

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26280101

研究課題名(和文)自己他者感覚に着目した技能遂行・習得メカニズムの探求

研究課題名(英文)A study on mechanism of execution and acquisition of motor skills based on self-other perception

研究代表者

阪口 豊 (Sakaguchi, Yutaka)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40205737

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、自己や他者に関する主観的な身体の捉え方が技能動作に及ぼす影響について行動実験と計算モデルの手法により研究した。行動実験では、「個体単体」「個体+道具」「個体+個体」の3種類の場面において、動作者の身体の捉え方に依存して身体運動に客観的な差異が生じることを明らかにした。また、計算モデルでは、身体の捉え方や注意の向け方に依存して運動が変化する機序を説明する制御モデルを構築した。これらの結果は、主観的な知覚・認知の内容と客観的な運動特性との関係性を示すもので、技能習得の支援方法を検討する上での基盤的知見となる。

研究成果の概要(英文)：This research project aimed to study the effect of subjective body sensation/perception (related to self-other relation) on the performance of motor skills by means of behavioral experiments and computational models. Experimental studies revealed that objective body movements varied depending on the subjective body perception in three types of motor skills, i.e., "closed to individual", "using tool", and "inter-individual." In addition, a computational model was built which could explain the mechanism how the subjective perception and attention could affect the motor performance. These results provide some important clues to understand the relationship between subjective perception/cognition and objective motor performance, and give a theoretical base to discuss the method to assist motor skill learning.

研究分野：生体情報論

キーワード：身体技能 自己他者関係 身体体制化 注意 計算モデル 介助

### 1. 研究開始当初の背景

我々が日常生活で行う動作は、姿勢維持、歩行などの基本動作からスポーツ、楽器演奏などの高度な技能まですべてが「身体技能」である。身体技能は一般に練習を通じて習得されるが、技能習得の効率はその学び方・教え方に大きく依存する。その際に重要な要素の一つが学習者の主観的な身体感覚である。すなわち、ある技能課題を遂行する際、多数ある身体パーツのどの部分をひとまとめとして動かそうとするか、どの部分に注意を向けて課題を達成しようとするかは、試行ごと、また、個人ごとに違いがあり、それにより実現される運動が変化する。

このように、身体技能の遂行過程は本質的に個体ごとの主観的な身体の捉え方 (= 身体体制化) に依存しているが、それゆえ、身体技能の研究は再現性や客観性を重視する科学的アプローチが困難で、個別事例に関する記述的研究に陥りやすい傾向があった。しかし、異なる技能のメカニズムに共通する要素を抽出・考察したうえで、計算モデルに基づいてその機能を検討する構成的アプローチを用いれば、個別事例の背景にある身体技能のメカニズムを系統的に理解することが可能になると考えられる。

### 2. 研究の目的

上記の背景の下で、本研究課題では「自己と他者に関わる身体の体制化」という問題を取り上げ、身体の捉え方が技能動作に及ぼす影響について行動実験と計算モデルにより明らかにすることを目的とした。

行動実験では、「個体単体」「個体 + 道具」「個体 + 個体」の3種類の場面を想定し、それぞれにおいて、身体・道具の動きやそれら相互間で働く力などを計測するとともに、動作者の自己・他者の捉え方に依存して身体運動に差異が生じることを身体運動解析により明らかにする。

計算モデルでは、身体や道具の捉え方、また、注意の向け方に依存して運動が変化する様相を説明する原理モデルを構築するとともに、行動実験で観察されたヒトの振る舞いを説明する制御モデルを構築する。

最終的には、以上の検討を通じて、優れた技能動作につながる自己・他者の捉え方を明らかにし、技能習得を支援する方式の提案へとつなげることをめざした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 「個体単体」を対象とした行動実験

