

上肢リハビリテーションに活用する画像投影プログラムの開発

ーインタラクティブな画像変化による動作の誘導ー

吉岡 聖美

明星大学 デザイン学部 デザイン学科

Development of a Projection Images Program for Upper Limbs Rehabilitation

ー Encourage Movements Through Interactive Image Change ー

Kiyomi YOSHIOKA

要旨：サンディングと呼ばれる上肢の屈曲・伸展動作のリハビリテーションに活用する「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムを開発した。本プログラムでは、リハビリテーション動作に対応して机上に投影するアート画像がインタラクティブに変化し、運動量や運動の質における達成度をアート作品の出来栄としてフィードバックする。回復期リハビリテーション病院における臨床試験では、プログラムを用いた患者はプログラムを用いない患者よりも、リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」が大きく、単純繰り返し動作の訓練にも意欲的に取り組むことが期待できる結果が得られた。また、プログラムを用いたリハビリテーションを長期間実施した場合に「期待度」が大きくなり、運動回数が徐々に増加する傾向がみられた。

Keywords: *Interactive Image Change, Projection Images, Rehabilitation*

1. はじめに

身体機能の回復を目的としたリハビリテーションでは、単純繰り返し動作の訓練に対する患者のモチベーション維持が課題となる。脳卒中患者における回復期リハビリテーションでは、具体的な評価結果のフィードバック、気分障害の改善、社会的サポートなどが帰結を改善し、また、モチベーションと身体機能面、心理・精神的側面、社会的側面および QOL との関連を調査した研究では、日常生活能力や自立度、良好なコミュニケーション能力や気分、およびバイタリティがモチベーションに関連することが示されている [注 1]。

近年、リハビリテーションの機能的なサポートや患者のモチベーションに働きかけることを目的として、脳卒中による片麻痺や指のリハビリテーションに活用するゲーム機器の開発や [注 2, 3], VR (Virtual Reality) を用いて現実環境を体験することで社会復帰のリハビリテーションに繋げる研究も行われている [注 4]。

本研究の先行研究として、触ったり握ったりする動作を誘導して能動的にアート作品を制作する「能動アート」プログラムの「火花を描こう！」および「クラゲを描こう！」を開発し、タッチパネルモニターやエアポンプを用いてアートと関わるプログラムを実施することによって気分が改善する心理的効果を確認した。加えて、モチベーションの維持やコミュニケーションツールとしてリハビリテーションを補助する効果が示唆された [注 5-7]。次に、これらの先行研究に基づ

いて、VR ヘッドマウントディスプレイを用いた「立ち上がって空に描こう！」プログラムを開発した [注 8]。立ち座りの動作に連動して VR 画像がインタラクティブに変化することによって動作を促し、加えて、リハビリテーション動作の運動量における達成度を作品の完成度としてフィードバックするプログラムである。大学生を実験協力者とした基礎実験では、「立ち上がって空に描こう！」プログラムを用いてスクワットを実施した実験協力者は、プログラムを用いなかった実験協力者よりも TDMS-ST [注 8] による「活性度」および「快適度」の評価が有意に大きいことを確認した [注 9, 10]。加えて、回復期リハビリテーション病院における臨床試験では、プログラムを用いて立ち座りのリハビリテーションを実施した患者は、プログラムを用いなかった患者に比べてリハビリテーションに対する「楽しさ」の評価が有意に大きく、また、プログラムを用いた患者は、2週間経過後の運動回数が1日目に比べて有意に増加しており、リハビリテーションに対するモチベーションを維持・向上する効果が示された [注 11, 12]。インタラクティブな画像の変化を伴う創造的な作業とリハビリテーション動作との組み合わせによって、単純繰り返し動作に対するモチベーションを維持し、加えて、リハビリテーションの成果物であるアート作品を媒介としたコミュニケーションを生成するプログラムの内容が、ゲーム機器を活用したリハビリテーション [注 2, 3] とは異なる、新たな位置づけの研究となる。

