

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24300205

研究課題名(和文)非能動型新規上肢リハビリ訓練ロボット及びその各種リハビリ手法との融合に関する研究

研究課題名(英文)A Study on Nonactive-type Rehabilitation Training Robots for Upper Extremities and their Fusion with Various Kinds of Rehabilitation Techniques

研究代表者

古荘 純次(Furusho, Junji)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・客員教授

研究者番号：70107134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,800,000円

研究成果の概要(和文)：寝たきりになる原因の3割近くが脳卒中などの脳血管疾患である。入院患者の1日のうち、リハビリ訓練に使用される時間は、ごくわずかに過ぎず、ロボティクス技術を用いて訓練を半自動化する事で、手軽に長時間訓練を行うことができる。リハビリ訓練ロボットの大部分は、モータ等を用いたアクティブ型である。研究代表者の古荘は、ブレーキで力覚を提示する安価で高い安全性を有する上肢リハビリ訓練システムに関する研究を長年に渡って行ってきた。本研究では、新規な非能動型上肢リハビリ訓練システムの研究開発を行い、さらに、各種リハビリ手法と開発した上肢リハビリ支援システムを併用したリハビリ訓練に関する基礎的な検討を行った。

研究成果の概要(英文)：About 30% of the cause becoming bedridden is the cerebro-vascular diseases such as strokes. At present, it is a little time to be used for rehabilitation training in one day. Therefore, the semiautomating training using robotics technology is preferable for long time training. Most of the rehabilitation training robots are active type using motors. Furusho of the study representative has been conducted the study on rehabilitation training systems for upper extremities having the safety that were low cost and were safer to present force sense with brakes. In this study, new non-active type rehabilitation training systems are developed. Moreover, the basic consideration about the rehabilitation training combining the developed rehabilitation systems with various rehabilitation training technique was executed.

研究分野：医療福祉工学

キーワード：上肢リハビリ訓練システム ロボティクス メカトロニクス 脳卒中 バーチャルリアリティ 力覚提示

1. 研究開始当初の背景

脳卒中の患者数は現在約150万人といわれ、2020年には約300万人となることが予想されている。また、寝たきりになる原因の3割近くが脳卒中などの脳血管疾患で、全医療費の1割近くが脳卒中に費やされている。入院患者の1日のうち、リハ訓練に使用されるのは、ごくわずかに過ぎず、ロボティクス・メカトロニクス技術を用いて訓練を半自動化する事で、手軽に長時間訓練を行うことができる。

CI療法とは、脳卒中片麻痺上肢のリハビリ治療法の一つであり、高いリハ効果を挙げているが、一日、約6時間の訓練が必要であり、現在の医療保険制度を考えると、リハビリ訓練ロボットによる自主訓練の導入等を考える必要がある。

上肢リハビリ訓練ロボットの大部分は、モータ等を用いたアクティブ型である。アクティブ型の代表的なものとしては、MIT-MANUS、研究代表者らが5ヶ年NEDOプロジェクトで研究開発したEMUL [(a) 古荘純次, 他, 日本ロボット学会誌, 23(5), pp.629-639(2005), (Open Access), (b)古荘純次: 上肢リハビリ訓練ロボットEMUL, セラフィ, PLEMOシリーズの研究開発, 生産と技術((一社)生産技術振興協会), 68(2), pp.105-108(2016)(Open Access)]などがある。

研究代表者の古荘は、ER流体ブレーキで力覚を提示するPLEMO-P-Prototypeを研究開発し[(c) J.Furusho, et. al.: Development of ER Brake and its Application to Passive Force Display, J. of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.13, No.7/8, pp.425-429 (2002)], (d) 古荘純次: (巻頭言) 上肢リハビリテーション支援ロボットとその本格的実用化, 38(12), pp.1117 (2010)], この研究で日本バーチャルリアリティ学会論文賞を受賞した。

この技術を基礎に、大阪大学古荘研究室では、上肢リハビリ支援システムPLEMO-P3を研究開発し、脳卒中片麻痺患者を対象とする臨床評価において、大きなリハビリ訓練効果を挙げた[(e)古荘純次, 他: 準3次元上肢

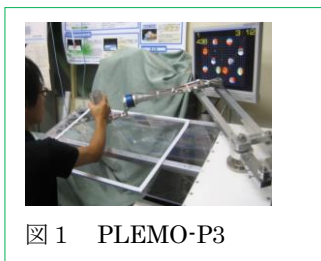


図1 PLEMO-P3



図2 PLEMO-P3の基本リハビリ訓練ソフト
(リーチング, トラッキング, 力の調整)

