

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330240

研究課題名(和文) 認知運動療法リハビリテーションのための空間操作システム開発

研究課題名(英文) Space operation system development for cognitive exercise therapy rehabilitation

## 研究代表者

星野 孝総 (Hoshino, Yukinobu)

高知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：10351321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：リハビリテーションや介護予防・老化予防の観点から、認知運動療法の概念を基礎とし、それらを行う空間の開発研究を行ってきた。その基礎的検討課題であるインタフェースとゲームシステムの関連性を研究した。そこでは、光学方式と静電容量方式の場合で空間操作システムにおける影響が異なることが解った。さらに空間操作システムにおいて、脳の生理的データを収集できるセンサの開発をしてきた。これらの結果から高齢者の運動課題を効率的かつ安全に進めるための空間として基礎的な検討ができた。技術的なブラッシュアップすべき課題も多く見つかった。それらの改善とBCIシステムやウェアラブル機器への応用研究が期待できる。

研究成果の概要(英文)：This project has conducted research and development of the special space to do the rehabilitation's exercise from the point of view of rehabilitation, the nursing care prevention, an anti-aging and the concept of cognitive exercise therapy. The relevance research of an interface and game system were the basic agenda. There, the effects in the space operation system had been researched about the case of an optical system and the electrostatic capacity method. Those results were found to be the signalment points and the characteristic. For this further space operation system, a specific sensor has been developed to collect the physiological data of a human brain. Basic study as a space for advancing from these results the motor task of elderly efficiently and safely could. It found as many issues to be need the technical brush up. It applied research to their improvement, like the BCI system and wearable devices, can be expected.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：タッチパネルインタフェース 空間操作 認知運動 リハビリテーション

### 1. 研究開始当初の背景

体に障害がある人たちにとって、自らの動きを表現し、それに自ら応えるような運動は脳活動に直接的な刺激を与える。このことに着目した認知運動療法(宮本省三著、リハビリテーションルネサンス)に基づく自発的運動リハビリシステムの開発を目指した。その中核は、雑音がなく没入できる空間で、タッチ操作でコントロールするゲームソフトウェアの開発を目的とした。

### 2. 研究の目的

(1)患者が体を動かさず認知運動療法では、視覚と触覚情報を直接フィードバックされる方が好ましい。特に、触覚のフィードバックは重要であり、多くの人が利用可能で柔らかな操作で十分に動作できる、タッチパネル方式を用いる。そして、簡単なゲームタスクを用いて、有効性を検証する。リハビリテーションでは、自発的に体を動かさず方が脳をよりよく刺激するため効果が高い。一般には、理学療法士・作業療法士の指示・協力・補助により機器操作を行う。本研究では、自らの脳からの指示によって自発的に体を動かさず認知運動療法に適した、タッチパネル方式のリハビリシステムのソフトウェアを開発する。以下の3点が重要な特徴となる。

1. 操作者(リハビリ患者)に対して詳細な説明や介助が無くても十分楽しめる。
2. 認知運動療法の観点から自発的な運動を行えるようなタスクが与えられる。
3. 医療側からの観測、指示が出しやすいインタフェースである。

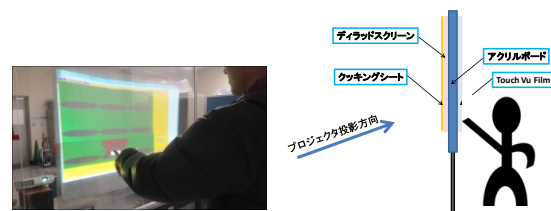
(2)近年の脳科学研究により、障害患者は自発的に行動しない限り、運動機能の回復は進まないと言われている。また、作業をサポートする作業療法士の負担は軽くなく、現場では自発的な運動を促すアプローチが求められている。我々の目標は、認知運動療法により、患者のリハビリへの取り組みについて積極性の回復・改善の心理プロセスを明らかにすることを試みた。

### 3. 研究の方法

#### (1)タッチパネルシステム

タッチパネルのセンサーには、静電容量方式、光学式、抵抗膜方式の3種類があり、現在主流になっているのは、光学式である。この方式はパネル周辺に配置した光学センサーにより、接近した物体を検出するため、素早くセンシングできる。接触する直前に反応することができるため、反応速度がもっともはやく、大型パネルのセンシングに用いられている。また、多点認識が可能であり複数の利用者による操作や5本指での操作等が容易である。静電容量方式は、タッチした指の電気的特性を利用しておりスマートフォンやタブレットに多く採用されている。