これらの先行研究に基づき、本研究では、リハビリテーションにおいてサンディングと呼ばれる訓練動作に着目し、上肢の屈曲・伸展の動作を伴うリハビリテーション動作に対応して投影画像がインタラクティブに変化する「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラムを開発して評価する。本研究は、リハビリテーションにおける単純繰り返し動作に対するモチベーションを維持し、身体機能の回復を促すことを目的とする。

2. サンディング動作によるリハビリテーションの意義

サンディング動作は、上肢の屈曲・伸展を伴うリハビリテーション動作であり、水平、或いは傾斜した机の天板（サンディングボード）の上で、手で握った板やタオルを上下や左右の方向に滑らせる動作を行う訓練である。麻痺した手の機能回復、上肢の筋力強化および関節の動きの改善などを目的として、脳卒中による運動麻痺などの機能障害を改善するためのさまざまなリハビリテーションの訓練動作に位置づけられる。

3. 「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラム

「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラムでは、サンディングボードに超短焦点プロジェクタおよび入力機器（Web カメラ）を設置する（図1）。サンディング動作に対応して机上に投影する画像がインタラクティブに変化し、絵画のアート画像が段々完成していくプログラムである。

本プログラムでは、サンディング動作の最大運動量を設定し、運動量における達成度に応じてパーツ画像が投影され、目標とする運動量を達成するとアート画像が完成する。また、プログラムの始めに、運動始点および終点を Web カメラで計測して評価基準に設定し、評価基準に対するプログラム実施中の上肢の移動距離（運動の質）における達成度を、机上に投影するパーツ画像の内容（解像度、色数、描画法などによる出来栄表現の違い）に対応させて患者にフィードバックする（特許取得済、図2）。リハビリテーション終了後には、患者が実践した運動量および運動の質における達成度に応じたアート画像を、リハビリテーションの成果物としてハガキにプリントして持ち帰ることができる創造的なプログラムである。動作に対応して画像が変化し、運動量や運動の質における達成度をアート作品の出来栄として患者にフィードバックすることによって、リハビリテーションに対するモチベーション維持に繋がる。

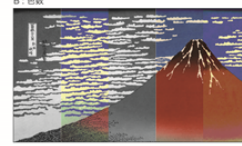


図1 「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラム

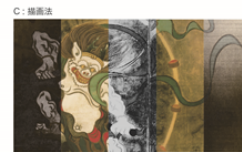
完成作品例



A: 解像度



B: 色数



C: 描画法

リハビリテーションの運動量および運動の質における達成度をアート画像の出来栄にフィードバックする（特許取得済）

図2 投影画像の完成作品例

4. 「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラムを用いたリハビリテーションの臨床試験

4.1 調査内容

回復期リハビリテーション病院において、脳卒中による片麻痺もしくは骨折によってリハビリテーションが必要な入院患者 36 名に対して、「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムを用いた臨床試験を行った。実験協力者は、プログラムを用いたリハビリテーションを実施する患者 15 名と、プログラムを用いないリハビリテーションを実施する患者 21 名であった。回復期リハビリテーション病院とは、脳血管障害や骨折の手術などのため急性期で治療を受けて病状が安定し始めた発症から 1～2 カ月後の回復期の状態の患者が、低下した能力を再び獲得するために集中的なリハビリテーションを行なう病院である。

脳卒中では鬱症状を併発している場合が多く、TDMS-ST や POMS 等を用いた心理評価では、症状の影響を受けて評価が困難であることから、リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」について 7 段階で評価する調査を行う。「満足度」については、「とても満足、満足、やや満足、どちらでもない、やや不満、不満、とても不満」を 7 点～1 点で評価し、「期待度」については「とても期待している、期待している、やや期待している、どちらでもない、あまり期待していない、期待していない、全く期待していない」を 7 点～1 点で評価する。また、リハビリテーションでは、運動回数が多いほど機能回復の効果が見込まれることから、患者が 10 分間のリハビリテーションで実施した運動回数を記録した。また、リハビリテーションの成果物として、患者が実践したリハビリテーション動作の達成度に応じたアート画像をハガキにプ