この問題については、静止立位および歩行を題材とした実験を行うが、ここでは歩行解析についてのみ説明する。

歩行運動では、遊脚期(足部を地面から持ち上げている期間)における足部姿勢の調整が躓きによる転倒を防ぐ上で重要である。遊脚期では、蹴り出しから MTC (Minimum Toe Clearance: 足先と地面の距離が最も短くな

る地点)付近にかけて、足先は下方にぶら下がった姿勢になるが、その後、足先は持ち上がり、接地に向けて踵が地面に近づいていく。したがって、躓きを防ぐために調整すべき部位は、ある時期には足先、ある時期には踵というように歩行のフェーズに応じて動的に変化する。実験では、歩行フェーズに応じて変わる運動要請の変化が脚部の身体体制化に与える影響を検討する。

#### (2) 「個体 + 道具」を対象とした行動実験

この問題については、脳から見れば自分の身体も「道具」とみなせることをふまえ、「自分の身体の一部を他者に委ねる(自分から切り離す)」場面と、「他者(道具)を自分の一部だとみなす」場面の二つの観点から検討する。前者については、「自分の手を能動的に動かす条件」と「他者に導かれていると感じながら動かす条件」における身体軌道の違いを検討する。一方、後者については、物理的には同一の課題を、身体の一部に注意を向ける条件と道具の先端に注意を向ける条件のあいだで身体軌道の変化を検討する。

これらの実験に加え、水の入ったコップを(水をこぼさずに)運ぶ場面を想定して、コップと自分の身体を含めた制御の様相を検討する。具体的には、UCM (Uncontrolled Manifold) 解析の手法を用いて、コップを保持・運搬する際の身体の各関節の協調性を明らかにする。さらに、外乱が入る場合に、運動者の注意の向け方に依りて関節間の協調構造や腕の機械的インピーダンスがどのように変化するかに注目して解析を行う。

#### (3) 「個体 + 個体」を対象とした行動実験

「個体 + 個体」を対象とした実験では、他者の身体を介助する動作のほか、武術動作における個体間の相互作用や呼吸の同期が個体間の共同作業に与える効果を取り上げる。

身体介助は介助者への身体負担が大きいことから、介助動作に関する従来の検討は介助者の負担軽減・怪我予防を意図したものが多かった。しかし、介助動作は本来、介助者・被介助者の協調により成立するもので、ここでは双方の身体の捉え方 (= 体制化) が重要である。このことを踏まえ、ここでは、介助者の自己・他者関係性の捉え方が介助動作に与える影響の解明を意図して、被介助者である重度障害者を対象としたインタビュー調査と介助動作を模した行動実験を行う。

#### (4) 主観的な感覚を反映した計算モデル

計算モデルとしては、運動者の主観的捉え方が実行される運動の特性に影響を与えることを説明する原理モデルを構築し、その原理モデルの下で現実の現象の説明を試みる。

このほか、行動実験で観察されるヒトの運動特性を説明する制御モデルの構築し、ヒトの運動特性との比較する。

### 4. 研究成果

#### (1) 「個体単体」を対象とした行動実験

ここでは、歩行解析の結果について説明す

る．実験では健常成人 8 名を被験者として，自然歩行時の股関節（大転子），膝関節，足関節（外果），足先（第五中足骨基部）の軌道をモーションキャプチャ装置により計測した．40 歩行周期のデータから，股関節に対する足先および足首の位置や速度のばらつきを抑えるような関節間協調（身体体制化）がいかに形成されているかを UCM 解析の手法により調べた．

その結果，歩行周期ごとの関節角のばらつきが増大するにもかかわらず，足の蹴り出しから遊脚期の MTC に至る期間（つまり，足先が地面に近いフェーズ）では，股関節に対する足先高さのばらつきが小さく抑えられ，逆に，MTC から踵接地に至る遊脚終期（つまり，踵が地面に近いフェーズ）では，股関節に対する踵の鉛直速度のばらつきが抑えられていることが明らかになった．この結果は，歩行のフェーズに応じて，足部のうち地面に近い部位の高さや速度の調整をするような動的・適応的な協調構造（身体体制化）が形成されていることを意味する．

