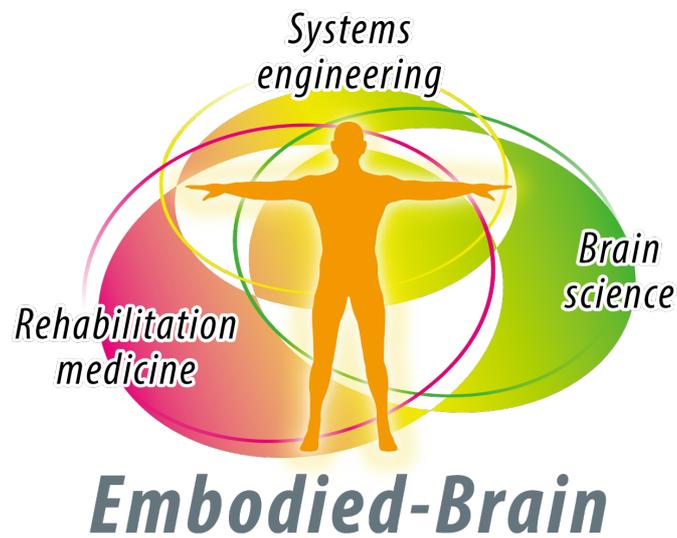


平成 26～30 年度 文部科学省 科学研究費補助金
新学術領域研究（研究領域提案型）

「脳内身体表現の変容機構の理解と制御」

H28 年度 研究成果報告



領域略称名：身体性システム

領域番号：4603

設定期間：平成 26 年度～平成 30 年度

領域代表者：太田 順（東京大学）

<http://embodied-brain.org>

目次

領域概要・総括班の活動報告

領域代表 太田 順（東京大学 人工物工学研究センター 教授）

国際活動支援班の成果報告

領域代表 太田 順（東京大学 人工物工学研究センター 教授）

A 班（脳科学）活動報告

班代表 内藤栄一（情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究マネージャー）

A01-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 今水 寛（東京大学 文学部 教授）

A02-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 関 和彦（国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 部長）

A02-2 研究項目の研究成果報告

研究代表者 高草木 薫（旭川医科大学 医学部 教授）

A03-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 鎌田 恭輔（旭川医科大学 医学部 教授）

A03-2 研究項目の研究成果報告

研究代表者 吉村 奈津江（東京工業大学 精密工学研究所 准教授）

A03-4 研究項目の研究成果報告

研究代表者 松本 理器（京都大学 大学院医学研究科 助教授）

A03-5 研究項目の研究成果報告

研究代表者 宮田 麻理子（東京女子医科大学 医学部 教授）

A03-6 研究項目の研究成果報告

研究代表者 吉田 正俊（生理学研究所 認知行動発達研究部門 助教）

A03-7 研究項目の研究成果報告

研究代表者 村田 弓（産業技術総合研究所 人間情報研究部門 研究員）

B 班（システム工学）活動報告

班代表 太田 順（東京大学 人工物工学研究センター 教授）

B01-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 浅間 一 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

B02-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 太田 順 (東京大学 人工物工学研究センター 教授)

B03-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 船戸 徹郎 (電気通信大学 大学院情報理工学研究科 助教)

B03-2 研究項目の研究成果報告

研究代表者 長谷川 泰久 (名古屋大学 大学院工学研究科 教授)

B03-3 研究項目の研究成果報告

研究代表者 細田 耕 (大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授)

B03-4 研究項目の研究成果報告

研究代表者 谷口 忠大 (立命館大学 情報理工学部 准教授)

C 班 (リハビリテーション医学) 活動報告

班代表 出江 紳一 (東北大学 大学院医工学研究科 教授)

C01-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 出江 紳一 (東北大学 大学院医工学研究科 教授)

C02-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 芳賀 信彦 (東京大学 大学院医学系研究科 教授)

C03-1 研究項目の研究成果報告

研究代表者 濱田 雅 (東京大学 医学部附属病院 助教)

C03-2 研究項目の研究成果報告

研究代表者 島 圭介 (横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授)

C03-3 研究項目の研究成果報告

研究代表者 向野 雅彦 (藤田保健衛生大学 医学部 講師)

C03-4 研究項目の研究成果報告

研究代表者 森岡 周 (畿央大学 健康科学部 教授)

H28 年度活動報告

H28 年度研究業績リスト

メンバーリスト

領域の概要と総括班

太田 順

東京大学 人工物工学研究センター

I. 本領域の目的

超高齢社会を迎えた我が国では、加齢に伴う運動器の障害や脳卒中・脳変性疾患による運動麻痺等が急増しており、これらの運動機能障害を克服する有効なリハビリテーション法の確立が急務である。その鍵を握るのは、身体機能の変化に対する脳の適応メカニズムの解明である。例えば、加齢による転倒の増加は、運動機能の低下に脳の適応が伴っていないことを示唆する。また逆に、運動器には障害が無い病態でも身体認知に異常が生じ得る。これらの事実は、我々の脳内には身体のモデル（脳内身体表現）が構築・保持されており、これに異常が生じると感覚系や運動系に深刻な障害が起きることを意味する。

本領域では、脳内身体表現の神経機構とその長期的変容メカニズムを明らかにし、リハビリテーション介入へと応用することを目的とする。このため、システムの振る舞いを数理モデルとして統合的に記述できるシステム工学を仲立ちとして脳科学とリハビリテーション医学を融合することを試みる。これにより、運動制御と身体認知を統合的に理解し、真に効果的なリハビリテーション法を確立する「身体性システム科学」なる新たな学問領域の創出を目指す。

II. 領域全体の活動

2017年2月7日までの2年半で、361篇を超える学術論文（うち国際誌248篇）、251件を超える国際会議発表、530件を超える国内口頭発表を行っている。開始2年目以降には、着実に融合研究論文が出版され、また国際学術誌において本領域で推進する異分野融合研究に関する論文特集号を発行している。以上のように、研究は順調に進捗している。具体的な成果としては、ヒトが身体運動を学習する過程における脳内の複数時定数の活動動態をfMRI計測データから機械学習により同定した研究（脳科学班）、歩行・上肢運動における筋シナジーの解析アルゴリズムの開発（システム工学班）と適応動態の解析（A02）、身体錯覚や没入型VRを用いたリハビリシステムの開発とその脳内身体表現への介入の解析（リハビリ医学班）、が挙げられる。計画研究に加え、公募研究にも各研究分野の第一級の研究者が参画し、密に議論を重ねたことで、当初計画を超える研究提案がいくつもなされ進捗していることから、今後も多くの研究成果が見込まれる。また、本領域の研究成果は、のべ

13,000人以上に対し広くアウトリーチされている。若手の会も組織され、異分野融合研究を主体的に行う次世代の若手研究者の育成も着実に行われている。

III. 領域全体の活動

領域としての活動、学会活動、中間評価に分けて記す。

A. 領域としての活動

- 第1回国際シンポジウム (EmboSS 2016)

日程：2016/5/8(日)-10(火)

場所：東京都

内容：国際シンポの開催は2日間とし、3日目に評価会議実施。招待講演（講演者：Prof. Trevor Drew, Dr. Calogero M. Oddo, Prof. Paulus Walter）、領域代表・研究代表者の講演、ポスターセッション。

- 身体性システム講演会・公募説明会

日程：2016/9/15(木) 13:00-15:00

場所：東京都

内容：領域代表・班代表による公募説明、講演2件（今水、大脇）

- 第4回領域全体会議

日時：2017/2/27-3/1

場所：鹿児島県

内容：領域メンバーの講演、ポスター発表、議論。

B. 学会活動

- 会議名：The 10th ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME 2016)

日程：2016/8/4-6

場所：栃木県

内容：OS企画

- 会議名：38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2016)

日程：2016/8/16-20

場所：米国

内容：Workshop、海外からの招待講演3件、参加30名程度

- 会議名：第10回モーターコントロール研究会

日程：2016/9/1 木-9/3 土

場所：東京都

内容：後援。

- 会議名：MHS 2016 (Micro-NanoMechatronics and Human Science)

日程：2016/11/29

場所：愛知県

内容：OS 企画． Plenary Talk 依頼（上田淳先生 @ gitech）， Keynote 講演（四津）

これ以外の特徴的な企画として、班間連携を促進するために、A 班会議と 02 系（運動制御）会議を融合させた A 班-02 系会議と、C 班会議と 01 系（身体認知）会議を融合させた C 班-01 系会議をそれぞれ開催した。

-会議名：A 班-02 系会議

日程：2016/11/24-25

場所：東京都

内容：研究発表，ポスター発表，議論．

-会議名：C 班-01 系会議

日程：2016/12/13-14

場所：宮城県

内容：研究発表，議論．

C. 中間評価

新学術領域研究領域の設定期間は 5 年間であり、研究領域設定後 3 年度目に中間評価を、研究領域終了年度の翌年度に事後評価を行うこととなっている[1]．本年度は領域の中間評価の年であった．評価は、書面、ヒアリング及び合議により行われた．本領域の評価結果は A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）であった．具体的な所見を[3]に示す．

IV. 班間連携

本領域では、領域立ち上げの初年度から、研究項目間を横断する研究を推進してきた．現在は公募班を含めた連携が極めて円滑に進んでいる．図 1 に連携テーマを示す．ここで、①運動主体感、②姿勢保持、③筋シナジー、④身体保持感、⑤上肢運動、⑥ジストニア、⑦脳イメージング、⑧歩行、⑨把持、⑩人工拇指、⑪ソフトタッチ、⑫はいはい、⑬身体図式、⑭神経可塑性、を表す．

V. 若手の活動

「身体性システム科学」という新しい学術領域を創成し、学問として体系化するためには、異分野融合の理念に精通して実践的に研究を推進できる若手研究者の育成が不可欠である．このため本領域では、領域に所属する若手研究者の会「身体性システム若手の会（通称若手の会）」を組織化している．領域の若手研究者とその研究協力者から現在までに 44 名が参加している．

本年度の活動として、勉強会 2 件、講演会 2 件、講習会 2 件を開催した．それぞれ、各関連分野の研究レビュー、内外の研究者を招いた研究講演、各分野技術の相互講習が活動内容となっている．さらに学会活動として本領域の特別セッションを 3 件開催し、研究成果の普及を目指した．また学術誌特集号に 1 報投稿した．

5 月の勉強会は、田中宏和准教授 (JAIST)、四津有人特任助教 (東京大学) を講師として東京大学で開催した．11 月の勉強会は、村田哲准教授 (近畿大学)、千葉龍介准教授 (旭川医科大学) を講師として東京都医学総合研究所で開催した．8 月は、Dr. Giulia Cisotto (University of Padova) の講演会を千葉大学で開催した．12 月には、大内田裕助教 (東北大学) と阿部浩明先生 (広南病院) の講演会を東北大学で開催し、同時に東北大学医学部リハビリテーション施設見学を行った．1 月は、田中宏和准教授 (JAIST) による信号処理技術の講習会を開催した．

学会活動は以下の通り．計測自動制御学会 LE2016, SSI 2016, 自律分散システム・シンポジウムにて本領域セッションを開催し、各々 4 件、9 件、14 件の講演を行った．また本領域の基礎用語集を作成し、計測自動制御学会誌特集号「身体性システム科学の展開」に投稿した．

VI. 今後の予定

2017 年度の予定を以下に記す．

- 7 月：第 5 回領域全体会議（内部向けシンポジウム）
内容：第 2 期公募班の合流
- 10 月～12 月：第 2 回一般公開シンポジウム
- 2018 年 3 月：第 6 回領域全体会議（内部向けシンポジウム）

参考文献

- [1] 科学研究費助成事業（新学術領域研究（研究領域提案型））に係る中間・事後評価について http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/hojyo/1381026.htm
- [2] 平成 28 年度中間評価対象研究領域一覧 http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/hojyo/1381028.htm
- [3] 平成 28 年度「新学術領域研究（研究領域提案型）」中間・事後評価に係る領域代表者からの報告・科学研究費補助金審査部会における所見，42, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2017/01/13/1381078_1_1_1.pdf

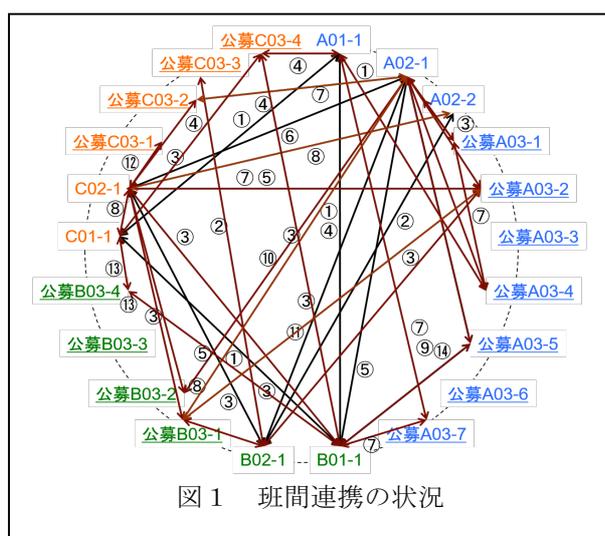


図 1 班間連携の状況

国際活動支援班の成果報告

太田 順

東京大学 人工物工学研究センター

I. はじめに

国際活動支援班は、新学術領域研究の国際研究活動を支援するための計画班である。本領域は、個別疾患のリハビリを包括した、脳内身体表現マーカー・モデルの概念による新しいモデルベーストリハビリテーションの実現を目指している。国際活動支援班は、A班（脳科学）-B班（システム工学）-C班（リハビリ医学）を横断し、分野融合研究として推進する核となるコアプロジェクトを設定し、その国際共同研究への展開を重点的に支援する。具体的には、計画班が主軸となって、01項目群を中心とする身体意識に着目した幻肢・麻痺のリハビリテーション・コアプロジェクト（身体意識コア）と、02項目群を中心とするシナジー制御器に着目した上下肢のリハビリテーション・コアプロジェクト（シナジー制御コア）を設定し、それに公募班メンバー（03項目群）も加わる。

国際活動支援班の目的として、1）共同研究の促進、研究者ネットワークの構築と国際共著論文の執筆、2）領域への成果の還元、3）新体制システム科学領域の国際的なプレゼンス向上、を掲げている。毎年、11月までに、領域内の各研究代表者から国際研究活動の提案を公募し、上記3つの観点に照らして審査を行い、翌年度の支援対象活動を決定している。国際活動の終了後は、報告書を提出するのみならず、年度末の領域全体会議でポスター発表するなどして、成果を領域内に還元することを求めている。

II. 平成28年度の国際活動支援

平成28年度に実施した国際活動支援は以下のとおりである。

1	種別：著名研究者の招聘 申請者：A02-1 内藤，雨宮 内容：身体意識コア海外共同研究者である Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière (ICM) の Michel Thiebaut de Schotten 博士を7月に2週間招聘し、fMRI イメージングに関する議論を行った。
2	種別：著名研究者の招聘 申請者：A01-1 大木，C01-1 出江，他 内容：身体意識コア海外共同研究者である Chalmers University of Technology の Max Ortiz Catalan 博士を招聘し、幻肢痛治療に関する議論を行った。

3	種別：著名研究者の招聘 申請者：A03-7 村田弓，B01-1 井澤，他 内容：身体意識コア海外共同研究者である University of South California の Nicolas Schweighofer 博士を7月に招聘し、リハビリテーションのモデル化に関する議論を行った。
4	種別：著名研究者の招聘 申請者：A02-1 内藤，池上 内容：身体意識コア海外共同研究者である Max Planck Institute for Human Development の Flavia Filmon 博士を7月に12日間招聘し、fMRI イメージングに関する議論を行った。
5	種別：著名研究者の招聘 申請者：B01-1 近藤 内容：身体意識コア海外共同研究者である University of Reading の Yoshikatsu Hayashi 博士を5月に2週間招聘し、BCI ニューロリハビリテーションに関する議論を行った。
6	種別：若手研究者の海外派遣 申請者：C03-2 島 内容：シナジー制御コアの若手研究者1名を、Italian Institute Technology の Pietro G. Morasso 教授のラボに派遣し、姿勢制御に関する国際共同研究を行った。
7	種別：若手研究者の海外派遣 申請者：B02-1 太田，A02-1 関，他 内容：シナジー制御コアの若手研究者6名を、イタリアのサンタルシア財団研究所、メシーナ大学、パドヴァ大学、タオルミーナに派遣し、欧州の研究者らと姿勢制御に関するワークショップを行った。
8	種別：著名研究者の招聘 申請者：B01-1 近藤 内容：11月に1週間 Georgia Institute of Technology の Jun Ueda 教授を招聘し、IEEE MHS2016 の招待講演を担当頂くとともに、ロボットリハビリテーションに関する議論を行った。
9	種別：著名研究者の招聘 申請者：A01-1 大木，C01-1 出江，他 内容：5月に開催された IEEE の国際会議 EMBC2016 の国際ワークショップに、Chalmers University of Technology の Max Ortiz-Catalan 博士、University of Southern California の Nicolas Schweighofer 博士、Arizona State University の Marco

	Santello 博士を招聘し、身体性システムに関する議論を行った。
10	種 別：著名研究者の招聘 申請者：C02-1 花川 内 容：シナジー制御コア海外共同研究者である Padua 大学の Giulia Cisotto 博士を招聘し、書齋に関する共同研究を行った。
11	種 別：若手研究者の海外派遣 申請者：A02-2 高草木 内 容：シナジー制御コアの若手研究者 1 名を、University of Montreal の Trevor Drew 教授のラボに派遣し、姿勢制御に関する共同研究を行った。

III. おわりに

本年度は、11 の国際活動に支援を行い、領域の国際的なプレゼンスの向上を図るとともに、国際共同研究に着手した。次年度以降も引き続き本領域の国際活動を支援することで、国際共同研究者ネットワークの展開と国際共同研究のさらなる加速により、成果として国際共著論文の増加に務める。

A(脳科学)班の活動報告

内藤 栄一

情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター

I. 脳班の目的

A 班(脳科学班)では、脳内身体表現の神経実態の解明と脳内身体表現マーカーの提案を行うことを目的としている。脳内身体表現と身体認知および運動制御との因果性を明らかにするため、身体意識(運動主体感と身体保持感)、協調的筋活動(シナジー)制御、予期的姿勢・歩行制御の問題を対象にした介入神経科学的実験を展開している。ヒトおよびサルなどの動物を対象とし、仮想現実課題技術による身体認知の操作、感覚系への物理的介入による筋骨格状態の操作、訓練によるサルの歩行様式の操作(2足歩行化)などに対する脳内身体表現の変容過程について電気生理学的手法や脳機能画像法などの手法を用いた研究を行っている。また、脳情報復号化(デコーディング)技術を導入して行動変化を予測可能な脳活動を同定し、これを脳内身体表現マーカーの候補として、B 班でのモデル構築や C 班のリハビリ原理の解明に役立てる。28 年度は、27 年度より加わった 7 つの公募班(A03-1~A03-7)と計画班(A01, A02-01, A02-02)との連携や A-B-C を跨ぐ班間の連携を強化し、共同研究体制を充実させることを目的とし、研究活動を展開している。

II. 班構成

上記の目的を達成するため、以下の班構成を基盤として班間連携を促進してきた。(敬称略)

研究項目 A01 脳内身体表現の変容を促す神経機構
研究代表者 今水寛(東京大)
研究分担者 村田哲(近畿大)、大木紫(杏林大)、前田貴記(慶応大)
連携研究者 10 名

研究項目 A02-01 身体変化への脳適応機構の解明
研究代表者 関和彦(NCNP)
研究分担者 内藤栄一(NICT)、寛慎治(都医学研) 連
携研究者 14 名

研究項目 A02-02 姿勢-歩行戦略の変更に伴う脳適応機構の解明
研究代表者 高草木薫(旭川医大)
研究分担者 中隣克己(近畿大)
連携研究者 7 名

研究項目 A03-1 ハイブリッド技術とリアルタイム処理による機能ダイナミクスの解明
研究代表者 鎌田 恭輔(旭川医大)

研究項目 A03-2 脳波を用いた手首運動に係る脳内身体表現の学理とその可視化
研究代表者 吉村 奈津江(東工大)
連携研究者 2 名

研究項目 A03-3 慢性ドーパミン欠乏による大脳基底核の脳内身体表現変容とその制御
研究代表者 中村 公一(京都大)
連携研究者 2 名
研究代表者の都合により、28 年度公募班を辞退

研究項目 A03-4 脳内身体表現の直接記録・刺激介入を用いた神経機構と変容の解明
研究代表者 松本利器(京都大)
連携研究者 5 名

研究項目 A03-5 感覚神経損傷による脳内身体表現の変容動態の可視化と制御
研究代表者 宮田 麻理子(東京女子医科大)
連携研究者 3 名

研究項目 A03-6 サル半側空間無視モデルにおける身体と空間
研究代表者 吉田 正俊(生理研)
連携研究者 1 名

研究項目 A03-7 脳卒中後の把握機能回復をもたらす脳内身体表現の変化: サルモデルによる解明
研究代表者 村田 弓(産総研; AIST)
連携研究者 4 名

III. 活動報告

H28 年度 脳班(A01, A02, A03)+B02+C02 合同班会議
日時: 平成 28 年 11 月 24-25 日
場所: 東京都医学総合研究所(〒156-8506 東京都世田谷区上北沢 2-1-6) 世話人: 寛慎治(都医学研)
内容: A、B、C 班の研究者述べ 45 名が参加した会合を行った。主な目的は、A(脳科学)班内での 01-02-03 連携、

