

Mixed Reality デバイスを用いた Mirror Therapy に置き換わるリハビリテーション治療法の検討

木下翼¹

概要: 麻痺等の障害を負った患者のリハビリテーションにおいて、一度獲得したスキルを再獲得・学習を目指すことは少なくない。従来行われる治療法の一つとして Mirror Therapy と呼ばれる鏡を用いるものが挙げられる。今回、脳血管障害による上肢麻痺を呈した機織り職人の機織り技能の再獲得を目指すリハビリテーションにおいて、Mirror Therapy によって得られる効果を Mixed Reality デバイスに置き換えて実施することの有効性を検討する。

キーワード: Mixed Reality, リハビリテーション, Mirror Therapy

Investigation of a Rehabilitation Therapy Method that Replaces Mirror Therapy Using Mixed Reality Devices

TSUBASA KINOSHITA¹

Abstract: In the rehabilitation of patients with disabilities such as paralysis, it is not uncommon to seek to reacquire and learn skills that were once acquired. One of the conventional treatment methods is the use of mirrors called Mirror Therapy. In this study, we will examine the effectiveness of replacing the effects of Mirror Therapy with a mixed reality device in the rehabilitation of a weaver with upper limb paralysis due to cerebrovascular disease, in order to reacquire weaving skills.

Keywords: Mixed Reality, Rehabilitation, Mirror Therapy

1. はじめに

リハビリテーション（以下リハビリ）とは、「障害を経験する個人が環境との相互作用の中で機能を最大限発揮かつ維持できるよう支援する手段である」と定義されている（WHO, 2011）。リハビリにおいて多くみられる脳卒中片麻痺患者の 55～75%は上肢機能障害が残存すると報告されており[1]、その治療法として Mirror Therapy は非麻痺上肢の運動を用いて麻痺側上肢に運動錯覚を生じさせる事ができ、Invernizzi M [2]らはその有用性を報告している。

筆者は左上肢運動麻痺を来した機織り職人のリハビリ治療を経験した。その際に Mirror Therapy を実施したが、今回

Mixed Reality（以下、MR）の持つ特性を活かし、Mirror Therapy を MR デバイスを用いて実施することを提案する。

2. 研究背景と目的

Mirror Therapy は鏡を身体の前面に置いて実施する。機織り技能の再獲得を目指すに当たっては、実際の職務道具を用いてトレーニングを行うことは不可能である。そのため、Mirror Therapy において実施できるのは、片手のみで完結する運動のみである。今回その制約を、MR を用いることにより実際の職務技能に近い治療を行うことができると考え、MR アプリケーションを開発した。

¹ 放送大学教養学部
Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

3. システム構成

MR デバイスとして Microsoft 社製の HoloLens2 (以下, HoloLens) を用いた. 重量は 566g だが重量バランスが良く, 対象者に装着しても負担は少ない. 眼球前方に半透明の液晶が設置されるが, 視界が極端に制限されることはない. 現実空間の視界を残しつつ, 任意の位置に CG を設置することが可能である. Virtual Reality (以下, VR) が普及してきているが, 以下 2 点の懸念が挙げられる. VR は VR 酔いと呼ばれる, 視覚情報処理と前庭覚からの入力信号に差が生じることによる症状が出る可能性がある. VR では現実空間の視界が遮断されるため, 転倒リスクが高くなる. 以上の理由から MR を採用した.



図 1. Mixed Reality (複合現実) の使用例: ゴーグルを装着するとホロプログラムが見え現実世界での手順を支援する. (マイクロソフト社 HoloLens2)

4. 機織り職人を対象にした MR アプリ開発

右脳梗塞により左上肢に軽度運動麻痺を来した機織り職人 A 氏に参加してもらった. ここで脳梗塞という疾患及び運動麻痺という障害, また A 氏の身体機能・能力評価結果について紹介する.

A) 脳梗塞:

脳血流の遮断ないし現象によって脳組織に不可逆変化が生じる障害を脳梗塞という[3].

B) A 氏の心身機能・能力評価

A 氏は右脳梗塞発症し, 左上下肢に軽度運動麻痺が残存した. 日常生活への困難はないが, 職業である機織りを遂行することに制限が生じている. 機織り技能の中でも特に繊細な上肢コントロールが要求される投げ拵動作が困難となっている(表 1). 健常者の関節可動域の参考可動域角度, またその基準軸・移動軸については日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会による関節可動域(表 2) [4]を参照されたい.

関節可動域 (自動運動)		
部位名	運動方向	可動域角度
肩屈曲	屈曲	170
肘屈曲	屈曲	140
前腕	回内	90
	回外	80
日常生活動作能力		
基本的日常生活動作能力	食事, 整容, 更衣, 排泄, 入浴といった基本的な生活動作能力あり. 認知機能の問題なし.	
機織り技能	機の大まかな操作は発症前に比べやや動作スピードは劣るが問題はない. 拵を左右の上肢で投げ・受けを行う投げ拵動作は困難.	

表 1 A 氏の身体機能, 及び各種動作能力
 Table 1 Physical function and Activity of Daily Living.

