

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03219

研究課題名(和文) 受動的運動経験が運動学習に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) A Study on Motor Learning through Voluntary but Passive Motor Experience

研究代表者

近藤 敏之 (Kondo, Toshiyuki)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60323820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、視覚運動回転変換下の上肢到達運動課題を、ロボットマニピュラリウムにより受動的に経験する3つの実験群(運動企図条件、運動指令条件、運動指令+誤差フィードバック付与条件)と能動的に実行する対照群の4グループに分けて学習させ、その運動学習成績から運動企図の有無、運動指令の随意的生成の有無、誤差フィードバックの有無が、それぞれ事後の能動的運動学習に及ぼす影響を分離して評価した。実験の結果、受動運動経験であっても、誤差フィードバックがある場合には、事後のアフターエフェクトが大きく、有意な学習効果があることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の実験の結果から、ロボットによって受動的に運動を経験する際の運動指令の随意的な生成と、運動方向に関する予測誤差をフィードバックすることが、運動学習を促進することが明らかになった。この結果は、受動的な運動経験であっても、それが「自分の身体を動かしているのは自分自身であるという感覚」である運動主体感を持たせ、かつ予測誤差を視覚提示することで、運動学習が可能であることを示唆している。ロボットを利用したリハビリテーションを効果的にするための条件について学術的に明らかにするものであり、かつ脳卒中患者が増加している現代社会では社会的意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We can adapt to unfamiliar environments through active motor experience. Recent neurorehabilitation study using robots or brain-computer interface (BCI) technology suggest that passive motor experience would play a measurable role in motor recovery, however our knowledge on passive motor learning is limited. To clarify the effects of passive motor experience on human motor learning, we performed a visuomotor learning experiments guided by a robotic manipulandum. In the study, we further investigate whether the active motor command generation with/without error presentation during passive motor experience can affect the formation of internal model for future active motor execution. The experimental result suggests that recognizing prediction error is effective for constructing internal model even in passive motor experience. Analyzing the change of body representation between before and after the passive motor experience is future work.

研究分野：知能情報学

キーワード：ロボット

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えた我が国では脳卒中やパーキンソン病など脳神経疾患に起因する運動障害が増加している。これに対し、近年ブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)技術やロボット技術を活用した運動リハビリテーションの有効性を示唆する研究事例が世界的に多数報告されている。

多くのBCIリハビリテーション研究は、随意的な運動企図と同期した感覚フィードバック(視覚及び体性感覚)を繰り返し受容する過程が運動主体感や身体保持感といった自己身体像の再構成を促し、これが運動機能の再建を促進するとの仮説に基づいている。しかしながら、運動関連領域に障害を負った脳卒中患者は健常者とは異なり、運動企図はあっても適切な運動指令を生成することが困難である。このように、BCIやロボットを用いたリハビリテーション研究では、「能動性」や「運動主体感」の重要性については言及されているものの、随意的な運動に関連する運動関連領域が運動機能回復過程において果たす役割については必ずしも明確にされていない。真に有効なニューロリハビリテーション法を開発するためには、機能回復機序の理解に基づいた手法の設計が必須である。

### 2. 研究の目的

本研究では、運動機能の再建を未知環境下の運動学習と捉え直し、「運動企図」「運動計画」「運動指令の生成」が実験的に統制された学習者の「能動性」と、ロボットマニピュランダムを用いて実現される「受動的な運動経験(視覚・体性感覚フィードバックの付与)」が、運動学習課題の学習成績に及ぼす影響を健常者について調べることににより、BCIやロボットを用いた運動リハビリテーションにおいて「能動性」が果たす役割を明らかにする(研究項目1)。その結果を実際のBCIロボットリハビリテーションに反映させるため、研究期間の後半には、ロボットリハビリテーション利用時の患者の「能動性」を脳活動計測データから定量的にオンラインで評価するための生理指標(バイオマーカー)を開発する(研究項目2)。