02 項目での A-B-C 班間連携の現状の把握とその具体的成果の報告であり、述べ 22 名が発表し、積極的な議論を行った。一日目、まず太田順代表が中間評価の報告を行った。その後、以下の 4 つのセッションで発表が行われた。

1. 大脳皮質の高次脳内身体表現 座長：今水寛(A01:東京大) 演者：大畑龍(A01:東京大)、内藤栄一(A02-1:NICT)
2. 脳内身体表現における姿勢と運動の協調 座長：高草木薫(A02-2:旭川医大) 演者：中隣克己・日暮泰男(A02-2:近畿大)、高草木薫(A02-2:旭川医大)
3. 神経活動から脳内身体表現へ 座長：花川隆(C02:NCNP) 演者：戸松彩花(A02-1:NCNP)、鎌田恭輔(A03-1:旭川医大)、松本理器(A03-4:京都大)、望月圭(A01:近畿大)
4. 神経損傷から探る脳内身体表現の代償機構 座長：寛慎治(A02-1:都医学研) 演者：吉田正俊(A03-6:生理研)、村田弓(A03-7:産総研)、尾崎弘展(A03-5:東女医大)

2 日目には以下の 3 つのセッションで発表が行われた。

5. 小脳とその周辺 座長：寛慎治(A02-1:都医学研) 演者：北佳保里(C02:千葉大)、船戸徹郎(B02:電通大)、石川享宏(A02-1:都医学研)

6. 感覚操作からリハビリへの展開 座長：村田哲(A01:近畿大) 演者：四津有人(C02:東京大)、大脇大(C02:東北大)、杉正夫(C02:電通大)
7. 筋シナジーの抽出とモデル化 座長：中隣克己(A02-2:近畿大) 演者：青井伸也(B02:京都大)、千葉龍介(B02:旭川医大)、吉村奈津江(A03-2:東工大)

以上の発表に加えて、会場では並行してポスター展示も行われ、休憩時間にポスター前での熱い議論がなされた。

おわりに

本年度は、中間評価の年度であり、A の評価を受けた。公募班と計画班、A-B-C 班を跨ぐ班間連携が増え、共同研究体制が充実してきた。各研究項目での具体的成果は個々に別個報告するが、全体を見渡すと、プロジェクト開始前に比べて、脳内身体表現の神経実態に関する新しい知見が次々に明らかにされ、脳内身体表現に関する学術的理解が加速している。02 項目においては、A-B-C 班で連携して、筋シナジーの状態を患者にフィードバックするリハビリテーション法を開発するため、リハビリ病院での試験的実験を開始している。また、感覚操作によるリハビリでは音による体性感覚代償フィードバック法の有効性が示され、この基本システムが完成している。

A01-1 研究項目の研究成果報告

今水 寛

東京大学大学院人文社会系研究科

Abstract—本研究項目では、脳内身体表現の知覚的側面として身体意識を主に扱う。その神経基盤を明らかにし、身体意識が脳内身体表現を変容させる過程を調べ、身体意識を介入・操作する手法を開発する。今年度は、身体意識の介入・操作に向けてデコーディング技術の高度化、リハビリ現場での応用を目的とした脳波計測で進展が見られた。また、サルの電気生理で随伴発射による感覚抑制を捉えることに成功し、身体意識の成立過程について神経細胞レベルで解明する糸口を得た。

I. はじめに

身体意識とは「自身が運動している」という運動主体感と、「これが自身の身体である」という身体保持感を意味する。本研究項目では、脳内身体表現の知覚的側面として、身体意識を主に研究する。

II. 目的

本研究項目では、脳内身体表現の知覚的側面として、身体意識の神経基盤を明らかにする。さらに、身体意識が脳内身体表現を長期的に変容させる過程を明らかにし、脳内身体表現を適切に誘導する手法を探索し、乖離した脳と身体との関係を適切に誘導・修復する手法の開発を目指す。この目的に対して、健常者や統合失調症患者を対象とした行動実験と脳活動計測、脳情報の復号化（デコーディング）、サルを対象とした電気生理実験で横断的なアプローチを行う。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に4つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 身体意識の操作の基礎となる脳情報抽出技術

研究代表者らのグループは、主に機械学習の手法を用いて、脳活動から身体意識を抽出する技術の開発を行った。以下に具体的な内容を説明する。

1) 運動の自己帰属を脳活動から抽出：昨年度から引き続き、運動主体感の基盤となる運動の自他帰属を fMRI 脳活動からデコードする技術の開発を行った。被験者が fMRI 内でジョイスティックを操作するとき、他の人の操作を様々な割合で混入させ、被験者の主観的な自他帰属を変化させた。このとき、被験者の主観評価を、脳活動から予測することができた。今年度は、被験者数を増やして結果の信頼性を向上させるとともに、運動の自他帰属と予測誤差の関係を調べた。具体的には、自己帰属とは別に予測誤差を判別できる領域を特定した。その結果、予測誤差を判別できる領域は、自他帰属を予測でき

る領域の一部（感覚運動領域）であることを明らかにした。このことは、予測誤差は自己帰属にとって重要ではあるが、自己帰属を完全に決める情報ではなく、予測誤差から自己帰属に至るまでの過程を明らかにすることの重要性を示していた。また、この実験に関連する心理実験の成果を複数の論文として発表した[1, 2]。デコード技術開発の一環として、効果器（使用する手）に依存しない、道具の内部モデルを脳活動からデコードすることに成功した[3]。

2) 脳磁図の活動から一試行で運動反応時間を予測：身体意識をオンラインで操作するためには、時間分解能に優れた計測方法を用いて、一試行で脳内の運動情報を抽出する技術が必要である。このために、脳磁図で計測した、運動前の脳活動から反応時間を予測する技術の開発を行い、論文成果として発表した[4]。

B. ヒトの脳内身体表現の解明とその臨床応用

研究分担者の大木紫（杏林大学）らのグループは、身体所有感を表象する神経基盤をヒトで明らかにし、これをもとに新しい効率的なニューロリハビリテーションを開発することを目的としている。今年度は以下の研究を行った。

1) 身体所有感を表象する神経基盤を明らかにするため、健常被験者で脳波記録を行った。昨年度までの研究で、身体所有感には脳の複数の部位が関与すること、異なる計測法を用いると身体所有感に応じて生じる proprioceptive drift が様々な条件下で異なる変化を示すことを明らかにしてきた[5]。昨年度開発した即時的なラバーハンド錯覚課題中に、脳波記録を行い、同時に人工手への身体所有感の有無とその強さを質問紙で答えてもらった。所有感を強く感じた試行と強く感じなかった試行を比較するため、event-related spectrum perturbation 解析を行った。その結果、所有感の有無で脳波のパワーに有意差が見られるチャンネルが検出され、左右の感覚運動領域の α 波と右の頭頂領域の θ と β 波で差が見られた。

2) ラバーハンド錯覚で観察している他人の手に対し身体所有感が生じさせると、観察する手が運動する視覚入力により運動や運動に関連した脳波活動が誘発できるかを検討した。眼前の他人の手と視覚遮断された被験者の手を同時もしくは交互にブラシで撫で、この最中他人の手を時々大きく開いた。被験者は、同期条件でのみ他人の手に対する身体所有感を報告した。運動観察中、被験者の手指に不随意な動きが生じ、この発生率は同期条件の方が非同期条件よりも高く、試行回数と伴に上昇した。運動観察に伴う μ 波抑制は、非同期条件に比べて同期条件の方が強く、持続時間も長かった。 μ 波抑制の大きさ

は身体所有感の強さと有意に相関した。本結果は、義手や仮想手に対する身体所有感の客観的評価や行為観察を利用した運動回復のリハビリに寄与すると考える。この研究は嶋田ら (C03-4) と共同で行った。

3) C01 研究項目の出江, 大内田, 稲邑と共同で、稲邑が開発したクラウド型 virtual reality (VR) システム SIGVerse を用いたリハビリ法の開発を行った。VR 内で実際と長さが異なる腕を持った avatar を操作してもらい、avatar に対し身体所有感を感じることで、このとき avatar の腕の長さに応じた proprioceptive drift が生じることを観察した。この結果は、SIGVerse を用いた没入型リハビリテーションの有効性を示している。

C. サルを対象とした電気生理実験による脳内身体表現の解明

研究分担者の村田哲 (近畿大学) らのグループは、自己の身体の状態を符号化する脳内身体表現の神経基盤を明らかにするために、サルの頭頂葉のニューロン活動の随伴発射による影響を調べることを目標にしている。随伴発射は、自己身体意識や身体図式の生成に関与していると考えられている[6]。今年度は、体性感覚野において随伴発射による感覚抑制の現象を捉えることを目的とした。右手でレバーを動かすと、左手の手掌の上を筆が動き、体性感覚刺激を施す装置を作り、サルにレバーを動かす訓練を実施。レバーの動きと同時に筆が動く条件と、筆がレバーの動きよりも遅延する条件、さらに筆が自動的に動く受動的体性感覚刺激を行う条件で、1頭のサルの右の一次体性感覚野及び5野のニューロンの活動を記録した。その結果、感覚抑制を反映するように、筆の動きが遅延する条件で、同時の条件と比べて、反応が増加し、受動刺激に一番良く反応するニューロンが見つかった。一方、遅延によって反応が低下し、受動刺激では最も反応が弱くなるニューロンも認められた。後者のニューロンは予測の正確さを反映すると考えられる。全体としては、やや増加するものが多く、一次体性感覚野のような低いレベルの感覚皮質においても、随伴発射と感覚フィードバックの比較が行われていることを示す。また、5野のニューロンには、右手の手の動きに伴って活動することが明らかになった。これは、右手の固有感覚ないしは運動野から入力する随伴発射を反映したものと考えられるが、今後より詳細な検討が必要であると考えられる。

D. 統合失調症患者における運動主体感の変容メカニズムの解明

研究分担者の前田貴記 (慶應義塾大学) らのグループは、運動主体感の計測方法 (Keio method) を開発し、行動実験、画像研究、神経生理学的研究など様々な手法を用いて、運動主体感の成立機構の神経基盤について研究を進展させた。これらの基礎研究は、統合失調症の病態生理の理解のために重要である。具体的には、

1) Keio method について、国際特許出願を行った[7]。

2) Keio method を改変したタスクを用いて、運動主体感の成立機構のモデルである Forward model において、intentional effort の強さが、運動主体感を増強させることを実証した[8]。

3) 運動主体感の誘発脳波研究を行い、結果の予測の consistency によって準備電位の現れるタイミングの速さと強さが異なることを示した。

4) A03 班の京都大学松本理器先生らのグループとの共同研究として、右半球の島皮質～下頭頂小葉にかけての脳腫瘍の手術前後で、Keio method を施行し、各領域の運動主体感の生成に関する役割について検討を進めている。

5) 統合失調症患者に対して fMRI による脳活動計測を行い、運動主体感に関連の強い領域である下頭頂小葉 (inferior parietal lobe: IPL) の一部である縁上回と尾状核の connectivity が低下していることを見いだした。

6) 運動主体感の成立には、Forward model を常に更新して最適化していく強化学習が重要であり、統合失調症における運動主体感の変容は、不適切な強化学習を繰り返してしまうことに起因する可能性について示した。

IV. おわりに

今年度は、身体意識の介入・操作に必要なデコーディング技術に進展が見られた。また、脳波に現れる身体意識の成分を複数特定することができ、リハビリ班と共同開発している VR システムと組み合わせて、臨床現場での応用に繋がるのが期待される。基礎研究でも、神経細胞レベルで身体意識の成立過程に迫る目処が立ち、身体意識に対して、行動から神経生理まで横断的・多角的にアプローチすることが可能になった。今後は、これらの成果を、最終目的である身体意識への介入と誘導・修復する方法の開発へと繋げて行きたい。

REFERENCES

- [1] T. Asai: Self is "other", other is "self": poor self-other discriminability explains schizotypal twisted agency judgment. *Psychiatry Research*, 246, 593-600, 2016
- [2] S. Imaizumi, T. Asai, & S. Koyama: Embodied prosthetic arm stabilizes body posture, while unembodied one perturbs it. *Consciousness and Cognition*, 45, 75-88, 2016
- [3] K. Ogawa & Imai F: Hand-independent representation of tool-use pantomimes in the left anterior intraparietal cortex. *Exp. Brain Res.* 234(12), 3677-3687, 2016
- [4] R. Ohata, K. Ogawa, & H. Imamizu: Single-trial prediction of reaction time variability from MEG brain activity. *Sci Rep.*, 6, e27416
- [5] S. Shibuya, S. Unenaka & Y. Ohki. Body Ownership and Agency: Task-Dependent Effects of the Virtual Hand Illusion on Proprioceptive Drift. *Exp. Brain Res.* 235(1), 121-134, 2017
- [6] A. Murata, W. Wen, and H. Asama: The body and objects represented in the ventral stream of the parieto-premotor network. *Neurosci Res.*, 104, 4-15 2016
- [7] 国際特許出願 (PCT/JP2016/87182)
- [8] Minohara R, Wen W, Hamasaki S, Maeda T, Kato M, Yamakawa H, Yamashita A & Asama H: Strength of Intentional Effort Enhances the Sense of Agency. *Frontier in Psychology* 7, e1165. 2016.

A02-1 研究項目の研究成果報告

関和彦

国立精神・神経医療研究センター 神経研究所

Abstract—In the FY2016, we established 1) Animal model and optogenetic tool to explore embodied brain, 2) Mechanism underlying improvement of cerebellar ataxia with induced plasticity, and 3) body representations associated with hand/finger movements.

I. はじめに

研究項目 A02-01 では関（代表者）内藤・寛（分担者）及び 13 名の連携研究者というメンバーで構成される。国立精神・神経医療研究センター、情報通信研究機構、東京都医学総合研究所という我が国を代表する神経科学の研究拠点をベースに項目内、班内及び領域内連関を確立して筋シナジー制御器の状態を反映する脳内身体表現マーカーの確立をめざす。

II. 目的

本研究項目の具体的な目的は筋シナジー生成器及び制御器の脳内神経基盤を明らかにし、身体の筋骨格構造の変化や体性感覚の遮断に対する上記神経機構の可塑性 (slow dynamics) を実験的に明らかにする事である。

III. 研究成果

本年度の具体的な成果を以下に 3 つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 脳内身体表現変化の *slow and fast dynamics* を評価するための霊長類モデルの確立

筋肉や骨格系の構造は生後様々な変化をするが、その変化に関わらず同じ行動を行うことができるのは生物の大きな特徴だと言える。さらに事故などで四肢の一部が失われた場合も、義足や義手の適用によって事故前に近い運動が可能な場合さえある。これらの例は、筋骨格系構造の変化が、行動制御の中核である脳神経系に伝えられ、筋骨格系の変化に合わせてその機能や構造が適応的に変化し、それによって変化後の四肢が制御されていると考えられる。しかし、この適応的変化の生物学的実態はほとんど明らかにされていない。そこで本研究では、中枢神経系に身体に関する多様な情報が集約された表象がなされていると想定し（脳内身体表現）、それらが筋骨格系の構造変化に対応する形で変化することによって行動適応が実現しているという仮説を検証する。本年度はその仮説検証のための動物モデルの作成を継続した。

第一に、上肢筋の再配置（腱付け替え手術）による中枢神経系の適応を調べるモデルである。3 頭のマカクサルを対象に①肘屈筋を手指屈筋に付け替えるモデル、②

手首屈筋と手首伸筋を付け替えるモデル、を作出した。そして、手術前、直後、術後数ヶ月の間、上肢筋活動を継続して記録した。その結果、①のモデルではまず手術翌日からサルは自力で餌を把握し食べる事が可能であり、数週間後には肘屈筋を用い精密把握やパワーグリップを用いて器用に餌を把握することが可能であった。同時に計測した肘屈筋の筋電図活動から、肘屈筋が術後数週間後には手指屈筋に近似した活動を示すようになり、その後定常状態に到達していた。一方、②のモデルでは付け替えをした両方の筋において、筋活動の入れ替わりが徐々に進行し、定常状態になることを見出した。この時定数は一定ではなく屈筋が先行していた。またこの適応には動的位相と静的位相があることが確認された。

第二に、行動中の霊長類の体性感覚フィードバックを人為的に操作し、それに伴う脳内身体表現を観察するための基盤技術の開発に着手した。具体的には、小型霊長類であるマーモセットの坐骨神経にアデノ随伴ウイルス (AAV)6 型及び 9 型を注入し、1 ヶ月後に DRG 細胞に於ける FGP 蛋白の発現を組織化学的に確認した。その結果、全体的な感染効率 AAV 6-9 間で有意な差がない一方、FGP 蛋白の発現が確認された細胞のサイズには両者間で大きな差が認められた。つまり、AAV9 の方が有意に大きな細胞体に感染することが確認された。直径の大きな DRG 細胞は太い軸索を有する体性感覚関連情報に関わることが知られているので、上記目的には AAV 9 の使用が適切であることが確認された。さらに、現在は AAV 9 を用いた光遺伝学的手法による体性感覚の操作技術開発に着手した。

B 誘発性複雑スパイクによる小脳性運動失調への介入の試み

分担者の寛グループ（都医学研）は、小脳神経回路に強力な可塑性を誘発する登上線維入力を、末梢電気刺激により確実に活性化する方法を発見し、それを小脳性運動失調の症状改善に応用する研究を推進中である。

小脳には、小脳核出力が脱抑制で増加する「興奮モード」と、減少する「抑制モード」の 2 つの出力モードがある。前者は登上線維入力の増加、後者は減少により選択（学習）される[1]。登上線維入力は小脳皮質に強力なシナプス可塑性を生じるが、自発活動は非常に低く（~1Hz）、運動に関連した変化は小さく再現性も低い。従って登上線維入力による可塑性の実効ゲインは非常に低いと推定される。しかし我々は末梢への電気刺激では

ば 100%に近い確率で複雑スパイクが誘発できることを、サルとマウスで確認した(図 1)。この結果は、人工的な可塑性誘発により小脳性運動失調の病態を改善する可

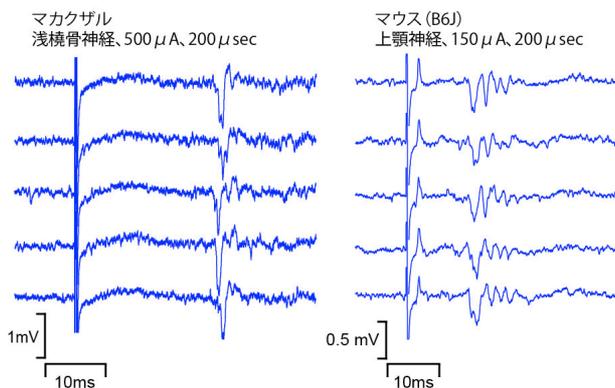


図 1 誘発複雑スパイク 左:サル, 右:マウス

能性を示唆する。実際、研究分担者の内藤と我々のグループは正常被検者で、同じ方法により長期の運動安定化効果が誘発されることを既に報告している (Uehara et al. PLoS ONE, 2011)。そこで東京医大の三苦教授、相澤教授のグループと脊髄小脳変性症患者に特有の運動のプレを軽減する臨床研究に着手し、有意な運動失調軽減効果を確認した。今後東京医大グループおよび内藤グループと大規模な研究を進める予定である。

C. 手指運動のばらつきや異常を生み出す脳内身体表現の解明

研究分担者の内藤 (情報通信研究機構) グループは、主にヒトを対象とした fMRI 研究を行った。本年度は、筋シナジー制御を本質とするヒトの手指運動に関して、(1)手指運動のばらつきを生じさせる神経機序の解明と(2)音楽家(ピアノ)ジストニア患者の運動野における手指脳内表現の異常に関する研究を主に行った。手指運動はどんなに練習を積んでも毎回パフォーマンスのばらつきが生じる。この研究では、十分に練習を積んだ手指運動課題を用いて、運動領野には属さない広汎な前頭-頭頂領域の活動のばらつきがパフォーマンスのばらつきに関係することを示した。この前頭-頭頂領域の活動を経頭蓋直流電気刺激で増強すると、パフォーマンスのばらつきがさらに大きくなることを示し、前頭-頭頂領域の活動とパフォーマンスのばらつきを明らかにした[1]。また、C02 班と連携して、音楽家ジストニア患者の運動野における手指脳内表現の異常に関する研究を行った。内藤グループが開発した fMRI デコーディング(iSLR)法 (Hirose et al. 2015)を用いて、運動野と体性感覚野における手指表現の解析を行った。この結果、ジストニア患者の運動野における 5 指の表現は、健常ピアニストに比べるとかなり空間的に重複していることを示唆する結果を得た(図 2)。このような手指の空間的な重複は、体性感

