

VR 鏡療法における患者の治療意欲を維持するための仕掛けの検討

A study of shikake to maintain the motivation of patients with chronic pain with VR based mirror visual feedback therapy

三宅 貫太郎*1
Kantaro Miyake

杉原 太郎*1
Taro Sugihara

五福 明夫*1
Akio Gofuku

佐藤 健治*2
Kenji Sato

*1 岡山大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

*2 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科
Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

VR/MVF is a medical treatment system for patients with chronic pain. Despite this is the useful ways to alleviate the pain, patients often fail to continue rehabilitation caused by reasons of the lack of functions to maintain their motivation. Patients have needs to know the whole of processes in rehabilitation, to be notified milestones of it, to immerse themselves into system use, and to obtain applause from their doctors. This paper describes the solutions of the problems by implementing shikake triggers (i.e. an improved GUI, electronized questionnaires and integrated processes for system use) into previous VR/MVF on the basis of the idea of Captology, especially the principles of reduction, tunneling, self-monitoring and praise.

1. 緒言

外傷や手術に伴い、幻肢痛や複合性局所疼痛症候群 (Complex Regional Pain Syndrome : CRPS) といった慢性疼痛が発生する場合がある。慢性疼痛とは、疼痛の原因が治癒したにもかかわらず長期間にわたり訴え続ける痛みである[菅原 04]。慢性疼痛の症状は多種多様で、時間の経過に伴い頻繁に変化する。患者にとって痛みは非常に不快なものであり、痛みが原因で気分的に落ち込み、うつ状態になる傾向も見られているため、患者の痛みの除去あるいは緩和が望まれる。また、慢性疼痛は早期治療を行わなければ、症状が悪化し治療がより困難になる。このため、本来であれば患者は早いうちに医師の診察を受け、治療を開始することが望ましい。

現在考えられている痛み発生要因の一つとして、神経可塑性などに由来する脳内構造の変化があげられる。住谷らは、外傷に伴い脳内構造が変化し、運動指令に対して本来予測していた運動体性感覚と視覚フィードバックが乖離しているという異常な状態(住谷らはこれを運動-知覚ループの破綻と表現している)に対して痛みが発生するとしている[住谷 10]。McCabe らは、健常者であっても実際の腕の運動体性感覚と視覚が乖離すると、病的痛みを含む異常感覚が現れることを報告している[McCabe 05]。

そこで慢性疼痛に対し、脳内での身体機能を再学習により改善するニューロリハビリテーションとして、Ramachandran により考案された鏡療法が行われている[Ramachandran 05]。鏡療法では、動作障害のある自分の身体に対して、鏡に映る健常側の動作の像を見て、あたかも障害のある側の身体が動いているものとして脳に錯覚させる。これにより、運動体性感覚と視覚フィードバックを統合し運動-知覚ループを改善させ、引き起こされていた痛みを軽減させる。

鏡療法での治療効果は即時的に得られるものではなく、治療の中断により減少、消失するケースが報告されており、治療効果持続のために継続的治療が必要とされる[住谷 10]。しかし鏡療法では、鏡に映る範囲での単純な動作しかできないために、患者は治療に飽きやすいという問題があった。また、治療を続けるうちに単純な動作に慣れることにより、治療効果が減少する可能性も考えられる。そこで著者らは、バーチャルリアリティを用いて鏡療法を行う VR 鏡療法 (Virtual Reality based Mirror Visual Feedback : VR/MVF) システムを構築した[Sato 12]。VR/MVF システムは、患者の疼痛側の腕の動作を測定するセンサ、VR 空間に表示される VR の手の動作を生成するデバイス、VR 空間を生成し治療タスクを実施するアプリケーションを実行する PC、VR 空間を表示するディスプレイから構成される。VR/MVF では鏡に映る像の代わりにディスプレイ上に表示される仮想身体を用いて、VR 空間上の物体を掴んで移動させるなど、動作の自由度の高い鏡療法を行うことが可能となった。患者自宅への設置を考慮して開発した簡易型 VR/MVF 治療装置を用いた治療の様子を図 1 に示す[諫武 13]。