プリントして持ち帰った。10回目のリハビリテーションの後には、プリントした絵ハガキに対する自由記述によるアンケート調査を行った。

4.2 調査結果

リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」の評価について、プログラムの有無、1回目および10回目、リハビリテーションの前後、における3要因2水準分散分析によって検証した結果、有意差は認められなかった(図3, 4)。しかしながら、プログラム無の場合は、1回目および10回目共にリハビリテーションの前後で「満足度」が低下する傾向がみられたが、プログラム有の場合は、1回目および10回目共に「満足度」が高くなる傾向が示された。また、リハビリテーションに対する「期待度」では、プログラム無の場合、10回目のリハビリテーション後は1回目のリハビリテーション後よりも低い傾向がみられた。加えて、リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」は、1回目のリハビリテーションの前後、および10回目のリハビリテーションの前後において、プログラム無よりもプログラム有の方が高い傾向が示された。

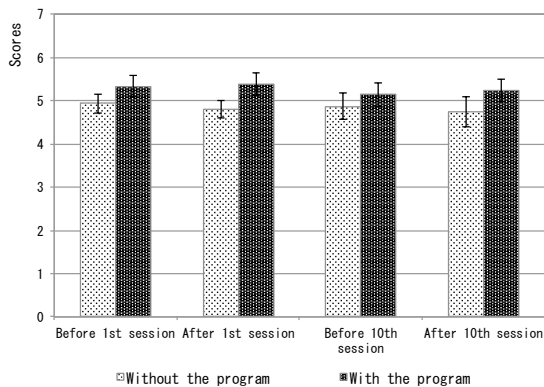


図3 リハビリテーションに対する「満足度」

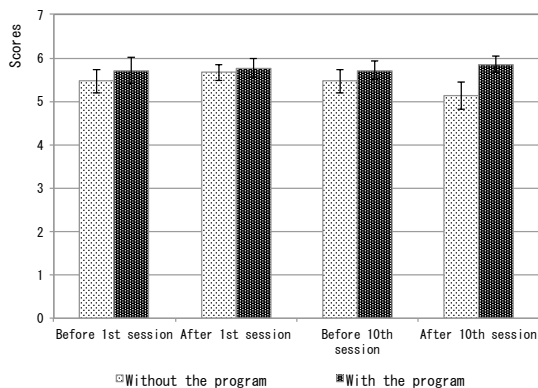


図4 リハビリテーションに対する「期待度」

10分間のリハビリテーションにおいて、患者が実施した運動回数の平均値推移を図5に示す。プログラム無の患者は、5回目に運動回数が最多となった後、7回目まで運動回数は減少し、その後10回目まで微増減する傾向がみられた。一方、プログラム有の患者は、1回目から4回目まで運動回数が増加し、5回目以降は運動回数が微増減する傾向がみられたが、10回目に運動回数は最多となった。

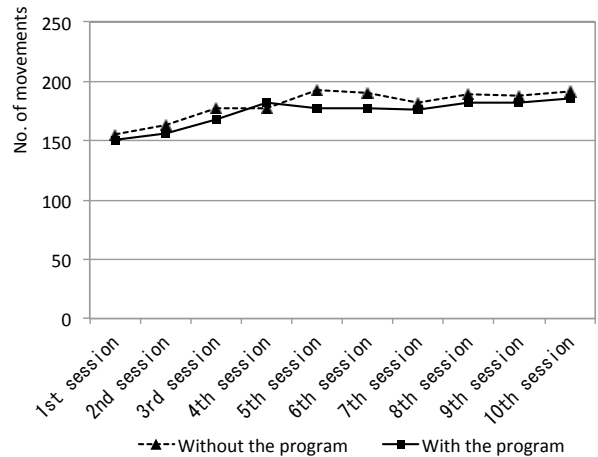


図5 患者が実施した運動回数の平均値推移

患者が実践した運動量および運動の質における達成度に応じたアート画像をプリントした絵ハガキに対するアンケート調査では、「リハビリテーション後に絵ハガキを見るのが楽しみ」「最終画像が出るのを見て満足した」「自分で行ったリハビリテーションの絵が出てくるからハガキが楽しみ」「やりがいがあった」「一生懸命やっただご褒美だから額を買って自分の部屋に飾る」「一生懸命描くと楽しいから大事にとっておく」「自分が頑張った成果が作品になるから嬉しい」「このハガキを友人に送る」「記念に保存する」という意見が多く示された。一方、「興味がない」「ハガキは必要ない」という意見も一部にみられた。

