

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 6月 3日現在

機関番号：33401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23650357

研究課題名（和文）ナノ粒子MR流体アクチュエーターを用いた上肢リハビリ訓練・評価システムに関する研究

研究課題名（英文） Study on Upper-Limb Rehabilitation Training and Evaluation System Using Nano-Particle MR Fluid Actuators

研究代表者

古荘 純次 (Junji Furusho)

福井工業大学 ・工学部・教授

研究者番号：70107134

研究成果の概要（和文）：社会の高齢化に伴い、多くの国において脳卒中等による身体運動の能力の低下が問題になっている。これまで考えられていたより、十分な時間を取ってリハビリテーションを行う必要があることが認識され、リハビリにロボティクス・メカトロニクス技術の導入が望まれている。本研究では、ナノ粒子MR流体を導入した上肢リハビリテーションシステムの研究開発を行った。最初に、これに必要なリハビリ支援システムに適したナノ粒子MR流体を用いたクラッチを開発した。次に、振動型アクチュエータ及びブレーキによる促通について検討を行った。最後に、加速度計、振動ジャイロ等を用いた共同運動の検出システムの開発を行い、その有効性について検討を行った。

研究成果の概要（英文）：The percentage of aged persons in society and their number are increasing, and their physical deterioration has become a social problem in many countries. Early detection of function deterioration and sufficient rehabilitation training are necessary, not only to decrease the numbers of aged who are bedridden or need nursing care, but also to enable the aged to take an active part in society. So, we studied and developed rehabilitation systems for upper limbs using nano-particle MR fluid actuators. In this system, MR actuators were used for the purpose of securing high safety. The rheological properties of MR fluids are rapidly and reversibly altered under an applied magnetic field. We also studied facilitation systems by vibration using vibration actuator and MR fluid brake. Moreover, we studied the evaluation device of synergy movement in stroke patients.

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	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション、ロボティクス、アクチュエータ、機能性流体、安全性、バーチャルリアリティ、力覚提示

1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者は国内145万人を超えており、増加する患者・高齢者に対して数少ないリハ専門医や療法士を補助するリハ装置が強く望まれている。脳卒中における運動麻痺は、多くの場合片麻痺という形で現れる。また、脳卒中における運動麻痺は、脊髄損傷による運動麻痺（脊髄損傷部位より下方における両麻痺という形で現れる）と異なり、脳の可塑性によりかなりの回復が可能である。

しかし、リハビリに当てることが可能な時間は、歩行のリハビリ、上肢のリハビリ、言語・聴覚のリハビリ、嚥下のリハビリ等を含めて、現在の医療保険制度化下では、一日に3時間までしか許されない。脳の可塑性により運動の再学習（リハビリ訓練は運動の再学習を目的とする）を行うには、もっと長時間のリハビリ訓練を行う必要がある。そこで、自主訓練を行うことのできるリハビリ支援システムが望まれている。自主リハビリ訓練を行う装置において最も重要となるのは、高い安全性である。

2. 研究の目的

上肢リハ装置は人間と常に接触して働くため、安全性が最も重要となる。そこで、本研究では、アクチュエータレベルでの安全確保が可能なナノ粒子MR流体アクチュエータを用いた2次元上肢リハビリ支援システムに関する研究開発を行った。従来型のMR流体では、粒子の沈降という問題があった。本研究では、粒子の沈降の全くないナノ粒子MR流体を用いたリハビリ支援システムに適したMR流体クラッチを開発することによりこの問題の解決を図った。

脳卒中による運動麻痺においては、共同運動と呼ばれる病的な運動が発生する。この運動から分離独立運動に誘導することが、脳卒

中におけるリハビリの主要な目的である。この分離独立を進めるには、共同運動の検出がまず重要となる。共同運動が検出できると、患者に音声や画像で警告するか、あるいは、振動による促通を与えることが考えられる。本研究では、共同運動の検出、及び振動による促通について検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 単体元素の中で最も高い飽和磁化を有する鉄のナノ粒子を合成し、得られる鉄ナノ粒子をシリコンオイル中に分散することにより、ナノMR流体を作製した。鉄ナノ粒子の粒子径/濃度、並びに有機分子構造がMR特性に及ぼす影響を系統的に検討し、リハビリ支援システムに適したナノ粒子MR流体の材料・プロセス条件を明らかにし、リハビリ支援システムに適したナノ粒子MR流体を開発する。

(2) 磁場解析を行い、ナノ粒子MR流体クラッチの磁気回路設計を行う。字回路設計には、ANSYSを用いた。

(3) 運動学解析を行い、上肢リハビリ支援システムの機構設計を行う。これには、操作性における可操作度、可操作楕円等の概念等を用いる。

(4) 加速度計、振動ジャイロ等を用いて共同運動検出システムを開発する。患者の運動の邪魔にならないよう、各種センサ情報は電波で送る。

4. 研究成果

(1) 磁場解析を行い、ナノ粒子MR流体を用いたコンパクトかつ電流消費の少ないMR流体クラッチに関する研究を行った。ナノ粒子MR流体の降伏応力が大きいことを最大限に利用するためには、それに必要な磁束密度がナノ粒子MR流体に印加されなければならない。そのためには、透磁率の高い磁性材料を使用し