図 1: 簡易型 VR/MVF 治療装置を使用した治療の様子

連絡先: 三宅 貫太郎, 岡山大学大学院自然科学研究科, 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻 (機械インターフェイス学研究分野), 086-251-8228, k.miyake@mif.sys.okayama-u.ac.jp

鏡療法や VR/MVF 治療を継続するには、患者の治療意欲を維持する必要がある。しかし、従来の治療において慢性疼痛患者は症状改善についての目安が与えられないため、その治療効果を実感しづらい。そのため、患者は先行きが不透明な終わりの見えない単調なリハビリを続けることになり、患者が治療意欲を維持することが困難になっていた。

そこで、本研究は VR/MVF 治療における患者の治療意欲の維持を支援する仕掛けの開発を目的とする。本稿では、慢性疼痛患者の治療意欲を阻害する要因を整理し、治療意欲を維持できる仕掛けを考察し、実装した仕掛けを追加したシステムを示す。

2. 患者の治療意欲を阻害する要因

2.1 見えない治療効果指標

治療意欲を阻害する要因の一つとして、鏡療法や VR/MVF 治療において、患者が治療効果の指標がわからないことが原因として考えられる。治療効果に関する指標がわからないことで、患者は治療の効果を実感できず、患者は日々の治療を続けることに不安を感じてしまう。そのため、患者は治療に対して意欲的になることができない。実施した治療に対して効果指標となる情報をフィードバックすることで、日々の治療に効果があることを確認可能となり、また治療を続けていくことで将来的に疼痛を除去・緩和できる期待を持つことができるため、治療に対して意欲的になることが期待できる。

2.2 VR/MVF システムのユーザビリティ

システムのユーザビリティは、ユーザがそのシステムを使用する意欲に大きく影響する。ユーザビリティの低いシステムはユーザにストレスや戸惑いを感じさせてしまう。特に VR/MVF システムが対象とするユーザである慢性疼痛患者が、コンピュータの細かい操作に不慣れである可能性を考慮しなければならない。しかし、従来の VR/MVF システムでは、患者は治療を行うために、システムのパラメータの設定など多岐にわたる、かつ複雑な手順を行う必要があった。そのため、患者はその手順に関して指導を受け、手順を覚える必要があった。特に患者が自宅で治療を行うことを考えると、周囲にサポートしてくれる人がいない場合もある。そのような手順を毎回、独力で行うことは患者にとって負担となる。このため、患者がシステムを使いにくいと感じてしまい、システムを用いた治療への意欲を低下させる要因となっている。

2.3 多数の調査票

慢性疼痛患者は自らの痛みをうまく表現、説明することが難しいことを示唆する調査結果がある[ファイザー 13]。その表現の難しさのため、患者は痛みや症状に関する表現や説明を控えてしまい、ストレスや不安を抱えたまま生活することになる。患者の痛みや症状に関する情報が得られなければ、医師は適切な治療を行うことが難しくなる。患者が痛みや症状を表現する手助けをすることで、患者のストレスや不安を軽減し、医師が患者に対し適切な治療指示を行うことが期待できる。

従来の治療では、医師は患者が症状を表現する手助けとしていくつかの調査票を用いて、定期的に患者の状態を把握していた。実施する調査票の回答は疾患状態の把握、治療効果の確認に利用されるだけでなく、治療効果の要因検討のための基礎データとして収集され、治療効果指標の設定に利用することができる。