リハビリ支援システムPLEMO-P3の研究開発, 日本リハビリテーション医学会学術集会講演論文集 1-4-21(2009), (f) 小澤, 古荘, 他: 脳卒中片麻痺患者に対する上肢リハビリテーション支援システムPLEMO-P3の研究開発, 機械学会論文集(C編), 76(762), pp.323-330(2010), (Open Access), (g) J.Furusho, et al.: (Review) Research and Development of Functional Fluid Mechatronics, Rehabilitation Systems, and Mechatronics of Flexible Drive Systems, J. of Robotics and Mechatronics, 28(1), pp.5-16 (2016), (Open Access)]. PLEMO-P3及びその基本リハビリ訓練ソフトを図1, 図2に示す[文献(b), (e), (f), (g)].



図3 PLEMO-Y

研究代表者の古荘は、大阪大学を定年退職後、福井工業大学工学部・教授として、経済産業省直轄プロジェクト平成22年度(補正事業)課題解決型医療機器の開発改良に向けた病院・企業間の連携支援事業「(全32)脳卒中患者に対する上肢訓練医療機器の開発」(プロジェクトリーダー: 古荘純次)(平成23年3月末~平成24年2月末)を実施し、PLEMO-Y(図3)を研究開発した(文献(b), (g)). PLEMO-Yでは、PLEMO-P3と較べて、ブレーキへの印加電圧を30分の1程度に低電圧化、システムのコンパクト化、低コスト化などを行った。

PLEMO-Yのリハビリ訓練ソフトは、大阪大学古荘研究室で研究開発したものである。

以上の研究は、平成24年度~平成26年度の福井工業大学工学部における本研究(研究代表者: 古荘純次)の基礎となっている。また、本研究課題の最終年度(平成27年度)に、大阪電気通信大学を拠点として、古荘が開発研究を行った際の基礎ともなっている。

2. 研究の目的

(1) 脳の可塑性発現は、その体部位の使用頻度に依存するという多くの報告があり、麻痺の回復には麻痺した上肢の自発的な運動量を増やすことが必要である。バーチャルリアリティ技術を応用した上肢リハビリテーション支援システムは、手軽に長時間の訓練が可能である。また、訓練者の能力に応じて、難しい課題へと段階的に移行させていく必要があり、包括的かつ情報技術を導入したリハビリ訓練支援システムが必要である。このような上肢リハビリ支援システムの研究開発を目指した。

(2) ブレーキを用いた力覚提示システムと画像表示を連動させた上肢リハビリ支援シ

システムに関する研究は、国際的に見ても研究代表者らのものを除くとほとんどない。力覚提示にブレーキを用いたシステムは、本質安全性を有しており、安価で管理も容易である。ブレーキを用いたコンパクト、安価でかつ安全性の高い上肢リハビリ支援システムの研究開発を目指した。

3. 研究の方法

(1) ナノ粒子 MR 流体ブレーキの導入

力覚提示に用いるブレーキとしては、従来 ER 流体（電場でそのレオロジー特性が制御できる流体、文献(a), (c)）ブレーキ、MR 流体（磁場でそのレオロジー特性が制御できる流体、文献(g)）ブレーキなどを用いてきた。ER 流体ブレーキは、高電圧の印加を必要とするという問題点がある。MR 流体は低電圧の印加で制御できるが、粒子の沈降という問題がある。ナノ粒子 MR 流体は、(株)栗本鐵工所、大阪大学接合研、大阪大学古荘研の協力で開発された流体であり、従来の MR 流体と異なり、粒子の沈降がない。また、低せん断速度域でのせん断応力安定性が非常に高い。このナノ粒子 MR 流体を用いてブレーキを開発する。

(2) システムの研究開発による方法

- ① 水平・垂直ディスプレイを用いた上肢リハビリ支援システムの研究開発を行う。
- ② 同側型・健側補助・両手動作型の上肢リハビリ支援システムの研究開発を行う。
- ③ コンパクトかつ既存のテーブル上で使える上肢リハビリ訓練システム PLEMO-Z の研究開発を行う。
- ④ コンパクトかつ安価なモーションキャプチャシステム Kinect による共同運動の計測システムの研究開発を行う。
- ⑤ ソフトウェアリファクタリング
- ⑥ 臨床評価に備えての耐久性の向上