て、効率よく磁束密度を得ることが重要となってくる。

図1、図2に示すドーナツ型磁気回路を採用することにした。磁場解析の結果を図3に示す。

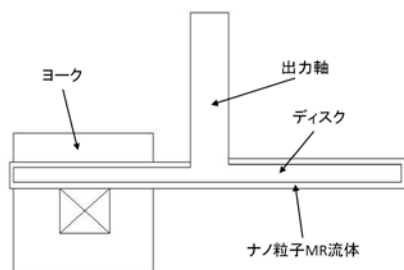


図1 ドーナツ型磁気回路（側面図）

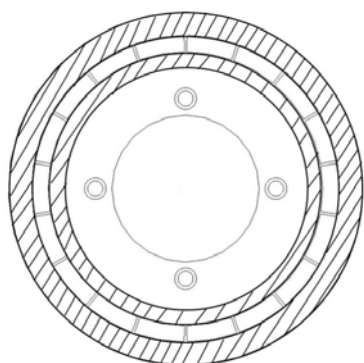


図2 ドーナツ型磁気回路（上面図）

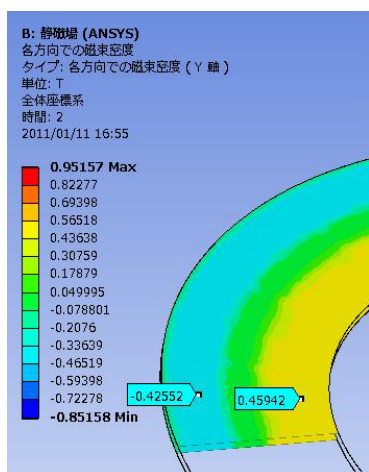


図3 ドーナツ型磁気回路磁場解析

ナノ粒子MR流体クラッチ（図4）開発に関連する研究を行った。最大伝達トルクは、

1 N mである。



図4 ナノ粒子MR流体クラッチ

(2) 図5に示すアクティブ型2次元上肢リハビリ支援システムを研究開発した。

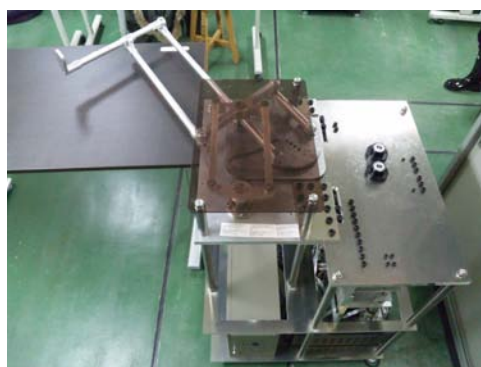


図5 アクティブ型リハビリ支援システム

リハビリ支援システムの機構としては、平行リンク型を採用した。角度計測にはアブソリュートエンコーダー、及びインクリメンタルエンコーダーの両者を用い、その値を比較することで、確実な動作を確認できるようにした。

(3) 従来システムを改造することにより、MR流体ブレーキを用いた2次元上肢リハビリ支援システムの開発を行った。図6に開発したMR流体ブレーキを用いたリハビリ支援システムを示す。ブレーキを用いたシステムは

本質的な安全性を有する。図7に示すように、アクチュエータを用いることなしに、300 Hzまでの振動感覚が提示可能である。この振動は、促通を与える際に用いることができる。

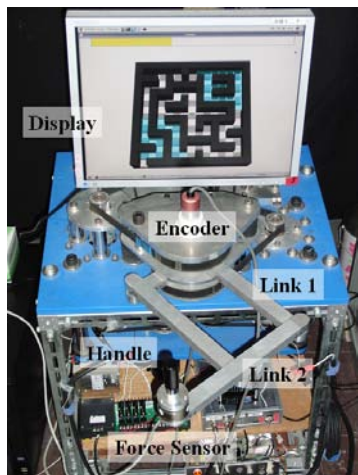


図6 MR流体ブレーキを用いたリハビリ支援システム

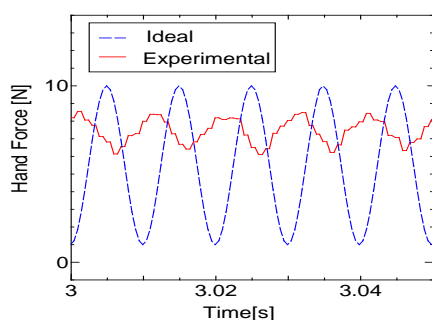


図7 振動感覚の提示

(4) 脳卒中片麻痺患者における肩、肘、手関節の異常な共同運動パターンを分離独立させることは、脳卒中患者の上肢リハにおける中心課題である。そこで、異常な共同運動パターンが発生した際に一方向の振動刺激を与え、方向づけられた振動と感覚の入力により、手関節の異常な共同運動パターンの出現を防ぐ方法について検討を行った。筋電を用いてこの方法の妥当性を示す基礎的な検討を行った。