覚野では顕著に観察されなかった(図 2)。このことは、音楽家ジストニア患者の手指脳内表現の異常は主に運動野で起きていることを示唆した。現在この成果をまとめている。

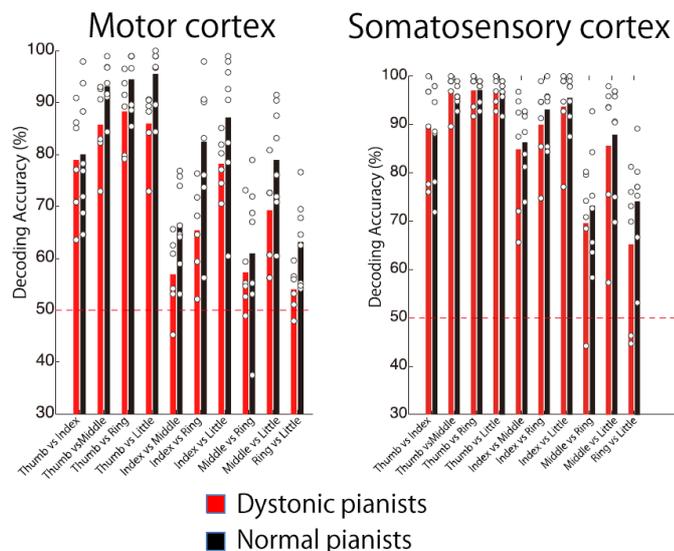


図 2 手指運動中の運動野(左)と体性感覚野(右)の活動から運動中に使用した指を各指のペア(横軸)から判別できる精度(縦軸)。運動野からの判別精度はすべての指ペアにおいて患者で低い(左)、この差は体性感覚野では顕著でない(右)。ジストニア患者の運動野における手指表現は、健常ピアニストに比べるとかなり空間的に重複していることを示唆している。

IV. おわりに

今年度は 3 拠点において、研究が加速され、一部は既に論文化がなされた。また、拠点間の共同研究も本格化している点で評価できる。またこれらの研究を応用し、脳卒中患者を対象とした O 2 系連携プロジェクトが開始された点も評価できる。

REFERENCES

- [1] Tomatsu S, Kim G, Confais J, Seki K “Muscle afferent excitability testing in spinal root-intact rats: Dissociating peripheral afferent and efferent volleys generated by intraspinal microstimulation” Journal of Neurophysiology 2017, in press.
- [2] Confais J, Kim G, Tomatsu S, Takei T, Seki K “Nerve-specific input modulation to spinal neurons during a motor task in the monkey. Journal of Neuroscience 2017, in press.
- [3] Yamada H, Yaguchi H, Tomatsu S, Takei T, Oya T, Seki K.” Representation of afferent signals from forearm muscle and cutaneous nerves in the primary somatosensory cortex of the macaque monkey. Plos One 2016 11(10):e0163948
- [4] Mizuguchi N, Uehara S, Hirose S, Yamamoto S and Naito E “Neuronal substrates underlying performance variability in well-trained skillful motor task in humans”, Neural Plasticity 2016, 1245259, 2016.
- [5] Tomatsu S, Ishikawa T, Tsunoda Y, Lee J, Hoffman DS, Kakei S. “Information processing in the hemisphere of the cerebellar cortex for control of wrist movement”, J Neurophysiol 115:255-270, 2016.

A02-2 研究項目の研究成果報告

高草木 薫（研究代表者）

旭川医科大学医学部・脳機能医工学研究センター

要旨—随意運動は「身体-空間認知情報に基く認知的姿勢制御」によって支えられる。その基本は、起立姿勢の維持と目的動作に最適な姿勢の提供（予期的姿勢調節）である。これらを実現するためには、運動前後における自己身体と空間の関係変化をリアルタイムに予測し、これに基づいて目的動作と姿勢調節の筋シナジーを生成する運動プログラムを構築する必要がある。本研究課題の目的は、これら一連のプロセスを実現する大脳皮質と皮質下神経機構の解明である。平成 28 年度は随意運動における認知的姿勢制御機構を理解するため、以下 2 項目の動物実験を遂行した。第一の研究は、サルにおける 4 足から 2 足歩行への姿勢-歩行戦略の変更に伴う姿勢筋シナジーと皮質運動関連野ニューロンの活動解析である。その結果、姿勢-歩行戦略を実現するための筋シナジー制御のポイントは抗重力筋活動を調節すること、2 足および 4 足歩行の筋シナジーパターンは補足運動野で表現されることなどが明らかとなった。第二の研究は、ネコの前肢リーチング動作に伴う予期的姿勢調節の動力学的解析である。得られた成績は、身体-空間認知情報に基いて生成される姿勢の Forward model を用いて予期的姿勢調節が遂行されることを示している。これらの研究成績は、身体-空間認知情報に基いて生成される運動プログラムが姿勢筋シナジーを制御して随意運動を発現させるという我々の作業仮説を支持する。

I. はじめに

立つ・歩く・ドアノブに手を伸ばし、ドアを開ける。これら日常の動作は脳血管障害や脳腫瘍・脳変性疾患（パーキンソン病や認知症など）などの脳疾患によって損なわれ、その結果、転倒する。従って、脳損傷後における運動機能の再建・再獲得するためには、その背景に存在する神経機構を解明し、そのメカニズムを賦活・代償するシナリオを構築することが極めて重要となる。

II. グループの目標

動作によって身体のバランスが変化する。運動には、予めこれに最適な姿勢を提供し、動作後にも安定した姿勢を維持（転倒を防止）する必要がある。このような Feed-forward 型の姿勢制御は「運動に伴う身体と空間の関係変化を予測する運動プログラムによって実現される」と考えられる [1]。このプログラムは、① 動作に先行する予期的姿勢調節と② 動作後の安定した起立姿勢維持という 2 つの役割を果たす [2-3]。

一方、脳損傷に伴う運動障害を回復させるための戦略を構築するには、未だ知見なき見解は得られていない。特に、① 前頭頭頂ネットワークがどのように身体-空間認知情報を用いて運動プログラムを生成するのか？ ② 大脳皮質

の出力はどの下行性経路を介して予期的姿勢調節と起立姿勢を維持するのか？など、認知情報に基く姿勢制御の具体的なメカニズムは未解明のままである。これらのメカニズムを解明することが A02-2 班の研究目的である。

III. 研究成果

平成 28 年度は前年度に引き続き、随意運動と姿勢制御の統合機構に関する研究計画を実施した。1. 近畿大学の研究グループ（中隼ら）は、サルの歩行時における (1) 上下肢-体幹の動力学的解析と (2) 補足運動野ニューロン活動解析を行い、姿勢-歩行戦略の変更（4 足歩行から 2 足歩行）に伴う前頭-頭頂ネットワーク機能の解析を試みた。2. 旭川医大の研究グループ（高草木ら）は、ネコ上肢のリーチング動作における予期的姿勢調節の解析を試み、身体と環境の変化に依存する姿勢-随意運動プログラムの生成機構について検討した。

1. サルの姿勢-歩行戦略変更に伴う姿勢筋シナジー制御と補足運動野ニューロンの活動（近畿大学）

(1) 姿勢-歩行戦略の変更に伴う筋シナジー調節機構

トレッドミル上で 4 足歩行と 2 足歩行をトレーニングしたニホンザルの体幹の角度（対地軸）と上下肢・体幹筋の筋活動を記録した。4 足歩行では脊柱起立筋群の活動が弱く歩行時の体重維持は前後肢に分散される。しかし、2 足歩行では脊柱起立筋群の活動が極めて高く、左右下肢の着地相に顕著な活動が観察された。これらの成績は、脊柱起立筋の活動を制御することが 2 足歩行を実現させる上で極めて重要であることを示している。

(2) 4 足-2 足歩行における補足運動野ニューロン活動

補足運動野（Supplementary motor area; SMA）には、① 2 足歩行時に活動を上昇させるニューロンや ② 4 足から 2 足への姿勢-歩行戦略の変更に先行して活動し、予期的姿勢調節への寄与を示唆するニューロンが存在することを昨年度報告した。本年度の研究によって、SMA には、③ 4 足歩行や 2 足歩行において特異的に活動するニューロン群（各々、4 足歩行関連ニューロン・2 足歩行関連ニューロン；図 1Aa, Ab）や、④ 2 足歩行時の律動的な下肢運動と脊柱起立筋の活動を反映する起立姿勢関連ニューロン、等も SMA に存在することも明らかとなった（図 1B）。即ち、SMA には 4 足歩行や 2 足での起立歩行の筋シナジーパターンに関連する情報が存在すると考えられる。SMA が運動プログラムの生成に関与すること、その出力が脊髄および橋・延髄網様体に投射すること [4] を考慮すると、SMA の運動プログラムは皮質-網

様体背髄路と皮質背髄路を介して様々な姿勢-歩行パターンの筋シナジー生成に関与すると考えられる。

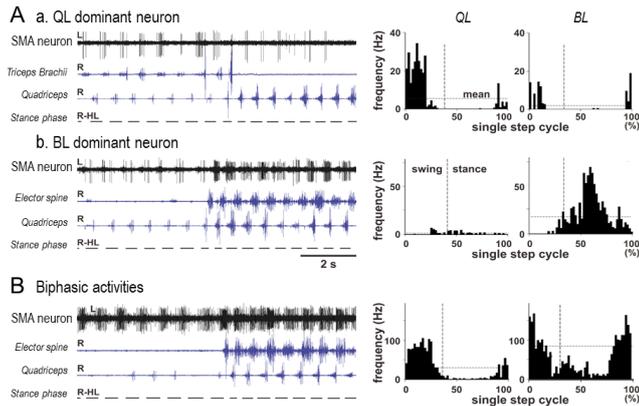


Fig. 2. サル歩行時の補足運動野ニューロン活動と筋活動

A. (a) 4足歩行 (Quadrupedal locomotion; QL) 関連ニューロンの活動。左はポリグラフの記録。上から補足運動野 (SMA) ニューロン活動、上腕三頭筋 (Triceps Brachii)、大腿四頭筋 (Quadriceps) の筋活動、着地相 (Stance phase)。4足〜2足歩行 (Bipedal locomotion; BL) への移行すると上腕三頭筋の活動が消失し、補足運動野ニューロンも減少する。右のグラフは1ステップサイクルにおける発射活動。2足歩行 (BL) では顕著に発射活動が減少する。(b) 2足歩行関連ニューロンの活動。4足から2足歩行に移行すると脊柱起立筋 (Erector spinae) の活動と補足運動野ニューロン活動が増加し、対側下肢の着地相に顕著である。B. 2足歩行で着地相と遊脚相で活動する補足運動野ニューロン。4足歩行で同側肢の遊脚相で活動していたが、2足歩行では両側下肢の着地相において活動した。詳しい説明は本文を参照。

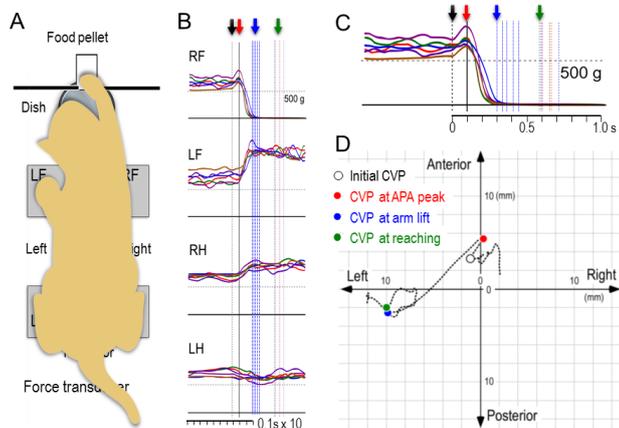


Fig. 1. ネコ前肢のリーチング動作と姿勢の変化

A. 実験の模式図。B. 各肢に生じる床反力の変化。6回の試行を重ね合わせている。黒矢印は予期的姿勢調節の開始。赤矢印は予期的姿勢調節のピーク。青矢印は各試行における上肢挙上のタイミング。緑矢印は標的 (餌) へのリーチングのタイミング。C は、右上肢 (Reft forelimb; LF) に生じる床反力の拡大図。D. 床反力から計算されるネコの垂直圧力中心 (Center of vertical pressure; CVP) の変化。白丸: 予期的姿勢調節開始直前。赤丸: 予期的姿勢調節。青丸: 上肢挙上。緑丸: リーチング時。前肢挙上時とリーチング時の垂直圧力中心の座標はほぼ等しい。また、予期的姿勢調節時の圧力中心座標はリーチング時の対側に向かっていく。

2. ネコ前肢リーチングに伴う姿勢制御 (旭川医大)

前肢の餌取りリーチングタスクを学習したネコの姿勢制御を前後肢に生じる床反力とビデオ画像を用いて解析し

た (図 2A)。ネコが一連の動作を開始すると、右前肢の床反力が微かに増加 (赤矢印) する (図 2B; RF)。これが予期的姿勢調節を反映する。その後、床反力は急速に減少し、対側肢の床反力は増加する (図 2B; LF)。予期的姿勢調節は前肢の挙上動作に 0.05 - 0.1 秒先行し、予期的姿勢調節から 0.6-0.8 秒でリーチングは終了する。4足動物では、床反力から算出される圧力中心 (Center of vertical pressure; CVP) が重心位置を反映する [5]。リーチング動作に伴う CVP の変化には次の特徴がある。① リーチングに伴う CVP は予期的姿勢調節の CVP (図 2D 赤丸) の逆方向に生じる。② 前肢挙上時の CVP 座標 (図 2D 青丸) はリーチング終了時の CVP 座標 (図 2D 緑丸) にほぼ等しい。これらの成績は、前肢リーチングに伴う予期的姿勢調節は動作の方向をコードしていること、そして、リーチングに伴う最終的な姿勢は前肢挙上時にほぼ終了することを示している。即ち、予期的姿勢調節の開始 (図 2C 黒↓) から前肢挙上 (図 2C 青↓) までの 0.3-0.5 秒間で随意運動に最適な姿勢の Forward model が生成されると考えられる。これらの特徴は異なる空間座標の標的に対するリーチング動作においても共通して認められたことから、自己身体と空間の認知情報に基づいて姿勢の Forward model を生成することが、予期的姿勢調節の認知的プロセスであると考えられる。

IV. まとめと展望

中隼らは、サルの姿勢-歩行制御に抗重力筋 (特に、脊柱起立筋) 活動が重要な役割を担うこと、そして、その活動は補足運動野ニューロンの発射に表現されていることを示した。青井ら (B02) との共同研究では、サルの歩行シミュレータに抗重力筋の筋シナジーを導入することによって4足歩行から2足歩行への遷移が可能になることを見出した [6]。従って、補足運動野による抗重力筋活動の制御が姿勢-歩行戦略の変更、起立姿勢の維持と2足歩行の遂行に重要な役割を持つことが構成論的に証明された。また、ネコのリーチング研究の成績は「予期的姿勢調節の本質は身体-空間認知情報に基づいて姿勢の Forward model を生成することである」を示した。この知見は認知的姿勢制御機構の理解に極めて大きな影響を及ぼすと考えられる。今後は姿勢と随意運動の制御における身体-空間認知情報の役割の解明を目指す。

REFERENCES

- [1] J. Massion, Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination, Prog. Neurobiol. 1982; 2: 68-93.
- [2] K. Takakusaki et al. Neurophysiology of gait; from spinal cord to the frontal lobe. Mov. Disord. 2013; 28: 1483-1491.
- [3] K. Takakusaki, et al. Neural substrates involved in the control of posture. Adv Robot 31:1-2, 2-23.
- [4] K. Keizer, HG. Kuypers. Distribution of corticospinal neurons with collaterals to the lower brain stem reticular formation in monkey (Macaca fascicularis). Exp Brain Res 1989;74:311-318.
- [5] J.M. Macpherson, F.B. Horak. Chapter 41. Posture. In; Principles of Neural Science (5th edition), pp.935-959, McGraw-Hill, 2013.
- [6] 大島朋広 他. 筋シナジー仮説に基づく二ホンザルの神経筋骨格モデルを用いた四足・二足歩行生成と歩容遷移. 2017 自律分散システムシンポジウム Preceding.

A03-1 研究項目の研究成果報告

鎌田恭輔

旭川医科大学 医学部 脳神経外科

Abstract—今年度は i) 課題により増加した HGA を認める電極をリアルタイムに検出・表示する脳機能マッピング方法を開発した。さらに本方法を脳腫瘍手術時の覚醒下手術に応用し、脳皮質電気刺激(ECS)を行わない言語機能局在法を報告した。ECSの結果と比較したところ HGA マッピングは、感度・特異度はともに 85%程度であった(passive mapping)。さらに同手術中に音声刺激 story listening 課題により誘発された HGA により側頭葉言語野を同定、同部位を 1Hz 頻度の電気刺激をすることで、機能的に結合している前頭葉言語野から皮質-皮質誘発電位(CCEP)を検出し、非侵襲的かつ安定した機能局在に成功した(Super-passive mapping)。また、てんかん患者において留置した硬膜下電極を用いて HGA マッピングを行い、運動機能の偏位を電気生理学的に証明した。さらに、4 例のてんかん症例では側頭葉底部機能にも着目し、視覚刺激認知機能局在を行った。文字、顔、無刺激(黒スクリーン)に関連した HGA マッピングのパターンの違いを明らかにした。Common Spatial Pattern (CSP)+Linear Discrimination Analysis (LDA)の組み合わせにより全例で上記 3 視覚刺激に対する脳機能パターンをほぼ 100%の確率で読み出した。

I. はじめに

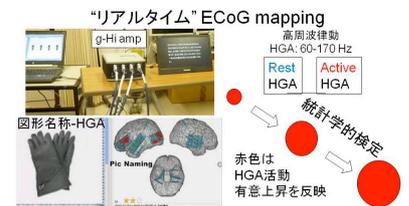
初年度は脳皮質電位(ECoG)をリアルタイムに周波数処理を行い、運動機能の読み取りに取り組んだ。ECoG は 100-500Hz の間の high gamma activity(HGA)の空間分布を Common Spatial Pattern(CSP)法とマルチクラス linear discriminate analysis (LDA)により、運動遂行、想起機能の読み取りを行った。この脳機能読み取り方法によりロボットアーム、ヒューマノイドを正確に操作できることを可能にした。この読み取り技術を用いて言語機能、視覚認知機能のマッピング、読み取りに取り組んだ。

II. 目的

難治性てんかん、脳腫瘍、脳卒中患者では、病的脳内変化にともない身体システム認知、および言語機能局在偏位することがある。言語・運動関連機能を ECoG, fMRI、および脳波を用いて関心周波数、潜時についてリアルタイム時間-周波数解析結果を表示する。さらに脳白質画像(tractography)、皮質-皮質誘発電位(Cortico-cortical evoked potential: CCEP)計測による脳内機能ネットワークを解明する。また、このリアルタイムマッピング法を覚醒下手術に応用して、より低侵襲なマッピング法を確立する。

III. 対象および方法

対象は難治性てんかん患者 10 名、脳腫瘍治療による覚醒下手術を行った 15 症例である。ノート型コンピュータにより音声、運動、視覚刺激出力システムとポータブル脳波計をコントロールすることで、外部ノイズの混入を防いだ。この一連の ECoG, EEG 計測システムによる HGA を含む関心周波数を表示し、上昇した周波数成分のある電極を赤丸で示すソフトウェアを開発した(Fig. 1)。Figure 1: Real-time ECoG mapping system, presenting visual stimuli and extracting HGA components.



