脳機能障害者に V-CARE を体験してもらい、細分化による認知リハビリテーションの効果の向上やその有用性を検証することを目的とする。

2. 関連研究

2.1 調理行動の認知リハビリテーションに関する研究

調理行動の認知リハビリテーションに関する研究では実体験が有効であること [2] や遂行機能検査で利用する BADS

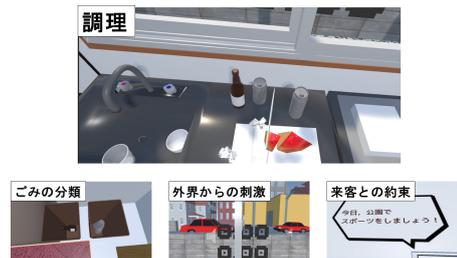


図 1: V-CARE 内で行う実生活行動

(Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome) との関係性の調査 [5] や自身の症状への気づきやリハビリテーションへの意欲が向上するといった効果 [6] が示されている。一方で、調理には刃物や火を扱うために危険が伴い、人手が必要となるといった課題もある。

2.2 紙ベースと VR ベースの課題の比較に関する研究

紙ベースと VR ベースの課題の比較に関する研究では VR 課題の難易度の方が高い場合でも VR 課題を好む傾向にあり、また不安や疲労を感じにくい傾向があることも明らかとなった [3]。しかし、この研究では日常生活行動に基づいたシチュエーションではないため、日常生活行動に基づいた課題が患者にとって好ましいのかは未知数である。

2.3 日常生活行動に基づく VR 認知リハビリテーションに関する研究

日常生活行動に基づく VR 認知リハビリテーションに関する研究では VR を用いて日常生活行動を再現し、安全に認知リハビリテーションを行うシステムを開発した [4]。調理や片付けなどの複数のモジュールを組み合わせ、認知機

表 1: 実装したモジュールと認知機能側面の関係性

システムモジュール	認知機能側面
調理	遂行機能 [複数課題の処理能力], 注意機能 [持続性注意, 分割注意能力], 記憶機能 [展望記憶]
チャイム	遂行機能 [優先順位付け, 思考の柔軟性], 注意機能 [選択的注意], 記憶機能 [展望記憶]
片付け	遂行機能 [視覚探索能力, 抽象的思考/行動], 記憶機能 [展望記憶]
ゴミ分類	遂行機能 [視覚探索能力, 抽象的思考/行動], 記憶機能 [展望記憶]
食事準備	遂行機能 [視覚探索能力, 抽象的思考/行動], 記憶機能 [展望記憶]
テレビからの刺激	注意機能 [妨害刺激に対する感受性]
窓からの刺激	注意機能 [妨害刺激に対する感受性]
来客との約束	記憶機能 [遅延記憶, 展望記憶]
天気の詳細	記憶機能 [遅延記憶, 展望記憶]

能の評価と改善を目指した。患者からは好意的な意見が多く、動機づけに効果があることが示されたが、実生活と同等の再現度には課題が残る。

2.4 本研究の立ち位置

小倉らの研究では現実空間での調理行動が認知リハビリテーションに有用だが危険性があることを示し、ManeraらはVR課題が紙ベース課題より満足度が高いとしたが日常生活行動に基づいていなかった。岩崎らはVRで日常生活行動を再現し、安全かつ動機づけを促す訓練が有効であることを示したが、実生活の再現には不十分だった。

これらの研究を踏まえ、本研究ではVR空間で日常生活行動における調理行動を細分化して再現することで、安全性を確保し、認知リハビリテーションの効果を高め、認知機能の回復を目指す。

3. 認知リハビリテーションシステムについて

提案する認知リハビリテーションシステムは岩崎らのシステムを基にし、特に調理行動に焦点を当てて改良を加えたものである。調理行動が認知リハビリテーションに有効であることは小倉らの研究で示されており、その重要性を強調している。

3.1 岩崎らの認知リハビリテーションシステム

岩崎らのVR認知リハビリテーションシステムは、日常生活行動を模擬し、調理や片付けなど11のモジュールを含む。システムの流れは図、フライパンと鍋をコンロに置き、加熱を開始。チャイムが鳴ると来客対応し、その後調理を再開する。調理と片付けを並行して行い、調理が完了するとシステムが終了する。各モジュールと認知機能の関係は表1で説明されている。

