

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21300307

研究課題名(和文) 控えめに手取り足取りして、身振りをコーチする“着るロボット”

研究課題名(英文) Restrained-torque-based motion-coaching wearable robot

研究代表者

野村 由司彦(Nomura, Yoshihiko)

三重大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00228371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：被験者の右肘関節の屈曲方向にトルクを加える装置を試作し、被験者の能動的な動作を誘導する「控えめ能動的教示」を実装した。屈曲角度再現実験により、この教示は、受動的教示に比して、再現精度を維持しながら、必要トルクを大幅に削減できることを確認した。また、受動モード、すなわち手導きして視覚障害者に図形情報を伝える指先誘導マニピュレータを開発し、心理物理実験によりヒトの知覚特性を明らかにした。武術「なぎなた」の動作を対象として、「注釈付き三次元CG」を活用したHMD動作教示システムを制作し、同システムが代表的な従来手法であるYouTubeに比べ、注釈の量、質ともに有効であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：An elbow joint-bending equipment was developed, and a restrained-torque-based active instruction scheme was further implemented: it induces subjects to activate their muscles voluntarily. As a result of elbow-flection/extension psychophysical experiments, retaining motion-replay accuracies, the restrained-torque active instruction scheme successfully decreased necessary torques. A fingertip-guiding manipulator system was also developed: using passive-based instruction scheme, line-graph perceptual characteristics were studied, and some perceptual models were established. On the other hand, implementing annotation-attaching function into an HMD-based 3-D viewing system, we have developed a motion coaching system. As a result of a comparative study on NAGINATA martial arts, it was confirmed that the proposed system was superior to the representative YouTube system from the viewpoint of quality and quantity.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：ヒューマンインタフェース 動作学習支援 動作教示 モーションキャプチャ ヘッドマウントディスプレイ 触覚 運動覚

1. 研究開始当初の背景

(1) 着想に至った経緯及び目的

水泳や鉄棒のような技巧を要する高度な動作では、身体の数多くの筋肉を有機的かつタイミング良く動かす必要がある。

また、投げる、打つ、さらには歩く、走るなどの基本動作でも、私たちは“最適な動作”を修得しているとは限らない。自分の“癖”は気付くことはできないものである。そのような“癖”を是正して、より適正に、より美しく動作できれば、有益であろう。

運動以外にも、運筆、お辞儀、踊りなど、文化的な動作もある。これらにも“フォーム”があり、それを修得することが重要となる。

このように、身振り手振りの最適な動作や“フォーム”を修得(体得)することは重要であるが、その修得には、熟練者の動きを見真似して、試行錯誤を繰り返すなど、多大な努力が必要である。インストラクターによるコーチ(指導、教示)は有効だが、それでも、フォームの手本を“見せたり”、ポイントを“口伝えしたり”、手足の一箇所の動きをゆっくりと“手導き”するのが精一杯であり、身体各部の動かし方を同時に教示することは不可能である。

(2) 研究の学術的背景

ロボット工学の中には、人とロボットとの力学的な相互作用を扱う、“力学的なヒューマンインタフェース”、すなわち“人間共存型ロボット”という研究分野があり、運動機能の訓練の補助など、福祉工学への応用が多い。例えば、外殻型のロボットシステムであるパワード・スーツは、それを着込んだ人の歩行動作や持ち上げ動作を補助する。装着型以外の有力なシステムとしては、操り人形のように複数のワイヤで動きを拘束する“パラレルワイヤ駆動機構”もある。また、アクチュエータとしては、機能的電気刺激(FES)型、形状記憶合金型、空気圧によるゴム人工筋型や拘束型、軟らかい筋肉を志向したER型などがある。

なお、単に、人の動作を計測する手法として、加速度センサによる指動作の計測、磁気センサによる上肢動作の計測、角度センサからの変換、一方、単に教示する手法としては、ディスプレイによる教示などの要素技術が開発されており、これらは本研究でも活用する。

2. 研究の目的

上記のように従来型のハイパワーな力学的ヒューマンインタフェースは、ロボットが“主導して”、人に身振りを強制する、あるいは人の運動を補助することが研究の目的となっており、“ロボット中心の動作教示システム”といえる。