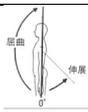
部位名	運動方向	参考可動域角度	基本軸	移動軸	参考図
肩	屈曲 (前方挙上)	180	肩峰を通る床への垂直線	上腕骨	
肘	屈曲	145	上腕骨	橈骨	
前腕	回内	90	上腕骨	手指を伸展した 手掌面	
	回外	90			

表 2 関節可動域
 Table 2 Range of motion.

C) アプリの企画・要件定義

上記を踏まえ、以下に本 MR アプリの要件定義を示す。

目的：麻痺側上肢の運動麻痺の随意性向上。機織り技能の投げ杵動作イメージを掴む。

使用デバイス：Hololens

アプリの概要：右上肢手関節以遠の手の CG の表示及び、同 CG の反転 CG（以下、左手 CG）を左上肢手関節以遠に配置する。また投げ杵を CG 投影（以下、杵 CG）し、両手上肢の動きに応じて投げ杵が動き、投げ杵動作をシミュレーションできる。

5. MR アプリの効果検証

前述したアプリのアプリ完成後、A 氏に実際に実施してもらった。今回 MR アプリの開発にあたっては継続的にブレイン経過を追うことができず、使用してもらった上での感想を聞くに留まった。実施後、課題として以下の 2 点が挙げられた。

- ① 右上肢の実際の動作に対して、CG アニメーションへの反映に 0.3 秒前後の遅延が生ずる。
- ② 左手 CG の重なりが気になる。

反対に良かった点として、左上肢の実際の動作と左手 CG のアニメーションを同一空間上で比較できるため、どの動きが右手と比較して随意性が低いか具体的に認識できることが挙げられた。

投げ杵動作のシミュレーションについては、手の動きに応じて杵 CG が動くものの、キャッチする感覚を得られない。実際の杵を持って投げる練習をするほうが良さそう、との感想を得た。

6. 考察

本論文では、Mirror Therapy に置き換わる MR アプリ開発を行った。以下、その有効性について考察する。

課題①については、デバイスの性能限界によるものと考えられる。Mirror Therapy は麻痺側上肢に運動錯覚を生じさせることによる効果と考えられているため、遅延の影響は少なからずあるだろう。しかし、遅延があることを認識した上で、あえて左上肢運動を遅延時間分送らせることで、動かしている感覚と視界から入る左手 CG の動きを上手くリンクさせることは可能であると考えられる。技術の向上による遅延の解消を待つとともに、実施者の工夫によって解消される問題点であるともいえる。

課題②について。実際の Mirror Therapy では鏡に映る右上肢のみが視界に入るため、左上肢が 2 重に重なって見えることはない。MR という特性上、実際の左上肢が見えてし

まうことによる当該課題を解決することは難しい。しかし注意機能に問題がなければ、重なりが生じたとしても認識したい手、本件においての左 CG のみに注目することが可能であると考えられる。重なり問題が同時に良かった点として挙げられた点について考察する。鈴木ら[5]はイメージトレーニングが脳卒中片麻痺患者においても皮質脊髄路の興奮性を高めうることを報告している。A 氏は認知機能が障害されていないため、治療介入時以外にも自主トレーニングを実施することができる。しかし単にイメージトレーニングを実施するよう促しても、A 氏が左手の理想の動作に対して誤った動作イメージを持っていた場合、誤学習を招いてしまう。この点において、重なり問題が良い機能として作用し、正しい動作イメージを A 氏が掴むことができ、イメージトレーニングの効果を向上させる要素になると考える。

投げ杵動作のシミュレーションについては、A 氏にとっては実際の杵をキャッチ、或いは投げる感覚が重要とのことであった。上述のとおり A 氏はイメージトレーニングを行う機能は保持しており、CG を用いなくともイメージトレーニングによってシミュレーションを行うほうが効果が高い可能性がある。

ここまで、MR アプリの有効性を論じた。しかしながら、本論文はあくまでケース報告であり、今回は継続的に実施ができなかったが、継続実施ができた場合の重なりに対する注意機能による適応の観察や、対象者別の MR シミュレーション機能の有効性の検証、また安全性の検証など、開発にかかる幅広い視点で検証を重ねていく必要がある。

謝辞 本論文の執筆にあたり協力頂いた A 氏に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Yavuzer G, SetlesR, et al. : MirrorTherapy ImprovesHand FunctioninSubacuteStroke, A Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2008 ; 89 : 393-398,
- [2] Invernizzi M:The value of adding mirror therapy for upper limb motor recovery of subacute stroke patients:Eur J Phys Rehabil Med. 2013 Jun.
- [3] 安藤一也, 杉村公也. リハビリテーションのための神経内科学 第2版. 2003, p. 156.
- [4] 日本リハビリテーション医学会. リハビリテーション医学 第2版. 1994, vol. 31, no. 9, p. 674-675.
- [5] 鈴木幹次郎:脳卒中片麻痺患者における運動イメージ時の運動誘発電位変化について.リハビリテーション医学 2005;42:457-462.