

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月 9日現在

機関番号：15301  
 研究種目：挑戦的萌芽研究  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23650219  
 研究課題名（和文）  
 脳機能計測を用いた慢性疼痛メカニズムの解明  
 研究課題名（英文）  
 Understanding mechanism of a chronic pain with functional neuroimaging  
 研究代表者  
 五福 明夫（Gofuku Akio）  
 岡山大学・大学院自然科学研究科・教授  
 研究者番号：20170475

## 研究成果の概要（和文）：

当該研究では慢性疼痛治療のために使われているバーチャルリアリティ技術を用いた治療システムによる疼痛軽減のメカニズムの解明に取り組んだ。私達はこの治療システム使用中の人の自己の運動への意識が疼痛軽減メカニズムに関連していると考えアンケートと治療システム使用中の自己の運動への意識をfMRIとアンケートを用いて計測した。結果、治療システム使用中に自己の運動を意識し、またこれに関連した部位に活動が見られたことを確認した。

研究成果の概要（英文）：This study aims at understanding the mechanism of a therapy system with virtual reality technology for patients who have chronic pain. The hypothesis of the mechanism is that the patients who have treatment effect feel sense of agency (SA) when they use the therapy system. This study investigates the existence of SA in using the therapy system by means of fMRI and a questionnaire. As the result, the existence of SA in using the therapy system was confirmed by the results of fMRI measurements and the questionnaire.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：メカトロニクス、ヒューマン・マシン・インタフェース

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：慢性疼痛、脳機能計測、fMRI、バーチャルリアリティ

## 1. 研究開始当初の背景

複合性局所疼痛症候群（Complex Regional Pain Syndrome：CRPS）は、一般には投薬による治療が行われている。しかしながら、人が薬への耐性を獲得して治療効果が減少したり薬による副作用があったりするためにCRPSの治療は難しいとされている。

近年、Ramachandranらが提案した、視覚的擬似運動であるMirror Visual Feedback (MVF) がCRPS患者に対して鎮痛効果があること報告されている。この治療効果の向上を目的として、VR (Virtual Reality) を応用したVR/MVFによる治療が行われており、治療効果が報告されている。一方、上肢のCRPS患者は健常者

と比べて運動野の機能が低下していることや、物体へのアプローチと握り動作を不得手としていることが報告されている。さらに運動野を直接電気刺激することで疼痛の軽減が報告されており、慢性疼痛の軽減には運動野の活性化や機能回復が関連している可能性がある。ところで、VR/MVFでは、実際に疼痛側の上肢を動かすことなく疼痛側が動いている様子を見ることができる。治療のためのタスクでは、患者になるべく疼痛側を動かしてもらいイメージを持つように促している。つまり、実際には疼痛側の上肢を動かしていないにもかかわらず、患者自身が疼痛側を動かしているように錯覚させている。

Gallagerは、自身の身体への意識には、sense of ownership（自身の身体への意識：SO）とsense of agency（自身の運動への意識：SA）の2つに分けているが、治療タスクの状況を考えると、これらのうちのSense of agencyが治療効果を与えていると考えられるが、これまでは慢性疼痛軽減のメカニズムは明らかにされていない。なお、頭頂葉の損傷によって自身の運動の認識ができなくなっていることが報告されており、SAには頭頂葉の活動が関連していると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、VR/MVFによる慢性疼痛軽減のメカニズムの解明を目的とし、治療時のSAに関連した脳活動を機能的磁気共鳴画像法（fMRI）により、手の動きをデータグローブにより、計測して分析する。これまでの治療実績ではすべての患者にVR/MVFが効果的であったわけではないことから、治療効果のある患者とない患者の比較により、治療効果を与える要因を明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究ではVR/MVF使用時にSAを感じているかいないか確認するためにfMRIによる脳機能計測とアンケートによる調査を実施する。実験の流れは以下の通りである。

まず、fMRIによるVR/MVF実施時の脳活動の計測をしたのちにアンケートに答えてもらう。

VR/MVF実施時に患者が行っている認知的活動は、第1に患者は疼痛のない側の手を動かす。第2に患者は実際に疼痛側の手は動かない。第3に患者は疼痛側の上肢を動かすことをイメージする。そして、患者はディスプレイに表示されている疼痛側の運動の様子腕を動かすことをイメージすることの4つの認知活動に分けることができる。これらをfMRI環境下で行うシステムを用意した。映像の提示はfMRI内での映像呈示方法として一般的なプロジェクタと鏡を使った映像呈示を用いた。これは視認性も十分であり、またHead Mounted Displayと異なり、視覚を覆わないため被験者に負担が少なく実験を続けやすいためである。

VR/MVFでのタスクは腕を動かして物体を掴む事であり、掴み動作はVR/MVFによる治療において特に重要な要因である。一方で、腕を動かすことは狭いfMRI環境下では困難である。また、強磁場環境下では一般的なデータグローブでは指の動きを計測することは難しい。そこでFifth Dimension Technologies社のData Glove 5/14 Ultra MRIを用いて指の動きをVRで再現した。これにより、手を動かすのみで簡易的であるがVR/MVFにおいて重要な認知活動をMR環境下で行えるVR/MVFを用いて実験を行う。