(3) 上肢リハビリ訓練システムと各種リハビリ手法の併用

- ① 電気刺激との併用
- ② 磁気刺激との併用

4. 研究成果

(平成 24 年度～平成 26 年度： 研究代表者の古荘は、福井工業大学に在籍)

(1) ナノ粒子 MR 流体を用いて開発したブレーキを図 4 に示す。ナノ粒子 MR 流体は、



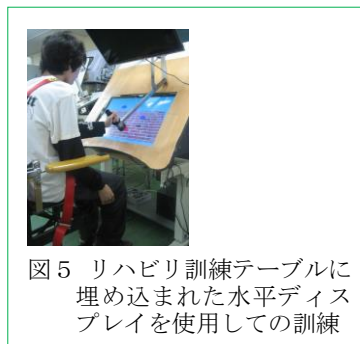
低い電圧でそのレオロジー特性が制御でき、しかも従来の MR 流体と異なり、粒子の沈降

が全く無い [文献(b), (g)]. このブレーキを、以下に述べる各種の上肢リハビリ訓練システムに導入した。

(2) PLEMO-Y (図 3) へのナノ粒子 MR 流体ブレーキの導入、長期耐久性の向上等により、PLEMO-Y (科研) とした。

(3) 水平・垂直ディスプレイを用いた PLEMO 脳卒中では身体図式障害や視空間性障害が出現することがある。旧来の上肢リハビリ訓練ロボットの多くは垂直のディスプレイであり、レベルの高い身体認識および空間認識が必要な活動となる。一方、水平のディスプレイでは、視覚的な認識と実際の運動が一致するため、訓練遂行に求められる身体認識や空間認識レベルは低くなる。また水平ディスプレイでは患者の上肢が視野に入り運動の視覚フィードバックも得られるため高い訓練効果が期待できる。

図 5 に研究開発した水平及び垂直ディスプレイの両方を備えた PLEMO を示す。図 5 に示すようにリハビリ訓練テーブルに埋め込まれた水平ディスプレイを見ながら把持部を操作するとき、その操作は容易となる。



(4) PLEMO-P7 の研究開発

ブレーキ力伝達機構に若干の滑りがあることが平成 26 年度に発見されたため、予定していた臨床評価に遅れが生じた。この問題を解決するために、図 6 に示す PLEMO-P7 を開発した。ベルト駆動等を導入することにより、滑りの問題は解決できた。

その結果、1 日 8 時間の使用で、5 年間以上の耐久性持つシステムとなった。PLEMO-P7 は、コンパクトであり、いくつかのパーツに分けることができるため可搬性が高い。



(5) PLEMO-P8, 及び PLEMO-Z の研究開発

遠方での臨床評価等のため、上肢リハビリ訓練システムの可搬性の向上、コンパクトが必要となった。

脳卒中における運動麻痺は多くの場合片麻

痺であり、右半身あるいは左半身の運動麻痺となる。本研究のシステムは、力覚の提示にブレーキを用いた非能動型システムであるため、ブルンストロームステージⅢ未満の患者には適応できない。そこで、健側（非麻痺側）上肢による補助が可能なシステムの研究開発を行った。

これらの目的を達成するために研究開発したのが、PLEMO-P8, 及び PLEMO-Z である（〔雑誌論文〕（2）、〔学会発表〕（4）-（6））。

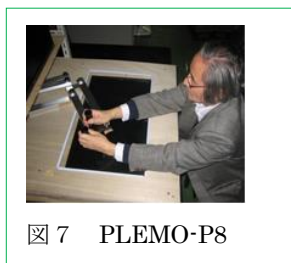


図7 PLEMO-P8

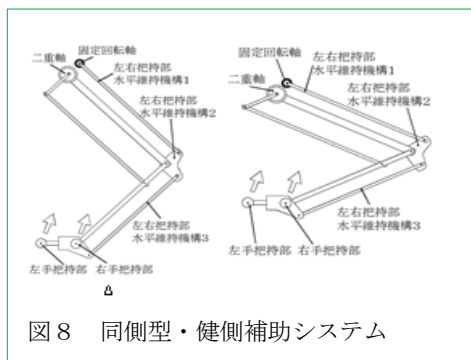


図8 同側型・健側補助システム

図7に、同側型・健側補助型上肢リハビリ訓練システム PLEMO-P8 の写真を示す。図8を用いて、同側型・健側補助型を実現する機構を説明する。図8は、通常の平行リンク機構を採用したアームに左右の把持部の間隔及び角度を一定に保つ機構を付加したものである。図8の左右把持部水平維持機構1, 2, 3及び左手把持部, 右手把持部を含む機構が、左右の把持部の角度及び間隔を一定に保つ機構である。

