

認知障がい者向け生活行動リハビリテーションのための センシング戦略と行動・環境理解

小川 巧† 瀬良 大道† 北川 未貴‡ 松田展† 大井翔§ 佐野 睦夫§

概要

本研究では、高次脳機能障害者の片付けリハビリ支援を目的とし、VR 空間上で目標とする部屋を提示する可視化システムの開発を行っている。Polycam と RoomPlan API を用いた簡易な 3D センシングにより、現実の部屋構造を取得し、VR 空間上での目標提示を実現するための基盤構築を進めている。

1. はじめに

高次機能障害とは、交通事故や転落による脳外傷、脳梗塞や脳出血などの脳卒中、脳に関する感染症や自己免疫疾患などにより脳にダメージを受けることで起こる認知障害のことである。高次脳機能障害はダメージを受けた部位によって、記憶障害、注意障害、遂行機能障害、社会的行動と情緒の障害といった症状が存在する[1]。ダメージを受けた脳部位は改善することはないが、ダメージを受けていない脳部位を使うことで調理や掃除などの認知行動が可能となる場合がある。また、注意・記憶・遂行機能・情報処理能力など、多様な高次脳機能を必要とするため調理や掃除などの認知行動は高次脳機能障害を改善する上で有効である。[2]日常生活を送るために最低限必要な日常的な動作である ADL は基本的日常生活動作 (basic ADL=BADL) と手段的日常生活動作 (instrumental ADL=IADL) に分けることができ、この IADL は掃除・料理・洗濯・買い物などの家事や交通機関の利用、電話対応などのコミュニケーション、スケジュール調整、服薬管理、金銭管理、趣味などの複雑な日常生活動作を指したものである。[3]これらは計画、判断、問題解決、記憶、注意などの高次の認知機能を必要とする。つまり、この IADL を行うことは高次脳機能障害のリハビリテーションにおいて非常に重要なのである。

我々の研究室では、高次脳機能障害者のための認知リハビリテーションを支援するシステムの提案、開発を行ってきた。佐野ら[4]は、高次脳機能障害者の自立支援を目的とした生活行動ナビゲーション支援システムを開発している。本システムは、掃除行動を対象とし、生活空間に設置したセンサやカメラにより行動をモニタリング・認識し、その結果をもとに行動予測、音声による助言、振り返り支援を行う構成となっている。振り返り支援においては、対象者の行動を記録した体験映像や、模範となる教師映像、認知評価コメントなどを組み合わせたインタフェースを提示し、対象者が自己の行動を客観的に振り返る機会を提供する。図 1 は実際に使用されたインタフェースである。このインタフェースは前回設定した目標の確認をし、拭き掃除や掃き掃除などのリハビリ対象ごとに前回の評価値との比較、

体験映像と教師映像を対応させながら評価点とそれに対応する詳細なコメントを提示し、気づきややる気を促し振り返りを進めていくことを目的としている。実験では、中度の記憶障害を有する高次脳機能障害者 1 名を対象に、掃除行動を繰り返し行い、振り返りを実施することで、掃除の手順生成、動作の効率性、きれいさといった認知評価指標が向上することが確認された。また、ヘルプ機能の活用による安心感や自立意識の向上も報告されており、日常的な行動を通じた認知機能支援の有効性が示されている。



図 1 振り返り支援システムのインタフェース

本研究では、片付けリハビリに着目した統合リハビリ支援システムに使用する、目標とする部屋を可視化するシステムの開発を行う。統合リハビリ支援システムについて第 2 章、目標とする部屋を可視化するシステムについては第 3 章で記述する。

2. 統合リハビリ支援システム

振り返り支援システムを拡張し、これに物体推定や深層学習に基づく画像処理および姿勢推定によるコメント自動生成システムと、センシングによる目標の部屋を可視化するシステムを組み合わせた片付けリハビリに着目した統合リハビリ支援システムの開発が本研究の最終目標である。片付けリハビリに着目した理由は、日常生活に必須であり障害のレベル関わらず必要になる行動であるため、実験協力をお願いしているリハビリセンターとの協議で決定した。支援システムの全体図を図 2 に示す。主にシステムに必要な要素は、目標とするの提示、行動および物体認識、行動の自動評価による振り返りコメント生成、そして振り返りナビゲーションの自動生成である。目標とする部屋の提示