この方式では光学式に比べて細かなセンシングができないため、最近では光学式に取って代われようとしている。抵抗膜方式は、静電容量方式で代用できるため、現在ではほとんど使われていない。そこで、本研究では静電容量方式と光学式のタッチパネルを使ってゲームの操作性比較とリハビリテーションへの適合性について調査する方法を行った。光学式は市場に出回っている市販のタッチパネルシステムを用いた。静電容量方式の場合は既存のものでは、四肢運動用の適度なタッチパネルが見当たらなかったため、タッチパネルフィルムを用いて開発した。



もぐら叩きゲームと開発したタッチパネル

#### (2)ゲームシステム

四肢運動によるリハビリテーションを考えると、反射的に操作することで運動機能回復を行う反復型と、操作記憶を辿ることによって運動機能回復を行う思考型がある。一般に認知運動療法では、思考型が用いられることが多い。反復型は老化防止・介護予防訓練の観点やある程度機能回復した人への訓練として用いられる。思考型は麻痺が残っている場合の回復訓練に用いられ、(反復運動課題)。本研究では、反復型にモグラたたきゲームと思考型にサイモンゲーム(順番記憶課題)とサークルゲーム(運動記憶課題)を開発してタスク実験と結果比較を用いて研究を進めた。サイモンゲーム(順番記憶課題)は、ボタンを押すゲームである。プレイヤーは、画面が指示するボタンを押し、その順番を記憶する。次に全く同じ順番に押すゲームである。記憶と四肢動作が含まれており、記憶に沿って四肢を操作する必要があるゲームである。



サイモンゲーム(順番記憶課題)

サークルゲーム(運動記憶課題)の場合は、確認プロセスと記憶プロセスがある。記憶プロセスでは、プレイヤーは閉眼し、作業補助者がサークル間の線をなぞるようにプレイヤーの四肢運動を誘導する。その後、プレイヤーは開眼し、その線に沿って指を動かす。

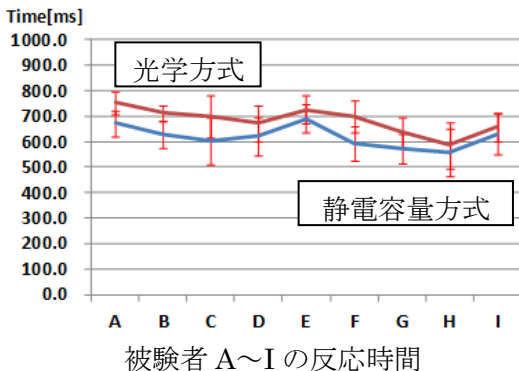


サークルゲーム(運動記憶課題)

これらのゲームのプレー時における正解率と難易度との関係性、また操作履歴を分析することで研究目的にあったゲームの特徴とインタフェースシステムとの関連性を研究した。

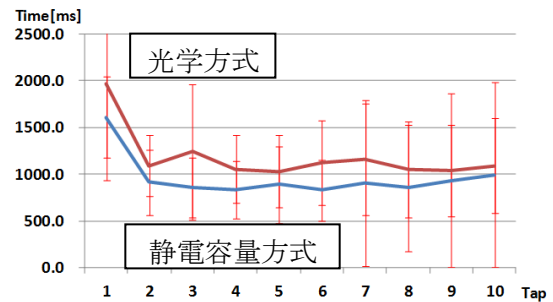
#### 4. 研究成果

(1)モグラ叩きゲーム(反復運動課題)におけるタッチパネルシステムの違いを調べた。まず、モグラ出現から正確に叩かれるまでの時間を調べた。それぞれの特徴がわかってきた。光学方式の場合は、タッチの関しての反応が早い。正確には、人の指が触れる直前に反応している。触覚による認知の前に画面が変化しており、触覚による認知の前に視覚情報が入ってくる事になる。実験の結果、図に示すように同じモグラ叩きゲームにおいて、被験者の平均反応時間に差があることが解った。



また、光学方式の正当率  $63.6 \pm 29.5\%$  であり、静電容量方式の正当率  $89.0 \pm 13.2\%$  であった。これらからもインタフェースシステムによる差があることが解ってきた。光学方式はスライド操作インタフェースとしては優れているが、モグラたたきやメモリーゲームのように、"叩く"や"タップする"のように感覚のフィードバックが必要な課題の場合、触覚感覚のフィードバックが得にくく、感覚的な混乱を招く。また、この動作は認知運動において誤認知を招くことがわかってきた。実験後の主観的満足度評価アンケートでも、それらを支持する結果が得られた。"叩く"や"タップする"のように感覚のフィードバックが必要な課題の場合は、静電容量式を用いるか、ゲーム中のタップホールド時間と画面の反応時間を少し長くする方が認知運動の効果が高まる事が解った。