### (2) 「個体 + 道具」を対象とした行動実験

ここでは，身体の一部の動きを他者に委ねることの効果に関する実験について説明する．この実験では，「自分の手を能動的に動かす条件」と「(物理的には自分で動かすが)他者に導かれていると感じながら動かす条件」における身体軌道の違いを検討した．

実験では，被験者は椅子に座った状態で垂直な円柱上の二点間（膝の高さから目の高さまで）の到達運動を行った．実験条件は「目標まで自然に動かす」通常条件（Normal）と「だれかに手を引かれているように感じながら動かす」誘導条件（Led）の二つである．課題遂行中の身体運動をモーションキャプチャ装置により測定した．

その結果，誘導条件では，手先軌道の湾曲が減少し直線性が増すこと（図 1），誘導条件では，手首や肘の位置が相対的に高くなり，運動中の前腕の仰角変化が小さくなること，一部の被験者では体幹や頭部の安定性が増すことが明らかになった．これらの結果は，誘導条件において，被験者が他者の誘導を感じ取りやすい身体状態を作っていること，また，それにより間接的に体幹の安定性が向上することを示唆する．

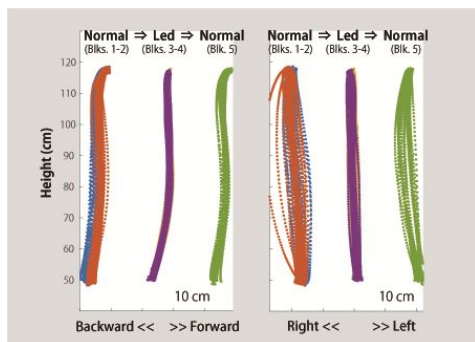


図 1 実験条件による手先軌道の違い

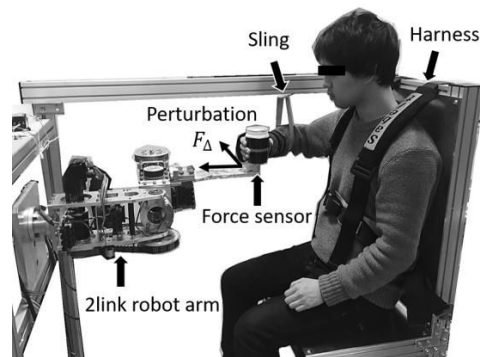


図 2 コップを保持する動作の実験装置

また，コップを保持・運搬する動作の解析については，図 2 に示すロボットアームと DSP を組込んだ計測システムを構築し，手先の振動を抑制している際の手先インピーダンスを計測した．実験は，水で満たされたコップを水がこぼれないように保持する条件（水あり条件）と，水の代わりに同じ重さの石が入ったコップを保持する条件（水なし条件）で行い，条件間での運動制御の戦略の変化に着目して解析した．具体的には，手先にランダムな微小摂動やインパルス状外乱を加えたときの手先位置の変位と手先が受ける力を測定し，スペクトル解析により手先のインピーダンスを推定した．

その結果，被験者や試行間でばらつきが見られたものの，おおよそ次の傾向が見出された．ランダムな微小摂動を加えた場合，手先スティフネスは通常に比べて増大したが，水あり条件と水なし条件の間で有意な差はなかった．ランダムな摂動に対しては，随意的に応答することが困難なことから，被験者はとりあえずスティフネスを高め振動を抑制する戦略をとったものと推測される．インパルス状外乱を加えた場合は，水あり条件における手先位置変位が水なし条件に比べて 10～20% 増大し，手先スティフネスが低下している傾向が見られた．さらに，外乱付加後 200 ms 以降の手先軌道に条件間で違いが見られた（つまり，潜時の長い応答が異なっていた）．このことから，被験者が水あり条件においてスティフネス増大に頼らずに（身体を堅くするのではなく）コップの水の状態に応じて随意的に手の動きを修正する戦略をとったことが示唆される．本実験結果のみから詳細な議論をすることは難しいが，被験者が課題条件に応じて身体の堅さや制御戦略を変えたという実験事実は，「身体と道具」の体制化の構造が課題条件に応じて適応的に変化したことを意味している．