また、SAを感じたかについてVASと呼ばれる視覚的なスケールを使って尋ねるアンケートを用いて被験者のVR/MVF中のSAについて問う。

## 4. 研究成果

当該研究機関において健常者を対象として

fMRIによる脳機能計測を行った。本研究ではまず健常者を対象とした。研究の最初の段階において、VR/MVF実施時に使用者はSAを感じているか確認をすること、そして、SAに関連した脳活動の見られる部位を特定することにある。我々は治療効果が得られている要因としてVR/MVF実施中にSAを感じているためであると仮定している。これまでの研究においてVR/MVFは必ずしも治療効果を得られるとは限られていないことから、これはSAを感じられていないことが原因と考えられる。当該研究期間において治療効果を得られた患者でSAに関連する部位を特定するために十分な被験者数を確保することは難しい、またCRPS患者がVR/MVF使用中に痛みを発症する可能性もあるためVR/MVF実施時の脳活動の計測を健常者で行った。

健常者22人がfMRIによる実験に参加した。被験者は男性21名、女性1名で、平均年齢23.6歳で被験者は全員右利きである。全ての被験者が実験タスクを全て終了することができたが、被験者のうち1名のデータは歯科インプラントによるノイズ、もう1名は実験中の頭部の揺れによって解析にデータを除外した。従ってデータの解析は20名で行った。fMRI計測後に実施したアンケートはfMRIの計測ノイズとSAを感じたか感じないかは関係性がないため、全ての被験者のデータを用いた。

図1に統制条件と実験条件とを比較した結果を示す。解析はSPM5を用いた。実験条件と統制条件との比較において有意水準0.1%に設定して左後頭頂葉で優位な活動が認められた。当該賦活部位は自己の運動の認識に関連している部位とされ、SAに関連している部位である。

また、fMRIの実験終了後にVASを用いたアンケートを用いて、SAを感じたかどうかについても調査している。被験者がSAを感じた状況

とSAを感じていない状況についても調査しており、そのアンケート中のSAを感じた状況とそうでない状況について問うアンケート結果をt検定により評価した。その結果、SAを感じた状況とそうでない状況について聞いているすべての質問項目において、有意水準5%で有意な差が認められた。

これらの結果からVR/MVF実施時に使用者はSAを感じており、またその脳の賦活領域の特定した。

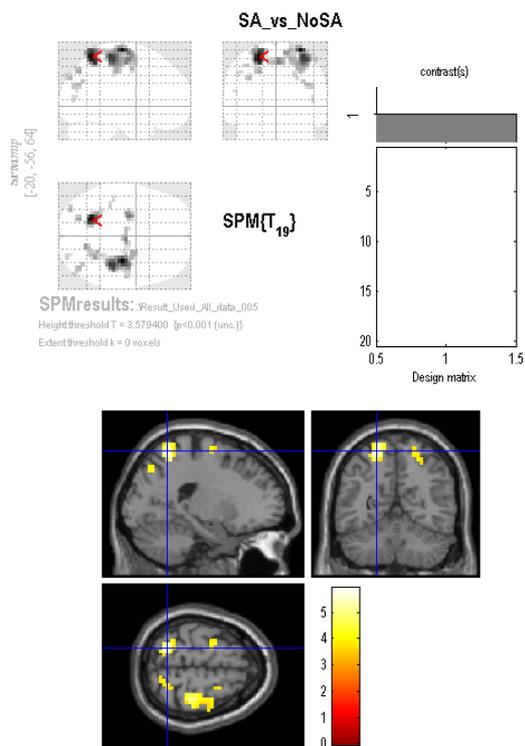


図1 実験条件-統制条件時の賦活部位

本研究の結果はVR/MVF実施時のSAに関連した脳活動が見られるか確認したことによって、治療メカニズムを解明に繋がる非常に有意義な結果が得られた。今後健常者によって特定された関心領域をもとに患者による実験に取り組むことで、VR/MVFの治療メカニズムが明らかになる。

現在、CRPS患者を対象としてVR/MVF使用時にSAを感じたかについてのアンケート調査を

実施しており、患者を対象としたfMRIも合わせて実施する。fMRI計測においては、被験者のVR/MVFの使用期間や疼痛の変化を観察する必要がある。患者の状態を観察しながら研究に取り組んでいる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 1件)

① 三宅貫太郎, 五福明夫, 亀川哲志, インターネットを利用したCRPS患者に対するVR/MVF在宅治療システムの構築, 第56回システム制御情報学会研究発表講演会, 2012.5.21, 京都テルサ.

〔図書〕(計 2件)

① Kenji SATO, Satoshi FUKUMORI, Kantaro MIYAKE, Daniel OBATA, Akio GOFUKU, Kiyoshi MORITA, Pain in Perspective: Chapter 10: A Novel Application of Virtual Reality for Pain Control: Virtual Reality-Mirror Visual Feedback Therapy, INTECH, (Ed. Subhamay GHOSH), 2012, pp. 237-254.

② Akio GOFUKU, Satoshi FUKUMORI, Kenji SATO, Biomedical Engineering and Cognitive Neuroscience for Healthcare: Interdisciplinary Applications: Chapter 8: A Mirror Visual Feedback Therapy System Applying Virtual Reality Technology, Medical Information Science Reference, (Ed. Jinglong WU), 2013, pp. 73-78

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

五福 明夫 (GOFUKU AKIO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：20170475

### (2) 研究分担者

佐藤 健治 (SATO KENJI)

岡山大学・大学病院・准教授

研究者番号：70359884

### (3) 研究協力者

福森 聡 (FUKUMORI SATOSHI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・博士後期課程学生

三宅 貫太郎 (MIYAKE KANTARO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・博士前期課程学生