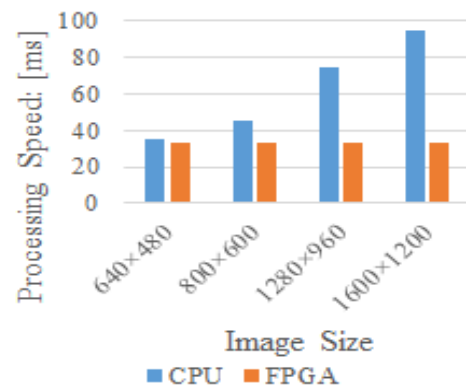
(2)サイモンゲーム(順番記憶課題)におけるタッチパネルシステムの違いを調べた。ここでは、順序記憶の深度によつての違いについて調べた。得点で評価すると、静電容量方式では、平均 77.8 点に対して、光学方式では 78.6 点とほぼ同じであった。また、ボタンを連続で操作したときの時間を示している。順序を考えている時間を含んでいるため、少し全体的に時間が掛かっている。これらの結果から光学方式は人の反応において、静電容量方式よりも良くない結果となっている。しかし、インタフェースとしての反応は光学方式の方が接触前に処理しているが、画像処理部分の処理速度が遅いため、このような結果になっている。

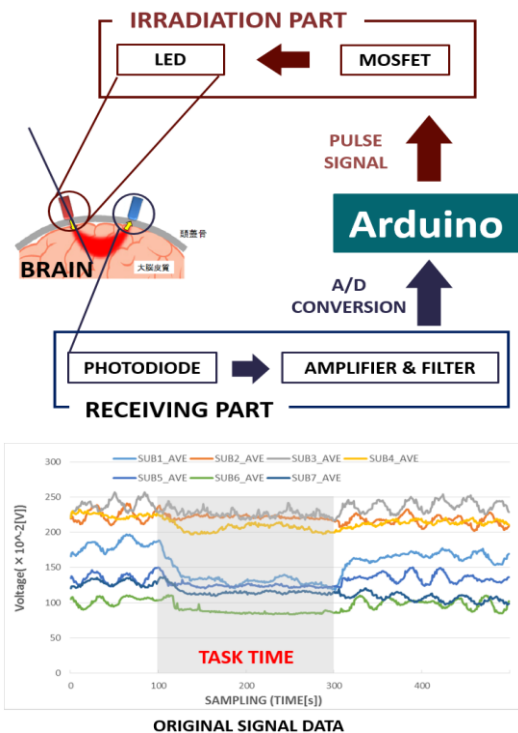


順序記憶深度(1~10)の平均反応時間

#### (3)光学方式改善にむけた高速画像処理

(1)(2)の結果を受けて、光学方式改善にむけた高速画像処理システムの研究に取り組んだ。最初にハンドジェスチャーインタフェースを GPU と USB カメラを用いてプログラム開発・実装をして空間操作の実験を行った。高速かつ正確に手の動きを追跡し、ハンドジェスチャーの認識ができることを確認した。しかし、見た目にはリアルタイムで実行できているが、カメラの実際の速度に比べて数フレーム遅れていることが解った。そこで、近年高速になってきた FPGA と高速カメラシステムを作成し、ハードウェア処理でリアルタイムに指や人の行動を追跡するシステム構築を行った。最も時間のかかる画像処理部分については、プロセッサを用いたシステムに比べて 10 倍速度に処理できる事が確認できた。





現在は人工知能システムの搭載を目的として実験・開発を進めている。

#### (4)介護防止と脳機能計測

(1)(2)の結果を受けて、介護防止の観点からサークルゲーム(運動記憶課題)の開発と脳機能を調べるためのセンサーシステムの開発研究に取り組んだ。当初 fMRI システムを使って、ゲーム時の脳賦活を解析し、ゲーム操作やゲームの学習過程における賦活推移を調べ、運動機能回復と介護防止の観点から議論した。fMRI での結果から特定した賦活部位を認知運動実行時に計測するためのセンサーシステムの開発研究を行った。センサーシステムには、近赤外線 LED 光を用いて、脳内の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)と脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)の変化量を計測するシステムを開発研究した。fNIRS 装置と同様の原理を用いているが、一般の装置では携帯性に欠けており、開発したリハビリ運動用の空間では使うことができない。本研究では低電力・携帯性の実現を目指し開発してきた。また、平行して運動課題における fNIRS で観測した BOLD 信号から運動タスク開始・終了を自動的に見分けて計測するシステムアルゴリズムの開発に成功した。その成果は投稿論文で報告し、高い評価を受けている。これらのセンサーと fMRI との比較もおこなっており、ゲームリハビリテーションにおける脳機能の解明に向けた基礎を固めた。また、BCI システムに向けた取り組みにも従事していく予定である。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

① タイトル: BOLD 信号による賦活状態識別のためのロジスティック関数を用いた差分進化法による識別器の最適化: 星野 孝総, 岡坂 翔, 三谷 慶太, 知能と情報、Vol.24, No.1(2016)