### (3) 「個体 + 個体」を対象とした行動実験

介助動作における自己他者関係について検討するため，重度障害を負った被介助者に対するインタビュー調査と介助動作を模擬した行動実験を行った．

まず，インタビュー調査では，日常的に複数の介助者から介助を受けている重度身体障害者 4 名を対象として半構成的インタビュ

一を実施した。質問内容は、介助の良し悪し、介助者と被介助者の関わりなどについてである。

カテゴリ分析の結果、被介助者が感じる良い介助の要素として、介助者の資質やマナー・態度といった介助者固有の性質に加え、

介助者と被介助者の協調や関係性、相互理解についてのカテゴリが4名の対象者に共通して抽出された。詳細な分析結果は割愛するが、「良い介助」をもたらす要因のうち、自己他者関係に関する内容として、

- ・被介助者自身の力や動きを補佐する作用
- ・被介助者の身体特性の理解
- ・介助者と被介助者の対等的な関係
- ・被介助者による介助者の特性の理解
- ・被介助者を「もの扱い」せずに、自分の一部として意識すること
- ・被介助者の安定（勢いや揺れがないこと）

が指摘された。

以上の結果は、介助者が被介助者を「受動的な他者」として捉えずに「自己の一部」あるいは「協調関係にある他者」として捉えることがよい介助の条件であることを強く示唆している。

次に、行動実験については、移乗（車いすからベッドに移動させるような動作）を模擬して、円筒形物体（直径30 cm、高さ91 cm、質量6.2 kg）を一つの台から持ち上げ別の台まで運搬する課題を設定し、その動作をモーションキャプチャ装置により計測・分析した。実験条件として、被験者に以下の4種類の指示を加えた。

- ・条件1（統制条件）：物体を持って他方の台に移し替える。
- ・条件2（自己注意条件）：自分の身体に負担がかからないように注意しながら、物体を他方の台に移し替える。
- ・条件3（他者注意条件）：物体の安定に注意しながら、物体を他方の台に移し替える。
- ・条件4（自己他者一体化条件）：物体を自分の身体の一部であるように感じながら、他方の台に移し替える。

分析結果の詳細は割愛するが、本実験により、自己他者感覚（身体体制化）に関する指示の違いが（動作方法については何ら具体的に指示していないにもかかわらず）身体軌道に明確な違いをもたらすことが明らかになった。典型的な傾向として、条件2や4では、被験者は自律的に腰を落として物体を下から持ち、また、持ち上げ動作を腕の屈曲ではなく膝の伸展によって実行する（体幹と物体が一体となって動く）こと、条件2では動きが全体的に小さくなること、条件3では物体を支える前腕の動き（肘関節の動き）が小さくなること、条件4では被験者と物体の距離が小さくなること、といった現象が観察された。

本稿執筆時点ではまだ解析が完全に終わっていないが、少なくとも本実験で得られた結果は、具体的な動作手順を指示しなくても、

自己他者関係の捉え方を変えるだけで、介助動作の身体運動が変化することを明確に示しており、技能習得支援のための指針を得るうえで重要な示唆を与える成果である。

また、武術動作を対象とした実験では、種々の武術的身体操作の効果について身体動作や筋活動の解析を行ったが、特に「個体+個体」という観点から、「接触する他者との依存性を断ち切る」機能をもった立位法について詳細に検討した。その結果、接触する二者において通常見られる重心動揺の相関が、この立位法をとることで低下することが明らかになった。この結果は、この立位法が接触相手との関係性を断ち切るという身体体制化の積極的操作であることを客観的なデータとして捉えたものであるといえる。