課題は刺激システムから視覚・音声刺激が内部トリガーとともに出力され、脳波計を介して ECoG,

EEG と同期してコンピュータ内に保存した。250msec データ毎に周波数解析を行い、60-150Hz の HGA 解析を行い、安静時に比して課題時に $p < 0.05$ で有意に HGA が上昇した電極を赤丸表示した。直流ノイズ除去のため、同じ素材の電極を不関電極とした。さらに、音声刺激を受動的に聴くのみで活動した上側頭回を皮質電気刺激(ECS)により側頭葉言語野であることを確認した。また、同部位を 1Hz の 0.3msec 矩形波電気刺激により前頭葉言語野からの CCEP を検出し、ECS によりその機能局在を検証した。

側頭葉底部機能は ECS マッピングにより痛みを誘発することが多く、ECoG マッピング、および初年度に行った CSP/LDA 組み合わせによる二次視覚機能読み取りによる側頭葉底部機能検出法の確立を試みた^{1,3}。

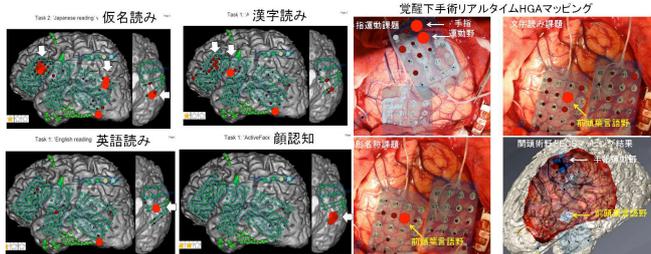
IV. 研究成果

A 受動的/超受動的言語機能マッピング法の確立と検証。

上述した ECoG マッピングシステムをベッドサイドおよび覚醒下手術に応用した(Fig 2, 3)。課題により誘発した HGA マッピング法を”受動的”機能マッピング²、聴覚誘発 HGA と CCEP は患者の協力不要で言語機能およびネットワークの把握が可能であり、”超受動的”機能マッピングとした⁴。受動的マッピングは主に前頭葉言語野の同定に適し、ECS による検証でベッドサイドマッピング/覚醒下手術時の結果の感度・特異度はそれぞれ

れ $90.11 \pm 11.2\% \cdot 90.1 \pm 4.2\% / 86.6 \pm 19.6 \cdot 87.6 \pm 6.7\%$ であった。覚醒下手術時に 85%以上の言語機能局在同定精度は臨床満足できるものであった。高い特異度は overestimation の傾向が少ないことを示している。

Figure 2: Passive mapping at Figure 3: Passive mapping

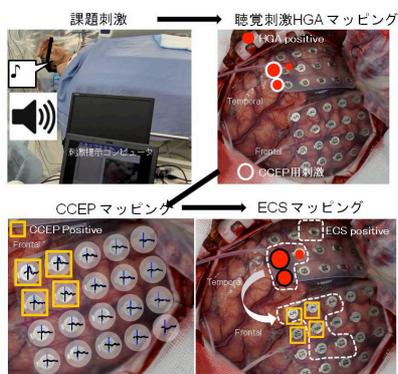


the bad-side for awake craniotomy

”超受動的”機能マッピングは患者が浅い麻酔深度+気管内挿管状態であっても言語機能マッピングを開発した (Fig 4)。

Figure 4: Super-passive language mapping: CCEPs show 2 deflections named as N1 and N2.

この方法では患者の協力、注意などが不要であり、側頭葉言語野から前頭葉言語野の機能分布を3分ほどの計測で終了する。側頭葉言語野には上側頭回、中側頭回後部に HGA を認め、潜時 30msec ほどの N1 と 100msec ほどの N2 を前頭葉言語野に認めた。N1 の出現部位を前頭葉言語野としたが、同定された CCEP の前頭葉・HGA の側頭葉言語野を ECS 結果と比較すると感度・特異度は 93.8%・95%、および 93.8%・83% で極めて高い一致率を示していた。



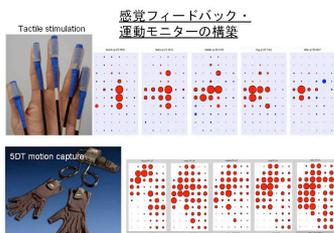
B Passive mapping による運動・感覚機能偏位の証明

一次運動野、感覚野に感覚機能局在のため運動モニターグローブ各指先用振動子を用いてリアルタイム HGA マッピングをおこなった (Fig.5)。

Figure 5 Motor-sensory map

また、ECS の検証により、HGA マッピングによる機能局在が行える。

皮質形成異常(FCD)による難治てんかん症例 (Fig. 6) : 運動野近傍部の FCD により 10 回/日てんかん発作あり。ECS を行わず、HGA マッピングを行った。



HGA マッピングでは FCD 下部運動野に活動を認めたが、FCD 部に正常 HGA はない。病巣を切除したして発作は消失した。機能偏位を電気生理学的証明した貴重な例である。

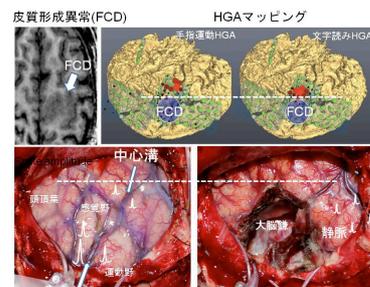
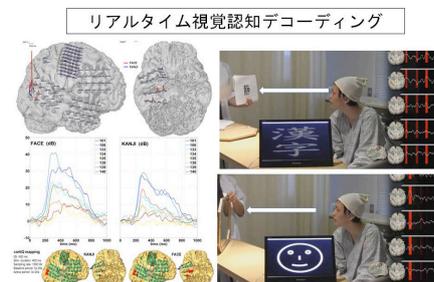


Figure 6: FCD and HGA mapping

C 視覚刺激認知機能局在と認知信号読み取り

側頭葉底部に留置により文字、顔、図形などの視覚刺激のリアルタイム HGA を行った。CSP により 40 パターンの反応テンプレートが作成し、ベスト 2、ワースト 2 パターンを選択して、LDA により文字、顔、無信号について視覚認知読み取りを行った (Fig. 7)。Fig.7 右図でリアルワールドにおける視覚認知 ECoG をリアルタイムに読みとった。読み取り率はほぼ 95%以上であり、コミュニケーション Brain computer interface (BMI) の開発に応用できる。

Figure 7 HGA mapping with visual stimuli and real-time decoding of visual stimuli by ECoG in real world.



おわりに

本年度はリアルタイム ECoG mapping により受動的言語機能マッピング法を確立した。さらにリアルワールドにおいて視覚知機能の読み取り、出力を可能とした。次年度はリアルタイム処理による脳波判読、視覚、触覚フィードバックを組み合わせて脳卒中患者リハビリテーションへ応用する。また、リアルタイム fMRI, 読み取り、アバター操作などのフィードバックへも応用する。

References

1. Kapeller C, Schneider C, Kamada K, et al: Single trial detection of hand poses in human ECoG using CSP based feature extraction. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2014:4599-4602**, 2014
2. Ogawa H, Kamada K, Kapeller C, et al: Rapid and minimum invasive functional brain mapping by real-time visualization of high gamma activity during awake craniotomy. **World Neurosurg 82:912 e911-910**, 2014
3. Prueckl R, Kapeller C, Kamada K, et al: Distinction of individual finger responses in somatosensory cortex using ECoG high-gamma activation mapping. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2015:5760-5763**, 2015
4. Tamura Y, Ogawa H, Kapeller C, et al: Passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy. **J Neurosurg 125:1580-1588**, 2016

A03-2 研究項目の研究成果報告

吉村 奈津江

東京工業大学 科学技術創成研究院

Abstract—本研究項目では、非侵襲的脳活動計測手法を用いて手や足の運動に関する脳内情報処理過程と筋肉の協調活動（筋シナジー）を可視化することを目的としている。この可視化技術を確立することで、短長期的な運動学習による脳内情報処理や筋シナジー体系の変容を直感的に捉えることができ、効果的なリハビリ介入にも応用可能と考えている。今年度は、班間連携および国際連携を通して、シナジー解析に適した指運動に焦点をシフトした。指運動中に記録した脳波および筋電信号を用いて、脳波を用いた指運動デコーディング解析と、腕の深層部に位置する指の筋電信号推定法確立に向けた取り組みを行った。指の筋電信号推定については、University of California, San Diego 校との国際連携を推進し、汎用化を目的とした MRI 画像処理ソフトの開発も行った。

I. はじめに

研究代表者はこれまでに、手首の屈伸運動中の脳波を計測し、脳波から脳内に仮定した脳波信号源の電流信号を推定することを通して、手首運動に関する 2 つの筋肉の筋活動信号の推定に成功した[1]。この技術を用いれば、脳活動信号と筋電信号を関連づけることができるため、筋シナジーがどのように脳内で表現し得るかを検証することができると考えている。

II. 目的

本研究項目の具体的な目的は、脳波や機能的核磁気共鳴画像法 (fMRI) などの非侵襲的脳活動計測手法を用いて、手や足の運動に関する情報が脳内でどのように表現され、筋電信号から推定できる筋シナジーとどのように関連しているかを検証および可視化することである。

III. 研究成果

本年度は、指運動に焦点をシフトし、以下の取組みを行った。指運動は、運動の自由度が大きいこと、各運動に関連する筋肉の活動度が複雑で明らかになっていないこと、指の筋肉が腕の深層部に位置している場合が多く分離が難しいこと、などの理由でシナジー解析に適していると考えられる。

A. 指の到達運動中の脳波・筋電信号解析と国際連携

脳波解析ツールボックス EEGLAB [2] の開発拠点である University of California, San Diego 校 (UCSD), Swartz Center for Computational Neuroscience (SCCN) との国際連携において、128 チャンネルの脳波と 96 チャンネルの筋電信号を同時計測できる環境 (Biosemi 製 Active Two System) を有する SCCN にて実験を行った。パソコン画

面中央に表示されたカーソルを、タッチパッドによる人差し指の操作により 8 方向 (図 1) いずれかのターゲットに移動させるタスクを行う際の脳波および筋電信号をサンプリング周波数 2048Hz で記録した。筋電信号電極の配置は、B 節で後述する筋電信号逆問題を解くことを目的とし、筋肉上に電極を配置するのではなく、図 1 に示すようなバンドに電極を均等に配置して信号を記録した。

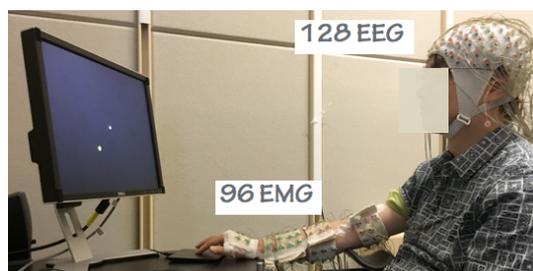


図 1. 実験の状況

脳波信号は EEGLAB を用いて 1-60Hz のバンドパスフィルタをかけた後、128Hz にダウンサンプリングおよび Common average reference 処理を行った後に、独立成分分析 (Adaptive Mixture Independent Component Analysis: AMICA) を適用した。更に推定精度の指標となる Residual Variance (RV) の小さい独立成分について、Neuroelectromagnetic Forward Head Modeling Toolbox (NFT) を用いて脳波の逆問題を解くことでそれぞれの独立成分の脳内位置を特定した。なお、この解析に必要な解剖学的な核磁気共鳴画像 (MRI) も UCSD にて撮像した。その結果、RV 値の小さい成分は一次運動野、補足運動野、視覚関連領野といった、実験タスクに関連する領域に位置していることが確認された。

一方、記録した脳波に筋活動やシナジーパターンを表現するのに十分な情報が含まれているか確認するために、推定した独立成分全てを用いて、8 方向の運動方向の識別が行えるかどうかを Sparse Logistic Regression 法 (URL) を用いたパターン認識法により確認した。その結果、8 識別でチャンスレベルの 12.5% よりも有意に高い識別率が得られ、識別に最も高い貢献度で利用された独立成分は、RV 値の低い成分とほぼ一致し、最も貢献度の高い成分は一次運動野に位置するものであることが確認された (図 2 左)。従って、独立成分分析が運動関連情報の抽出を実現していることが示唆され、後述の B 節におけるシナジー解析に向けた取り組みをサポートする

結果となった。本成果は 2016 年 11 月 22 日に SCCN で開催された EEGLAB workshop と共催された MoBI Workshop にて発表した[3]。

筋電信号も同様に EEGLAB を用いて 20-200Hz のバンドパスフィルタをかけた後、512Hz にダウンサンプリングおよび Common average reference 処理を行った後に、AMICA を適用した。その結果、指の筋肉に応じた独立成分が見られることが確認された (図 3)。今後は脳波と同様に NFT を用いた逆問題を解く取組みを進める (B 節参照)。

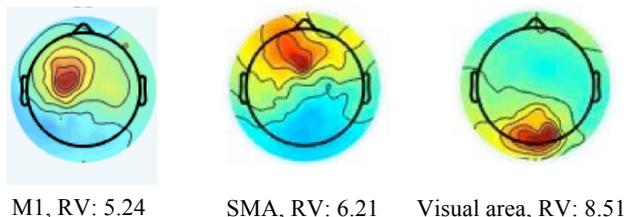


図 2. RV 値の低い独立成分

B. 腕深層部に位置する指の筋電信号推定 (逆問題) と 班間・国際連携

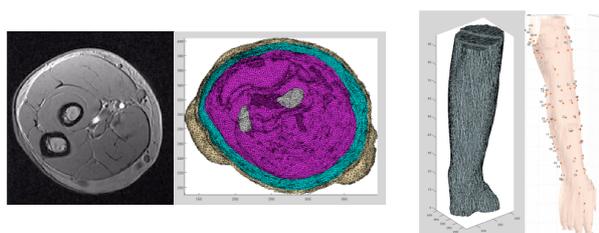


図 3. 高解像度 MRI 画像と腕モデル

指の筋肉は腕の深層部に位置するものも多く、皮膚に貼付した電極から記録された信号には目的とする指の筋肉以外の筋電信号が混在している。指の筋シナジー解析および脳波から指の筋活動推定を行うためには、各筋肉の信号を捉える必要があることから、腕の皮膚から記録した多電極の筋電図を用いて逆問題を解く取組みを行っている。この取組みは A02 班 (関、大屋、平島)、B02 班 (太田、白藤)、B03 (船戸)、C02 (花川) の各博士との班間連携を通して進めている。

筋電の逆問題を解くためには、脳波で行われている手法と同様に、解剖学的画像に基づいて皮膚、脂肪、筋肉、骨の境界線を特定した腕モデルが必要となる。そこで C02 班と連携し、高解像度の腕の解剖学的 MRI 画像の撮像条件を検討し、その画像を用いて腕モデルの作成を行った (図 3)。更に、上腕と前腕の MRI 画像を結合し、皮膚上に筋電電極の位置合わせを行うアプリケーションを開発した (図 4)。これは、腕や足の筋肉を対象

とした NFT の開発に向けて将来的に EEGLAB のプラグインに組み込む予定である。

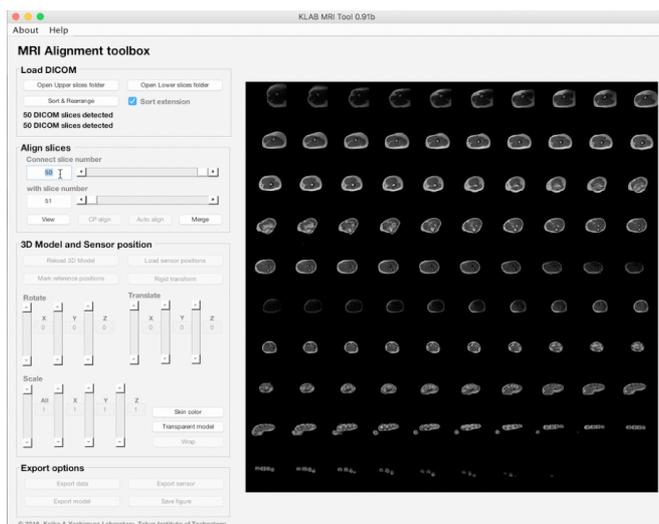


図 4. 腕 MRI 画像処理ソフト

C. その他の成果

今年度発表した以下の成果は、将来的にシナジーを用いたロボット操作やリハビリにつながるものである。

- Kawase T., Yoshimura N., Kambara H., and Koike Y., Controlling an electromyography-based power-assist device for the wrist using electroencephalography cortical currents, *Advanced robotics*, Vol. 31(1-2), pp. 88-96, 2016.

- Minati L., Yoshimura N., and Koike Y., Hybrid control of a vision-guided robot arm by EOG, EMG, EEG biosignals and head movement acquired via a consumer-grade wearable device, *IEEE Access*, Vol. 4, pp. 9528-9541, 2017.

- Yoshimura N., Okushita R., Aikawa H., Kambara H., Hanakawa T., and Koike Y., Classifying force level of hand grasping and opening using electroencephalography cortical currents, *International Brain-Computer Interface Meeting 2016*, California, USA, June 1, 2016.

IV. おわりに

本年度は指の筋シナジーと脳活動とを関連づける手法確立に向けた取組みを行った。今後はこの手法を確立し、シナジーの脳内表現の可視化を通して運動学習やリハビリテーションに活かす取組みを行う。

REFERENCES

- [1] Yoshimura et al., Reconstruction of flexor and extensor muscle activities from electroencephalography cortical currents, *Neuroimage*, 59, pp. 1324-1337, 2012.
- [2] EEGLAB: <https://scn.ucsd.edu/eeglab/>
- [3] N. Yoshimura, EMG/EEG signal source estimation during finger movements, MoBI Workshop, San Diego, USA, Nov. 22, 2016.

A03-4 研究項目の研究成果報告

松本理器

京都大学大学院医学研究科臨床神経学

Abstract—The implantation of subdural electrode grids over the fronto-parietal area for the presurgical evaluations of patients with partial epilepsy offers the rare opportunities to record neural activities with wide-band ECoG, and apply electrical stimulation (cortical mapping and connectivity mapping) to delineate the parieto-frontal network through the SLF III. Within the left network, functional differentiation was identified between the PMv (negative motor response) and PF (tool use pantomime impairment). Within the right network, we have started to explore the neural activity for self-consciousness. We are also investigating the fast – slow dynamics for the sense of agency in the patients undergoing resection of the brain tumor in the right SLF III network.

I. はじめに

難治部分てんかんの外科治療には、てんかん焦点の切除と同時に焦点周囲の脳機能の温存が大切であり、病態による機能可塑性を加味した包括的な脳機能マッピングが必要となる。てんかん焦点が機能野近傍に位置する場合や非侵襲的検索では焦点の同定が難しい場合、硬膜下電極の慢性留置による侵襲的術前評価を施行する。硬膜下電極を用いた臨床脳機能マッピングには、課題遂行中の脳活動計測（事象関連電位や高ガンマ活動計測）と高頻度皮質電気刺激が用いられる。疾病（病巣）研究では、一般に **slow dynamics** による脳機能可塑性（代償機構）を伴う慢性期の評価となる。皮質電気刺激の手法は、一過性（～5 秒）・限局性（～2 cm²）の介入により代償機構を伴わない **fast dynamics** による変容を評価する。特定の高次脳機能の課題遂行中に、急性介入することで、遂行に「必須」な皮質を同定できる。脳疾病による脳内身体表現の障害後の **slow dynamics** による代償メカニズムの解明には、正常状態の脳内身体表現マーカー同定と急性刺激介入時の身体認知・運動制御の変容の理解が欠かせない。

昨年度は、高頻度（代償を伴わない機能変容の定性的解析）に低頻度（皮質間結合解析）の皮質電気刺激を複合的に用いて、道具使用にかかわる左前頭葉・頭頂葉ネットワークの同定と領域特異的な変容様式を明らかにした。今年度は、A01-1 今水班、A02-1 内藤班との共同研究を進展させ、左右腹側前頭葉・頭頂葉が深く関与する道具使用(左半球)、身体意識・運動主体感(右半球)に焦点を当てた。臨床神経学へのフィードバックを視野にいて、複合的に脳活動計測と介入を用いて、前頭葉・頭頂葉連合野における脳内身体表現の神経機構とその変容

（急性の変容とその後の代償機構）の解明を目指した。

II. 目的

本研究計画は、てんかん外科の術前評価のために前頭・頭頂葉に硬膜下電極を慢性留置した患者で同意を得られた者を対象とする（京大医の倫理委員会 C533, 443）。てんかん外科の術前評価目的に記録する皮質脳波(ECoG)データから、直接の脳表記録で得られる優れた時間・空間分解能で課題中の脳律動を広域周波数帯域で計測した。上縦束第 III 枝(SLF III)がかかわる腹側前頭・頭頂葉ネットワークに焦点をあて、左優位半球では道具使用・到達把持運動・巧緻運動、そして右非優位半球では自己顔認知、運動錯覚にかかわる皮質活動を探索した。電気的線維追跡法である皮質皮質間誘発電位（cortico-cortical evoked potential: CCEP）の手法[1]を用いて、前頭葉・頭頂葉間の皮質間結合を明らかにし、ネットワークの結合様式を加味して、上述の脳機能にかかわる脳内身体表現マーカー候補の同定を試みた。左半球への電極留置症例では、課題中に高頻度皮質電気刺激で中核前頭・頭頂葉ネットワーク（単一領野ないし複数領野）に介入し、各領域およびネットワークレベルの代償の伴わない、**fast dynamics** の変容様式の同定をすすめた。右半球前頭頭頂葉病変の切除例では、運動主体感(Sense of Agency) 課題を術前・後に縦断的に評価し、責任領域の同定および **fast** から **slow dynamics** への変遷の過程の解明をめざした。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に3つ挙げ、概説する。

A. 道具使用・巧緻運動にかかわる左前頭葉・頭頂葉ネットワークの同定、fast dynamics による変容の解明

昨年度は、てんかん外科術前評価のため左前頭葉・頭頂葉に電極留置した難治部分てんかん患者 5 例において、臨床脳機能マッピングとしての高頻度皮質電気刺激を用いて、下頭頂葉の 54 電極（5 症例の総数）で道具使用マントパイク課題中の刺激介入を行った。縁上回前方の 12 電極では刺激中に道具使用パントマイムの遂行障害を認めた。解剖的には Jülich cytoarchitectonic atlas の PF 野に集簇していた[2]。電気的線維追跡法(CCEP)では、4 例で腹側前頭前野(PMv)と結合を示した。PMv への高頻度皮質刺激介入では陰性運動反応がみられ、行為関連