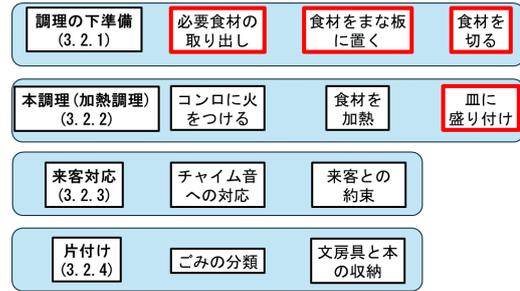


図 2: 本システムのモジュール

3.2 V-CARE

本研究で使用するシステム V-CARE は岩崎らが使用していた認知リハビリテーションシステムに対して注意機能や記憶機能の訓練の改良を加えたものである。V-CARE に実装されているモジュールを図2に示す。赤枠で囲まれたモジュールは本研究で追加されたものである。

3.2.1 調理の下準備

従来研究では調理に関するモジュールが加熱調理のみであったが調理の下準備に関するモジュールを加えた。食材の取り出しや食材をまな板などの適切な場所への配置、食材を切るという3つの実生活行動を実装した。これらのモジュールの追加によって容量性注意能力、選択性注意力、配分性注意を訓練する。

3.2.2 本調理(加熱調理)

本調理では従来研究におけるコンロへの点火や食材への加熱に加えて食材の盛り付けを追加した。コンロへの点火や食材への加熱では遂行機能における複数課題の処理を訓練していた。

食材への盛り付けでは、盛り付けの際に食材をこぼさないかどうかを見た。このモジュールでは注意機能における容量性注意能力、選択性注意力、配分性注意能力を訓練する。

3.2.3 来客対応

チャイム音への対応では加熱調理中にインターフォンのチャイム音が鳴った時を想定している。チャイム音を聞き、他の行動を中断して対応できるかどうかを遂行機能における優先順位付けやコンロの消火を出来るかどうかという思考の柔軟性を訓練する。

また、来客との約束では「いつ、どこで、何をするか」覚えていられるかを訓練する。記憶機能における遅延記憶を訓練する。

3.2.4 片付け

ごみの分類ではごみを缶、瓶、紙に分別して捨てることを想定している。このようにごみをどの種類に分別するかを推測する記憶機能の抽象的思考力や片付けをしようとする事自体を覚えているかという展望記憶を訓練する。文房具と本の収納も同様の記憶機能を訓練をする。

表 2: 症例の神経心理学的検査結果

	症例 A	症例 B	症例 C	症例 D
VIQ	72	103		
PIQ	63	72	WAIS-IV FSIQ 64	WAIS-IV FSIQ 67
FIQ	65	79		
言語理解	78	112	108	79
作動記憶	79	79	67	71
知覚統合	75	90	56	66
処理速度	72	69	50	77
SPS	13	15	13	14
SS	6	6	5	6
模写	34	30	9	34
即時再生	22.5	18	3	16.5
遅延再生	16.5	15	0	14.5
SDMT	38/110	37/110	12/110	31/110
(正当数)	誤 1	誤 0	誤 0	誤 0
PASAT	1/60	28/60	0/60	57/60
(2秒条件 正当数)	誤 0	誤 7	誤 0	誤 3
CA1	0	1	2	6
PEN	46	16	13	0
DMS	0	0	0	1
CA2	0	4		5
			易疲労性	
PEN	35	2	+	1
			中止	
DMS	0	2		0

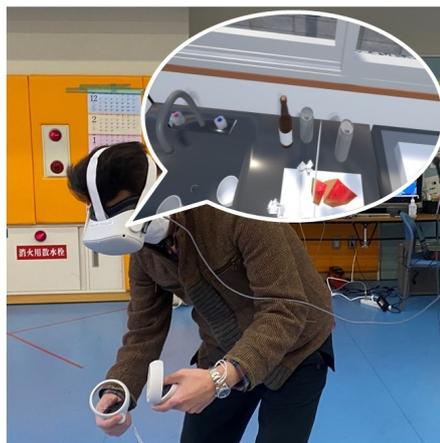


図 3: 実験中の様子

表 3: 症例 B の実験結果

	1月10日(水)	1月17日(水)	1月24日(水)	1月31日(水)
包丁の後処理	0	1	0	1
食材調理	1	1	0	1
コンスープ調理	1	1	1	1
並列調理	1	0	1	0
切った食材が残っていないか	1	1	1	1
ノイズに対する反応	1	0	1	1
来客対応	0	1	1	1
来客対応時の火の管理	0	1	1	1
来客の話を覚えているか	0	1	1	1
片付け	12	11	14	11
盛り付けの時こぼしていないか	1	1	1	1
制限時間	0	0	0	0
総時間	11分4秒	9分0秒	6分7秒	7分17秒
合計点数	66.6/100	70/100	81/100	74/100

