



上肢片麻痺患者を対象とした XR リハビリテーション評価の基礎的検討

Basic Study on Evaluation of XR Rehabilitation for Upper Limb Hemiplegia

平塚心太朗¹⁾, 河内義直¹⁾, 酒井大輔¹⁾

Shintaro HIRATSUKA, Yoshinao KOCHI, and Daisuke SAKAI

1) 北見工業大学 (〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地, d3257100035@std.ktiami-it.ac.jp)

概要 : 近年, XR 技術を用いた脳卒中リハビリへの活用研究が増加している. 一般的に XR の脳卒中リハビリへの活用例は, 脳卒中発症後の 1 か月~3 か月以内の急性期, 回復期リハビリへの活用報告が多い. 我々は, 発症後 3 か月~1 年以内の慢性期の上肢片麻痺向けのリハビリに XR を活用するリハビリソフトウェアを開発してきた. 本研究では, 開発した XR リハビリソフトウェアが, リハビリ継続を促す内的動機づけを高めるかアンケートをもとに評価し, 検討した.

キーワード : XR, リハビリテーション, CI 療法

1. はじめに

近年では, XR 技術の発展を受け, リハビリテーション (リハビリ) への活用の期待が高まっている. 特に, 脳卒中分野における日本脳卒中学会 脳卒中治療ガイドラインでは, 感覚刺激やバーチャルリアリティを用いた訓練を行うことを推奨している[1]. また, 脳卒中患者が症状を発症し, 3 か月以内の急性期・回復期と呼ばれるリハビリステージでは, XR 技術を用いたリハビリの効果が報告されている. 原ら (2024) は, 体性認知協調療法 (Somato-Cognitive Coordination Therapy) という VR 技術を用いた脳障害後の新しいリハビリ手法を提案し, その効果を報告している [2]. また, 橋本ら (2020) は, MR 技術を用いた, 高次機能障害向けのリハビリ手法を提案している [3]. 我々は, 脳卒中発症後 3 か月から 1 年以内の慢性期リハビリに焦点を当てた XR リハビリの検討を行ってきた. リハビリ領域の中でも, 脳卒中患者の後遺症の 1 つである上肢片麻痺に対して, 道免ら (2008) が提唱する患者の麻痺側上肢を強制使用させることで機能回復を促す CI 療法 (Constraint-Induced Movement Therapy) [4] が実施可能な独自のハンドインタラクション機能を実装し, 楽しめる XR リハビリソフトウェアを開発してきた[5].

本研究では, 従来の現実で行う CI 療法に基づくリハビリと, 開発してきた CI 療法を楽しく実施可能な XR リハビリソフトウェアを比較して, 後者がリハビリ継続を促す内的動機づけを高めるか検討した.

2. 開発した XR リハビリソフトウェア

本研究で開発した XR リハビリソフトウェアの概要図を図 1 に示す. 本 XR リハビリソフトウェアは, CI 療法に基づく「つまみ動作」リハビリを可能にする 2 つの独自のハンドインタラクション機能を有する. 1 つ目の機能は, リハビリ中に麻痺側上肢の使用を強制させるため, 非麻痺側上肢のインタラクションを無効化する機能である. 2 つ目の機能は, 認識するリハビリ動作を, 患者個人の手指の可動範囲にアジャストできる機能である. これらの独自ハンドインタラクション機能を用いて, 「つまみ動作」のリハビリを楽しく行うため, パズルゲーム要素をリハビリに付与するゲーミフィケーションを行っている.

なお, 本 XR リハビリソフトウェアは Unity Technologies の 3D ゲームエンジン Unity LTS 2022 を用いて開発を行った.



図 1: 開発した XR リハビリソフトウェアの概要図

3. 開発したリハビリソフトウェアの比較実践

本 XR リハビリソフトウェアが、患者のリハビリ継続を促す内的動機づけを高めるか検討するため、従来の CI 療法に基づくリハビリと比較実践を行った。従来の CI 療法によるリハビリ課題は、つまみ動作で直径 1.5cm ほどのフェルトボールを、色ごとに指定された指と母指で箱から箱へ移動させる課題とした(図 2)。実践は、健常者 14 名を対象に行った(図 3)。それぞれのリハビリが「楽しい」と感じたか評価するための以下の 3 つの設問

設問1. リハビリ中は時間が経つのを忘れるほど没頭できたと感じる。

設問2. リハビリは私にとって楽しく、前向きな気分になれたと思う。

設問3. リハビリは退屈どころか、むしろワクワクした気持ちになった。

に加え、リハビリを「継続して行いたい」かを評価するため以下の 3 つの設問を用意した。

設問4. リハビリ方法を半年間毎日続けていきたいと思えた。

設問5. もし手が不自由ならこのリハビリ方法を積極的に取り入れようとする。

設問6. 他のリハビリ方法が提示されてもこの方法を継続していくことを優先する。

回答形式は 5 段階 (5=「とても思う」, 4=「やや思う」, 3=「どちらともいえない」, 2=「あまり当てはまらない」, 1=「全く当てはまらない」) の Likert 尺度を用いた。