ネットワーク 2 領域(PMv-PF)の機能相違が示された。この結合はトラクトグラフィにて上縦束 SLF III と同定され、背側言語経路を担う弓状束とは異なり[3]、言語、行為のネットワークの独立性が示唆された。一方、今年度行った追加解析では、下頭頂小葉から側頭葉への CCEP にて、3 例においては下側頭回・底部への機能結合がみられた。側頭葉底部は、意味処理機能の存在が報告されるが(Lambon-Ralph MA et al., Nat Rev Neurosci, 2016)、左前頭・側頭葉の言語関連の皮質間結合を術中 CCEP で検討した我々の研究においても同部位の意味認知機能の存在が示唆され[4]、行為における意味機能へのアクセスが示唆された。

皮質脳波(EEG)では、1) 広域周波数帯域(緩電位から高ガンマ活動)の脳律動の計測、そして2) 高い信号雑音比から単一施行の活動の解析、が可能となる。我々は ECoG の特性を活かし、support vector machine を用いた中心前回運動野の高ガンマ活動からの同側上肢運動の decoding [5]や representational similarity analysis (RSA)による神経活動と理論モデルの相関解析から側頭葉前方領域が意味表象に特異的に関わることを明らかにした[6]。このような研究的背景から、道具使用・ジェスチャー模倣中の広域周波数帯域の神経活動からタスクの decoding を試み、decoder の重み付け情報から、行為関連ネットワーク内の機能分担を明らかにすることに着想した。A02-1 内藤班 廣瀬智士研究員との共同研究で、SVM, sparse logistic regression (SLR)の手法を導入し、4 名の計測データから、decoding で求められる‘重み’と、低頻度(ネットワーク解析)・高頻度(fast dynamics による変容)電気刺激結果を比較検討し、行為関連ネットワーク内のハブ・機能分担を検討している。

またこのように同定した行為ネットワークのハブ(腹側運動前野の陰性運動野)に対し、3 名を対象に課題に同期した電気刺激(高頻度、低電流)で介入し、運動の遅延、制御の変容(fast dynamics)の定量解析を3次元モーションキャプチャーシステムを用いて推し進めた。今後は腹側前頭頭頂ネットワーク内の2つのハブ領域に同時介入を行うことで代償を伴わないネットワークレベルでの変容様式の解明をめざす。

B. 身体・自己認識にかかわる右前頭葉・頭頂葉ネットワークの同定と fast dynamics による変容の解明

研究計画班 A02-1 内藤班と共同研究を開始し、研究報告 A と同様の手法(ECoG からの広帯域脳律動計測・解析、高頻度刺激による急性介入)を用いて、身体・自己認識にかかわる右前頭葉・頭頂葉ネットワーク、脳内表現マーカーの同定、fast dynamics による変容の解明に着手した。自己と他人の顔の識別、振動刺激による運動錯覚時の SLFIII ネットワークの脳律動の動態、そして高頻度刺激における介入時の変容を検討した。今後は、症例を蓄積して解析を予定する。

C. 運動主体感の代償機転の解明：脳病態・脳切除における fast から slow dynamics への遷移の検討

連携研究者の吉田和道先生との密な連携のもと、研究計画班 A01-1 班の今水寛先生、前田貴記先生との共同研究を継続した。右頭頂葉・島皮質の部位に脳腫瘍などの病変がある患者4例を対象に、手術前後に運動主体感を Keio method を用いて定量的に計測し、術後の運動主体感の変容(代償機転)を、急性期(fast dynamics)から亜急性期(slow dynamics)への遷移に焦点をあてて検討した。予備的結果からは、運動主体感については動的変容が認められ、切除部位が運動主体感の責任領域と示唆された。今後は、症例を蓄積し、運動主体感の定量的評価と resting state fMRI (rsfMRI)によるネットワーク解析を術前後に縦断的に施行し、運動主体感にかかわる右半球ネットワークの動的遷移(機能代償)の解明をめざす。

IV. おわりに

本公募研究では、ヒトの腹側前頭葉・頭頂葉ネットワーク(SLFIII ネットワーク)に焦点をあてて、左優位半球では道具使用などの行為、右非優位半球では身体・自己意識と運動主体感にかかわる脳内身体マーカー候補(脳律動)と fast dynamics による変容の解明を推進した。今後は、研究計画班との共同研究で導入できた新規手法(デコーディング、脳外科症例での Keio Method・rsfMRI での縦断的評価)を統合的に取り入れ、臨床神経科学への feedback を視野に入れ、機能変容の fast から slow dynamics への遷移(代償機転)の解明をめざす。臨床システム神経科学の観点からの知見は、システム工学によるモデル構築・検証やリハビリ介入による長期的変容(代償)の重要な参照データとして「身体性システム科学」の体系化へ貢献が期待される。

References

- [1] Matsumoto R, Kunieda T, Nair D. Single pulse electrical stimulation to probe functional and pathological connectivity in epilepsy (review). Seizure 44:27-36 2017
- [2] Shimotake A, Matsumoto R, Kobayashi K, et al. Functional mapping of praxis: Electrical cortical stimulation study. The 39th annual meeting of the Japan neuroscience society, 2016
- [3] Yamao Y, Suzuki K, Kunieda Y, Matsumoto R, et al. Clinical impact of intraoperative CCEP monitoring in evaluating the dorsal language white matter pathway. Hum Brain Mapp, in press, 2017
- [4] Nakae T, Matsumoto R, Kunieda T, et al. Probing the ventral fronto-temporal pathway in the language dominant hemisphere - an intraoperative cortico-cortical evoked potential study. Program No. 302.04. Society for Neuroscience, 2016. Online (abstract)
- [5] Fujiwara Y, Matsumoto R, Ikeda A, et al. Neural pattern similarity between contra- and ipsilateral movements in high-frequency band of human electrocorticograms. Neuroimage 147:302-313, 2017
- [6] Chen Y, Shimotake A, Matsumoto R, et al. The ‘when’ and ‘where’ of semantic coding in the anterior temporal lobe: temporal representational similarity analysis of electrocorticogram data. Cortex 79: 1-13, 2016
- [7] Sakamoto M, Matsumoto R, Shimotake A, et al.: Role of left ventral precentral gyrus in apraxia of speech: documents with electrical cortical stimulation and focal resection. The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EMBOSS2016), 東京, 2016/5/8-9.

A03-5 研究項目の研究成果報告

尾崎 弘展、 植田 禎史、 宮田 麻理子
東京女子医科大学 医学部 第一生理学講座

Abstract—存在しないはずの腕が痛むといった幻肢痛の神経基盤には、「感覚入力を失った神経経路が切断後もある程度維持されている」という可能性があると考えられる。我々はこの仮説を検証するため、感覚入力を遮断した神経回路選択的に刺激する手法を開発した。その手法を用いてヒゲ感覚入力を遮断したマウスの残存ヒゲ感覚経路を刺激したところ、感覚入力遮断されてもその経路が保存されていることが確認された。また、そういった成熟神経回路が維持される分子メカニズムを解明するとともに、B01 矢野博士とともに神経回路が成熟する過程の数理モデルの構築にも取り組んだ。さらに、感覚入力遮断により「痛み」関連領域の活動が上昇することも確認した。これらの結果は「幻肢」および「幻肢痛」が発症するメカニズムの解明に繋がることが期待される。

I. はじめに

上肢の切断などによって末梢神経が損傷を受けると、無いはずの腕を感じる「幻肢」と呼ばれる現象が起き、さらに痛みを伴う「幻肢痛」と呼ばれる現象が起きることが知られている。その神経基盤として大脳皮質レベルで大規模な受容野改編があると考えられているが[1]、損傷を受けた神経経路がどのように残存し変化しているのか分かっていないため、受容野改編がどのように起こっているのかという神経基盤は明らかになっておらず、「幻肢痛」の発症メカニズムは未解明のままである。

II. 目的

本研究の目的は、損傷を受けた神経経路を光遺伝学により可視化および刺激することで受容野改編のメカニズムを明らかにし、なぜ「幻肢」および「幻肢痛」という現象が起こるのか、その神経基盤を明らかにすることである。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に3つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 損傷神経経路の選択的制御

損傷神経経路がどのように変化するかを調べるため、光遺伝学的手法を用いることで、損傷神経経路を選択的に活動させる実験系を立ち上げた。具体的には、ヒゲ感覚由来の内側毛帯線維選択的にチャンネルロドプシン(ChR2)を発現させ、その経路のみを光刺激することを可能とした。そして、ヒゲ感覚神経である三叉神経第二枝を遮断し、切断後の大脳皮質ヒゲ感覚領域の変化を in

vivo イメージングシステムにより計測した。その結果、ヒゲ感覚を遮断した動物においても、損傷経路は維持されていることが分かった[2] (Fig. 1)。

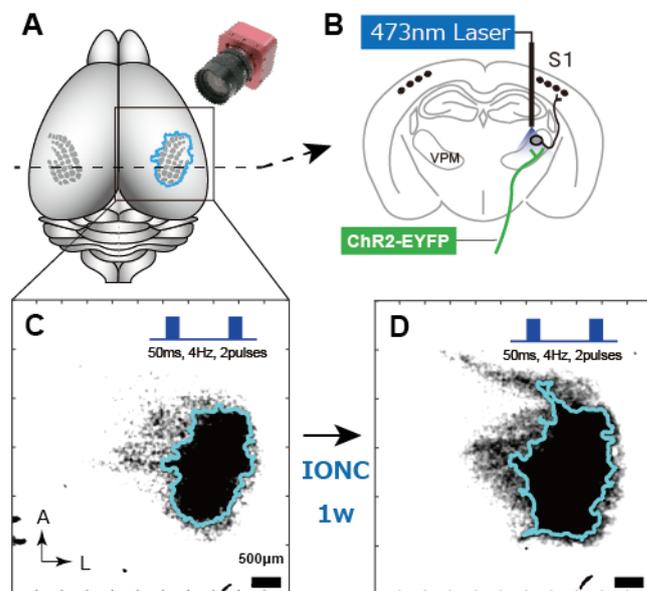


Fig. 1. ヒゲ感覚由来の内側毛帯線維を選択的に活性化し観察. A マウス大脳皮質ヒゲ感覚領域 (パレル皮質) を観察. B ヒゲ感覚由来の内側毛帯線維にチャンネルロドプシン ChR2 を発現させ、レーザーにより刺激. C, D 神経損傷後 1 週間後のパレル皮質の活動領域 (D 青線) は、損傷前と比べ縮小していない (C 青線).

B. 成熟した神経回路を維持するための分子メカニズムの解明

未成熟な神経回路は生後発達期に、外界からの刺激により、1. 不要なシナプスの刈り込み、2. 残存シナプスの強化といった過程を経て、成熟した神経回路へと可塑的变化を起こすことが知られている。しかし、そのような成熟した神経回路がどのように維持されているのかは解明されていなかった。研究代表者らのグループは、代謝型グルタミン酸受容体 1 型 (mGluR1) というタンパク質が成熟神経回路の維持に働いていることを解明した[3]。また、神経回路が成熟していく過程を計算論的に説明するため、体部位情報を可視化した遺伝子改変マウスを用いて B01 矢野班と共同で神経回路が成熟する過程を形態学的に観察し、モデル化することにも成功した。神経線維終末の大きさの対数を計算した量は、正規分布に従うことがモデルから予想される。この正規分布の平

均を Scale 変数, 標準偏差を Shape 変数として各齢の変化を定量化した (Fig.2)。

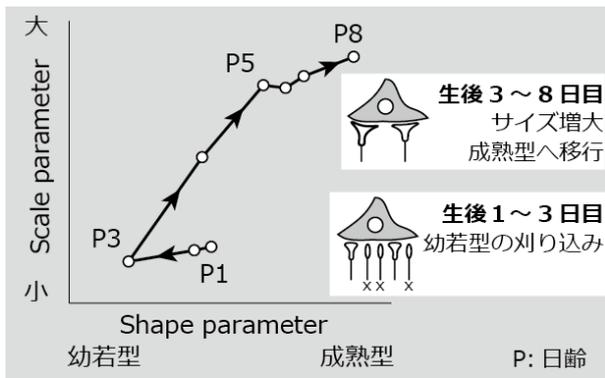


Fig. 2. ヒゲ感覚由来の内側毛帯神経線維終末の生後発達に伴う形態変化の数理モデル化。矢野博士 (B01) との共同研究。

C. 感覚神経損傷によりなぜ痛みが誘発されるのか

「幻肢痛」では感覚入力が見失われているにもかかわらず、なぜその部位に「痛み」を感じるのか。そのメカニズムは全く分かっていない。研究代表者のグループは、遺伝子改変マウスを用いて体部位情報の可視化し、体部位情報が神経損傷によってどのように変化するかを形態学的に調べた。その結果、ヒゲ感覚入力を神経損傷により遮断すると、下顎などのヒゲ以外の感覚入力が見失われることを視床レベルで確認した。同時に視床における体部位情報の変化を電気生理学的に調べた結果、本来ヒゲ領域に受容野をもつ細胞が下顎刺激に対して応答することも併せて確認した。さらにヒゲ神経損傷マウスは下顎刺激に対して忌避行動を誘発しやすくなることも分かった[4]。では、痛みに関連した領域の活動が神経損傷によって上昇してくるのだろうか。このことを確かめるため、in vivo イメージングシステムを用い、神経損傷に伴う活性化部位を可視化した(Fig. 3)。この活性化部位(Dysgranular 領域)は、髭パッドに注入したカプサイシンによっても活性化することを、神経活動マーカーである c-Fos による形態学的手法においても確認し、「痛み」に関連した領域であることが示唆された。

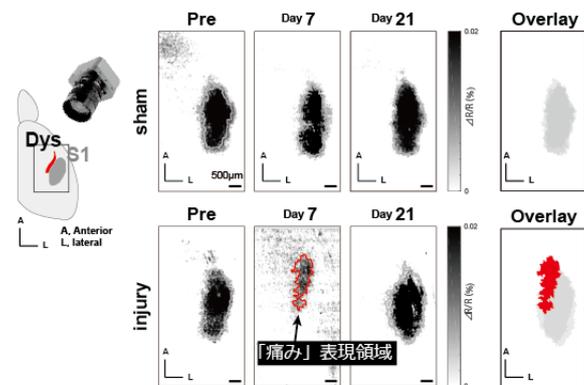


Fig. 3. 末梢神経損傷によって「痛み」表現領域が活性化される様子を可視化

IV. おわりに

最後に本年度の成果をまとめ、次年度以降の展望を述べる。

損傷神経経路は損傷後も維持されていることが光遺伝学的手法を用いた実験により確認された。この結果は、上肢切断によって「幻肢」が引き起こされた状態において、「感覚入力を失った残存神経経路が切断後もある程度維持されている」という可能性を裏付けている。主な感覚入力を失った神経回路がどのように維持されているのかを、今後さらに検討することで、「幻肢」が誘発されるメカニズムを明らかにできることが期待される。

また、成熟神経回路が維持されるため必要な分子メカニズムを明らかになったことで、幻肢という症状を緩和するためにこれら分子メカニズムを応用して感覚入力が見失われた神経回路を維持されないようにするといったことも可能であり、新たな治療法に繋がる可能性がある。

さらに、感覚神経損傷によって「痛み」に関連した領域が活性化することが動物実験レベルで確認できた。この領域はヒト 3a 野に相当すると考えられ[5]、「幻肢痛」などの発症メカニズムを調べる上で重要な意義があり、今後、感覚神経損傷による「痛み」の発症メカニズムを調べ、その制御法の開発に繋げていく予定である。

REFERENCES

- [1] H. Flor, "Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment," *The Lancet Neurology*, Vol.1, No. 3, p182-189, 2002
- [2] 尾崎弘展、宮田麻理子、"一次体性感覚野の変容過程," *Clinical Neuroscience*, Vol. 35, No. 2, p163-165, 2017
- [3] M. Narushima, M. Uchigashima, Y. Yagasaki, T. Harada, Y. Nagumo, N. Uesaka, K. Hashimoto, A. Aiba, M. Watanabe, M. Miyata* and M. Kano*. *Corresponding author, "Type 1 Metabotropic Glutamate Receptor Mediates Experience-Dependent Maintenance of Mature Synaptic Connectivity in the Visual Thalamus," *Neuron*, Sep 7; Vol.91, No. 5, p1097-109, 2016
- [4] Y. Takeuchi, H. Osaki, Y. Yagasaki, Y. Katayama, and M. Miyata, "Afferent fiber remodeling in the somatosensory thalamus of mice as a neural basis of somatotopic reorganization in the brain and ectopic mechanical hypersensitivity after peripheral sensory nerve injury," *eNeuro*, 2017 in press
- [5] D. Friedman, E. Jones, "Thalamic input to areas 3a and 2 in monkeys," *J. Neurophysiology*, 1981, Vol. 45, No. 1, p59-85

A03-6 研究項目の研究成果報告

吉田 正俊

生理学研究所・認知行動発達研究部門

I. はじめに

半側空間無視とは、主に右大脳半球の損傷によって引き起こされる、損傷対側の空間の感覚刺激に対する反応が低下する現象のことを指す。半側空間無視は感覚障害や運動障害によっては説明できない認知的障害である。近年の研究から、半側空間無視は脳の限局した部分の障害というよりは、注意の背側・腹側注意経路の失調であると考えられるようになってきた[1]。

II. 目的

半側空間無視の脳内メカニズムの解明のためには動物モデルの開発が重要であるが、半側空間無視の動物モデルはまだ確立していない。近年の解剖学や機能イメージングの研究からは、マカクザルにも注意の背側経路と腹側経路に相同な神経経路があることが示唆されている[2], [3]。そこで本研究は以下を目的とする：A) マカクザルでの腹側注意経路の相同部位を損傷させることによって半側空間無視の動物モデルを確立する。B) 視線と頭部のトラッキングを用いて、動物モデルで網膜中心座標、頭部中心座標での処理がどのように影響を受けているかを解明する。C) そして機能的MRイメージング法を用いて、無視症状の発現と回復過程が注意経路の機能障害と関連しているか検証する。

III. 研究成果

A. 注意経路への損傷による半側空間無視モデルの作成

研究代表者らのグループは、注意の腹側注意経路の一部である右上側頭回(STG)へ損傷を加えて、注意機能への影響を定量化した。昨年2頭のニホンザルに加えて本年度はさらに2頭のサルで損傷実験を行った。損傷後に撮影したMR構造画像では、すべてのサルにおいて右STGに損傷が限局していることを確認した(Fig.1)。

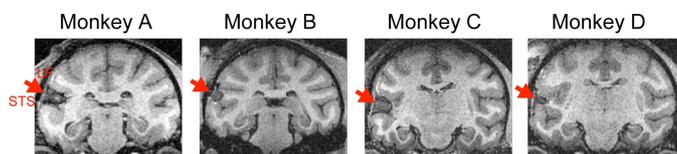


Fig. 1. 4頭のサルでの損傷部位でのMR構造画像。撮影機器: Siemens Allegra 3T, 撮像シーケンス: MPRAGE3D; 解像度: 0.5mm * 0.5mm * 0.5mm voxel. LF: lateral fissure, STS: superior temporal sulcus

行動評価としてヒト患者で用いられる線分抹消課題を動物用にアレンジした target-choice task を用いた

(Fig.2A)。動物は頭部無拘束下で、複数のアイテムの中から報酬と結びついた標的的刺激を選択する。Target-choice task において損傷対側の標的的刺激に対する正答率は損傷後 1-2 週間後までは低下したが、それ以降は術前と同じレベルに戻った(Fig.2B)。一方、損傷対側の標的的刺激に対する応答潜時は有意に延長していた(Fig.2C)。以上のことは右 STG 損傷後 3 ヶ月にわたって空間無視の症状が持続していることを示唆している。

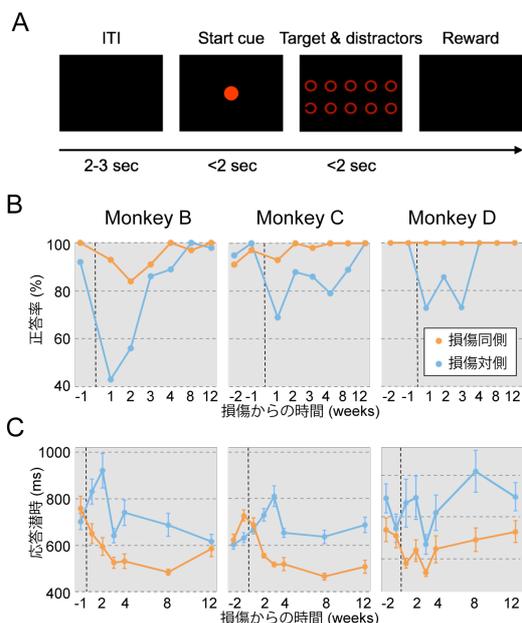


Fig. 2. Target-choice task の結果。(A) 課題シーケンス。左側が欠けた円弧が標的的刺激。(B,C) 行動成績。正答率(B)および反応潜時(C)を損傷前後の時期ごとにプロットした。