4. 実験

2024年1月に4回の実験(1週間に1回)をA施設に通院する高次脳機能障害者4名を対象に実験を行った。実験に協力していただいた支援センターの患者4例の神経心理学的検査結果を表2にまとめる。

第1回目は説明, リハビリ実施, 振り返りを行い, 第2回目以降は前回の振り返り, 説明, リハビリ実施, 振り返りの流れで進めた。図3は症例の実験中の様子を示している。事前に参加者全員の同意を得て, 大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の審査(2021-45-2)に基づいて実施した。

5. 実験結果と考察

症例A~Dの認知リハビリテーションの評価結果と感想を記載し, 表2をもとに考察を行う。今回は4回の実験にすべて参加していただいた症例Bの結果を表3に示す。

症例の実験結果と神経心理検査の結果の相関を調べたが, データ不足のため, 各評価項目に対してどれくらいの割合で出来ているのかという確率に変換して分析した。

それぞれの分析結果から正の相関かつ有意差がある項目と負の相関かつ有意差がある項目を表4, 表5にまとめた。

「[5] 切った食材が残っていないか」と「(20) 処理速度」との相関係数は $r=0.96$ と強い正の相関であり, p 値は $0.0399 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[5] 切った食材が残っていないか」と「(23) 模写」との相関係数は $r=0.988$ と強い正の相関であり, p 値は $0.0125 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[5] 切った食材が残っていないか」と「(24) 即時再生」との相関係数は $r=0.953$ と強い正の相関であり, p 値は $0.0472 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[5] 切った食材が残っていないか」と「(25) 遅延再生」との相関係数は $r=0.994$ と強い正の相関であり, p 値は $0.00609 < 0.01**$ と有意な結果で

表 4: 正の相関かつ有意差のある関係

正の相関	相関関係	p 値
[5] 切った食材が残っていないかと (20) 処理速度	0.96	0.0399 < 0.05 *
[5] 切った食材が残っていないかと (23) 模写	0.988	0.0125 < 0.05 *
[5] 切った食材が残っていないかと (24) 即時再生	0.953	0.0472 < 0.05 *
[5] 切った食材が残っていないかと (25) 遅延再生	0.994	0.00609 < 0.01**
[5] 切った食材が残っていないかと (26)SDMT(正答数)	0.967	0.0334 < 0.05 *
[10] 片付けと (20) 処理速度	0.984	0.016 < 0.05 *
[10] 片付けと (22)SS	0.964	0.036 < 0.05 *
[10] 片付けと (23) 模写	0.994	0.00618 < 0.01 **
[10] 片付けと (25) 遅延再生と	0.966	0.0338 < 0.05 *

表 5: 負の相関かつ有意差のある関係

負の相関	相関関係	p 値
[11] 盛り付けの時こぼしてないか (27)SDMT(誤り数)	-0.98	0.0198 < 0.05 *
[6] ノイズに対する反応と (30)CA1	-0.983	0.0167 < 0.05 *
[8] 来客対応時の火の管理と (30)CA1	-0.967	0.0332 < 0.05 *

あった。「[5] 切った食材が残ってないか」と「(26)SDMT(正答数)」との相関係数は $r=0.967$ と強い正の相関であり、p 値は $0.0334 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[5] 切った食材が残ってないか」は容量性注意機能を訓練するものである。注意と記憶の両方が必要であるため、遂行機能や記憶機能とも関連が見られた。また、4 回目の実験では、全員が食材を残さなかったため、繰り返し同じシチュエーションで動作を行うことで、動作の改善ができ、認知リハビリテーションシステムの動作として有効であると考えられる。