†大阪工業大学大学院、情報科学研究科

‡大阪工業大学 情報科学部 情報メディア科

§大阪工業大学 情報科学部

では、LiDAR スキャナや環境カメラから獲得される 3 次元仮想環境において、片付けの設定目標を利用者に提案する。行動および物体認識では、実空間上のリハビリ動作をセンサや環境カメラから獲得し、片付けの動作履歴を集積する。自動評価による振り返りコメント生成では、大規模マルチモーダルモデル (LMM : Large Multimodal Model) にリハビリ中の物体認識結果や映像解析による行動認識から、遂行機能・注意機能・記憶機能の認知機能の自動評価、コメント生成を行う。それに基づき振り返りナビゲーションの表示を行う。統合リハビリ支援システムは大まかに 3 つの要素で成り立っているが、本論文では目標とする部屋の可視化システムについて記述する。

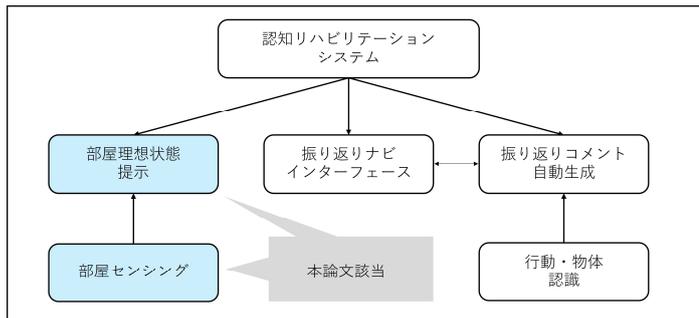


図2 システム全体図

3. 設定目標可視化システム

先行研究の掃除リハビリテーションでは、掃除にかかった時間や効率性などの様々な指標があったが、掃除は綺麗にすることが第一であり正解である。掃除と違い、片付けには正解がない。掃除の場合は綺麗な状態にすることが正解のため明確であるが、片付けの場合はどこに何を片付けるかは人それぞれである。本は本棚、食器は食器棚と明確な場所があるものもある。しかし、例えばリモコンや常用薬、財布の場所などは人によって変わるため、正解も人によって変わるものである。目標の部屋は、部屋が整理整頓されていることはもちろん、部屋が個人の正解に最適化されていることが重要である。設定目標可視化システムは、この設定された目標を可視化するシステムである。ユーザが目標とする部屋を、システムが提示することでどのような部屋を目指すのかユーザがユーザ自身の目標を分かりやすくすることが可視化の目的である。Clare ら (2019) の GREAT 試験では、軽度～中等度の認知症患者者に対し、日常生活で目標設定しながら認知リハビリテーションを実施したところ、大きな効果が得られた[5]。目標をたてることは重要であり、それを補助するこのシステムは効果が期待できる。

図3にシステムの流れを示す。まず、前準備として部屋内のセンシングを行う。目標の部屋を可視化するには、実際の部屋と同じ間取りであることや、机やベッドなどの家具が同じ配置であることが3次元空間に求められる。そのため、それらの部屋の情報を実在の部屋からセンシングによって取得し、3次元空間を生成する。これでシステム側の準備は完了である。次にユーザは生成された3次元空間内に物を理想的な場所に配置する。ユーザによる配置終了後、その目標の部屋を提示する。ユーザはこの部屋を目標とし、片付けを行うことが期待される。以上がシステムの流れである。

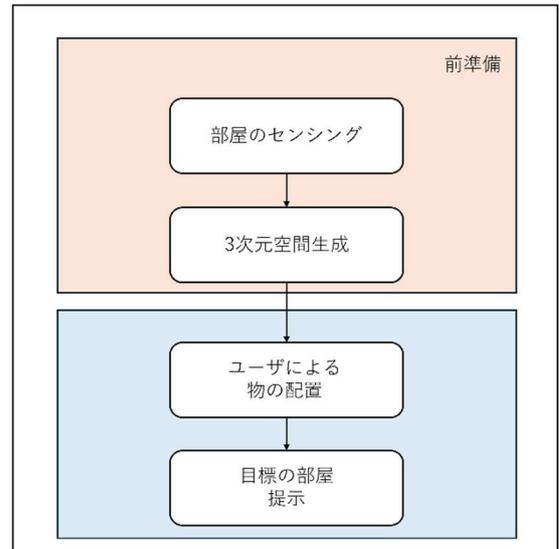


図3 設定目標可視化システムの流れ

4. センシング方法

本研究では、現実の部屋の構造を効率的に取得するために、Apple の RoomPlan API を活用した 3D スキャンアプリ「Polycam」を用いた。RoomPlan API は ARKit と RealityKit を基盤とし、LiDAR を活用して部屋構造をパラメトリックな 3D モデルで迅速に生成できる API である[6]。また、RASSAR では、RoomPlan API を用いて現実空間の構造をスキャンし、AR インタフェース上でアクセシビリティや安全性の評価を可能にしている[7]。RoomPlan は LiDAR スキャナを活用し、机・椅子・ベッドを自動的に識別しながら、リアルタイムで 3D の間取りモデルを生成する。LiDAR スキャナは、赤外線レーザーを対象物に照射し、その反射時間から距離を計測するセンサである。スキャン結果を glb 形式で出力し、Unity 上にインポートすることで、VR 空間上に現実に近い部屋構造を再現可能である。図4は実際に Unity にインポートした glb ファイルである。