B. 視線計測と頭部のトラッキング

研究代表者らのグループは、同じ動物において視線と頭部のトラッキングを行った。半側空間無視患者ではディスプレイ上の画像を見ているときの視線位置および頭部角度が損傷同側に偏位することが知られている[4]。これが損傷動物でも再現されるかどうか検証した。Tobii社 TX300 を用いて頭部無拘束下で視線位置(gaze)、頭部角度(head)を計測した。眼球角度は $eye = gaze - head$ の式で計算した。3頭のサルで損傷前後に静止画像を見ている間の計測を行ったところ、Monkey B では損傷後3ヶ月にわたって視線位置が損傷側と同側に偏位することを見出した(Fig.3 左)。一方、頭部角度の偏位は損傷直後で見られ(Fig.3 中)、眼球角度の偏位は損傷3週間後からみられた(Fig.3 右)。同様な結果は他の2頭からも得られた。

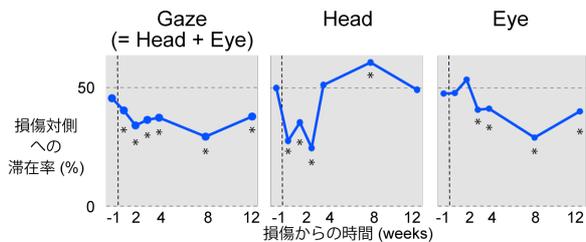


Fig. 3. Monkey B での視線・頭部トラッキングの結果。(左)視線が損傷対側に滞在する時間の比率を損傷前後の時期ごとにプロットした。同様に頭部角度(中)および眼球角度(右)についてもプロットした。

以上の結果は半側空間無視における頭部-眼球の協調関係が症状からの回復過程において変動していることを示しており、身体図式の計算論的モデルの構築にとって重要な知見を得ることができた。

本研究では(A)および(B)の結果から、効果器に依らず無視症状が見出すことに成功した。よってこの症状は運動障害では説明できない。また、本結果は頭部無拘束下で得られたことから、この症状は視覚障害では説明できない。よって本研究は右 STG 損傷によってサル半側空間無視モデルの確立に成功したと結論づける。

C. 機能的 MR イメージング法による検討

研究代表者らのグループは、連携研究者である生理学研究所・心理生理部門 福永雅喜准教授とともに、機能的 MR イメージング法を用いて半側空間無視モデル動物での安静時脳活動(rsfMRI)を計測した。1%イソフルレン麻酔下[5]でエコープラナー法(EPI)によって BOLD 活動を記録した。背側注意経路の機能的結合を定量化するため、前頭眼野(frontal eye field, FEF)と頭頂連合野に属する LIP 野との間で BOLD 活動の時間的変動の相関を計算した。

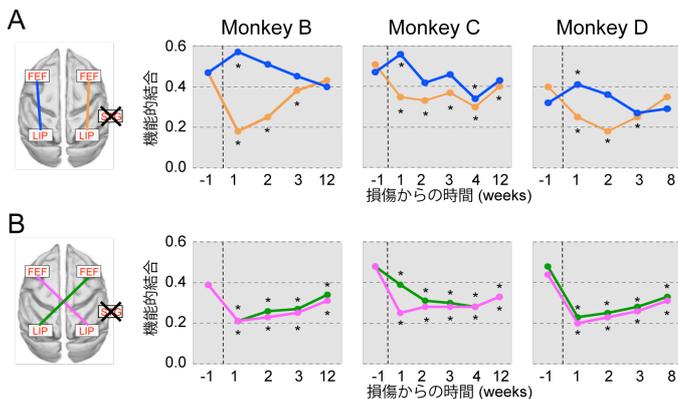


Fig. 4. 3頭のサルでの rsfMRI の結果。背側注意経路の半球内(A)および半球間(B)での機能的結合を損傷前後の時期ごとにプロットした。

機能的結合の値を損傷前後で比較したところ、損傷同側の FEF と損傷同側の LIP の機能的結合は損傷後 2 週間にわたって低下したが再び損傷前のレベルに戻った (Fig.4A, オレンジ)。損傷対側の FEF と損傷対側の LIP の機能的結合は損傷後 1 週間でのみ上昇した (Fig.4A, 青)。

損傷同側の FEF と損傷対側の LIP の機能的結合、および損傷対側の FEF と損傷同側の LIP の機能的結合は損傷後 3 ヶ月以上低下し続けた (Fig.4B)。これらの結果は損傷後の急性期には損傷同側内の背側注意経路の機能的結合の低下と損傷対側内の背側注意経路の機能的結合の上昇という不均衡が起きたことを示唆している (Fig.5 中)。一方で慢性期には、損傷同側の背側注意経路と損傷対側の背側注意経路の間で半球間の相互作用の低下が起きたことを示唆している (Fig.5 右)。

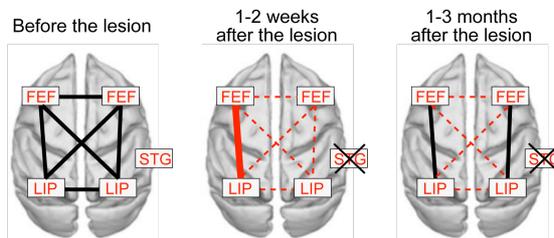


Fig. 5. rsfMRI 実験の結果のまとめ。赤い太線は機能的結合の上昇を、赤い細線は機能的結合の低下を表す。

IV. おわりに

本研究はニホンザル右 STG の損傷によって、ヒト半側空間無視でみられる症状を再現することに成功するとともに、機能イメージングの結果からは無視症状の発現および回復過程と並行して背側注意経路での機能的結合の変動が起きていることが明らかになった。今後はさらに注意の機能を解明するために研究代表者がサル用に開発したボズナー課題[6]やサリエンシー計算論モデル[7]に基づいた解析をモデル動物に応用する。神経生理学的手法を用いて神経メカニズムを明らかにするとともに微小電気刺激や薬理学的手法などの回路操作によって機能補償が可能か検証する。

REFERENCES

- [1] M. Corbetta and G. L. Shulman, "Spatial neglect and attention networks.," *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 34, pp. 569–599, 2011.
- [2] J. D. Schmahmann, D. N. Pandya, R. Wang, G. Dai, H. E. D'Arceuil, A. J. de Crespigny, and V. J. Wedeen, "Association fibre pathways of the brain: parallel observations from diffusion spectrum imaging and autoradiography," *Brain*, vol. 130, no. 3, pp. 630–653, Mar. 2007.
- [3] D. Mantini, M. Corbetta, G. L. Romani, G. A. Orban, and W. Vanduffel, "Evolutionarily Novel Functional Networks in the Human Brain?," *J Neurosci*, vol. 33, no. 8, pp. 3259–3275, Feb. 2013.
- [4] H.-O. Karnath and C. Rorden, "The anatomy of spatial neglect.," *Neuropsychologia*, vol. 50, no. 6, pp. 1010–1017, May 2012.
- [5] R. M. Hutchison, M. Hutchison, K. Y. Manning, R. S. Menon, and S. Everling, "Isoflurane induces dose-dependent alterations in the cortical connectivity profiles and dynamic properties of the brain's functional architecture.," *Hum. Brain Mapp.*, vol. 35, no. 12, pp. 5754–5775, Dec. 2014.
- [6] M. Yoshida, Z. M. Hafed, and T. Isa, "Informative cues facilitate saccadic localization in blindsight monkeys," *Front. Syst. Neurosci.*, vol. 11, 2017.
- [7] R. Veale, Z. M. Hafed, and M. Yoshida, "How is visual salience computed in the brain? Insights from behaviour, neurobiology and modelling," *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.*, vol. 372, no. 1714, p. 20160113, Jan. 2017.

A03-7 研究項目の研究成果報告

村田 弓

産業技術総合研究所人間情報研究部門

Abstract— We have investigated the mechanisms of functional recovery using a monkey model of cortical lesion, in which a focal lesion is induced in the primary motor cortex (M1). In the study reported here, we performed diffusion tensor imaging to investigate plastic changes of neuronal tracts, and found an increased fractional anisotropy value at the white matter underlying the ipsi-lesional ventral premotor area (ip-PMv). An anatomical tracer study indicated the newly-formed projections from ip-PMv to the magnocellular red nucleus is involved in functional compensation after M1 lesion. We also established a neuro-computational model that simulates a relationship between temporal changes of grip strategy and rate of successful retrieval. Moreover, to understand functional recovery mechanisms in a clinically more relevant model, we induce a focal stroke in the internal capsule, an area susceptible in human stroke patients. Gross movement improved, whereas impairment of dexterous hand movements remained until 3 months after stroke induction. A histological analysis indicated a decrease in the abundance of large neurons in M1 layer V, from which the descending motor tracts originate. Therefore, Wallerian degeneration and subsequent atrophy of M1 neurons may be involved in long-lasting impairment of dexterous movements including precision grip.

I. はじめに

脳損傷後の機能回復の背景には神経回路の可塑的变化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。私達は脳損傷後に行うリハビリテーション訓練（リハビリ訓練）が脳に与える影響を明らかにすることを目的として研究を行っている。これまでに、ヒトと脳や筋骨格構造が近いサルをモデル動物として、第一次運動野損傷後の回復過程を調べてきた。これまでの研究で、ヒトや一部のサルにしかできない、母指と人差し指の先端で把握する「精密把握（Precision grip）」の回復が、損傷後のリハビリ訓練によって促進することを明らかにした[1]。さらにリハビリ訓練による回復の背景として、失われた領域の機能を代償する神経活動の変化があることを解明した[2]。

II. 目的

本研究項目の目的は、局所的な損傷を第一次運動皮質に作成したサルを対象に、把握動作の回復過程と、動作回復の背景にある神経の変化を解明することである。さらに、より臨床に近い「内包脳卒中モデル」を確立し、このモデルを用いて脳損傷後の神経構造の変化を明らかにする。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に3つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 第一次運動皮質損傷モデルを用いた把握機能回復に関わる神経回路の変化の解明。

「第一次運動皮質損傷モデル」を用いて、損傷後の精密把握の回復の背景にある神経の可塑的变化を検証した。運動出力に重要な役割を持つ大脳皮質第一次運動野（M1）に神経毒を注入して神経細胞を破壊し、人工的に不可逆的な損傷を作成した。脳損傷後の回復に関わる神経回路の変化を調べるために、MRIを用いた拡散テンソルイメージングを行った。損傷前と後に複数回MRI撮像を行い、精密把握の回復過程でシグナルが増強される領域を検討した。さらにM1損傷後に精密把握が回復した個体を対象に、損傷半球運動前野腹側部に解剖学的トレーサーであるビオチン化デキストラミン（BDA）を投与した。M1損傷を行っていない対照個体と、BDA陽性軸索の比較を行い、精密把握の回復過程で生じる神経投射の再編成を評価した。本研究は理化学研究所の林先生、つくば国際大学の山本先生、産業技術総合研究所の肥後先生との共同研究により実施した。

その結果、拡散テンソルイメージングでは、損傷半球の運動前野腹側部下の白質において、FA（Fractional anisotropy）値の上昇が認められた。また、解剖学的トレーサーを用いた実験では、損傷半球運動前野腹側部から赤核への投射の増加が認められた。以上の結果から、損傷半球運動前野腹側部から皮質下の運動神経核に対して、新たな神経投射が形成される可能性が示された。

B. 数理モデルを用いた脳損傷後の把握機能過程の解析

「第一次運動皮質損傷モデル」の回復過程では、「一時的な成功率の低下」に伴って、代償的な把握から、健常個体でみられる精密把握への把握方法の変化が生じることが示されていた[1]。成功率と把握方法の関連性を再現する数理モデルを検討した。本研究は筑波大学の井澤先生との共同研究で行った。

運動野の神経活動群をコンピューター上で再現し、再現した神経活動群の一部を壊した。神経活動の破壊後にリハビリテーショントレーニングによって把握動作が回復する過程について、強化学習と教師有り学習を組み合わせた学習モデルを用いたシミュレーションを行った。シミュレーションでは、精密把握と代償的な把握方法をそれぞれ別方向のベクトルとして表現した。その結果、脳損傷後のトレーニングが進むに従って、代償的な把握方法から、正常な精密把握へと回復する様子が再現できた。このシミュレーションによって、回復過程で見られる成功率の低下と把握方法の変化に、強化学習と教師あり学習の要素が関連している可能性が示唆された。

これまでのサルでの把握方法の行動解析は、運動機能を評価するためのテスト課題（5種の異なる大きさの孔を使用）中の動画を用いて行っていた。本年度はさらに、リハビリテーショントレーニング課題（1種類の大きさの孔を使用）の遂行中に把握方法がどのように変化するかについて解析を実施した。その結果、テスト課題だけでなく、トレーニング課題においても代償的な把握方法から精密把握へと、把握方法の変化が起きていることが分かった (Fig. 1)。

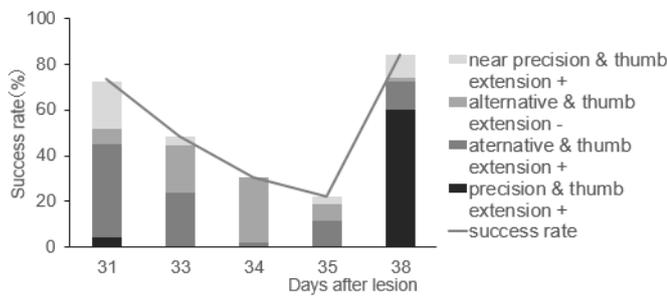


Fig. 1. Temporal changes of grip forms during training sessions

C. 内包脳卒中モデルにおける神経変化の解明.

「第一次運動皮質損傷モデル」は特定の脳領域のニューロンを不可逆的に破壊するため、脳損傷後の機能回復メカニズムを理解するための実験系として優れている一方、臨床の病態とは乖離があることが指摘されていた。そこで、脳卒中の好発部位である内包後脚に局所的な脳梗塞を作成した動物モデルを確立し、回復過程を調べた [3]。

第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管収縮作用を持つ薬剤 (Endothelin-1, 4198-v, Peptide Institute, Inc., 1.5 µg/µl, 15 tracks, 120 µl in total) を投与し、局所的な微小梗塞を作成した。梗塞後、数ヵ月間にわたって把握動作の回復過程を調べるとともに、MRI 画像を用いて損傷部の体積の変化を調べ、把握動作と損傷領域範囲の関連を調べた。

損傷直後は精密把握を含む手の運動に障害がみられた。T2 強調画像の高信号部位が内包後脚に認められたことから、薬剤による梗塞の結果、浮腫が生じて組織がダメージを受けていることが示唆された。MRI 画像の高信号部位は損傷後 2 週間から 1 ヶ月経過した時期には減少したのに対し、精密把握の使用頻度は回復しなかった。これらの結果から、画像上では確認できなくなっても、持続的な損傷が残存しており、協調した手の運動の遂行に影響を与えていると考えられる。

さらに、損傷による皮質への影響を調べるために、内包後脚に下行路を送っている第一次運動野の手領域周辺の神経細胞の大きさについて調べた。その結果、正常個体に比べて、内包梗塞個体では、第一次運動野の第 V 層の大型錐体細胞が減少していた。大型錐体細胞の減少は損傷後早期ではみられず、3 週以降、内包梗塞を作成した半球のみでみられた (ipsi-late in Fig. 2)。

以上の結果から、内包梗塞後、第一次運動野における大型の神経細胞が逆行性の障害により縮退し、その結果、把握機能に持続的な障害が生じると考えられる。

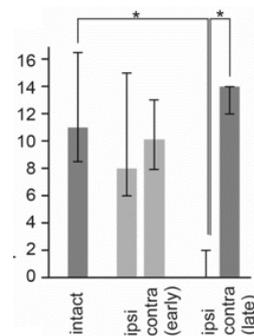


Fig. 2. The percentage of large pyramidal neurons (area >500 µm²) in M1

IV. おわりに

本年度は第一次運動皮質損傷動物モデルを対象に、把握機能の回復に関わる神経回路の可塑的变化を明らかにした。また、内包損傷モデルを用いて、損傷後に起こる皮質への影響について明らかにした。今後も、2つの損傷モデルを用いて、機能回復と神経の変化の関連性について詳細に解析していく。

REFERENCES

- [1] Y. Murata, N. Higo, T. Oishi, A. Yamashita, K. Matsuda, M. Hayashi, S. Yamane, "Effects of motor training on the recovery of manual dexterity after primary motor cortex lesion in macaque monkeys", *J Neurophysiol* 99 2008, pp. 773-786.
- [2] Y. Murata, N. Higo, T. Hayashi, Y. Nishimura, Y. Sugiyama, T. Oishi, H. Tsukada, T. Isa, H. Onoe, "Temporal plasticity involved in recovery from manual dexterity deficit after motor cortex lesion in macaque monkeys", *J Neurosci* 35 2015, pp. 84-95.
- [3] Y. Murata, N. Higo, "Development and Characterization of a Macaque Model of Focal Internal Capsular Infarcts", *Plos one* 2016, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0154752>.

B 班：システム工学

太田 順

東京大学 人工物工学研究センター

I. B 班の目的

B 班システム工学班では、領域に関連して得られた脳科学的知見（主に A 班研究者による）・リハビリテーション臨床的知見（主に C 班研究者による）を統合し、感覚-運動連関を実現する脳内身体表現の計算論的機能モデルの確立を目指している。研究項目 B01・B02 は、神経生理学的実験データ、リハビリテーション中の臨床データに基づき、脳内身体表現の活動(fast dynamics)と変容(slow dynamics)のダイナミクスを各々時定数の異なる力学系としてモデル化する（脳内身体表現モデル）。研究項目 B03 は公募班のための研究項目であり、新しい構成論的手法を指向している。

II. B 班の研究内容

B01 項目は、計画研究であり、身体認知からのアプローチを指向している。メンバー（研究代表者、研究分担者）は、浅間一（東大、研究代表者）、近藤 敏之（東農工大）、田中 宏和（北陸先端大）、矢野 史朗（東農工大）、井澤 淳（筑波大）である。

ここでは、感覚統合や運動企図が身体意識を修飾するメカニズムの構成論的解明および身体意識（身体保持感、運動主体感）のモデル化に取り組んでいる。

また、それらを定量化する生理的特徴量（マーカー）の同定を進めている。さらに、運動制御モデルの構築とそれに基づくモデルベースリハビリテーションの方法論について探究している。特に、身体意識のモデル化に向けて、ラバーハンド実験などに見られる感覚統合や高次の認知過程が身体意識に及ぼす影響を調査する心理実験を行い多くの成果を得ている。これにより、モデル構造の推定（どのパラメータが関連するか）、定式化、実データとの関連付けを行った。加えて、脳波の特徴量（信号源推定、準備電位、事象関連脱同期）が、運動企図・身体図式・身体意識を定量化する脳内身体表現マーカーになり得る可能性を検証した。さらには、空間ベクトル表現に基づく運動野神経活動の数理モデルや、統計的学習理論による統合失調症の計算論モデル構築を行い、実験データとモデルの整合性を評価するとともに、逆にモデルから推察される実験仮説を心理物理実験、脳計測実験により検証している。

B02 項目は、計画研究であり、運動制御からのアプローチを指向している。研究代表者、研究分担者のメンバーは、太田 順（東大、研究代表者）、青井 伸也（京

大）、千葉 龍介（旭川医大）である。この項目では、「運動における脳内身体表現の変容は筋シナジー制御の変容として表出する」ことを作業仮説として、ヒトやラットの実験に基づいた、筋シナジーベースの起立姿勢制御・歩行モデルの構築に取り組んでいる。

姿勢制御の fast dynamics に対し、感覚入力変容実験と筋骨格シミュレータを用いた姿勢制御モデルの構築を行った。感覚統合による運動生成メカニズムと筋緊張力の変化をモデル化し、ヒトへの実験とシミュレーションの結果を比較することでその妥当性を検証している。また、接地感覚情報に基づく筋シナジーの生成タイミングの反射的・学習的制御から、歩行の fast, slow dynamics モデルを提案している。特に、ラットの後肢左右分離型トレッドミル歩行を対象に、神経筋骨格モデルを用いた順動力学シミュレーションを行い、計測データと結果を比較することで、数理モデルの妥当性を検証すると共に、適応的な運動制御に寄与する筋シナジーの役割を調べている。

B03 項目は、公募研究である。ここでは、新しい構成論的手法による研究活動をしている。具体的内容は、筋シナジー構成（船戸 徹郎(電通大)）、人工拇指（長谷川 泰久(名大)）、人工筋・腱（細田 耕(大阪大)）、仮想身体（谷口 忠大(立命館大)）である。