これに対して、本研究のインターフェイスは“控えめに”手取り足取りして身振りを教示するものであり、“人中心の動作教示システム”といえ、両者はコンセプトを全く異に

している。

本研究の目的は、このような、控えめに手取り足取りして、熟練者による最適な動作やフォームをコーチする、“着るロボット”の開発のための基盤的な研究を行うことである。すなわち、開発するシステムは、“講師の目”となる身振り計測機能、および“講師の手足”となる身振り教示機能をもつ。

3. 研究の方法

控えめに手取り足取りしたり、通報したりするなど、『控えめに教示して、身振りをコーチする「着るロボット」』には、二通りの使用者が関わってくる。第一には、身振りの手本の情報を提供する熟練者、そして第二に意は学習者である。したがって、本研究の「着るロボット」を実際に使用するときの手順は、熟練者向けの「身振り実装」と学習者向けの「身振り教示」の2段階に分類される。

【使用手順】

身振り実装段階(熟練者向け)

(1) “身振り”計測

身振り教示段階(学習者向け)

(2) “身振り”計測

(3) “身振り”教示

ここで、“身振り”計測は、(1) 熟練者向け、(2) 学習者向けのいずれにおいても基本的には共通であることから、両者を含めて、“身振り”計測技術とよぶ。したがって、以下の要素技術について研究方法を説明する。

(1) 要素技術1 “身振り”計測技術

“身振り”計測については、二種類の動作を扱う必要がある。一つは高速な動作である。この場合には、速度、さらには加速度を計測することが重要である。他の一つは加速度が小さく慣性力が働かない準静的な動作である。この場合には、身体各部位の位置、あるいは各関節の屈伸角度を計測することが重要である。センサによって、得手不得手の物理量は異なるが、本研究では、「MOVEN フルボディ・モーションキャプチャシステム」(株式会社 アムテックス、本科研費により購入)により、全身の動作を計測した(22個のセンサモジュールで23関節)。また、PHANTOM(本科研費により購入)手先の3次元位置・姿勢を計測した。これらの測定システムでは、位置、速度、加速度、方向、角度、角速度、角加速度などがそれぞれの特徴を考慮して適切に統合されており、本研究の対象とする動作に対しては十分な精度で計測できた。

その他、肘関節を対象として行った先行的・基礎的な動作計測・教示の実験では、ポテンシオメータに電子回路工作を施すとともに、その出力をパソコンで読み取ることができるプログラムも自作し、ポテンシオメー

タの動作軸，ひいては肘関節の回転角度が計測できるようにした。

(2) 要素技術2 “身振り” 教示技術

アクチュエータによる“身振り” 教示：手関節（2自由度），肘関節（1自由度），肩関節（2自由度）の各関節の動作教示システムを試作し，これを用いて知覚特性，および教示方法を研究した。

HMDによる“身振り” 教示技術：アノテーション挿入による動作教示システムを制作し，知覚特性，および教示方法を研究した。

(3) 要素技術3 “身振り” 教示の応用技術

アクチュエータによる“身振り” 教示の応用：視覚障害者への線図形の提示を対象とした。

HMDによる“身振り” 教示の応用：武道「なぎなた」を対象とした。

その他の応用：松葉杖歩行支援，運筆支援を対象とした。

4. 研究成果

(1) 要素技術1 “身振り” 計測技術

“身振り” 計測については，「Moven モーション・キャプチャ・システム」の利用技術として，計測結果をパソコンにインポートし，3次元立体表示するソフトウェアシステムを開発した。