PLEMO-P8 では、力覚提示のためのブレーキ機構は、リハビリ訓練テーブルより上に取り付けられている。すなわち、PLEMO-P8 は、次に述べる PLEMO-Z の一次試作機といえる。

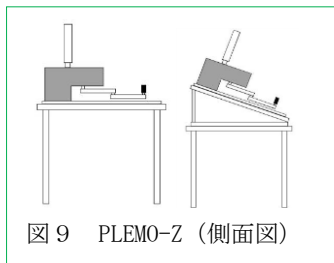


図9 PLEMO-Z (側面図)

PLEMO-Z は、力覚提示のための機構を全てリハビリ訓練テーブルより上に配置したリハビリ訓練システムであり、図9左図に示すように、通常のテーブルの上に置いて使用可能である。リハビリ訓練テーブルを傾けてリハビリ訓練を行う際には、図9の右図のよう

に、専用の傾斜台の上にリハ装置を載せて使用する。昇降及び傾斜が可能なりハビリ訓練テーブルは、大型で高価なものなので、PLEMO-Z では、このリハビリ訓練テーブルを省略した。PLEMO-Z は、コンパクトかつ安価なシステムであり、実用化機である。

PLEMO-Z のリハビリ訓練ソフトは、大阪大学古荘研究室で研究開発したものである。

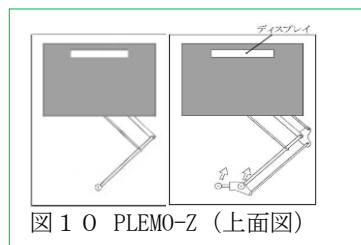


図10 PLEMO-Z (上面図)

図10に、PLEMO-Z の上面図を示す。左図は、通常型アームの場合であり、右図は、同側型・健側補助・両手動作型アームの場合である。また、PLEMO-Z では、力覚提示機構がリハビリ訓練テーブルより上にあるため、床面にリハビリ訓練テーブルを置き、下肢のリハビリ訓練にも適用可能である。

(6) 脳卒中患の異常運動パターンのフィードバック訓練を可能にするために、安価かつコンパクトなモーションキャプチャであるキネクトを用いて、簡易で安価な計測システム開発に関する基礎的研究を行った。

(7) 筋電をトリガーとしたパワーアシストの電気刺激が行われており、そのニューロリハの効果も期待されている。電気刺激装置をパワーアシストモードで用いる臨床評価のための各種予備実験を行った。また、電気刺激法と上肢リハシステムの併用に関する比較対象試験についての予備的検討を行った。

(8) 左右の脳が抑制し合う「半球間抑制」という神経現象がある。この半球間抑制を抑えるため、経頭蓋反復磁気刺激により障害大脳半球や健側大脳半球の興奮水準を調整後にリハビリを行うと、上肢機能改善の改善がなされるという報告がある。福井医療短期大学（福井総合病院と併設）では、障害大脳半球や健側大脳半球の興奮水準を調整後に、上肢リハビリ訓練システムを用いて、リハビリを行う臨床評価の準備を行った。

(9) 制御システムについて

① OS としては、Linux を用いている。また、ソフトウェアリファクタリング等を行った。
② データの入出力は、ワンチップマイコンで行い、制御用 PC との情報交換は、シリアル通信で行っている。

**（平成 27 年度：研究代表者の古荘は、
大阪電気通信大学に客員教授として在籍）**

(10) システムの研究開発

① 上肢リハビリ支援システムの高耐久性・信頼性の向上を目指して、PLEMO-P7 (図6) で研究開発したベルト駆動等の技術を導入し、1000 万回以上のリーチング動作に耐えるものとした。

② 研究開発した上肢リハビリ訓練システムと、安価であるが十分な性能を持つ運動計測システム・キネクトを組み合わせることで、異常運動パターンを用いたフィードバック訓練を可能にすることを考えた。キネクトを用いて脳卒中患者の異常運動パターン（(I) 運動速度低下、(II) 運動軌跡の変動、(III) 不連続性、(IV) 肘部の運動軌跡）検出の予備実験を、福井医療短期大学（福井総合病院と併設）において行った。キネクトは、赤外線を用いた深度センサーと、RGB カメラを内蔵した小型、軽量の3次元のモーションキャプチャである。