② Thang Cao, Hung T. Nguyen, Hien M. Nguyen, Yukinobu Hoshino: Modeling Emotional Evaluation of Traditional Vietnamese Aodai Clothes Based on Computer Vision and Machine Learning, Industrial Applications of Affective Engineering, pp 111-122, Date: 09 Apr 2014, Print ISBN 978-3-319-04797-3 2014

[学会発表] (計 18 件)

① 松島冬季、星野孝総: 自発的リハビリテーション用空間インタフェースの開発と評価、第 29 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 TD2-1 (2013)

② 久坊 将之、岡坂 翔、星野 孝総: NIRS-based BCI のための左右手運動の SVM 識別器の開発、第 29 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集、大阪国際大学 MD3-5 (2013)

③ 岡田浩臣、星野孝総: 眼前ハンドジェスチャーインターフェースのための手検出システム、Vision Engineering Workshop2013、パシフィック横浜、IS2-C2 (2013)

④ Keita Mitani, Yukinobu Hoshino: Evaluation of Application Switcher Using the Initial Writing Operation, Proceedings of HCI International 2013, Mirage Hotel, Las Vegas, Nevada, USA (2013)

⑤ Yukinobu HOSHINO, Fuyuki Matsushima, Roberto Gorriz Vilar, Keita Mitani: Human computer interfaces for controlling robots and rehabilitation, Proceedings of International Symposium on Advanced Intelligent Maritime Safety and Technology 2014 (Ai-Mast2014), Mokpo National Maritime University KOREA, 15-17 May, 2014

⑥ Masayuki Kubou, Yukinobu Hoshino: A Cognitive Therapeutic Exercise using touch panel display, Proceedings of IDHF2014, Kochi Japan, P-17 (2014)

⑦ Yukinobu Hoshino, Hiroomi Okada, Keita Mitani, Development of the Hand

Color Detection System for Hand Gesture Front of the Face, Proceedings of HCI2014 International, 22 - 27 June 2014 Creta Maris Heraklion, Crete, Greece

- ⑧ Fuyuki Matsushima, Roberto Gorriz Vilar, Keita Mitani, Yukinobu Hoshino, Touch Screen Rehabilitation System Prototype Based on Cognitive Exercise Therapy, Proceedings of HCI2014 International, 22 - 27 June 2014 Creta Maris Heraklion, Crete, Greece
- ⑨ 高見 太郎、松島冬季、四宮 友貴、三谷慶太、星野孝総: タッチパネルシステムを使った自発的リハビリテーション用空間の開発、第30回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 TA4-2 (2014)
- ⑩ 四宮 友貴、岡田 浩臣、星野 孝総: ハンドジェスチャのための手検出システムの開発、第30回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 WA1-1 (2014)
- ⑪ Yuki Shinomiya, Yukinobu Hoshino: Local Feature Selection by Visual Saliency and its Embedding to Image Representation, Proceedings of SCIS 2014, 3-6 Dec. 2014 Kitakyushu, Japan
- ⑫ Yuki Shinomiya and Yukinobu Hoshino : A Feature Encoding based on Fuzzy Codebook for Large-scale Image Recognition, Proceedings of IEEE SMC2015, pp. 2908-2913, 2015
- ⑬ Tuan Linh Dang and Yukinobu Hoshino : A Hardware Implementation of Particle Swarm Optimization with a Control of Velocity for Training Neural Network, Proceedings of IEEE SMC2015, pp. 1980-1985, 2015
- ⑭ Keita Mitani and Yukinobu Hoshino: Brain activation difference of social learning and individual learning by planning game, Proceedings of 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, T5d-3, Mokpo, South Korea, November 4 to 7, 2015.
- ⑮ Masayuki Kubo and Yukinobu Hoshino: Development of Downsized fNIRS System for BCI, Proceedings of 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, T5e-1, Mokpo, South Korea, November 4 to 7, 2015.
- ⑯ Yuki Shinomiya and Yukinobu Hoshino:

A Validation of Feature Encoding based on Fuzzy Codebook with Online Classifier, Proceedings of 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, T5e-2, Mokpo, South Korea, November 4 to 7, 2015.

- ⑰ Masahiro Shimasaki and Yukinobu Hoshino: Design and Verification of Image Processing Filters on FPGA, Proceedings of 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, T5e-3, Mokpo, South Korea, November 4 to 7, 2015.
- ⑱ Masayuki KUBO and Yukinobu HOSHINO: Development of an fNIRS System for BCI, 第28回バイオメディカル・ファジィ・システム学会 年次大会 講演論文集 pp. 81-84, 東海大学熊本キャンパス (2015) ※学生奨励賞

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

星野 孝総 (HOSHINO, Yukinobu)  
高知工科大学・工学部・准教授  
研究者番号: 10351321

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: