

令和元年6月5日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01583

研究課題名(和文)脳錯覚を利用したリハビリ制御装置の研究

研究課題名(英文)Research of rehabilitation controller using brain illusion

研究代表者

鶴田 和寛 (Tsuruta, Kazuhiro)

九州産業大学・理工学部・教授

研究者番号：60389236

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：脳疾患等で失われた脳機能をリハビリ訓練により回復させることを最終目標とし、視覚による動作指令の教示と体の応答表示が可能な動作モニタ装置、4台の移動テーブルを独立に動作可能とする4軸テーブル移動装置および動作モニタ装置を組み合わせて脳に錯覚を起こさせる疑似体験機能を備えたリハビリ訓練装置(昇降運動)を開発した。次に、脳に刺激を与えながらリハビリすることでリハビリ効果が向上するという研究事例が報告されていることにヒントを得て、脳に錯覚(刺激)を与えた場合と与えない場合の脳血流をNIRS(脳血流測定装置)で測定し、脳活動に違いがあることを機械学習(人工知能)によるデータ分類で明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳疾患患者に対するリハビリ訓練において、訓練過程における回復具合を脳血流等の人体情報を測定・解析することで、その訓練効果を把握・向上させることが可能になると思われる。さらに、体のどの部分を訓練すれば脳のどの部分が刺激されるかが明らかになれば、患者ごとのリハビリ訓練の設計に繋がり、回復具合がエビデンスとして残せるため、リハビリ訓練のモチベーションも上がると思われる。

研究成果の概要(英文)：The final goal is to restore the brain function lost due to brain disease etc. by rehabilitation training, and it is possible to operate the four movement tables independently, with the operation monitor device capable of visually teaching the operation command and displaying the body's response. We have developed a rehabilitation training device (raising and lowering movement) with a simulated experience function that causes an illusion in the brain by combining a 4-axis table moving device and a motion monitoring device. Next, the brain blood flow with and without the illusion (stimulation) given to the brain, inspired by the fact that research cases have been reported that the rehabilitation effect is improved by rehabilitation while stimulating the brain. The flow was measured by NIRS (cerebral blood flow measurement device), and it was clarified that there is a difference in brain activity by data classification by machine learning (artificial intelligence).

研究分野：モーション制御

キーワード：リハビリ訓練 モーションコントロール 人工知能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化先進国として、脳疾患が原因で失った体機能を回復させるためのリハビリ装置は数多く開発されている。例えば、脳疾患により片半身が動かなくなった機能を回復させるための反復動作支援ロボットなどはすでに実用化されている。しかし、その大部分はこれまで医師や理学療法士が実施しているリハビリ支援動作の代わりにするだけで、脳疾患を積極的に回復させることを目的としたリハビリ装置の実用例はほとんどなかった。また、失われた脳機能は再生不能と考えられていたが、失われた脳機能を代償することで再生可能になると考えられるようになってきた。リハビリ装置を駆動させるためにはモーション制御技術が必要であり、人間の力触覚を仮想的にフィードバックして利用するハプティクス制御技術、動作を教示するマスタ軸に追従するようにスレーブ軸が駆動し、両軸間の力(トルク)情報をフィードバックするバイラテラル制御技術も医療分野等で応用展開されるようになってきた。さらに、BMI(ブレイン・マシン・インターフェース)ニューロリハビリテーションのように脳の一部と機械を融合させることで脳障害リハビリを実施する方法も提案されつつあった。

2. 研究の目的

本研究課題は脳疾患で失われた脳機能を回復させることを最終目標としているが、本研究期間内では片半身のみ麻痺した患者を想定し、視覚による動作指令の教示と応答表示が可能な動作モニタ装置、2台の移動テーブルを独立に駆動する2軸テーブル移動装置および動作モニタ装置と2軸テーブル移動装置を組み合わせる脳に錯覚を起こさせる疑似体験機能を備えたハプティクス・バイラテラル制御装置を開発することを目標とした。

3. 研究の方法

初年度は国内外で提案されている脳疾患により片半身がマヒした患者のリハビリ手法について、関連論文および特許等で文献調査する。さらに、研究交流のある総合脊損センタおよび香椎原病院において、実際に利用されているリハビリ装置の特徴及び問題点、患者の要望などを把握し、医師、理学療法士にご協力いただき本研究課題で提案する新しいリハビリコンセプトのブラッシュアップを実施する。次に、脳に錯覚を起こさせるために必要なモーション制御機能を実現する動作モニタ装置および2軸テーブル駆動装置を開発する。平成29年度以降は、動作モニタ装置および2軸テーブル駆動装置を利用して、脳に錯覚を与えるためのハプティクス・バイラテラル制御装置を開発し、脳に錯覚を起こすことで脳血流にどのような変化があるかを調査し、本研究による脳機能リハビリテーションの有効性を評価する方法を提案する。

4. 研究成果

初年度(平成28年度)は、脳に錯覚を起こさせるために必要なモーション制御機能を実現する動作モニタ装置および2軸テーブル駆動装置の基本機能を開発した。具体的には、2軸独立制御によるスライドシステム駆動、2軸間の力(トルク)を利用したバイラテラル制御、加速度センサ信号を読み込み、両軸にトルク外乱として感覚的に伝えるハプティクス制御、負荷外乱を推定する外乱オブザーバ機能、プログラミングによる動作指令作成機能を、初年度に購入した制御実験装置(AD5436)とMATLAB/Simulink(数式演算ソフトウェア)を利用して実現した。この装置を昇降運動ができるメカに取り付け、昇降運動時の左右バランス補助、繰り返し昇降動作時における突発的な動作指令変化、振動入力による外部刺激、左右バランスのずれをモニタ表示することによる視覚刺激を実現し、被験者の脳をだます(モニタ上に映し出される予想と違う動きによる)リハビリ制御装置のプロトタイプを開発した。

平成29年度は、初年度に開発した脳に錯覚を起こさせるために必要なモーション制御機能を実現する動作モニタ装置および2軸テーブル駆動装置を4軸対応に改良した。さらに、加速度センサを2軸分取り付け、振動刺激が両足軸に独立に伝わるようなハプティクス制御および転倒防止を目的としたバランス保持機能をバイラテラル制御で実現した。具体的には、両足に加えて両腕も独立駆動できるように、小型のスライドシステムを本研究費で購入し、新しく4軸独立制御、ハプティクス制御、バイラテラル制御が可能となるように機能追加した。次に、脳にどのような変化が起こっているのかを把握するため、脳血流測定装置(NIRS)を利用して脳血流酸素濃度を測定した。通常のリハビリ動作時と脳錯覚を起こすと考えられるリハビリ動作時のデータを統計解析(ヒストグラム、周波数解析)したが違いが見られなかった。そこで、機械学習(人工知能)を利用して、それぞれのデータの特徴量を算出し、幾つかの分類方法を利用して評価したところ、92%の精度で通常動作時と錯覚動作時の脳血流データが分類できた。上記研究成果を、産業技術総合研究所主催の第2回ニューロリハビリシンポジウム2017においてポスタ発表した。さらに、国際学会IEEE-CYBER2017において口頭発表を実施し、優秀論文賞(Finalist of Best Paper Award)を受賞した。

最終年度(平成30年度)は、脳血流測定装置の代替となるようなセンサにより脳の活性化を評価する方法、動作指令を複数個作成し、動作指令と脳錯覚(刺激)の関係性について調査し、脳刺激に最適なりハビリ動作方法を提案する予定であったが、様々な展示会で成果報告をした際、リハビリ運動が思い通りにできない患者に対する脳刺激の方法を探索する必要性が高まったため、初年度に購入した制御コントローラ(AD5436の新バージョン)を追加購入し、電気刺激を複数箇所(腕、足、腹)与え、電気刺激がどのように脳刺激(脳賦活)に影響するのかを

調査し、電気刺激が脳賦活に影響することを、ディープラーニングによる解析・分類で明らかにした。具体的には、刺激を与える部位によって脳賦活の状況が変わり、脳賦活データを95%以上の精度で分類できることを確認した。また、これまでの成果を、第2回ロボデックス(東京ビッグサイト)にて「人工知能を利用した脳リハビリ制御装置の研究」をデモ展示・講演、ロボット産業マッチングフェア北九州2018にて「人工知能を利用した脳リハビリ制御装置」「人工知能を利用した学修支援」を出展、イノベーションジャパン2018(東京ビッグサイト)にて「人工知能を利用した脳リハビリ制御装置」「人工知能を利用した学修支援」を出展、産総研ニューロリハビリシンポジウム2018にて「脳のリハビリ目指した運動訓練装置」をポスタ発表し、研究成果の公表および今後の研究活動に向けて情報を収集した。

さらに、産業財産権として、特許：運動訓練システム、制御方法、及びプログラム、発明者：鶴田和寛、権利者：中村産業学園九州産業大学、特願2018-133483を出願した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 大型ガントリー型リニアモータスライダの制御モデルに関する研究
小代哲也, 本田英己, 鶴田和寛, 花本剛士, 電気学会論文誌D(産業応用部門誌), Vol.137 No.10 pp.746-752, 2017

〔学会発表〕(計7件)

1. Concept, results and future topics for the Human Robotics Research Center at Kyushu Sangyo University, Taisuke Sakaki, Kazuhiro Tsuruta, Yong-Kwun Lee, Nobuhiro Ushimi, Kouji Murakami, Yoshimi Matsunoo, Yutaka Ichinose, Tshihiko Shimokawa, Yuko Kamiya, Osamu Kikima, Kanta Aoki, Shinya Morishita, Takehiro Tashiro, Hidetsugu Nishizono, 17th International Conference on Control, Automation and Systems, 2017
2. Consideration on Control Method of the Large-sized Gantry-Type Linear Motor Slider, Tetsuya Ojira, Hideki Honda, Kazuhiro Tsuruta and Tsuyoshi Hanamoto, IEEE-ICMA2017
3. Rehabilitation Controller using Brain Illusion, Kazuhiro Tsuruta, Tetsuya Ojira, Nobuhiro Ushimi, Kouji Murakami and Taisuke Sakaki, IEEE-Cyber2017, pp.1-6
4. Study on Control Method of the Large-sized Gantry Type Liner Motor Slider with Distortion, The 19th International Conference on Electrical Machines and Systems 2016, DS4G-3-1, T.Ojira, H.Honda, K.Tsuruta and T.Hanamoto, 2016
5. Development of Servo Controller using ARM32, IEEE-ICARCV2016, Kazuhiro Tsuruta, Sunao Sawada Su32.1, 2016
6. Rehabilitation Robot in Primary Walking Pattern Training for SCI Patient at Home (Refereed Papers), Int. Conf. on NeuroRehabilitation 2016, T. Sakaki, T. Shimokawa, N. Ushimi, K. Murakami, Y.-K. Lee, K. Tsuruta, K. Aoki, K. Fujiie, R. Katamoto and A. Sugyo pp.1163-116, 2016
7. Research Project of Human-Robotics Research Center in Kyushu Sangyo University (Refereed Papers), The 3rd Asia Future Conference 2016, L.-K. Lee, T. Sakaki, N. Ushimi, K. Murakami, K. Tsuruta pp.188-207, 2016

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：運動訓練システム、制御方法、及びプログラム

発明者：鶴田和寛

権利者：中村産業学園九州産業大学

種類：特許出願

番号：特願2018-133483

出願年：2018

国内外の別：国内

取得状況(計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.kyusan-u.ac.jp/J/kougaku/tb/tsuruta/>
6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。