加えて、呼吸の同期性が共同運動のパフォーマンスに与える影響については以下の実験を行った。この実験では、二人の被験者が対面して椅子に座り、それぞれの利き手で持った2本の金属棒が互いに触れないように注意しながら、45 cm離れた目標間を往復運動させた。この課題を以下の3条件で行い、1往復あたりの金属棒の平均接触回数を比較した。

- ・条件1：パートナーの呼吸音が聞こえない。
  - ・条件2：パートナーの呼吸音は聞こえるが、呼吸について何ら指示しない。
  - ・条件3：パートナーの呼吸音が聞こえ、自身の呼吸をそれに同期させるよう指示する。
- その結果、課題成績が中位のグループでは、呼吸の同期を指示した条件3において、他の2条件に比べて課題成績が有意に高くなる（接触回数が少ない）ことが明らかになった（図3）。この結果は、共同作業において他者と呼吸を同期させることが課題遂行に良い影響を与えることを示唆している。呼吸の同期が「自己と他者の体制化」に与える影響は明らかではないが、呼吸リズムが広範囲の身体運動に影響を与えることを考慮すれば、呼吸の同期が自己と他者の一体化を促進するきっかけとなることは十分に考えられる。

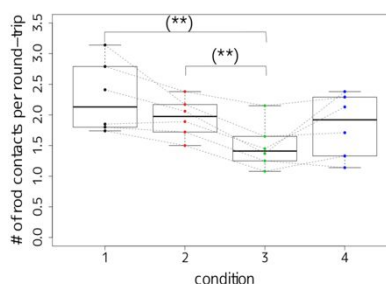


図3 呼吸の同期が課題成績に与える影響

#### (4) 主観的な感覚を反映した計算モデル

身体運動に関わる従来の計算理論の多くは、神経科学やロボット工学を背景としていて、位置・関節角やトルク等の物理的変数のみで記述される客観的な現象のみを取り扱うものであった。一方、身体体制化は、個人

が自分の身体をどのように捉えるかという主観的な過程であるから、この問題をとりくむためには、主観的な「意識の働き」を運動制御過程に反映させるモデル構造を考える必要がある。

ここでは、「脳内の計算処理過程」(=ソフトウェアとしての自己)と「物理的実体としての身体」(=ハードウェアとしての自己)をそれぞれ「意識に上る部分」と「意識に上らない部分」に分けるモデルを考える(図4)。ここでは、「計算処理過程」のうち「意識に上る部分」が認知処理プロセスの働き、「意識に上らない部分」が運動計画・制御プロセス(従来の計算理論が扱ってきた部分)に相当する。一方、「物理的身体」については、「意識の上る部分(注意が向けられた部分)」は実行しようとしている課題の評価に関わり、「意識の上らない部分」はその運動を実際に実行する「手段としての身体」である。

このモデルでは、実行すべき運動目標が「注意を向けた身体部分」の状態に基づいて認知プロセスにおいて決められる。運動計画・制御プロセスは、認知プロセスが決めた運動目標を「制御のための制約条件」として運動指令計算の評価関数に取り込み、その制約条件を満たす運動が実現されるように身体を制御する運動指令を生成する。

ここでは計算モデルの詳細の説明は割愛するが、このようなモデルを設定することによって、身体体制化(主観的な身体の捉え方)の違いは、認知プロセスが運動計画・制御プロセスに与える制約条件の違いとして表現され、その違いによって異なる身体運動が生成されることが説明できる。

また、このモデルの下で、自己の身体状態を内的に観察する過程は、その情報を得るのに適した身体状態を作る過程として定式化される。そのような観察に適した身体状態を作ることが運動実行に適した身体状態と干渉する場合には、観察に適した状態を作ることが運動パフォーマンスに悪影響を及ぼすことになる。このような計算処理過程を考えることにより、内的注意(自分の身体に注意を向ける場面)が外的注意(自分以外のものに注意を向ける場面)よりも身体技能のパフォーマンスが低下するという実験的知見を説明することが可能になる。