4.3 考察

回復期リハビリテーション病院において、「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラムを用いたサンディング動作のリハビリテーションを実施した患者は、プログラムを用いない患者に比べて、リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」が大きい傾向がみられた。1回目および10回目のリハビリテーション実施前においても、プログラムを用いた患者の「満足度」および「期待度」が大きい傾向がみられたことについては、プログラムを用いたリハビリテーションでは、通常のサンディングボードではなく、プロジェクタやWebカメラを設置したサンディングボードの前に座るために、通常とは異なるリハビリテーションを実施することに対する期待感を持った可能性が考えられる。また、プログラムを用いた患者は、1回目のリハビリテーション後よりも10回目のリハビリテーション後に「期待度」が大きい傾向が示された。これらの結果から、本プログラムを用いることによって、

単純繰り返し動作のリハビリテーションにも長期間意欲的に取り組むことが期待できると考えられる。しかしながら、統計分析の結果に有意な差を確認するには至っておらず、今後、実践期間を延長して調査を実施するなど検討が必要である。

患者が実施したリハビリテーション動作の平均運動回数について、プログラムを用いた患者は、運動回数が微増減しながらも長期間継続することによって徐々に増加する傾向が示唆された。プログラムを長期間継続的に用いることによって運動回数が増加し、身体機能の回復促進に繋がる可能性がみえたことが今後の課題である。また、プログラムを用いた患者の平均運動回数は、4回目を除いて、プログラムを用いない患者よりも少ない傾向がみられた。「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムは、実際にリハビリテーションで活用することを想定して、50回および100回を1セットとして設計しており、1セット終了毎に評価基準を設定するセットアップの作業を行う必要がある。そのため、セットアップに要する時間が実験時間に含まれていたことが本結果の要因として考えられ、今後の臨床試験では、実験時間中は継続できるプログラムを作成するか、或いは、セットアップに要した時間を実験時間から除いて運動回数を調査する必要がある。

また、リハビリテーション後にプリントするアート画像の絵ハガキについて、リハビリテーションに対する楽しみや満足感に繋がっていると考えられる回答が得られた。これにより、リハビリテーション動作の運動量や運動の質における達成度をフィードバックしたアート画像の絵ハガキが、リハビリテーションの成果物としてモチベーションの維持に繋がると考えられる。しかしながら、絵ハガキの有用性を感じない患者が一部にみられたことから、今後は、希望する患者に対して提供することも検討する必要がある。

これらの臨床試験の結果から、「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムをサンディング動作のリハビリテーションに用いることによって、患者がリハビリテーションに意欲的に取り組み、身体機能の回復を促すことが期待できる。

5. まとめ

サンディングと呼ばれる上肢の屈曲・伸展動作のリハビリテーションに活用する「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムを開発した。本プログラムでは、リハビリテーション動作に対応して机上に投影するアート画像が変化し、運動量や運動の質における達成度をアート作品の出来栄としてフィードバックする。患者自身が、投影されるアート画像から運動量や運動の質を確認しながらリハビリテーションに取り組むことができるプログラムである。

回復期リハビリテーション病院の入院患者が「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムを用いたリハビリテーションを実施したところ、プログラムを用いた患者はプログラムを用いない患者よりも、リハビリテーションに対する「満足度」および「期待度」が大きく、単純繰り返し動作のリハビリテーションにも意欲的に取り組むことが期待できる結果が得られた。運動量や運動の質における達成度を、アート画像に投