③ サンディングボードは、上向きに傾斜したボード上で、錘などを片手、あるいは両手で上下に動かすものである。このサンディングボードでは、重力を利用して屈筋共同運動パターンを強化しないようにしている。本研究の上肢リハビリ支援システムの力の調節に関連するリハビリ訓練ソフト「サンディング」では、ブレーキを制御することによって、重力による抗力を模擬しているため、リハビリ訓練テーブルを下向きにした状態でも、同様の効果が得られる。これに関してリハビリテーションの観点から、臨床評価の意見を得た。

(11) 上肢リハ装置と電気刺激との併用については、研究分担者の研究機関の異動等の為、臨床評価に至らなかった。また、水平・垂直ディスプレイを用いたシステムの臨床評価については、研究代表者の異動等の為、臨床評価までは至らなかった。

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6件)

(1) J. Furusho and N. Takesue: (Review) Research and Development of Functional Fluid Mechatronics, Rehabilitation Systems, and Mechatronics of Flexible Drive Systems, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読無, Vol.28, NO.1, pp.5-16 (2016)

<https://www.fujipress.jp/jrm/rb/>

(2) 古荘純次, 池田博康: (総説) リハビリ・介護とメカトロニクス, 日本機械学会誌 2016年1月特集号「リハビリ介護とメカトロニクス」, 査読無, Vol.119, No.1166, pp.4-7 (2016)

<http://www.jsme.or.jp/publish/kaisi/kai1601.html>

(3) J. Furusho and M. Haraguchi: (Review) Development of Rehabilitation Systems for the Limbs Using Functional Fluids, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読無, Vol.26, No.3, pp.302-309 (2014)

<https://www.fujipress.jp/jrm/rb/>

(4) 小田邦彦, 原口真, 古荘純次: VR技術

を用いた小脳性運動失調症を対象とする上肢動作評価・訓練システムの研究開発, VR医学 (日本VR医学会), 査読有, Vol.12, No.1, pp.27-38 (2014)

<http://www.jsmvr.umin.ne.jp/>

〔学会発表〕(計30件)

(1) 古荘純次: 脳卒中片麻痺患者を主な対象とした健側補助・両手動作リハビリ支援システム, 日本リハビリテーション医学会学術集会 (朱鷺メッセ (新潟市)) (2015年5月29日)

(2) 古荘純次: コンパクトかつ可搬性の高い上肢リハビリ支援装置 PLEMO-P7 の福井工業大学古荘研究室における研究開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (京都市勧業館「みやこめっせ」, 京都市), 2A1-H06 (2015年5月19日)

(3) 古荘純次: 水平・垂直ディスプレイを用いた上肢・下肢リハビリシステム PLEMO-HVD の研究開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (京都市勧業館「みやこめっせ」, 京都市), 2P1H01 (2015年5月19日)

(4) 古荘純次: 健側補助・両手動作を用いた脳卒中患者を主な対象とする上肢・下肢リハビリ装置 PLEMO-BAT, PLEMO-BLT の研究開発, 日本ロボット学会学術講演会 (九州産業大学, 福岡県福岡市) 301-06 (2014年9月6日)

(5) 古荘純次: 上肢・下肢リハ装置 PLEMOコンパクト・高機能上市機 PLEMO-Z の福井工業大学古荘研究室における研究開発, 日本ロボット学会学術講演会 (九州産業大学, 福岡県福岡市) 302-05 (2014年9月6日)

(6) 古荘純次: 水平・垂直ディスプレイを用いたリハ装置、健側補助・クロマキー技術を導入したリハ装置 PLEMO の福井工大古荘研における研究開発, 高齢者のQOL向上を目指したワークショップ (計測自動制御学会ロボット・セラピー部会, 機械学会リハビリ・介護・メカトロニクス研究会, 日本生体医工学会ニューロリハビリテーション・ロボティクス研究会) (中央大学後楽園キャンパス (東京都文京区), 2014年12月14日, 招待講演)

(7) 古荘純次: 俯瞰映像用カメラ及びクロマキー技術を導入した上肢・下肢リハビリ支援システム PLEMO-OLC の研究開発, 日本ロボット学会学術講演会 (九州産業大学, 福岡県福岡市) 301-05 (2014年9月6日)