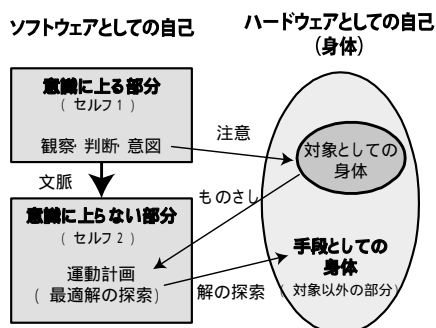


図4 意識上と意識下の処理を扱う枠組み

## (5) むすび

本研究の遂行にあたり、武術等の身体技能の専門家との意見交換や動作計測・生理計測を行う機会を得た。これらの共同活動を通じて収集したデータには、そのままの形では学術雑誌や学会発表で報告できないものもあったが、本研究課題を遂行するうえで貴重な手がかりとなった。この場を借りて協力いただいた専門家の方々に謝意を表したい。

また、本研究期間内は、研究成果を身体技能の現場にフィードバックする点について十分な成果をあげることができなかったが、引き続き身体技能の専門家とのやりとりを継続し、学術と実践の双方で有為な成果をあげていきたいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計10件)

Sakaguchi, Y. and Aiba, E.: Relationship between musical characteristics and temporal breathing pattern in piano performance, *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 00381, 2016. doi: 10.3389/fnhum.2016.00381. 査読有

Togo, S., Kagawa, T., and Uno, Y.: Uncontrolled manifold reference feedback control of multi-joint robot arms, *Frontiers in Computational Neuroscience*, 10, 00069, 2016. doi: 10.3389/fncom.2016.00069. 査読有

Kudo, N., Choi, K., Kagawa, T. and Uno, Y.: Whole-body reaching movements formulated by minimum muscle-tension change criterion, *Neural Computation*, 28, 950-969, 2016. doi: 10.1162/NECO\_a\_00830. 査読有

橋爪 善光, 垣内田 翔子, 西井 淳: 歩行中の下肢関節間シナジーにおける足関節の寄与, *計測自動制御学会論文集*, 52, 6, 310-316, 2016, doi: 10.9746/sicetr.52.310. 査読有

Sakaguchi, Y., Inoue, Y. and Tanaka, M.: Adaptive intermittent control: A computational model explaining motor intermittency observed in human behavior, *Neural Networks*, 67, 92-109, 2015. doi: 10.1016/j.neunet.2015.03.012. 査読有

Inoue, Y. and Sakaguchi, Y.: A wavelet-based method for extracting intermittent discontinuities observed in human motor behavior, *Neural Networks*, 62, 91-101, 2015. doi: 10.1016/j.neunet.2014.05.004. 査読有

Sung, C.H., Kagawa, T. and Uno, Y.: Synthesis of humanoid whole-body motion with smooth transition, *Advanced Robotics*, 29, 573-578, 2015. doi: 10.1080/01691864.2015.1024284. 査読有

Y. Tani and J. Nishii: Optimality of upper-arm reaching trajectories based on

the expected value of the metabolic energy cost, *Neural Computation*, 27, 8, 1721-1737, 2015, doi: 10.1162/NECO\_a\_00757. 査読有

Togo, S., Kagawa, T. and Uno, Y.: Control model for dampening hand vibrations using information of internal and external coordinates, *Plos One*, 10, e0125464/1-16, 2015. doi:10.1371/journal.pone.0125464. 査読有

垣内田 翔子, 橋爪 善光, 西井 淳: 関節間シナジーに着目した歩行のコツの発見, *電子情報通信学会論文誌*, J98-D, 7, 1108-1117, 2015, doi: DOI:10.14923/transinfj.2014JDP7135 査読有

[学会発表](計 20 件)

後藤 真里, 西井 淳: 感覚情報によって励起される歩行運動中の姿勢制御の解明, *電子情報通信学会総合大会*, 2018.