「Moven モーション・キャプチャ・システム」を用いて，“身振り” 計測技術：壁タッチ動作，および綱引き動作など，典型的な身振りの動作データを収集した。

「Moven モーション・キャプチャ・システム」を用いて，“身振り” 計測：下手投げによる投球課題の動作データを収集した。

(2) 要素技術2 “身振り” 教示技術

アクチュエータによる“身振り” 教示：トルク刺激等をダイレクトに伝える“身振り” 教示アクチュエータ

1自由度肘関節：MAXON社のDCサーボモータを用いて，位置/速度/トルク制御の枠組みで，当て板により肘関節の屈曲方向にトルクを加え，前腕の回転を誘導/強制できる装置を試作した。この装置を用い，“当て板が屈曲方向に押し込んでくるように感じたら，それに合わせて前腕を屈曲させよ。当て板が追従してこないと感じたら停止させよ。一方，当て板が伸展方向に逃げていくように感じたら伸展せよ。”という教示方法により，使用者の能動的な動作意思を誘導する「控えめ能動的教示」を考案し，実装した。一方で，その対極となる教示，すなわち脱力した状態で待機してい

る被験者の肘関節を，外力により強制的に屈曲し，さらに伸展させる「受動的教示」も実装した。そして，両教示方法を用いて，特定の屈曲角度を再現させる実験を行い，控えめ能動的教示が，受動的教示に比して，再現精度を劣化させることなく，屈曲/伸展動作に必要な外部トルクを，平均で比率75%の0.3 [Nm]，0.11 [Nm]減，最大で比率14%の0.3 [Nm]，1.86 [Nm]減とできることを確認した。これにより，“控えめな教示”の教示可能性を確認するとともに，小型・軽量化への見通しが立った。

1自由度手関節：手関節角度再現性能を調べる実験装置を試作し，同特性を評価した。ここでは，能動的教示手法として，モータの軸に電磁力は発生せず，摩擦抵抗力のみが発生する状態で，被験者が能動的に手関節を屈曲・伸展させる完全能動的教示を採用した。受動的教示との比較実験の結果，完全能動的教示の方が再現精度は有意に高かった。

HMDによる“身振り” 教示技術：

モーション・キャプチャで計測された動作を，ヘッドマウントディスプレイ(以下HMD)上に人体モデルとして立体視表示する技術をベースとして，仮想空間内において効率的に姿勢教示を行うシステムの開発を進めた。具体的には，武道「なぎなた」の動作などを対象として，昨年度試作した「注釈付き三次元CG」を活用した動作教示システムの評価実験を行った。その結果，三次元的な視点変更が行えることにより，指導者は従来手法より多くの注釈を得ることができることを確認した。また，注釈の内容についても，部位を示す言葉を含む注釈が少なくできるなど，代表的な従来手法であるYouTubeに比べ，注釈の量，質ともにも有効であることを確認した。

(3) 要素技術3 “身振り” 教示の応用技術
指先誘導マニピュレータ

ハプティックデバイスPHANTOMを用いて，感覚，および能動性の二つの因子を組み合わせることによって，以下の4つのモードを設定し，線分の長さおよび角度の触運動覚による知覚特性を調べた。

- (1-a) CoAc-モード(能動・触運動覚)，
- (1-b) CoPa-モード(受動・触運動覚)，
- (2-a) PrAc-モード(能動・運動覚)，
- (2-b) PrPa-モード(受動・運動覚)。

得られた結果は以下のとおりである。

長さ知覚については，比例定数と指数定数を用いたべき関数回帰モデルが非常に効果的であることがわかった。同モデルの指数定数は，4つのモード間に有意差は無く，その値は0.74であった。比例定数においては，系統誤差と偶然誤差の両方の観点から，4モードのうち，CoAcモードが，他のモードよりも，有意に優れていることを確認した。

比例定数の対数値について、感覚、イニシアチブおよび方向性の因子には交互作用はなく、ほぼ独立しているとみなせることがわかった。さらに、感覚因子の因子効果は0.025、イニシアチブ因子の因子効果は0.036であることを見出した。これらの因子効果に全平均0.940を加味することにより、各因子の影響を定量的に決定した。

方向知覚については、被験者は、1.5°の振幅をもつ三角関数的な系統誤差特性、および時計回り方向に8.2°の偏りを持つような形で線分方向を知覚した。偶然誤差は標準偏差が15°であった。

位置制御のできるリニアアクチュエータを用いて、手導きして視覚障害者に図形情報を伝える指先誘導マニピュレータについても、研究を進めた。受動モードにより、腕の運動覚、指先の滑り覚の図形認知性能への影響について研究を進めた。得られた結果は以下のとおりである。