B01,B02,B03 各項目の関係を図 1 に示す。

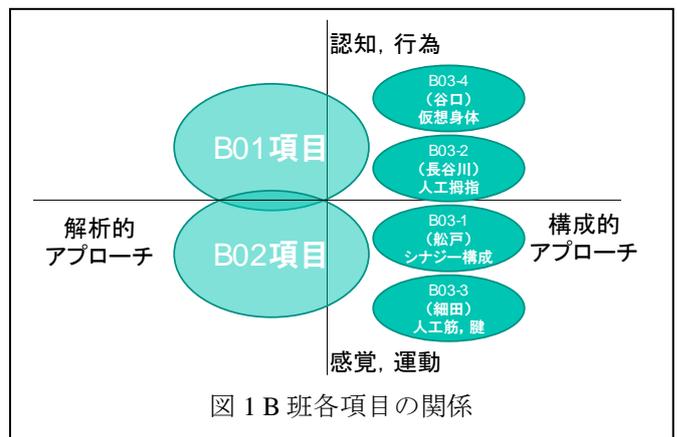


図 1 B 班各項目の関係

III. 領域全体の活動

B 班会議ならびに B 班メンバーを中心とした活動を以下に記す。

-会議名：計測自動制御学会 第 22 回創発システム・シンポジウム
日程：2016/8/24 -8/26
場所：長野県
内容：協賛. 基調講演（石黒），WS 講師（島）

-会議名：SICE Annual Conference 2016
日程：2016/9/20-9/23
場所：茨城県
内容：計測自動制御学会自律分散システム部会との共同 OS

-会議名：計測自動制御学会 ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016（LE2016）
日程：2016/11/3-5
場所：大阪府
内容：OS 企画

-会議名：B 班会議
日程：2016/11/29 午前
場所：愛知県
内容：中間評価報告（太田），発表（近藤，千葉）

-会議名：計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2016（SSI2016）
日程：2016/12/6-8
場所：滋賀県
内容：セッション企画

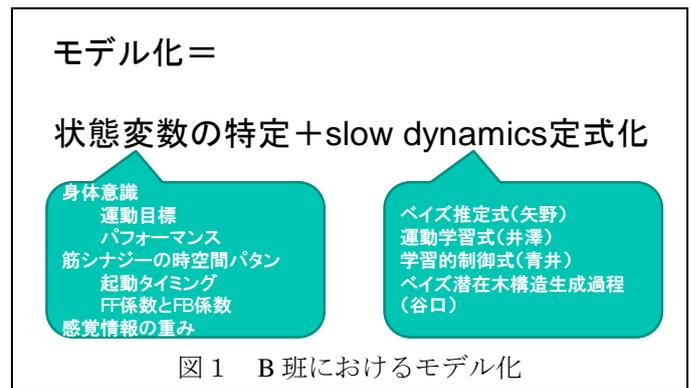
-会議名：計測自動制御学会 第 29 回自律分散システム・シンポジウム
日付：2017/1/30-31
場所：東京都
内容：OS 企画

-会議名：B 班会議
日程：2017/3 月末（予定）
場所：北海道
内容：発表と討論

IV. 今後の予定

2017 年度も引き続き B 班会議，B 班メンバーを中心とした学会活動（創発システム・シンポジウム，SICE Annual Conference，計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会，自律分散システム・シンポジウム等における企画）を行う予定である。

B 班におけるモデル化研究の方向性として，現状では，状態変数の特定，slow dynamics 定式化という 2 つの項目を，各研究者が各々のアプローチから研究を遂行している。それらの関係を図 2 に示す。今後は，これら 2 項目の統合とタスクに応じた脳内身体表現モデル化を目指す。



B01-1 研究項目の研究成果報告

浅間 一

東京大学 大学院工学系研究科

Abstract—Body consciousness such as sense of agency and sense of ownership is generated in real time based on the body representation in brain. This process can be called “fast dynamics.” On the other hand, the body representation is created, updated and transformed through perceptual and motion experience, which can be called “slow dynamics.” In this group, these dynamics on the process creating and updating body representation in brain related to body consciousness are investigated and modelled mathematically.

I. はじめに

運動主体感や身体保持感などの身体意識は、脳内身体表現に基づき実時間で創出される(Fast dynamics). 一方、脳内身体表現は知覚運動経験を通してゆっくりと生成・更新され、変容する(Slow dynamics). 研究項目 B01 では、この身体意識に関する脳内身体表現の生成・更新のダイナミクスのモデル化を行う。

II. 目的

本研究項目の具体的な目的は、身体意識の創出と脳内身体表現の変容の数理モデル化、認知身体マッピング器モデルの検証、およびモデルベーストリハビリテーションへの応用の検討である。図 1 に本研究における脳内身体表現の生成プロセスの概念と研究分担を示す。

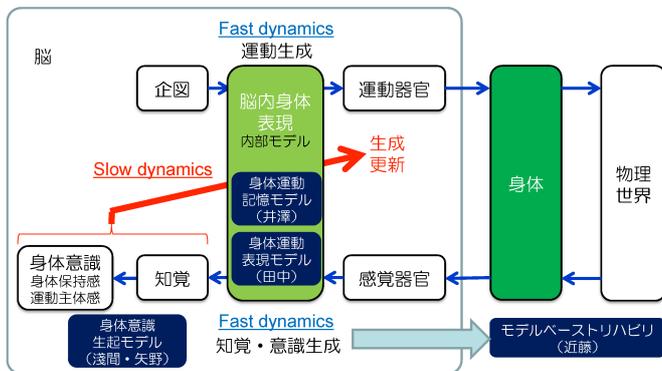


図 1 身体意識に基づく脳内身体表現の生成プロセス

III. 研究成果

本年度の具体的な成果の概要を以下に記す。

A. 身体意識の生起モデル

(1) スローダイナミクス発動に影響する身体意識の理解

研究代表者の浅間（東大）のグループは、身体意識が更新される際に、高次認知プロセスが知覚プロセスと

る影響について調べた。まず、運動主体感を生起させる課題を行わせる際に、課題のパフォーマンスが促進される条件において、自分の操作と刺激の変化の間の遅延に関する知覚を調べた結果、課題のパフォーマンスが促進された場合、実験参加者は外力の関与を感じたものの、遅延の知覚閾値が高くなった。以上から、運動主体感の感覚レベルの処理は、期待通りのパフォーマンスが得られるという高次認知プロセスより強い影響を受けていることが明らかになった。次に、身体意識が生じる際に注意の配分に関するプロセスについて行動実験および脳波実験を用いて調べた結果、運動主体感が喪失した場合、喪失の割合が極めて小さい場合でも注意を強く引き寄せ、脳波に大きな注意に関連する電位が見られた。さらに、身体意識が学習される場合、運動の生成・準備段階の脳活動の変化を調べ、身体意識の生成は感覚フィードバックの処理に影響するだけでなく、運動を生成する脳内身体表現にダイナミックな影響を与えることが明らかになった[1]。これらの研究成果は、脳内の身体モデル更新のダイナミックの理解に重要な知見である。

(2) 身体意識に基づく脳内身体表現変容のスローダイナミクスモデル

研究代表者の浅間（東大）のグループは、身体意識の生起に伴う脳内身体表現変容のスローダイナミクスモデルの検討を行った。ここでは、腕の長さ等が変化するダイナミクスに着目した。人間は身体動作を行った際、視覚や固有受容感覚などから得られるフィードバックを元に脳内身体表現を更新していくと考えられる。この更新ダイナミクスを検討するため、身体意識に関する条件を設定し視覚フィードバックに介入した被験者実験を行い、脳内身体表現の変容を測定した。実験の結果、人間が意識して操作する手に関する脳内身体表現は身体保持感、運動主体感のいずれかの生起に伴って変容するが、人間が意識していない肘に関する脳内身体表現は運動主体感の生起によってのみ変容することが明らかになった。加えて、実験結果をもとに基礎的なモデル化を行った。

(3) 身体意識発現の確率論的モデル

研究分担者の矢野（東京農工大）は、運動学習との関連という観点から運動主体感のモデル化を進めた。運動主体感の発生には、運動結果に関する予測モデルが必須である [2]。一方、ある種の初等的な運動の学習では、この予測モデルは必須ではない。これらの不一致を整理するために、予測モデルの不要な運動学習である直接方策探索に基づく強化学習手法の研究を行い[3]、運動学

習と運動主体感の関係について整理を行った。リハビリへの展開に向けて、運動学習と主体感がどのように関連するか理解を深めることは重要な役割を果たすと期待している。

また主体感と所有感の数理モデルから提案される実験的仮説を近藤グループと連携して検証した。具体的には、感覚情報の予測モデルをベイズ学習しているとした場合、事前分布の分散が大きいほど学習速度が大きくなるという仮説[4]である。学習速度の違いは、主体感あるいは所有感の時間変化の速度に反映されて観測されると考え、実証的な支持を得た。

B. 身体運動の脳内表現モデル

身体意識の理解には身体運動が脳内でどのように表現されているかの理解が不可欠である。研究分担者の田中（北陸先端大）は順モデルの入出力表現解明に向けて、A02 寛グループと共同で、小脳皮質・小脳核神経活動と大脳・小脳ループにおけるダイナミクス計算のモデル化に関して議論した[5]。小脳の計算論的役割を「大脳皮質での再帰的結合ダイナミクスを、小脳の順行的結合ダイナミクスで近似する」とし、再帰的結合ダイナミクスを順行的結合ダイナミクスで近似するメカニズムを議論した。この仮説に基づき、小脳苔状繊維・プルキンエ細胞・小脳核神経活動の解析を行っている。

加えて、非侵襲高密度脳波計測と新規信号解析法を用いてヒト脳内の身体運動表現と身体意識を調べた[6, 7]。まず、運動中の高密度脳波計測を用いて、サル電気生理実験で知られている運動方向選択性やその姿勢依存性を調べた。アーティファクト部分空間除去法・独立成分分析法・信号源推定法・因果的相互作用解析法といった信号解析法を適用し、サル電気生理実験と比較できる形で脳波信号源の運動方向選択性が見出せた。また、信号解析法では高密度脳波計測から繰り返して生じる成分を抽出する信号解析法を開発した。従来脳波解析では外部刺激や運動出力などのタイミングで試行平均する必要があったが、本手法では外部のタイミングに依らない脳波解析法である。運動意思や身体意識といった必ずしも外部事象と同期しない認知機能に特に有効であり、A01 今水グループのデータに適用する。

C. 身体運動の記憶モデル

研究分担者の井澤（筑波大）は、リハビリテーションの計算論的モデルを開発し、モデルから導いた新たなリハビリテーション手法を提案した[8]。このモデルは、スキルの意思決定メカニズムが重要な役割を担うため、意思決定の学習メカニズムに関して、報酬と運動コストの影響を明らかにした[9]。また、運動記憶の形成における報酬の役割と自己操作感（感覚予測誤差）を分離する実験パラダイムを開発し、それらの独立性を確認した[10]。

D. モデルベーストリハビリテーション

研究分担者の近藤（東京農工大）らのグループは、身体保持感ならびに運動主体感を定量化する脳内身体表現

マーカー（特に脳波特徴量）の探索と、それらが運動学習に及ぼす影響のモデル化を目指している。本年度は、

(1) 受動的な上肢運動経験が身体図式の変容に及ぼす影響の分析[11]、(2) RHI 課題下の脳血流動態データの機能的結合解析による身体保持感の定量化[12]、および(3) 没入型 VR による仮想肢制御システムの開発に取り組んだ。

(1) では、ロボットによる受動的な運動経験は、それが予期できる／できないに関わらず逆モデルの更新に影響を及ぼさない一方、身体図式の変容をもたらすこと明らかにした。(2) では、RHI 実験下の脳活動(NIRS) 計測データについて同期／非同期の刺激条件ごとにチャンネル間の Granger Causality 解析を行った。身体保持感を自覚する期間に右前頭前野から右腹側運動前野に向けた因果的結合が有意に増加することを確認した。

(3) では、没入型 VR と EMG 識別器による仮想肢制御システムを上肢切断者に適用し、仮想肢と幻肢（脳内身体表現）のずれを許容する程度が上肢の姿勢（肘の角度）に依存することを示した。

IV. おわりに

本年度も、昨年度に引き続き、身体意識に基づく脳内身体表現の生成プロセス (Slow Dynamics) のモデル化とそれに基づくリハビリテーションについて研究を実施した。次年度以降も、さらに A01 班や C01 班と連携し、生理学的モデルの検証と、モデルベーストリハビリの有効性の検証を行う。

REFERENCES

- [1] R. Minohara, W. Wen, S. Hamasaki, T. Maeda, Q. An, Y. Tamura, H. Yamakawa, A. Yamashita & H. Asama, "How Anticipation for the Sense of Agency Affects Readiness Potential", Proceedings of the 2016 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2016), pp.166-167, 2016.
- [2] S. Yano, "Proposal of a Bayesian learning paradigm for the sense of agency", 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2016.
- [3] M. Miyashita, R. Hirotsu, S. Yano, T. Kondo, "Accumulated reward based reinforcement learning for multi link arm control", The 13th IEEE Transdisciplinary Oriented Workshop for Emerging Researchers, p. 63, 2016.
- [4] S. Yano, H. Imamizu, T. Kondo, T. Maeda, "Learning Process and Sense of Agency: Bayesian Learning or Not", 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 1-4, 2016.
- [5] 田中宏和, 「脳を理解するとはどういうことか—ある計算論的神経科学者の頭の中」 BRAIN and NERVE-神経研究の進歩, 68(11), pp. 1379-1384, 2016.
- [6] H. Tanaka, "Mobile Brain/Body Imaging for Natural Behaviors", Keynote speech, Mobile Brain/Body Imaging Workshop, University of California, San Diego, 2016.
- [7] H. Tanaka, M. Miyakoshi, S. Makeig, "Dynamics of directional tuning and reference frames in humans: A high-density EEG study", Society for Neuroscience 45th Annual Meeting, 435.06/TT7, San Diego, 2016.
- [8] J. Izawa and Y. Murata, "Computational background on robotic rehabilitation", SICE Life Engineering, 3A2-3, 2016.
- [9] K. Sato and J. Izawa, "An Influence of motor costs in human reinforcement learning", an annual, Society for Neuroscience Meeting , 720.26, 2016.
- [10] K. Lee, Y. Oh, J. Izawa, and N. Schweighofer, "Dissociating the role of sensory prediction error from performance errors in strategy based motor adaptation", Society for Neuroscience Meeting , 332.17, 2016.
- [11] T. Sakamoto and T. Kondo, "Awareness of movement does not facilitate robot-assisted passive motor learning", Advanced Robotics, 2016.
- [12] N. Arizono, Y. Ohmura, S. Yano, and T. Kondo, "Functional connectivity analysis of NIRS recordings under rubber hand illusion to find a biomarker of body ownership", Neural Plasticity, Volume 2016, Article ID 6726238, 2016.

B02-1 研究項目の研究成果報告

太田 順

東京大学 人工物工学研究センター

Abstract— To elucidate mechanisms of the body representation in brain for adaptive motor control, we aim to construct fast and slow dynamics models by focusing on muscle synergy. We assume that the alteration of muscle synergy structure reflects the alteration of the body representation in brain, and we clarify the contribution of the body representation in brain through modeling the fast and slow dynamics of synergy structure. In this year, we proposed fast dynamics model for the postural control and verified it in experiments with alterations of multisensory inputs and musculoskeletal simulations. In addition, we focused on split-belt treadmill walking of a rat and verified our fast and slow dynamics models for locomotion by comparing the results of forward dynamic simulation of a neuromusculoskeletal model and kinematic synergy analysis of measured data.

I. はじめに

運動生成には、脳内身体表現が重要な役割を果たしており (fast dynamics)、脳の可塑性により脳内身体表現は長期的に変容する (slow dynamics) ことで、適応機能を生み出している。また、冗長多自由度の筋骨格系からなる生物の運動では、筋活動はタスクに応じた少数の典型的な時空間パターンの組み合わせで表現できることが知られている。この構造は筋シナジーと呼ばれ、生物の冗長性解決の戦略としてその存在が広く示唆されている。

本研究項目では、適応的な運動生成における脳内身体表現の機能解明のために、筋シナジーに着目して、脳内身体表現変容モデルの構築を目指す。具体的には、「運動における脳内身体表現の変容は筋シナジー制御器の変容として表出する」と考え、その slow dynamics と fast dynamics の数理モデルを構築することで、適応的運動機能に寄与する脳内身体表現の役割を明らかにする。

II. 目的

本研究項目では次の 3 つの研究目標を設定している。

1. 筋シナジー生成器と筋シナジー制御器による筋活動の生成 (fast dynamics) のモデル化：適応的運動における筋活動の即時的な生成メカニズムを筋シナジーの観点からモデル化する。
2. 筋シナジー制御器の変容 (slow dynamics) のモデル化：筋シナジー制御の変容を脳内身体表現の現れとして捉え、その長期的な変容をモデル化する。
3. 筋シナジー制御器の状態の推定とその応用：fast dynamics, slow dynamics により、生理学的データから現在の筋シナジー制御器の状態を推定する技術を確立

する。更に、これを表示するシステムと筋シナジー制御器の状態を予測するシミュレータの構築を行う。

III. 研究成果

A. 姿勢制御における fast dynamics モデルの構築

研究代表者と研究分担者の千葉 (旭川医科大学) らのグループでは、A02-2 研究項目の高草木 (旭川医科大学) らと協働で、ヒトの立位姿勢における脳内身体表現を用いた制御メカニズムの解明を目指し、姿勢制御の fast dynamics と slow dynamics のモデル化を行っている。

本年度は、ヒトの姿勢制御における fast dynamics を解明するため、複数の感覚入力の変容に対する姿勢の変容のモデル化を目指した。姿勢制御に限らず運動制御においては一般的に、複数の感覚入力は統合処理された後に運動の生成に用いられる。また、その統合処理過程における各感覚の寄与は状況に応じて変容することも知られている。ここでは姿勢の変容をもたらす感覚入力の変容を実験・調査し、その感覚の姿勢制御への寄与とその変容をモデル化した。具体的には、視覚・前庭感覚・体性感覚への入力を変容させ、立位姿勢における圧力中心の変化を実験により観察した。その結果、視覚では閉眼によって適切に感覚寄与の変容が惹起されることを確認した。一方、前庭感覚ではカロリックテストによる感覚寄与の変容は認められず、姿勢の動揺も増加した。これは感覚変容に対する事前学習による姿勢制御戦略の変容と考えられ、姿勢制御の fast dynamics が観察された。

更に、この姿勢制御の妥当性および長期的変容 (slow dynamics) を詳細に調査するために筋骨格系シミュレータ上で立位姿勢維持が可能な制御モデルの構築を行った。Feedback と Feedforward を組み合わせ、最適化によってパラメータ調整を行った制御系を構築した。ここで、感覚入力を体性感覚のみに限定した状況でも、多自由度制御系で立位可能となった[1]。更に、視覚・前庭感覚に対応した Feedback 系も加えた場合、筋緊張力が減少しても立位を維持可能であった。これはヒトの実験結果ともよく一致し、立位姿勢における感覚入力の重要性を示唆する結果となった[2]。現在、本シミュレータをより拡張し、外力に抵抗して立位可能な制御系の構築を行っている[3]。

この他に、小脳部分除去ラットの歩行・動作解析を通じ、小脳障害に対応した小脳障害指標の構築を行った。これは、小脳の各部位 (皮質-核, 中央-外側) における

機能を調査し、それに対応した指標を提案することで損傷部位の推定を可能とするモデルとなり、運動における小脳の役割を考察する成果となった[4]。

B. 歩行における *fast, slow dynamics* のモデル化

研究分担者の青井（京都大学）らのグループでは、B03-1 研究項目の船戸（電気通信大学）らと協働で、ヒトやラットなどの歩行を対象に、運動制御に見られる *fast, slow dynamics* による適応メカニズムの解明を目指して、計測に基づくデータ解析、ならびに神経筋骨格系の数理モデルの構築と動力学シミュレーション研究を行っている。昨年度までに、接地感覚情報に基づいて、筋シナジーの生成タイミングの反射的・学習的な制御を運動制御における *fast, slow dynamics* としてモデル化し、ラット後肢の筋骨格モデルと統合した神経筋骨格モデルを用いた動力学シミュレーションを実施していた。そして、左右分離型トレッドミル歩行を実現し、環境変化に依存した急激な運動の変化やゆっくりとした変化が見られていた。本年度は、これら数理モデルの妥当性を検証するために、ラット後肢の左右分離型トレッドミル歩行の計測データを解析し、シミュレーション結果と比較した。特に、関節運動に見られる協調的な振る舞いを明らかにするために、それぞれの脚の運動学シナジーについて解析した。その結果、運動学シナジーを構成する空間パターンには、左右同じ速度や異なる速度などの環境変化に対してほとんど変化がないものの、時間パターンには大きな変化が見られた。特に、環境変化後に左右の速度差に応じた急激な位相のシフトが見られ、時間経過に応じてゆっくりと元に戻る様子が見られた[7]。これらの傾向は、動力学シミュレーションの結果でも見られており、数理モデルに関して運動学レベルでの妥当性が示唆された。