しかし、実施していた調査票は多数で、また紙面により行われていたため、回答に時間がかかり、患者が回答に疲れてしまうことが問題となっていた。また、この回答をすることに患者は直接的な便益を感じられなかった。その結果、患者は調査票の回答に対して消極的になってしまっていた。これらの調査票は慢性疼痛への治療効果を高めるための重要な記録であり、今後の患者の治療に役立てられるものである。そのため、患者に対して調査票の回答を行ってもらおう仕組みが必要になる。

3. Captology を参考にした治療意欲維持のための仕掛けの検討

システムに導入する治療意欲を維持する仕掛けを考える上で、Fogg により提唱された「人の態度や姿勢、行動を変えることを目的として設計された対話型のコンピュータ製品のデザイン、研究、分析」に焦点を当てた学術領域である Captology の概念を利用する[Fogg 05]。Captology では、ものの考え方・態度・行動を本人の意思で自発的に変えようとする働きかけのことを「説得」としている。また、コンピュータには (A)人の能力を向上させるツール、(B)人に疑似体験を提供するメディア、(C)人との関係を築くソーシャルアクターという 3 つの振る舞いがあるとしている。コンピュータ製品の多くは、これらの振る舞いのうち 2 つ以上を併せ持つ。それらの振る舞いは、多数の説得のための原理を用いて意識や行動変容を行う。本システムでは、以下の説得原理を参考にする。

- (A)ツールの説得原理
 - 手順の省略の原理
 - トネリングの原理
 - セルフモニタリングの原理
- (C)ソーシャルアクターの説得原理
 - 称賛の原理

3.1 治療プロセスの一体化

手順の省略の原理とは、コンピュータテクノロジーが煩わしい複数の手順をより少ない手順に短縮することで、目標の行動や作業をやりやすくすることである。手順の省略の原理が仕事の複雑さを低減させることで、ユーザは最小の労力で目的の行動を行うことができる。そのようなとき、ユーザはその行動に対するやる気を高めることができる。この原理を元に、患者が行うべき操作を減らしユーザビリティを高めることで、システムを用いた患者の治療意欲を維持することが期待できる。

また、トネリングの原理とは、複数の手順を一連のプロセスに一体化することで、プロセスに組み込まれた手順を習慣的にユーザに行うように仕向けることである。従来の治療では、調査票の回答と VR/MVF 治療は分離されて行われていたため、調査票の回答は忘れられることや、回答を避けられることが考えられる。トネリングの原理を元に、調査票の回答と治療を一連のプロセスとして行うことで、確実に調査票の回答を得ることが期待できる。

3.2 治療目安となる情報の記録・提示

セルフモニタリングの原理とは、ユーザの状態や進み具合をわかりやすく知らせ、予め設定した目標や結果を達成しやすくさせることである。前述のように、患者には治療効果に関する目安がわからない。その目安となる情報を記録し、患者に提示することで、患者がこれまでの治療効果や治療の経過を把握可能となる。その結果、治療における目標の設定を行うことができるよう

になり、患者が慢性疼痛の軽減といった目標に向けて治療を続ける励みにすることが可能となる。

ここで、我々は患者に対して提示する情報として、(1)痛み、(2)運動、(3)期間の3つを検討した。痛みや運動は、慢性疼痛が改善していることを示す目安となる。例えば、どのくらいの期間で、どのくらい痛みの程度に変化があったかという痛みと期間の関連や、どのような運動を観察すれば、どのくらい痛みの程度に変化があったかという痛みと運動の関連を患者に対して提示する。これは患者が治療を行っていく上で、期間や運動に対し痛みの程度の減少の予測を立てることができ、それを目標として治療意欲を維持することが期待できる。これら3つの情報を患者に提示する仕掛けをシステムに導入した。

3.3 称賛

慢性疼痛患者は痛みなどにより気分的に落ち込みがちである。気分的な落ち込みは、患者の治療に対する意欲も低下させてしまう。この気分的な落ち込みを解消するために、「褒める」ことを検討した。人間は褒められることで他人に認められたと感じ、自分に対する自信や達成感を得ることができ、気分的な高揚がもたらされる。Fogg は人間による称賛と同じように、コンピュータによる称賛がユーザに対して気分を高めるなどの正の効果があることを確認し、これを称賛の原理として定義した[Fogg 05]。ここから、患者に対して行動を褒めるメッセージを提示することで、患者の気分を高め、治療意欲を維持することが期待できる。