触覚による線分の知覚特性を包括的に検討した。凸格子因子、速さ因子が長さ知覚特性を有意に改善することを確認した。

抽出した因子を用い、ヒトの知覚特性を心理物理実験により調査し、凸格子のそれぞれについて、線分の長さ・角度の相対誤差の知覚特性を、被験者、速さ、長さ、角度でモデル化した。

得られたモデルを用い、線分知覚の歪の補正方法を提案するとともに、実用を想定し、折れ線認識実験を行い、その有効性を確認した。

松葉杖歩行訓練

適切な歩行により引き起こされる動きの特性を明らかにした。

加速度を推定して転倒可能性を予測し、警告するシステムを開発した。

さらに、これまでは動作学習者の手の位置情報のみを元に、あらかじめ決めたルールに基づいて提示振動数を制御していたが、学習の進み具合を考慮して、振動数を可変的に制御できるシステムを開発した。

控えめな運筆動作矯正のための圧覚提示装置

書道の導入段階の練習を想定した運筆動作矯正装置を開発した。これは、学習者の手を強制的に手導きするのではなく、手の軌道が手本の軌道から大きく外れた時のみ腕を圧迫する簡単な方法で、学習者の主体性を損なわないように控えめに動作を矯正するものである。実験の結果、前後方向の動作については矯正が不要であると判断され、右方向の動作のみ矯正することで矯正機能が運筆軌跡の改善につながることを確認した。

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)

津田尚明,成田昌史,野村由司彦,加藤典彦,控えめな運筆動作矯正のための圧覚提示装置の開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 15, 2013, 219-226, 査読有

Yoshihiko NOMURA, S. M. N. S. Yusoh, and Ryota SAKAMOTO, Hand-Motion Perception by Four Haptic Modes: Active/Passive and with/without Fingerpad Cutaneous Sensation, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7(4), 2013, 560-575, 査読有, 10.1299/jamdsm.7.560

津田尚明, 野村由司彦, 加藤典彦, 松葉杖歩行の訓練支援装置の開発, Materials Integration, 25, 2012, 62-66, 査読有

S. M. N. S. Yusoh, Yoshihiko Nomura, Ryota Sakamoto and Kazuki Iwabu, A Study on the Duration and Speed Sensibility via Finger-Pad Cutaneous Sensations, Procedia Engineering, 41, 2012, 1258-1276, 査読有, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.310>

Akihiro SUZUKI, Norihiko KATO, Yoshihiko NOMURA and Hirokazu MATSUI, Construction of the muscle fatigue evaluation model based on accuracy of power control, Artificial Life Robotics, 16, 2011, 82-85, 査読有, 10.1007/s10015-011-0893-0

津田尚明, 林明音, 東内基, 加藤典彦, 野村由司彦, 松葉杖歩行訓練器における転倒予測のための加速度推定, 生体医工学(日本生体医工学学会論文誌), 48-6, 2010, 317-318, 査読有

[学会発表]計(28)件 うち招待講演 計(0)件

Daisuke Kobayashi, Ryota Sakamoto, and Yoshihiko Nomura, Motion lecture annotation system to learn Naginata performances, Conf. Intelligent Robots and Computer Vision XXXI: Algorithms and Techniques, 9025-15, pp.1-7, 2014/02/06, San Francisco, USA

Naoaki Tsuda, Kota Tominaga, Yoshihiko Nomura, A study on Body Part Motion caused by Improper Crutch Walk,