麻痺患者の運動リハビリテーションにおいて、患者自身が「腕を動かしたい」といった強い欲求を持つことは当然であるが、それが運動機能の回復に影響するメカニズムは必ずしも自明ではない。高いモチベーションが日々の厳しいリハビリを乗り越える原動力となることはおそらく正しいが、リハビリ課題に対する患者の「能動性」が運動機能の回復に及ぼす影響はそれだけではない。認知心理学的には、随意的な運動指令の生成とその遠心性コピーに基づく感覚予測が実際に受容される感覚フィードバックと時間的に一致することで「運動主体感」が生じるとされており、これが障害された運動関連領域の可塑性に影響する可能性が高いと考えられる。多くのニューロリハビリテーションはこの仮説に基づいて設計されており、例えば脳波を利用したBCIリハビリテーションでは、身体動作を1人称的に想起することによって感覚運動野付近の特定の周波数帯域における信号パワーが低下する事象関連脱同期(Event-related De-synchronization: ERD)を利用して、ERDの検出に合わせてロボットや機能的電気刺激を用いて麻痺肢を駆動する閉ループ型のリハビリテーションの有効性が報告されている。しかしながら、運動主体感が成立するためには運動野で運動指令が作られ、それが遠心性コピーとして頭頂葉に渡される必要がある。脳卒中によって感覚運動野に障害がある場合には、先の仮説では回復が望めないことになる。

これに対し本研究では、ロボットリハビリテーションにおける受動的な運動経験が運動機能の再構築に及ぼす鍵は患者の「能動性」の認知レベルにあるとの着想に基づき、ロボットにより受動的に運動を経験させる学習条件を、次節の研究方法で述べる4つ(①運動企図条件、②運動指令条件および③受動的学習条件と、④能動的学習条件)に統制することで、一連の能動的運動制御プロセスを「運動企図」「運動計画」「運動指令の生成」「運動実行」に明確に分け、各々が運動学習に及ぼす影響を調査する。予想される結果として、能動的な運動実行が運動学習に必須であることが確認された場合には、麻痺患者のロボットリハビリテーションでは関節可動域訓練よりも随意的な筋収縮の発現訓練を重視することが必要となる。一方、運動企図に合わせて受動的に運動を経験する条件で運動学習が生じた場合には、BCI型ロボットリハビリテーションの有効性を示すことになる。このように運動機能再建に結びつく「能動性」の認知レベルを明らかにすることで、BCIやロボットを用いた運動リハビリテーションの適用戦略を障害の程度に応じて最適化することが期待できる。また同時に、利用者の「能動性」を定量化する生理指標(脳波、脳血流)を開発し、「見える化」することで、患者の動機付けを高めるBCIロボットリハビリテーションの開発を目指す。

### 3. 研究の方法

研究項目1を行うため、申請者らが開発したロボットマニピュランダムを用いて、視覚と体性感覚の間に仮想的な回転変換を施した運動学習課題を実現する。被験者は直交するリニアスライダモーター上に設置されたハンドルを把持する。通常ハンドルは手先に呈示したい任意の力学特性を実現するようにインピーダンス制御されるが、逆にハンドルを任意の時間軌道で動作するようにプログラムすることで、受動的に到達運動を経験させることが可能である。被験者は白色のアクリルスクリーンによって手先を直接見ることはできない。スクリーン上には、運動開始位置(ホーム)、到達目標(ターゲット)および手先を示すカーソルが投影される。ただし、カーソルは手先運動に対して30°時計回りに回転変換された方向に動作する。

本研究では、このように実現される視覚運動回転変換環境下の到達運動学習課題をロボットマニピュランダムにより受動的に経験する3つの実験群（①運動企図条件、②運動指令条件および③受動的学習条件）と④能動的に実行する対照群の計4グループに分けて学習させ、その運動学習成績から運動企図の有無、運動指令の随意的生成の有無がそれぞれ運動学習に及ぼす影響を分離して評価することを試みる。

ここで、①運動企図条件では、運動企図はあるものの運動指令は生成しない実験条件を実現するため、実際に運動を獲得させる身体部位（本研究の場合は右上肢）とは異なる身体部位（左上肢または下肢）の運動をトリガとしてロボットを駆動し、右上肢に受動的に運動を経験させる。具体的には、被験者はターゲットの出現に合わせて左手でターゲット番号に相当するテンキーを押下して到達したいターゲットを選択する。それと合わせてロボットマニピュランダムが手先を受動的に運動させることにより、30°回転変換下で正しく到達する際に得られる視覚・体性感覚を受動的に経験する。ターゲット到達後、500msの後にハンドルは自動的にスタート位置に戻され次の試行が続けられる。被験者には、ボタン押下により右手が選択したターゲットに向けて受動的に到達運動することをあらかじめ説明するが、回転変換については説明しない。したがって、この条件下では、被験者は運動が開始され手先が動かされる方向を認知することはできるが、手先が回転変換によって受ける運動誤差を視覚的に確認することはできない。なお、受動的運動におけるロボットマニピュランダムの速度パターンは、予備実験で複数名に能動的に到達運動課題を行わせた際の手先運動パターンの平均値と同じになるようにプログラムする。