また、褒められることは患者にとって、医療従事者の目的に沿った行為を行ったかどうかを確認する指標となる。患者がVR/MVF治療を行う目的は慢性疼痛の軽減・消失および運動機能の改善である。これに対し、医師、看護師といった医療従事者は、患者の状態に応じてある目的を持った治療指示を行う。例えば、医師は患者の症状改善のため、患者が治療を日々継続することを望んでいる。また患者の状態を把握するための調査票を患者が回答することを望んでいる。そのため、患者が毎日リハビリを行っている場合や調査票への回答をした場合は、その行為を褒めることで日々のリハビリをより意欲的に行う効果が期待できる。

4. VR/MVFシステムにおける患者用GUI

前述した仕掛けを導入した患者用GUIのプロトタイプについて述べる。

4.1 手順支援機能

プロセスの一体化の仕掛けとして、患者がコンピュータの操作に不慣れであっても一連の治療手順を完了できるよう、GUIが行う手順を誘導するように設計した。GUIが誘導する手順の流れを図2に示す。GUIが必要な手順をひとつずつ順番に指示し、患者はその指示に従って操作、実行することで、患者の状態を表す情報を収集する手順や治療タスクの実施といった一連の手順が完了するように設計した。治療のためのパラメータの設定はシステムが患者ごとに保存するため、最初の治療の際にGUIに従って最小限の設定を行うことで治療を実施でき、また二回目以降の治療ではパラメータを再度設定する必要はない。

従来実施されていた調査票は電子化し、VR/MVF治療のプロセスの一部として治療タスクの前後で実施される。本研究では、患者の健康状態、特に痛みに関連する情報を収集するため、以下に記す各種調査票を実施することとした。

- 痛みに関する Visual Analog Scale (VAS)

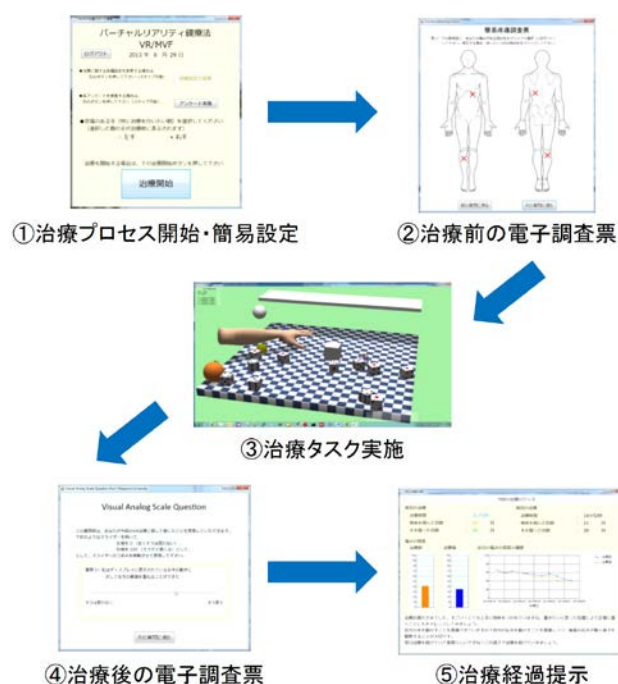


図2: GUIが誘導する治療手順の流れ

- 簡略版 McGill 疼痛質問票
- Sense of Agency に関するアンケート
- 簡易疼痛調査票 (Japanese Brief Pain Inventory: BPI-J)
- SF-36v2
- EuroQoL 5 dimension 日本語版
- Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS 日本語版)
- 疼痛生活障害評価尺度 (Pain Disability Assessment Scale: PDAS)
- 痛み破局化スケール (Pain Catastrophizing Scale: PCS)