2013 IEEE Intern. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 4664- 4669, 2013.10.13~16Manchester, UK
加藤大嗣, 野村由司彦, 岩部和樹, 坂本良太, 指先皮膚感覚による凸点知覚特性: アクティブホイールマウスに向けて, 日本機械学会 2013 年度年次大会, pp.J162013(1)~(5), 2013 年 9 月 8~11 日, 岡山大学, 岡山市
伊藤達哉, 西村卓也, 野村由司彦, 坂本良太, 手関節屈伸角度の知覚特性: 装着型ハプティックインタフェースによる手首動作教示に向けて, 日本機械学会 2013 年度年次大会, pp.J162012(1)~(5), 2013 年 9 月 8~11 日, 岡山大学, 岡山市
Yoshihiko Nomura, S. M. N. S. Yusoh, Kazuki Iwabu and Ryota Sakamoto, Raised-dot sliding length perceptual characteristics, IADIS Intern. Conf. Interfaces and Human Computer Interaction and Game and Entertainment Technologies 2013, pp.321-326, 2013/7/24, Prague, Czech Republic
野村由司彦, 坂本良太, 小林大介, なぎなた学習のための動作教示アノテーションシステム, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp.1A2-R18(1)~(2), 2013 年 5 月 22~25 日, つくば市
S. M. N. S. Yusoh, 野村由司彦, 岩部和樹, 坂本良太, 触運動覚による線分の知覚特性: 手の動きの能動性/受動性, および指腹部触覚の統合の有/無の影響, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会 IIP2013, 2013.03.21~22, 東洋大学
西村卓也, 野村由司彦, 坂本良太, 知覚可能な小トルクを用いた前腕屈曲動作教示, 日本機械学会東海支部第 62 期総会講演会, 2013.03.18~19, 津・三重大学
岩部和樹, S. M. N. S. Yusoh, 野村由司彦, 坂本良太, 触運動覚による指先移動量の知覚: 凸格子面の効果, 日本機械学会東海支部第 62 期総会講演会, 2013.03.18~19, 津・三重大学
Yoshihiko Nomura, S. M. N. S. Yusoh, Kazuki Iwabu, Ryota Sakamoto, Sliding Raised-Dots Perceptual Characteristics: Speed Perception or Dot Count, ACHI 2013 : The 6th Intern. Conf. Advances in Computer-Human Interactions, 2013.02.24~03.01, Nice, France
成田昌史, 津田尚明, 加藤典彦, 野村由司彦, 圧覚を用いたウェアラブル型運筆動作矯正装置の開発, 第 13 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2012), 2012.12.18~20, 福岡

Takuya Nishimura, Yoshihiko Nomura, and Ryota Sakamoto, A Restrained Torque-based Motion Instructor: Forearm Flexion/Extension-driving Exoskeleton, The 2nd Int. Symp. for Sustainability by Engineerig at MIU, 2012.11.01~02, 三重大学
岩部和樹, S. M. N. S. Yusoh, 野村由司彦, 坂本良太, 指先皮膚感覚による凸点滑り長さの知覚特性, 日本機械学会 2012 年度年次大会, 2012.09.09~12, 金沢大学
Naoaki Tsuda, Yuya Sakai, Kousuke Fujii, Susumu Tarao, Yoshihiko Nomura and Norihiko Kato, Simplified Measurement and Visualization Tool for Crutch Walk Training, Proc. The 2012IEEE/ASME Intern. Conf. Advanced Intelligent Mechatronics, 2012.07.11~14, Kaohsiung, Taiwan
Akinobu Morikawa, Ryota Sakamoto and Yoshihiko Nomura, A vision-based motion-speed instruction method. Application to motion learning of underarm throw, 情報処理学会第 74 回全国大会, 3 月 6~8 日(2012), 名工大
Yoshihiko Nomura, Akinobu Morikawa, Ryota Sakamoto, Norihiko Kato, An Assistive System for Learning Human Motions and Anatomies, ED-MEDIA 2011 (World Conf. Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications), Jan. 19-21, 2012, Lisbon, Portugal
S. M. N. S. Yusoh, Nomura Yoshihiko, Sakamoto Ryota and Iwabu Kazuki, A study on line length and direction perception via cutaneous sensation, The 17th Intern. Symp. Artificial Life and Robotics 2012 (AROB 17th '12), Jan. 19-21, 2012, B-Con Plaza, Beppu, Oita
Akinobu Morikawa, Ryota Sakamoto and Yoshihiko Nomura, A vision-based motion-speed instruction method. Application to motion learning of underarm throw, The 17th Intern. Symp. Artificial Life and Robotics 2012 (AROB 17th '12), January 19-21, 2012, B-Con Plaza, Beppu, Oita
Akinobu Morikawa, Ryota Sakamoto and Yoshihiko Nomura, A vision-based motion-speed instruction method for underarm throwing, The 1st Int. Symp. for Sustainability by Engineerig at MIU, Dec.1-2, 2011, Mie Univ., Tsu
Naoaki Tsuda, Norihiko Kato and Yoshihiko Nomura, Instruction of Arm Motion for Calligraphy using Vibrotactile Stimulations, IEEE/ASME Intern. Conf. Advanced Intelligent