②運動指令条件では、右上肢の随意運動をトリガとしてロボットを駆動する。運動指令をトリガとした受動的運動を実現するため、ハンドルに取り付けられた6軸力センサの反応から被験者の随意運動方向を計測する。ただし、ハンドルがスタート位置から動かないように固定し、手先力ベクトルのみを計測する。随意運動方向の計測後200msの遅れ時間の後に、受動的運動を開始する。この受動的運動における運動方向は、先に計測された随意運動方向とする。これにより、被験者の運動計画通りの到達運動が受動的に実現され、運動誤差が視覚的にフィードバックされる。また、計測された運動方向とは関係なく、理想軌道で受動的に運動を経験させる②'運動指令条件（視覚誤差なし）も検討する。

③受動的学習条件では、被験者が予期せぬタイミングでロボットを駆動し、被験者の運動企図や運動指令の生成とは無相関に受動的運動を実現するため、ターゲット表示から100~200msの一樣ランダムな遅延時間の後に、実験条件①と同様の受動的運動を開始する。

④対照群では、マニピュランダムによる運動支援は行わず、被験者が随意的に腕を動かして30°視覚運動回転課題の運動学習を行う。

上記の4条件について、運動学習直後とそのさらに24時間後に能動的に30°視覚運動回転変換環境下の到達運動課題を行わせ、その運動成績（角度誤差）から運動企図の有無、運動指令の随意的生成の有無、運動誤差の視覚フィードバックの有無が、それぞれ運動学習に及ぼす影響を分離して評価する。

平成28年度は、特に上記実験システムを構築するとともに、実験条件ごとの被験者への指示と実験結果の相関関係を分析する予備実験を中心に行い、実験計画・方法の妥当性を検証する。

二年目以降は、健常被験者を無作為に4群に分けて実験を行い、運動学習において「能動性」が果たす役割について定量的な評価を行う。特にBCI・ロボットリハビリテーションにおいて重要と考えられる①運動企図条件と②運動指令条件の違いを中心に分析する。運動企図に合わせて受動的に運動を経験する条件①で運動学習が生じた場合には、BCI型ロボットリハビリテーションの有効性が示唆されることから、研究項目2の「能動性」の生理指標開発が最重要課題となる。一方、運動指令の生成が運動学習に必須であることが確認された場合には、運動計画と運動学習の関係について追加実験を行う。つまり、運動指令条件②では、受動的運動の初期運動方向を随意運動方向（手先力ベクトル）としていたが、これを回転変換下の手先終端方向に固定した場合の運動学習実験（条件②'）を行い、随意的な運動計画と実現される運動の誤差を視覚的に呈示することの運動学習効果と、繰り返し経験することで体性感覚の身体図式が更新されることによる運動学習効果を分けて議論する。

研究項目2の「能動性」の生理指標について検討するため、実験条件①~③については、右腕の運動に関連するとされる左運動野（C3）付近を中心に脳波解析を行い、事象関連脱同期・同期（ERD/ERS）などの運動に関連する脳波特徴量と「能動性」レベルの関係について分析する。我々のこれまでの研究で、受動的に腕を動かされる実験条件下であっても、運動想像に合わせて体性感覚が変化することで事象関連脱同期特徴が発現することが確認されている。したがって、筋収縮による実運動を伴わなくても、身体運動の原因を自身に帰着させる身体意識である「運動主体感」と同期して事象関連脱同期・同期（ERD/ERS）特徴量が再現性高く計測されることが確認されれば、これを「能動性」の生理指標として利用できる可能性が高いと考えられる。

#### 4. 研究成果

平成28年度は、到達運動課題をロボットマニピュランダムにより受動的に経験させる3つの実験群のうち、①運動企図条件について実験を行った。運動企図条件では、運動企図はあるものの運動指令の生成は行わない実験条件を実現するため、実際に運動を経験させる右上肢とは異なる反対側の左手の運動をトリガーとしてロボットを駆動するプログラムを開発した。開発した運動企図条件の被験者の運動学習成績を、③受動的学習条件、④能動的運動条件（対照群）

と比較したところ、①運動企図条件の被験者の成績は、③受動的学習条件の被験者と統計的に有意な違いは認められなかった。このことから、運動の方向やタイミング自体を掌握できているのみでは、受動的運動経験を内部モデルの更新に反映することができないことが示された。この結果は *Advanced Robotics* 誌に投稿し、掲載された。