図 2: 現実で行う従来の CI 療法リハビリ課題



図 3: 本 XR リハビリソフトウェアを実践する様子

4. 結果

アンケート結果から各項目に対して (平均値) ± (標準偏差) を算出し、可視化したグラフを図 4, 5 に示す。楽しさの評価に関する設問 1. ~ 3. の回答を合計し、(平均値) ± (標準偏差) を算出したものを総合楽しさスコアとした。さらに同様に、継続意欲を評価する設問 4. ~ 6. についても、同様に算出し総合継続意欲スコアとした。それぞれの総合スコアに対して、対応のある t 検定(片側)を行ったところ、楽しさに関するスコアにおいて、XR リハビリソフトウェアを用いた場合は平均 4.76 (標準偏差=0.24) と高いスコアを示し、現実における総合楽しさスコア平均 1.83 (標準偏差=0.92) と比較して有意に高い値を示した(対応のある t 検定, $t(13)=13.03, p<0.001$)。また、継続意欲に関するスコアにおいても、XR リハビリソフトウェアを用いた場合は平均 4.43 (標準偏差=0.48) となり、現実の総合継続スコア平均 1.76 (標準偏差=0.83) に対して有意に高い値を示した(対応のある t 検定, $t(13)=3.10, p<0.001$)。

これらの結果は、同一リハビリ動作においても、本 XR リハビリソフトウェアによるリハビリ体験の方が、患者のリハビリ継続を促す内的動機づけを高めることを示唆する結果となった。本発表では、これらのアンケートに加え、健常者から取得した脳波データをもとにさらなる考察を行う。

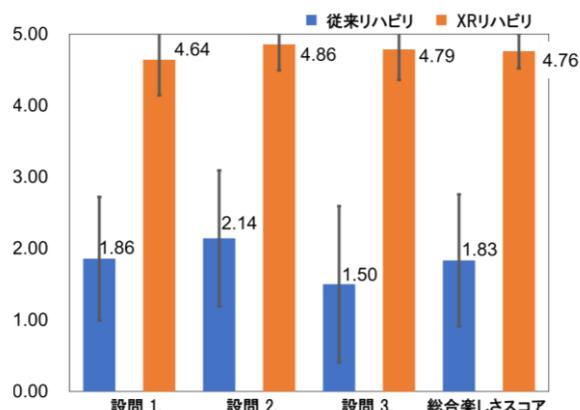


図 4: リハビリの楽しさに関するアンケート結果

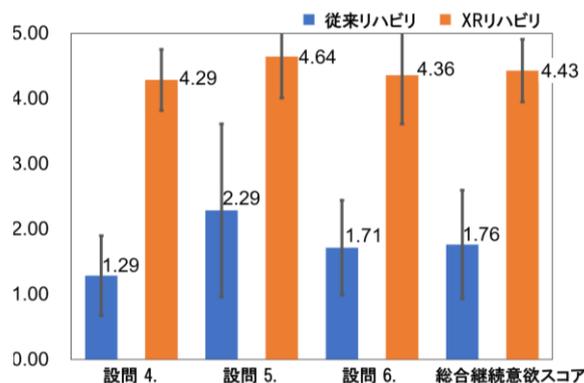


図 5: リハビリの継続意欲に関するアンケート結果

5. まとめ

本研究では、慢性期脳卒中患者の上肢片麻痺を対象とした XR リハビリソフトウェアが、従来のリハビリと比較し、リハビリ継続を促す内発的動機づけを高めるか検討した。今後の展望は、実際の患者に実践し、脳波計測を用いて、ゲーミフィケーションの有無による上肢運動野の活動電位の違いを検討することなどが挙げられる。

6. 謝辞

本研究は公益財団法人 JKA (競輪) の補助を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中ガイドライン 2021 改訂 2023, 協和企画, 2023.
- [2] Masahiko Hara, Yuichiro Murakawa, Tomomi Wagatsuma, Keito Shinmoto : Feasibility of Somato-Cognitive Coordination Therapy Using Virtual Reality for Patients with Advanced Severe Parkinson's Disease, *Journal of Parkinson's Disease* 14 pp. 895–898, 2024.
- [3] 橋本 晋吾, 種村 留美, 坂本 慶太, 田口 周, 長谷公隆 : Mixed Reality を用いた高次脳機能障害の評価と治療介入, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集 64, pp. 1030-1033, 2020.
- [4] 道免和久 : CI 療法—脳卒中リハビリテーションの新たなアプローチ, 中山書店, 2008.
- [5] Shintaro Hiratsuka, Sora Tanaka, Daisuke Sakai : Rehabilitation Using Mixed Reality - Basic Study on Finger-Pinching Application for Stroke Patients -, *OPTICS & PHOTONICS International Congress 2024 Abstracts*, 2024.