(8) 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 (EMUL、セラフィ、PLEMOシリーズの研究開発からPLEMO-Yの上市に向けて) 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・産学官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』, (愛知県産業労働センター「ウインク愛知」, 名古屋市) (2013年1月9日, 招待講演)

(9) Junji Furusho: Development of Rehabilitation Systems for Upper-Limbs and Lower-Limbs Using Functional Fluids,

Asian Prosthetic and Orthotic Scientific Meeting 2012 (AOSM2012 (第5回アジア義肢装具学術大会)) (神戸国際会議場(神戸市)) (2012年8月5日,招待講演)

〔図書〕(計 3件)

(1) 古荘純次, 武居直行, 野間淳一: 4.3.3 項 磁性流体(MRF)アクチュエータ・ブレーキとその福祉・介護・リハビリへの応用, 生活支援ロボット(監修:寺嶋一彦), 情報機構, pp.226-235 (2015)

(2) 古荘純次, 原口真, 石田圭二: ヒトの運動機能と移動のための次世代技術開発(使用者に寄り添う支援機器の普及に向けて), 第6章 上肢機能支援ロボット, 第1節 開発状況, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.124-134 (2014)

(3) 古荘純次, 石田圭二, 原口真: ヒトの運動機能と移動のための次世代技術開発(使用者に寄り添う支援機器の普及へに向けて) 第6章 上肢機能支援ロボット 第2節 使用状況, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.135-141 (2014)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古荘 純次 (FURUSHO Junji)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・客員教授

研究者番号: 70107134

(2) 研究分担者

阿部 浩也 (ABE Hiroya)

大阪大学・接合科学研究所・准教授

研究者番号: 50346136

石田 圭二 (ISHIDA Keiji)

福井医療短期大学・

リハビリテーション学科・教授

研究者番号: 20446157

川谷 亮治 (KAWATANI Ryouji)

福井大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 30169734

熊谷 のぞみ (KUMAGAI Nozomi)

福井医療短期大学・

リハビリテーション学科・講師

研究者番号: 00620907

小林 康孝 (KOBAYASHI Yasutaka)

福井医療短期大学・副学長

研究者番号: 80424448

西尾 浩一 (NISHIO Koichi)

福井工業大学・環境情報学部・准教授

研究者番号: 30550561

西村 治彦 (NISHIMURA Haruhiko)

兵庫県立大学・応用情報科学研究科・教授

研究者番号: 40218201

蜂須賀 研二 (HACHISUKA Kenji)

産業医科大学・医学部・教授

研究者番号: 00129602

原田 孝 (HARADA Takashi)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号: 80434851

山西 輝也 (YAMANISHI Teruya)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号: 50298387

和田 太 (WADA Futoshi)

東京女子医科大学・医学部・准教授

研究者番号: 10341512

川平 和美 (KAWAHIRA Kazumi)

鹿児島大学・医学部・客員研究員

研究者番号: 20117493

小柳 健一 (KOYANAGI Ken'ichi)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号: 30335377

早川 潔 (HAYAKAWA Kiyoshi)

大阪府立大学工業高等専門学校・准教授

研究者番号: 20325575

原口 真 (HARAGUCHI Makoto)

福井工業大学・工学部・講師

研究者番号: 80467547

小田 邦彦 (ODA Kunihiko)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 10440950

森本 正治 (MORIMOTO Shoji)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 40341078

高見 友幸 (TAKAMI Tomoyuki)

大阪電気通信大学・総合情報学部・教授

研究者番号: 50300314

小柳 磨毅 (KOYANAGI Maki)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 20269848

藤川 智彦 (FUJIKAWA Tomohiko)

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号: 80321420

鄭 聖熹 (JEONG Seonghee)

大阪電気通信大学・工学部・准教授

研究者番号: 50422176

福田 寛二 (FUKUDA Kanji)

近畿大学・医学部・教授

研究者番号: 50201744

岡田 志麻 (OKADA Shima)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号: 40551560

堀尾 裕幸 (HORIO Hiroyuki)

兵庫県立大学・応用情報科学研究科・教授

研究者番号: 20157069

升谷 保博 (MSUTANI Yasuhiro)

大阪電気通信大学・総合情報学部・教授

研究者番号: 80219328

吉田 晴行 (YOSHIDA Haruyuki)

大阪電気通信大学・工学部・准教授

研究者番号: 90351486

(以上)