影してフィードバックするプログラムの効果が示唆されたと考えることができる。また、プログラムを用いたリハビリテーションを長期間実施した場合に「期待度」が大きくなり、運動回数が徐々に増加する傾向がみられたことから、今後、実践期間を延長してプログラムの効果を評価したいと考える。リハビリテーション後にプリントするアート画像の絵ハガキについては、リハビリテーションに対する楽しみや満足感といったモチベーションに関わる心理的効果に繋がると考えられる結果が得られた。

これらの臨床試験の結果から、リハビリテーション動作の運動量や運動の質における達成度をフィードバックする「拭いて拭いて絵を描こう！」のプログラムを上肢の屈曲・伸展動作のリハビリテーションに用いることによって、リハビリテーションに意欲的に取り組むモチベーションを維持し、身体機能の回復を促すことが期待できる。

本研究は、明星大学研究倫理委員会、藤田医科大学七栗記念病院研究倫理委員会の承認を得て実施した。

「拭いて拭いて絵を描こう！」プログラムの特許発明者：吉岡聖美（明星大学）、デバイスの制作協力：内山俊朗（筑波大学）

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP15H02881, JP19K12667 の助成を受けたものです。回復期リハビリテーション病院における臨床試験では、藤田医科大学七栗記念病院に協力いただきました。

注および参考文献

- [1] 北地雄, 鈴木敦志, 他: 脳卒中後の回復期病棟入院時の身体機能面, 心理・精神的側面, および Quality of Life の関係 3. リハビリテーションに対するモチベーション, 理学療法科学, 29 (6), pp.1023-1026, 2014
- [2] Sumner L. Norman, Mark Dennison, et al.: Movement Anticipation and EEG: Implications for BCI-Contingent Robot Therapy, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 24, Issue. 8, 2016
- [3] F. Noveletto, A. V. Soares, et al.: Biomedical Serious Game System for Balance Rehabilitation of Hemiparetic Stroke Patients, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 26, Issue. 11, 2018
- [4] Adrián Borrego, Jorge Latorre, et al.: Comparison of Oculus Rift and HTC Vive: Feasibility for Virtual Reality-Based Exploration, Navigation, Exergaming, and Rehabilitation, *Games for Health Journal*, Vol. 7, No. 3, <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0114>
- [5] Yoshioka, K.: Mood Change Caused by 'Active Art' that

Encourages Touching and Grasping Movements - Evaluation of when Operating the 'Let's Draw Fireworks!' Program: *International Journal of Affective Engineering*, Vol.14 No.4, 2015

- [6] 吉岡聖美：触知を把握の動作を誘導する「能動アート」による気分の変化－「花火を描こう！」プログラムの実践と評価，*デザイン学研究*, Vol.62(No.4), pp.77-84, 2015
- [7] 吉岡聖美：触知と把握の動作を誘導する能動アートプログラムの制作，第18回日本感性工学会大会論文集，PJ41, 2016
- [8] 坂入洋介，徳田英次，他：心理的覚醒度・快適度を測定する 二次元気分尺度の開発，*筑波大学体育科学系紀要*, 26, pp.27-36, 2003
- [9] 吉岡聖美：VR デバイスを活用したリハビリテーションプログラムの開発と評価－立ち座り動作の達成度をフィードバックするインタラクティブなプログラムの心理的効果，*デザイン学研究*, Vol.65(No.1), pp.35-40, 2018
- [10] Yoshioka, K.: Psychological Effects of an Art Program with Feed Back Systems Reflecting Achievement Levels in Rehabilitation Exercises - Development of a VR Device Encouraging Squatting Movements -, *International Association of Societies of Design Research*, 2017
- [11] Yoshioka, K.: Development and Psychological Effects of a VR Device Rehabilitation Program - Art Program with Feed Back Systems Reflecting Achievement Levels in Rehabilitation Exercises -, *Proceedings of the 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2018*, pp.538-546, 2018
- [12] Yoshioka, K.: Development and Implementation of a VR Device Program to Encourage Standing and Sitting Movements for Rehabilitation, *7th International Conference for Universal Design*, 2019