日置 智子, 西井 淳: 歩行中に働く関節間シナジーに対する各脚関節の寄与, *電子情報通信学会 NC 研究会*, 2018.

Sato, Y., Sakai, K., Aiba, E. and Sakaguchi, Y.: Characteristics of simultaneous tapping by different hands/feet, 33rd Annual Meeting of International Society for Psychophysics, 2017.

阪口 豊: 意識の働きを考慮した随意運動制御の計算論, *生理研研究会「意識の脳内メカニズム」*, 2017.

阪口 豊: 主観的課題規範に依存した身体運動の協調関係の変化, 第 27 回日本神経回路学会全国大会, 2017.

日置 智子, 西井 淳: The difference in the estimation of joint synergy during walking by UCM and covariation analyses, 第 27 回日本神経回路学会全国大会, 2017.

Kagawa, T., Ichioka, K. and Uno, Y.: Sense of body ownership and control of arm movement under immersive VR environment, *Life Engineering Symposium 2017*.

阪口 豊: 課題実行時の主観的感覚が身体運動に与える影響, 第 11 回 Motor Control 研究会, 2017

阪口 豊: 身体の主観的分節構造が技能動作に与える影響, 第 31 回人工知能学会大会, 2017.

石川 裕一郎, 金井 涼, 阪口 豊: 武術における立位法の実験的検討: 身体バランスに与える影響と接触相手との関係性の断ち切り, *電子情報通信学会 HIP 研究会*, 2017.

市岡 紘平, 香川 高弘, 宇野 洋二: VR 環境における自己身体感覚の評価に関する検討, 第 17 回計測自動制御学会 SI 部門講演会, 2016

Nishii, J. and Uchida, S.: A neural network model for synergetic control and the dependency of its generalization capability on modality, 11th Joint DVS

Conference on Motor Control & Learning, Biomechanics & Training, 2016.

熊澤 一樹, 香川 高弘, 宇野 洋二: 姿勢の変動を許容する全身運動の制御, *電子情報通信学会 NC 研究会*, 2016.

武藤 真理, 藤本 幹, 阪口 豊: 介助の質を高める介助者と被介助者の協調と相互理解 日常的に介助を受ける障害当事者へのインタビューから . *日本認知科学会第 32 回大会*, 2015.

Nishii, J. and Hamamura, T.: A simple neural control model that stabilizes the uncontrolled manifold, *Progress in Motor Control X*, 2015.

Togo, S., Kagawa, T., and Uno, Y.: A control model of human-dampening hand vibration using internal and external information, *Neural Control of Movement 25th Annual Meeting*, 2015.

Inoue, Y., Suzuki, T., and Sakaguchi, Y.: Correlation of postural sways of two persons in contact and its dissolution by body operation of Japanese martial arts, 37th Annual Meeting of Japanese Neuroscience Society, 2014.

井上 康之, 阪口 豊: 接触する二者間の重心動揺の同期は武術的身体操作によって解消される, 第 8 回 Motor Control 研究会, 2014.

Muto ,M., Fujimoto ,M. and Sakaguchi, Y.: Factors of good assistance evaluated by an assistance receiver, 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists, 2014.

武藤真理, 藤本 幹, 阪口 豊: 良い介助動作をもたらす介助者の構え: 被介助者へのインタビューによる検討, *電子情報通信学会 NC 研究会*, 2014.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

阪口 豊 (SAKAGUCHI, Yutaka)

電気通信大学・大学院情報理工学研究所・教授

研究者番号: 4 0 2 0 5 7 3 7

### (2) 研究分担者

宇野 洋二 (UNO, Yoji)

名古屋大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 1 0 2 0 3 5 7 2

西井 淳 (NISHII, Jun)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号: 0 0 2 4 2 0 4 0

井上 康之 (INOUE, Yasuyuki)

東京大学・高齢社会総合研究機構・特任研究員

研究者番号: 0 0 6 4 4 4 3 6