それぞれの電子調査票の質問は紙面のものと同じものとなっている。また、各電子調査票は1ヶ月ごとや1週間ごとなどに実施する期間が決まっており、実施タイミングはシステムが管理している。そのため、患者はいつ、どの電子調査票を実施するかを覚えておく必要はなく、GUIとして提示される電子調査票の回答をするだけとなる。電子調査票において、全項目回答終了時や次の回答項目へ移動する際に回答していない項目があった場合、未回答項目があることがメッセージで表示され、その未回答部分の背景色に変化して強調表示される。これにより、患者の回答し忘れを未然に防いでいる。

なお、調査票の回答や治療タスク中のVRの手の位置・姿勢といったデータは、インターネットを介して外部に設置されたデータベースサーバに送られ、患者ごとに分類されて管理される。治療装置とサーバ間の通信は暗号化を行い、情報の保護をしている。

4.2 治療経過提示画面の提示

治療目安となる情報の提示の仕掛けとして、治療タスクの治療時間や把握運動をした回数などを前回と比較したもの、治療前後での痛みの程度の変化を提示する治療経過提示画面を実装した。治療経過提示画面の例を図3に示す。治療経過提示画面では、治療タスク中どのような運動を多く行ったかを示し、前回と比較して多い運動は色を変化させて強調してある。ま

た、痛みの程度に関する VAS で得られたスコアは前回との比較だけでなく、数ヶ月単位での痛みの程度の変化をみる事が可能になっている。これにより、痛みと運動の関連や、痛みと期間の関連を視覚的に確認可能となり、患者が日々の治療の励みにすることができる。

また同様に、治療経過提示画面に称賛の仕掛けとして、簡単な称賛のメッセージを表示するように設計した。称賛のメッセージは、GUI が治療タスクの結果や日々の治療の情報を処理し、自動で表示するようにしてある。これにより、毎日治療をしているなどといった行動に対し、報酬として称賛のメッセージを表示して患者の気分を高めつつ、患者が医療従事者の目的に沿った行動を行うように強化する。毎回の治療で同一なメッセージが表示されると称賛の効果が低減すると予想される。そこで、同一の称賛に対して複数のメッセージを用意し、乱数を用いてランダムに表示する。

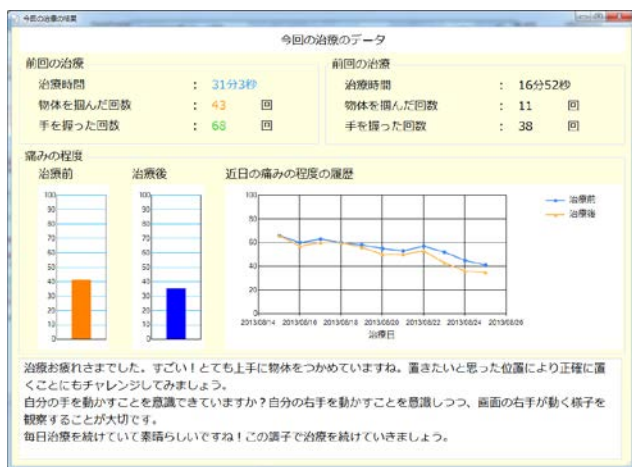


図 3: 治療経過提示画面

5. まとめと今後の課題

本研究では、患者の治療意欲の維持を支援する仕掛けを考察し、在宅での治療用に構築した VR/MVF システムに対して患者用の GUI を実装した。実装した GUI は、患者がその指示に従って操作することで、VR/MVF 治療タスクを実施するために必要な一連の操作手順が完了するように仕掛けられている。一連の手順の中で、治療効果の確認や治療効果の要因検討のための基礎データの収集のために、各種電子調査票が実施される。また、この GUI に治療経過提示画面を実装した。治療経過提示画面では患者に治療の結果や疼痛状態を提示する、患者が自身の治療経過を確認することが可能となった。さらに、治療経過提示画面において称賛のメッセージを表示することで、患者の治療意欲を向上・維持し治療を継続する仕掛けを導入した。