平成 29 年度は、②運動指令条件、すなわち受動的運動経験ではあるものの、能動的に運動する場合と同様に運動指令を生成し、検知された運動方向に向けて受動的に運動を経験させ、視覚誤差を付与することが、運動学習に及ぼす影響を調査する実験を行った。本実験には健康な男女 24 名が被験者として参加した。被験者は運動学習課題を能動的に行う Active グループ、受動的に行う Passive グループ、運動方向に誤差を付与した上で受動的に運動を経験する Passive+E グループの 3 つに分けられた。実験の結果、Active グループでは 6-7.5 度程度、Passive グループでは 2.5-3 度程度、Passive+E グループでは 2 度程度のアフターエフェクトがそれぞれ見られた。これらのアフターエフェクトについて統計分析を行うため、それぞれの被験者の 2 cycle 分のトライアルおよび 3 つのグループ間で対応のある二元配置分散分析を行った。分析の結果、要因間に交互作用は見られなかった。一方、グループ間 ( $p < 0.01$ ) および cycle 間 ( $p = 0.0339$ ) に有意な主効果が見られた。さらに多重比較を行った結果、Active グループと Passive グループの間 ( $p = 0.017$ )、そして Active グループと Passive+E グループの間 ( $p = 1.6 \times 10^{-5}$ ) にのみ有意差が確認された。この結果より、受動運動の運動方向に誤差を付与しても運動学習には特に影響を及ぼさないことが示唆された。

平成 30 年度は、受動的運動を経験することが、運動生成に関わる内部モデルに及ぼす影響に加えて、自身の手先位置の脳内表現である身体図式に及ぼす影響もあわせて検証する実験を行った。能動的に運動する場合と同様に、運動を企図した方向に対し視覚的に誤差を付与することが、運動学習に及ぼす影響を調査する実験を行った。本実験には健康な男性 19 名が被験者として参加した。被験者は運動学習課題を能動的に行う Active グループ、運動を企図した方向とは無関係に正解動作を受動的に経験する Passive M グループ (PM)、運動を企図した方向に受動的に運動を経験する Passive ME グループ (PME) の 3 つに分けられた。まずすべての被験者はマニピュランダム熟练操作に慣れるための Training 課題を行い、次に身体図式の基準を測定するための Test 課題を行った。その後、それぞれのグループに応じた条件で視覚運動回転変換を学習した。そして最後にもう一度、すべての被験者に Test 課題を行ってもらい、学習条件の違いによってアフターエフェクトにどれだけの変化が生じるかについて調査した。実験の結果、運動学習の前後で、グループ A では -19 度程度、グループ PM では -5 度程度、グループ PME では -10 度程度のアフターエフェクトの変化がそれぞれ見られた。これらのアフターエフェクトの変化について統計分析を行うため、3 グループ間で一元配置分散分析を行った。分析の結果、グループ間に有意な主効果が見られた ( $F(2,16) = 20.95; p < 0.001$ )。さらに多重比較を行った結果、グループ A とグループ PM の間 ( $p < 0.01$ )、グループ A とグループ PME の間 ( $p < 0.01$ ) および、グループ PM とグループ PME に間 ( $p < 0.05$ ) に統計的な有意差が確認された。この結果より、受動的運動学習であっても、予測誤差を認知することは内部モデルを更新するのに有効である可能性が示唆された。一方、身体図式の変容は、すべての実験群で有意差が認められなかった。

平成 30 年度は、運動企図の脳波バイオマーカーを探索するため、脳波事象関連脱同期・同期特徴量 (ERD/S) と、随意的な運動の特徴 (発揮筋力の時間パターン) や視覚フィードバックの関係を調査する実験を行った。実験の結果、発揮筋力の違いは ERD/S に影響を及ぼさないが、発揮筋力の視覚的なリアルタイムフィードバックは、ERD/S の振幅に影響を及ぼすことを明らかにした。