- Mechatronics 2011 (AIM2011), July 4-6, 2011, Budapest, Hungary
- 21 富田佳成, 坂本良太, 加藤典彦, 野村由司彦, 錯覚を利用した力呈示のための圧覚特性調査, IIP2011 情報・知能・精密機器部門講演会, 2011年3月22日~23日, 東京電機大学(東京)
- 22 森川晃延, 坂本良太, 加藤典彦, 野村由司彦, 身体動作および解剖学的構造の学習システム, IIP2011 情報・知能・精密機器部門講演会, 2011年3月22日~23日, 東京電機大学(東京)
- 23 S. M. N. S. Yusoh, Yoshihiko Nomura, Kazuya Inoue, Naomi Kokubo, Fingertip Guiding Manipulator for Blind Persons to Create Mental Images by Switch Passive/Active Hybrid Line-Drawing Explorations, Conf. Intelligent Robots and Computer Vision XXVIII: Algorithms and Techniques, Jan.22-26, 2011, San Francisco Airport Hyatt Regency, California, USA
- 24 Ryota Sakamoto, Yuki Yoshimura, Tokuhiro Sugiura, Yoshihiko Nomura, A Motion Instruction System Using Head Tracking Back Perspective, 13th Intern. Symp. Robotics and Applications (ISORA 2010), September 19 - 23, 2010, Kobe International Conference Center, Kobe, Japan
- 25 森川晃延, 芳村友起, 坂本良太, 野村由司彦, 杉浦徳宏, 頭部連携視点による身振り誘導情報表示システム, 日本機械学会2010年度年次大会, 講演論文集(7)pp.141-142, 2010年9月5日~8日, 名工大(名古屋)
- 26 坂本良太, 竹村聡一郎, 杉浦徳宏, 野村由司彦, 指・手首運動筋のFES運動点探索装置の開発, 日本機械学会2010年度年次大会講演論文集(7)pp.147-148, 2010年9月5日~8日, 名工大(名古屋)
- 27 Ryota Sakamoto, Yuki Yoshimura, Tokuhiro Sugiura, Yoshihiko Nomura, External skeleton type upper-limbs motion instruction system, MIPE 2009, pp.59-60, 2009.7.17-20, Tsukuba, Japan
- 28 Ryota Sakamoto, Kohei Takagi, Tokuhiro Sugiura, Yoshihiko Nomura, A bodily motion instruction system using shape memory alloy actuator, MIPE 2009, pp.317-318, 2009.7.17-20, Tsukuba, Japan

〔図書〕(計1件)

Yoshihiko Nomura et al. (edited by Pedro Isaias & Katherine Blashki), IGI Global, Human-Computer Interfaces and Interactivity: Emergent Research and Applications, 2014. 19 pages (掲載確定)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野村 由司彦 (Nomura, Yoshihiko)
三重大学・工学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号: 00228371

(2) 研究分担者

津田 尚明 (Tsuda, Naoaki)
和歌山工業高等専門学校・機械工学科・准教授
研究者番号: 40409793

(3) 連携研究者

加藤 典彦 (Kato, Norihiko)
三重大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授
研究者番号: 70185859

(4) 連携研究者

松井 博和 (Matsui, Hirokazu)
三重大学・工学(系)研究科(研究院)・助教
研究者番号: 10303752

(5) 連携研究者

杉浦 徳宏 (Sugiura, Tokuhiro)
三重大学・総合情報処理センター・准教授
研究者番号: 50335147

(6) 連携研究者

坂本 良太 (Sakamoto, Ryota)
三重大学・医学部附属病院・助教
研究者番号: 10581879