「[10] 片付け」と「(20) 処理速度」との相関係数は $r=0.984$ と強い正の相関であり、p 値は $0.016 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[10] 片付け」と「(22)SS」との相関係数は $r=0.964$ と強い正の相関であり、p 値は $0.036 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[10] 片付け」と「(23) 模写」との相関係数は $r=0.994$ と強い正の相関であり、p 値は $0.00618 < 0.01 **$ と有意な結果であった。「[10] 片付け」と「(25) 遅延再生」との相関係数は $r=0.966$ と強い正の相関であり、p 値は $0.0338 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[10] 片付け」は選択性注意機能、容量性注意機能、記憶機能を訓練するもので、実際に関連する神経心理検査の項目と相関があった。

「[11] 盛り付けの時こぼしてないか」と「(27)SDMT(誤り数)」との相関係数は $r=-0.98$ と強い負の相関であり、p 値は $0.0198 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[11] 盛り付けの時こぼしてないか」は容量性注意機能を訓練するものであるが、記憶機能との関係性は見られなかった。評価項目に含まれる要素や実験の条件が影響したと考えられる。

「[6] ノイズに対する反応」と「(30)CA1」との相関係数は $r=-0.983$ と強い負の相関であり、p 値は $0.0167 < 0.05 *$ と有意な結果であった。「[6] ノイズに対する反応」は持続性注意機能を訓練するものであるため、遂行機能との関係性はなかった。ノイズが注意を引く要素とはならなかったためと考えられる。

「[8] 来客対応時の火の管理」と「(30)CA1」との相関係数は $r=-0.967$ と強い負の相関であり、p 値は $0.0332 < 0.05 *$ と有意な結果であった。システムのシナリオ上、チャイムが鳴ると火を止める、といった一連の動作になっているため評価項目の認知機能と神経心理検査の認知機能との間に関係が取れなかったと考えられる。

6. まとめ

高次脳機能障害者 4 名を対象に V-CARE を体験してもらい、日常生活行動の評価と神経心理検査の結果の相関を調査した。その結果、(20) 処理速度と [5] 切った食材が残っていないか、(23) 模写と [5] 切った食材が残っていないか、(24) 即時再生と [5] 切った食材が残っていないか、(25) 遅延再生と [5] 切った食材が残っていないか、(26)SDMT(正答数)と [5] 切った食材が残っていないか、(20) 処理速度と [10] 片付け、(22)SS と [10] 片付け、(23) 模写と [10] 片付け、(25) 遅延再生と [10] 片付け、の項目で正の相関があることが明らかとなった。また、(27)SDMT(誤り数)と [11] 盛り付けの時こぼしてないか、(30)CA1 と [6] ノイズに対する反応、(30)CA1 と [8] 来客対応時の火の管理、の項目で負の相関があることが明らかとなった。このことから、相関が取れている項目に対して認知機能の訓練となるため、本システムは VR 認知リハビリテーションシステムとして有用であると考えられる。

参考文献

- [1] 渡邊修, 山口武兼, 橋本圭司, 猪口雄二, 菅原誠. 東京都における高次脳機能障害者数の統計. 日本リハビリテーション医学会誌, Vol. 46, No. 2, pp. 118-125, 2009.
- [2] 小倉郁子, 早川裕子, 三村将, 穴水幸子, 藤森秀子, 前野豊. 高次脳機能障害を持つ患者に対する調理訓練の経験. 認知リハビリテーション, pp. 40-45, 2007.
- [3] Valeria Manera, Emmanuelle Chapoulie, Jérémy Bourgeois, Rachid Guerchouche, Renaud David, Jan Ondrej, George Drettakis, and Philippe Robert. A feasibility study with image-based rendered virtual reality in patients with mild cognitive impairment and dementia. *PLoS One*, Vol. 11, No. 3, pp. 1-14, 2016.
- [4] 岩崎寛太, 大井翔 and 鈴木基之, 佐野睦夫. Vr を用いた高次脳機能障害における認知機能検査アプリケーションの開発. 情報処理学会研究報告, Vol. 2023, No. 5, pp. 1-8, 2023.
- [5] 高野友美, 北上守俊, 秋山明美, 荻荘則幸. 高次脳機能障害者の調理場面におけるエラーの特徴と認知機能の関連性の検討. 新潟県作業療法士会学術誌, Vol. 14, pp. 11-16, 2020.
- [6] 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.