(5) 脳卒中等の運動麻痺を改善させるためには、異常な共同運動といわれる病的で定型

的な運動から、それぞれの関節を独立・分離した運動へと促通していく必要があるので、加速度計やジャイロを用いた共同運動検出システムを開発した。

本研究では、9軸ワイヤレスモーションセンサ(追坂電子機器・ロジカルプロダクト, LP-MS0902)を用いた。このセンサには3軸ジャイロセンサ(300dps)、3軸加速度センサ(±5G)、3軸地磁気センサが内蔵されており、内部メモリにその出力データを保存することができる。また、複数台同時に測定することも可能であるので、上肢の運動の状態や関節角度などを計測することが可能である。

片麻痺患者に対する臨床評価は、研究分担者の関連病院において行った。脳卒中片麻痺患者による臨床評価を行う前に、セラピストによる予備実験を行った。次に、ブルンストロームステージIVからVIの複数の脳卒中患者を対象とする臨床評価を行った。ブルンストロームステージは、連合反応、共同運動の出現、及び共同運動からの分離独立運動を主な目安とした、脳卒中による運動麻痺からの回復の程度を表す指標である。臨床評価の結果、本開発のシステムを用いてブルンストロームステージに対応した臨床評価結果が得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) Makoto Haraguchi, Junji Furusho
Basic Research of “MR-PREMO” :
2-D Passive-Type Rehabilitation
System for Upper Limbs Using MR
Fluid Brake
Journal of Robotics and Mechatronics
査読有 24巻 2012 743-753

〔学会発表〕(計6件)

①古荘 純次

脳卒中患者を対象とする高い安全性を有する上肢リハビリ支援システム、リハ工学カンファレンス、

2011年8月26日、大阪中央公会堂

②古荘 純次

上肢リハビリテーションロボットとその本格的実用化を目指して、日本生体工学会大会（招待講演）、2011年5月30日、東京電機大学神田キャンパス

③ Junji Furusho

Development of Rehabilitation Systems for Upper - Limbs and Lower-Limbs Using Functional Fluids, Asian Prosthetic and Orthotic Scientific Meeting 2012 (A P O S M 2012) (招待講演)、2012年08月05日、神戸国際会議場

④古荘 純次

ナノ粒子MR流体を用いたリハビリ支援システムに関する基礎研究、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'2012、2012年05月29日、

アクトシティ浜松

⑤小嶋 寛之

Flash/AS3と言語による上肢リハビリ支援システムのアプリケーション開発、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'12、2012年05月29日、アクトシティ浜松

⑥古荘 純次

リハビリテーション支援システムとその本格的実用化、電子情報通信学会本部、同東海支部：

平成24年度専門講習会

「医工・産学連携による近未来リハビリテーション支援ロボットの開発動向」(招待講演)、2013年1月9日、ウインク愛知

〔図書〕(計2件)

(1) 古荘純次、原口真、株式会社 エヌ・ティー・エス、アクチュエータ研究開発の最前線(監修：樋口俊郎、大岡昌弘)、第10節「人間共存型ロボットに適した安全性の高いMR・ERアクチュエータおよびブレーキに関する研究開発」(p447-p459)を分担執筆、2011、530ページ(分担部分：13ページ)

(2) 古荘純次、次世代医療機器評価指標検討会(厚生労働省) / 医療機器開発ガイドライン評価検討委員会(経済産業省)合同検討会、「平成23年度次世代医療機器評価指標作成事業 活動機能回復装置審査WG報告書」を分担執筆：「活動機能回復装置の使われ方、機構・制御方式とその Hazard および安全性評価(pp.11-16)」、2012、85ページ、(分担部分：6ページ)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

福井工業大学研究業績情報 研究者詳細
http://futredb.fukui-ut.ac.jp/html/100000063_ja.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古荘 純次 (Junji Furusho)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号：70107134

(2) 研究分担者

川谷 亮治 (Ryoji Kawatani)

福井大学・工学(系)研究科(研究院)・

准教授

研究者番号：30169734

阿部 浩也 (Hiroya Abe)

大阪大学・接合科学研究所・准教授

研究者番号：50346136

小林 康孝 (Yasutaka Kobayashi)

福井医療短期大学・副学長

研究者番号：80424448

藤川 孝満 (Takamitsu Fujikawa)

佛教大学・保険医療技術学部・教授

研究者番号：10388697

小柳 健一 (Kenichi Koyanagi)

富山県立大学・工学(系)研究科(研究院)・

准教授

研究者番号：30335377

原田 孝 (Takashi Harada)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：80434851

太田 貴士 (Takashi Ohta)

福井大学・工学(系)研究科(研究院)・

講師

研究者番号：10273583

山西 輝也 (Teruya Yamanishi)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号：50298387

以上