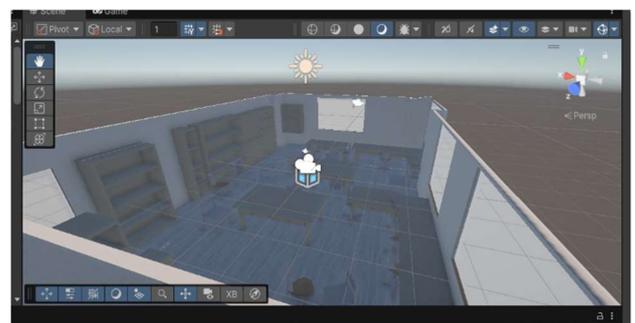


図4 Unity にインポートされた glb ファイル

glb をインポートし、Unity のヒエラルキーに配置するだけで、図4のようにUnity上で配置することができるため、非常に簡易に部屋のセンシングが可能である。

5. 今後の展望

現在は「ユーザによる物の配置」部分の開発を行っており、特に「配置する物」のセンシングは今後の技術的課題

であり 3D 点群データ, もしくはフォトグラメトリの使用を検討中である. また, 今後は他のシステムとの統合も行わなければならない.

6 まとめ

本研究では, 高次脳機能障害者の片付けリハビリ支援を目的とした統合リハビリ支援システムの一部として, ユーザの目標となる部屋を可視化するシステムの開発を行っている. 特に本稿では, 現実の部屋の構造を簡易に取得する手法として, LiDAR スキャナを搭載したモバイル端末と RoomPlan API を活用した Polycam を用い, 3D 空間の再現を試みた. 現時点では, 部屋の間取りや机, 椅子などの構造の取得が可能であり, Unity 上で再現された部屋空間により, 設定された目標の部屋を可視化することが可能となる基盤が構築された.

今後は, 「ユーザが配置する物」のセンシングや, 他のシステムとの統合によるリハビリ支援環境の構築に向けて開発を進めていく予定である.

本研究は一部, 公益財団法人 JKA の機械振興補助事業の助成 (2025M-389) を受けた.

参考文献

- [1]東北医科薬科大学病院 診療科部門 高次脳機能障害支援センター,
“高次脳機能障害:高次脳機能障害の原因・特徴”,
https://www.hosp.tohoku-mpu.ac.jp/center/brain_dysfunction/bd_cause.html
(参照 2025-7-24).
- [2]千葉県千葉リハビリテーションセンター 高次脳機能障害者支援,
“<プロジェクト第一弾!> 『自宅のできるリハビリテーション』”,
<https://www.chiba-reha.jp/koujinou-center/cheering/project1/>,
(参照 2025-7-24).
- [3]健康長寿ネット, “自立生活の指標: 日常生活動作 (ADL)とは”,
<https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/kenkou-undou/jiritu.html>, (参照 2025-7-24).
- [4]佐野 睦夫, 北野 みのり, 横田 和亮, 兒島 宏樹, 大井 翔
“高次脳機能障害者のための生活行動ナビゲーション支援システムとその効果検証”,
電子情報通信学会, 2018 年.
- [5] Linda Clare, David E. J. Linden, Robert T. Woods, Rhiannon Whitaker, Suzannah J. Evans, Caroline H. Parkinson, Jorien van Paasschen, Sharon M. Nelis, Zoe Hoare, Kenneth S. L. Yuen, Michael D. Rugg
“Goal-oriented cognitive rehabilitation for people with early-stage Alzheimer disease: a single-blind randomized controlled trial of clinical efficacy,” *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 2010 年, **18**(10), pp. 928–939
- [6] Apple Machine Learning Research,
“3D Parametric Room Representation with RoomPlan”
<https://machinelearning.apple.com/research/roomplan>,
(参照 2025-7-24)
- [7]Xia Su, Han Zhang, Kaiming Cheng, Jaewook Lee, Qiaochu Liu, Wyatt Olson, Jon E. Froehlich
“RASSAR: Room Accessibility and Safety Scanning in Augmented Reality”
CHI '24: Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1-17