それぞれの仕掛けの効果に関する検証は行っていない。今後、これらの仕掛けをシステムに実装して患者に対して使用する前に、各仕掛けに治療意欲の維持に貢献する効果があることを検証する必要がある。

今後の課題として、データの可視化法の開発が挙げられる。患者や医師が記録されたデータを用いて状態の把握をするには、そのデータが患者や医師にとって理解しやすい形で提示される必要がある。そのため、今後は患者や医師それぞれに対し、どのようなデータを、どのような見せ方で提示することが望ましい

のかを調査する必要がある。例えば、電子調査票の回答データなどの膨大な情報の中から必要な情報のみを提示することで、情報確認の効率を向上させることが考えられる。また、動作データはそのままでは理解が難しいため、どのような軌跡や速度で運動しているかを理解しやすい形に視覚化する必要がある。

また、情報把握のために実施している電子調査票の数や質問項目数が多いため、患者の治療意欲を低下させる要因になる懸念がある。そのため、患者の状態や実施される電子調査票の組み合わせに応じて、質問項目を減らすなどの工夫が必要になる。

さらに、医師と患者の遠隔でのコミュニケーションを促進する機能を実装して、遠隔で簡単に医師や看護師の助言を受け、意見を送ることができる環境が構築できれば、治療への意欲を維持、向上させることが期待できると考えられる。

参考文献

- [諫武 13] 諫武 賢志, 五福 明夫, 福森 聡: モーションキャプチャ装置とマウスを組み合わせた在宅用 VR/MVF 治療システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013, pp. 67-74 (2013).
- [Fogg 05] Fogg, B. J. 著, 高良 理, 安藤 知華 共訳: 実験心理学が教える人を動かすテクノロジー, 日経 BP 社 (2005).
- [McCabe 05] McCabe, C. S., Haigh, R. C., Halligan, P. W. and Blake, D. R.: Simulating Sensory-Motor Incongruence in Healthy Volunteers: Implications for a Cortical Model of Pain, *Rheumatology*, Vol. 44, No. 4, pp. 509-516 (2005).
- [ファイザー 13] ファイザー株式会社: <慢性疼痛に対する患者と医師の意識比較調査>慢性疼痛を抱える人, 6 割以上が通院していない状態 治療目標の設定, 対話状況で患者と医師間に認識差, http://www.pfizer.co.jp/pfizer/company/press/2013/2013_07_08.html, 2014 年 2 月 6 日閲覧。
- [Ramachandran 05] Ramachandran, V.: Plasticity and Functional Recovery in Neurology, *Clinical Medicine*, Vol. 5, No. 4, pp. 368-373 (2005).
- [Sato 12] Sato, K., Fukumori, S., Miyake, K., Obata, D., Gofuku, A., Morita, K.: A Novel Application of Virtual Reality for Pain Control: Virtual Reality-Mirror Visual Feedback Therapy, *Pain in Perspective*, Chapter 10, pp. 237-254 (2012).
- [菅原 04] 菅原 正秋, 吉川 恵士, 林田 眞和, 有田 英子, 花岡 一雄: 慢性疼痛の評価と治療, *全日本鍼灸学会雑誌*, Vol. 54, No. 2, pp. 120-136 (2004).
- [住谷 10] 住谷 昌彦, 宮内 哲, 前田 倫, 四津 有人, 大竹 祐子, 山田 芳嗣: 幻肢痛の脳内メカニズム, *日本ペインクリニック学会誌*, Vol. 17, No. 1, pp. 1-10 (2010).