以上の結果を総合し、本研究は当初計画どおりの研究成果を達成したと言える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sang Vu, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 18
2. 論文標題 On-Body Sensor Positions Hierarchical Classification	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3612 ~ 3612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s18113612	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kitahara Kosuke, Hayashi Yoshikatsu, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Target-directed motor imagery of the lower limb enhances event-related desynchronization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLoS ONE	6. 最初と最後の頁 e0184245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0184245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 浅間 一, 近藤敏之, 温 文	4. 巻 56
2. 論文標題 身体意識に基づく脳内身体表現生成・更新ダイナミクスのモデル化とそのリハビリ応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 175-180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuji Ohmura, Shiro Yano, Junji Katsuhira, Masato Migita, Arito Yozu, Toshiyuki Kondo	4. 巻 29
2. 論文標題 Inclination of standing posture due to the presentation of tilted view through an immersive head-mounted display	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 228-231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Sakamoto, and Toshiyuki Kondo	4. 巻 -
2. 論文標題 Awareness of movement does not facilitate robot-assisted passive motor learning	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2016.1249026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 近藤敏之, 長嶺 伸, 大村優慈, 矢野史朗	4. 巻 23
2. 論文標題 没入型ヘッドマウントディスプレイの認知心理学実験への活用事例	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本神経回路学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoki Arizono, Yuji Ohmura, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo	4. 巻 2016
2. 論文標題 Functional connectivity analysis of NIRS recordings under rubber hand illusion to find a biomarker of body ownership	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Neural Plasticity	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2016/6726238	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Yuuki Fukuda, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Motor learning through voluntary but passive motor experience
3. 学会等名 The Second International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nicolas Thorne, Juliane Honisch, Toshiyuki Kondo, Slawomir Nasuto, Yoshikatsu Hayashi
2. 発表標題 Emergence of long range temporal correlations in cooperative tasks
3. 学会等名 The Second International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Nishimura, Yoshikatsu Hayashi, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Motor Learning through Cooperative Motor Experience
3. 学会等名 IEEE 2018 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Kondo, Hajime Tojiki, Yoshikatsu Hayashi, and Shiro Yano
2. 発表標題 Motor planning attenuates event-related spectral power of EEG
3. 学会等名 The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiko Matsuda, Daichi Misawa, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Olfactory Cues to Enhance Simultaneous Motor Learning in Opposing Force Fields
3. 学会等名 IEEE 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirotaka Yoshida, Takeru Honda, Arito Yozu, Jongho Lee, Shinji Kakei, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Age effects on smooth pursuit arm movement
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2017 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin Nagamine, Akira Ishii, Shiro Yano, Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Approach towards reduction of phantom limb pain using immersive virtual reality system
3. 学会等名 International Neurorehabilitation Symposium (INRS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Imura, Shiro Yano, Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Sequential Movement Has Equivalent Generalization Ability to Discrete Movement in Force Field Motor Learning
3. 学会等名 International Neurorehabilitation Symposium (INRS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tran Nguyen Bao, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Muscle Synergy Analysis in Darts Throwing
3. 学会等名 The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Shiro Yano, Hiroshi Imamizu, Toshiyuki Kondo, Takaki Maeda
2. 発表標題 Learning process and Sense of Agency:Bayesian Learning or Not
3. 学会等名 2016 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hirotaka Yoshida, Takeru Honda, Jongho Lee, Shiro Yano, Shinji Kakei, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Development of a System for Quantitative Evaluation of Motor Function Using Kinect v2 Sensor
3. 学会等名 2016 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hajime Tojiki, Shiro Yano, Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Volatile Auditory Stimulus Has Negative Effect on Neurofeedback Training for Motor Imagery-Based BCI
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroki Imura, Shiro Yano, Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Rhythmic Movement Has Equivalent Generalization Ability to Discrete Movement in Force Field Motor Learning
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tran Nguyen Bao, Shiro Yano, Toshiyuki Kondo, and Truong Quang Dang Khoa
2. 発表標題 Analyzing Effects of Variance in Kinematic Parameters on Performance and EMG in Dart Throwing
3. 学会等名 2016 IEEE Sixth International Conference on Communications and Electronics (ICCE 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 近藤敏之, 今水 寛, 森岡 周 (編)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 276
3. 書名 身体性システムとリハビリテーションの科学2 身体認知	

1. 著者名 寛 慎治, 李 鍾昊, 鏡原康裕, 本多武尊, 吉田大峰, 近藤敏之, 三苫 博	4. 発行年 2018年
2. 出版社 中外医学社	5. 総ページ数 358
3. 書名 運動失調のみかた、考えかた 小脳と脊髄小脳変性症	

1. 著者名 寛 慎治, 李 鍾昊, 鏡原康裕, 本多武尊, 吉田大峰, 近藤敏之, 三苫 博	4. 発行年 2017年
2. 出版社 中外医学社	5. 総ページ数 358
3. 書名 運動失調のみかた、考えかた (宇川義一 (編)) 小脳症状の病態生理 診察, 検査: 11-12 文字のトラッキング	

1. 著者名 Akira Ishii, Toshiyuki Kondo, and Shiro Yano	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 1172(19-30)
3. 書名 Advances in Intelligent Systems and Computing	

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京農工大学近藤研究室 <a href="https://www.livingsyslab.org/">https://www.livingsyslab.org/</a> 東京農工大学 工学府情報工学専攻 / 工学部情報工学科 近藤研究室のホームページ <a href="http://www.livingsys.lab.tuat.ac.jp/">http://www.livingsys.lab.tuat.ac.jp/</a>
---

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----