更に本年度は、A02-2 研究項目の中隋（近畿大学）らと協働で、ニホンザルの四足歩行、二足歩行、そしてそれらをつなぐ歩容遷移に関して、計測データの解析、ならびに神経筋骨格モデルを用いた動力学シミュレーション研究を実施した。計測データの解析に関しては、四足歩行、二足歩行における上肢、下肢、体幹筋を含む片側 11 筋に関して、非負値行列因子分解を用いて筋シナジー解析を行った。その結果、筋シナジーを構成する時空間パターンに関して、四足歩行と二足歩行に見られる共通性や差異などが明らかとなった[6]。神経筋骨格モデルを用いた動力学シミュレーションに関しては、まだ反射、学習に基づく *fast, slow dynamics* モデルまでは導入できていないものの、上記のラットと同様に、筋シナジー仮説に基づく四足歩行、二足歩行に関する運動制御をモデル化し、更に四足歩行から二足歩行への歩容遷移を実現するための追加の筋シナジー制御をモデル化した。そして、解剖学的に詳細な筋骨格モデルと統合した動力学シミュレーションより、それぞれの歩容と歩容遷移を実現し、計測データと比較することで、数理モデルの妥当性を確認した[5]。

本研究項目の研究成果は、SICE ライフエンジニアリング部門シンポジウム（2016 年 11 月 3～5 日、大阪国際交流センター）における「身体性システム科学」オーガナイズドセッションでの口頭発表、第 29 回自律分散システム・シンポジウム（2017 年 1 月 30～31 日、調布クレストンホテル）における「身体性システム科学」オーガナイズドセッションでの口頭発表 [3, 5, 6, 7]などで発表している。また、2016 年 5 月 25 日～6 月 1 日まで、B02 研究項目の太田、千葉、青井を含めた 11 名で、Fondazione Santa Lucia、パドバ大学、メッシーナ大学に訪問し、Andrea d'Avella 教授、Yuri Ivanenko 教授、Enrico Pagello 教授らとワークショップを開催し、共同研究に向けた議論を行った。

IV. おわりに

本年度は、前年度に引き続き、実験結果に基づく解析並びにモデル化を行った。これにより *fast dynamics* に関する制御メカニズムの考察を行い、更には *slow dynamics* に関する制御メカニズムへの考察を可能とした。次年度以降では、より詳細な *slow dynamics* モデルを構築し、そのモデルの妥当性の検証を行う。また、他研究項目と連携し、生理学的裏付けとリハビリテーションへの応用可能性を調べる。

REFERENCES

- [1] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki and J. Ota: Generation of the human biped stance by a neural controller able to compensate neurological time delay. *PLoS ONE*, 11(9) : e0163212, 2016.
- [2] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki and J. Ota: A postural control model incorporating multisensory inputs for maintaining a musculoskeletal model in a stance posture. *Advanced Robotics*, 31(1-2), 55-67, 2017.
- [3] 上西, 千葉, 高草木, 太田: 水平外乱を補償する筋骨格モデルの姿勢制御, 第 29 回自律分散システム・シンポジウム, pp. 103-108, 2017.
- [4] R. Chiba, S. Shiraishi, K. Takakusaki and J. Ota: A model for the initial diagnosis of cerebellar disease. *Advanced Robotics*, 31(3), 143-154, 2017.
- [5] 大橋, 青井, 中隋, 日暮, 大島, 藤木, 船戸, 荻原, 泉田, 土屋: 筋シナジー仮説に基づくニホンザルの神経筋骨格モデルを用いた四足・二足歩行生成と歩容遷移, 第 29 回自律分散システム・シンポジウム, pp. 233-237, 2017.
- [6] 大島, 中隋, 日暮, 青井, 船戸, 辻内, 伊藤, 土屋: ニホンザル二足/四足歩行時の筋シナジー解析, 第 29 回自律分散システム・シンポジウム, pp. 238-240, 2017.
- [7] 藤木, 佐藤, 船戸, 青井, 土屋, 柳原: ラット後肢左右分離型トレッドミル歩行の運動学シナジー解析 第 29 回自律分散システム・シンポジウム, pp. 241-244, 2017.

B03-1 研究項目の研究成果報告

船戸 徹郎

電気通信大学大学院 情報理工学研究所 知能機械システム学専攻

Abstract—In order to approach the mechanism of dysfunction due to neural ataxia and effective rehabilitation, this group studies the functional role of synergy and control system using animals and patients with neural ataxia. In this year, we analyzed the control system of rats with lesion in inferior olivary nuclei (IO), and analyzed the synergies of congenital insensitivity to pain (CIPA) and stroke patients. As a result, lesion in IO was found not to affect the synergy but affect the transmission of control torque to muscle, synergies of CIPA showed abnormality in activation duration and timing which can be modified by providing sensory information, and synergy of Fugl-Meyer Assessment (FMA) of stroke patients reflected the FMA score.

I. はじめに

ヒトや動物が歩行や直立などの全身運動を行うとき、複数の関節や筋を協調して動かす協調関係(シナジー)が見られる。このような運動中に観察される運動要素の協調関係は、動作生成において冗長な身体を動かすための低次元表現となっており、脳内身体表現を反映していると考えられる。シナジーは脳卒中及び小脳疾患によってそれぞれ特徴的に変化すると知られており [1], シナジーを指標とすることで、効果的なりハビリテーションの構築が期待できる。本研究項目では (1) 神経障害に伴う(シナジーなどの)運動機能と制御機能の低下の関係(メカニズム)を解明し、(2) 神経疾患患者の筋シナジーの評価による効果的なりハビリテーション手法を構築することを目指して研究を行っている。

II. 目的

具体的な目的は以下の2点である。(1) 小脳障害ラットの運動及び制御系の評価による、機能障害メカニズムの解明(成果 A) (2) 無痛無汗症、脳卒中患者の運動解析による、シナジーを介したリハビリテーション手法の構築(成果 B,C)。

III. 研究成果

A. ラットの運動学シナジーと姿勢制御系の定量評価

1) 小脳の障害に伴う姿勢制御系の変化(実験): 小脳への入力である下オリーブ核の障害が姿勢制御系に与える影響を調べるため、4匹のラットに対して、腹腔内に 3-Acetylpyridine を投与することで下オリーブ核を傷害し、薬物投与の前後における直立姿勢制御系の変化を調べた(B02 班との共同研究)。実験は Fig. 1A の環境で後肢 2 足によって直立させ、モーションキャプチャシステムによって運動を計測した。

計測した関節位置の時系列から Fig. 1B で定義された 4 つの体節角度の時系列を導出し、特異値分解によって関節間協調(運動学シナジー)を取り出して、障害前後の変化を調べた。特異値分解の結果、障害前後共に 2 つの関節間協調で累積寄与率が 0.8 を超えた(Fig. 2A)。また、障害前後の関節間協調は同様の形状を示し(Fig. 2B), ANOVA によって障害に伴う有意差は見られなかった。従って、下オリーブ核障害は関節間協調には影響を与えないと考えられる。

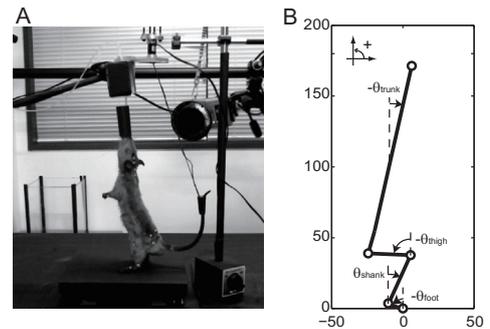


Fig. 1. Measurement of the motion of a standing rat

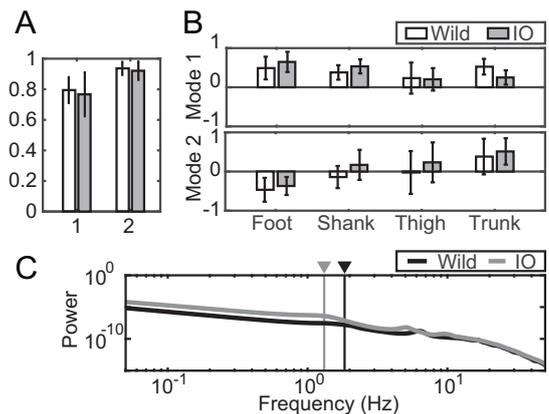


Fig. 2. Experimental results of standing rat. A: contribution ratio. B: intersegmental coordination. C: power spectrum. Results are those of rats with dysfunction in inferior olivary nuclei (IO) and wild type (wild).

次に、計測された関節位置の時系列から重心の時系列を導出し、MEM によってパワースペクトルを導出したところ、Fig. 2C のようになった。パワースペクトル(Fig. 2C)は疾患前後ともに 1 Hz 付近でピークを持っていた(図の三角印)。このピーク周波数は傷害後で低下し、ピーク周波数以下のスペクトルが上昇するという変化が見られた。

以上のように、実験データから下オリーブ核の障害が関節間の協調に影響を及ぼさず、パワースペクトルのピーク周波数に影響を与えることが分かった。次小節において、この結果と身体力学モデルを元に制御系の評価を行うことで、下オリーブ核の制御系への影響を調べる。

2) 小脳障害に伴う姿勢制御系の変化(制御系の同定): Fig. 3 のように非線形 PID 制御によって姿勢制御を行うモデルを考え、実験で得られたパワースペクトルを元に制御パラメータの同定を行うことで、下オリーブ核の障害が姿勢制御系へ与える影響を調べた。ただし、 θ_{Δ} は遅れを含んだ足首からの重心角度であり、遅れ Δ は過去の研究から 40 ms とした。

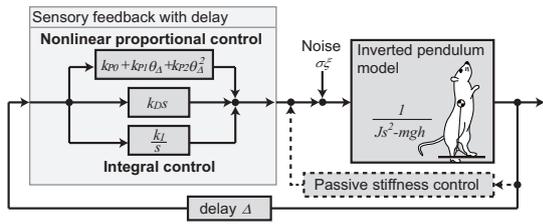


Fig. 3. System model of the standing rats.

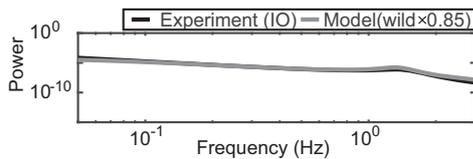


Fig. 4. Comparison of the measured power spectrum of IO rat (Experiment) and system model with wild parameters $\times 0.85$ (Model).

システムモデルと実験のパワースペクトルが一致するようにパラメータ同定を行ったところ、下オリーブ核障害のラットでは、健常ラットに対して、同定したいずれのパラメータもほぼ一定の割合 (0.85 倍程度) で低下した。さらに、健常ラットで同定した制御入力を 0.85 倍し、パワースペクトルを導出したところ、下オリーブ核障害のラットのパワースペクトルとほぼ一致する結果となった (Fig. 4)。

以上の結果から、下オリーブ核障害が個々の制御系ではなく、制御入力全体を変化させることが分かった。この結果から、下オリーブ核の障害が制御系そのものではなく、制御入力を生成した後、筋へ入力する機構に影響したと考えられる。

B. 無痛無汗症患者の歩行の筋シナジーの解析

C02 班と共同で、無痛無汗症患者の歩行運動を計測し、動作、筋活動と接地時床圧力を健常者と比較することで、無痛無汗症に伴う歩行運動の機能障害と、C02 班で開発した外部から過度な接地圧と接地タイミングを音刺激によって提示するリハビリテーション機器の評価を行った。

運動計測の結果、接地タイミングを音によって提示することで、接地時の床圧力が低下するという結果が見られた。この結果は、今回用いた機器が、無痛無汗症患者で見られる、過度な接地時圧力によって踵の骨を損傷する危険な歩容を改善する可能性を示す重要な結果である。

さらに、計測した筋活動から筋シナジーを求めたところ、無痛無汗症患者の筋シナジーは Fig. 5 のようになり、(1) ピークタイミングと接地・離地のタイミングにずれが見られるが (Fig. 5A)、リハビリ機器を用いることで、ずれが解消する方向に変化する (Fig. 5B)。(2) 健常者と比べてシナジーの活動期間が長くなる、という 2 つの変化が見られた。(1) のずれは、シナジーのピークタイミングの変化が、接地時床圧力の低下に結びついた可能性を示しており、筋シナジーと歩行の運動機能の関係を示唆する結果となっている。(2) の筋活動期間の延長は小脳疾患患者や感覚を喪失した動物においてもみられ、これらの神経機構に共通のメカニズムが働いている可能性を示唆する。

以上の結果から、今後引き続き無痛無汗症患者の歩行解析、特に感覚提示による長期的な運動変化や、筋シナジーの延長を生じる神経メカニズムにアプローチすることで、無痛無汗症患者の歩行改善手法の構築が期待できる。

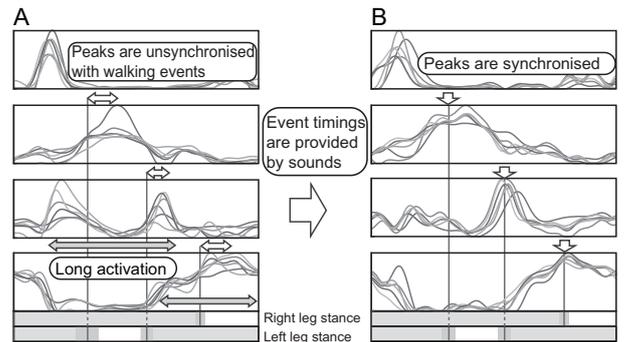


Fig. 5. Walking muscle synergies of congenital insensitivity to pain (CIPA).

C. 筋シナジーによる脳卒中患者の運動評価

脳卒中に伴う運動機能の低下を筋活動から定量的に評価し、リハビリテーションの指標として用いる可能性を調べるため、A02 班、C02 班及び森ノ宮病院と共同で、脳卒中患者 7 名の運動中の筋シナジーの解析を行った。実験として、脳卒中中の指標として知られている Fugl-Meyer Assessment (FMA) の動作: 上肢の屈曲や回旋など 37 種類のタスクを行い、その際の上肢及び体幹 42 箇所の筋電位を計測した。FMA は患者の各タスク中の動きを医療従事者が判断して治療効果を評価する手法である。

解析の結果、腕全体の動作、手首の回転、巧緻運動、全身の回転の 4 種類のタスクで主に使われる筋シナジーが取り出された。さらに、被験者間でのシナジーの相関を評価し、FMA のスコアと比較したところ、スコアが低い被験者では、4 つのシナジーのうちいくつかのシナジーの相関が低くなった。

以上の結果は、筋シナジーが筋活動による実データを元に、FMA のスコアと同様の評価を与えられることを示しており、シナジー解析を介した治療評価の有効性を示唆する結果となった。

IV. おわりに

本年度の研究から、以下の成果が得られた。

- 下オリーブ核に障害を持つラットの運動・力学解析を行うことで、下オリーブ核の障害が関節間の協調関係を変化させず、制御トルクを一様に低下させるような機能変化を生じることを明らかにした [2]。
- 無痛無汗症患者の筋シナジーは筋活動の延長とピークタイミングの変化という 2 つの点で健常者と異なり、接地タイミングを提示することで、接地時床圧力が低い安全な歩行に誘導できることを示した [3]。
- 脳卒中患者の FMA 中の筋シナジーを評価することで、被験者間の筋シナジーの変化が FMA のスコアと同様の変化を生じることを示し、シナジー解析の治療評価への有効性を示した。

REFERENCES

- V. C. K. Cheung, et al., "Muscle synergy patterns as physiological markers of motor cortical damage", PNAS, vol. 109, pp. 14652-14656, 2012.
- Y. Sato, et al., "Intersegmental coordination of bipedally standing rat", Neuroscience 2016, XX11, 2016.
- A. Yozu, et al., "Auditory biofeedback during walking reduces foot contact pressure in a patient with congenital insensitivity to pain", IEEE-MHS, 2016.

B03-2 研究項目の研究成果報告

長谷川 泰久
名古屋大学 大学院工学研究科

Abstract—本研究の最終目標は、ロボット身体化のために重要なフィードバック情報と操作方法の解明である。今年度は拡張拇指を使用し、元より存在する身体表現の転移、身体図式変化の評価法の考案に取り組んだ。その結果、視覚なし条件下で拡張拇指を操作した場合に自己受容感覚ドリフト量と学習効率が有意に向上することを確認した。また、拡張拇指による把持訓練後に身体図式が訓練前と異なっていることを示唆する結果を腕の軌道変化より得た。

I. はじめに

身体機能を拡張し、使用者の作業を支援する目的で身体拡張義肢が開発され注目を集めている [1]。拡張義肢の操作性向上のために、拡張義肢の身体化が有効な解決手法の一つであり、この人工物の身体化には、新たな身体表現の獲得が必要と考える。ラバーハンド錯覚や道具身体化に関する報告から、一時的な身体表現は転移または拡張可能であることが示唆される [2] [3]。本研究では、右拇指の部位転移錯覚を誘発し、右拇指から拡張拇指への身体表現の転移を目指す。また、単純な構造をした道具と異なり、駆動関節を持つ拡張肢の運動学モデルが身体図式に組み込まれたことの評価法を構築する。

II. 目的

本研究項目の最初の目的は身体表現の転移、身体図式変化の評価法の考案、そして身体表現の獲得である。そこで身体表現の転移を指先リーチング実験にて検証する。ラバーハンド錯覚の再現のために、拡張拇指の触力覚を右拇指に電気刺激によって呈示する。指先へのリーチングタスク後に自己受容感覚ドリフトを測定し、身体表現の転移を評価する。身体図式変化の評価は、拡張拇指による把持訓練前後の腕の軌道変化から評価する。

III. 研究成果

A. 部位転移錯覚の誘発と視覚の有無による操作性の比較

身体表現を転移させることが可能であるか調べるために、指先リーチング実験を実施した。実験タスクはモニタ上に表示される左手の目標指（人差し指、中指、薬指、小指）へロボット拇指を操作してリーチングを行うことである。被験者はこのタスクを30秒間繰り返し、これを10回行い、これを1セットとした。そしてインターバルを挟んで計8セット実施した。また、視覚情報が操作の学習へ及ぼす効果を調べるために、被験者を拡張拇指を見ながらタスクを行うグループ（視覚ありグループ）と見ずにタスクを行うグループ（視覚なしグループ）に分けた。実験の結果 (Fig. 2), 視覚なしグループが視覚ありグループと比較して操作性と自己受容感覚ドリフト量が有意に向上する場合があった。視覚なしグループにおいて操作性が有意に向上したことは、ロボット拇指のフィードフォワードモデルの構築に視覚なしにおける訓練が有効であることを示唆していると考えられる。

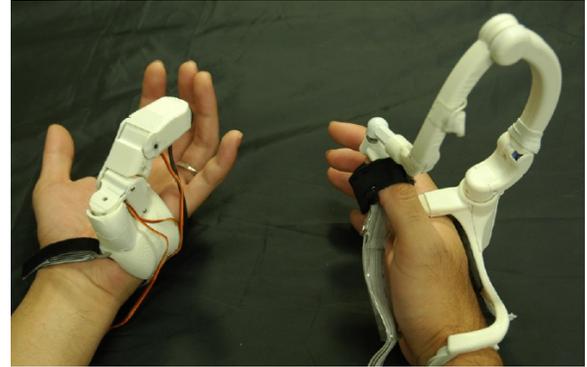


Fig. 1. Extra Robotic Thumb and Control Interface

B. 身体図式変化の評価手法の考案

1) 把持訓練後の身体表現変化計測: 拡張義肢のように、駆動関節を有する道具の運動学モデルが身体図式に組み込まれたことを評価する手法を考案した [4]。道具身体化に関する報告より、人は道具使用時にツールの先端まで身体表現を拡張していると考えられる [5]。拡張された身体表現は道具を身体から外した直後に元に戻ることが知られている。

本研究では、身体表現の回復レベルが拡張拇指の運動学モデルの身体図式への組み込みを表しているという仮説を検証するために、拡張拇指を使用した物体把持実験を行った。被験者は拡張拇指を使用して、物体を衝立の上を通過して衝立の反対側に運ぶ、という動作を繰り返す。実験の前後に、同様の動作を拡張拇指を使用せずに行い、腕の軌道変化を評価する。実験の結果 (Fig. 3), 拡張拇指による把持訓練後有意に腕の高さが向上する場合があった。これは拡張拇指の使用中に変更された腕の運動計画が、拡張拇指の使用後まで影響していたことを示唆する。

2) 関節角度変化に伴う姿勢変化の把握: 右拇指の体性感覚より左手の拡張拇指の指先位置を把握可能であるか検証した。被験者は目隠しをして拡張拇指を操作し、その第2関節を指定された角度で固定する。拡張拇指の姿勢を維持し、衝立の上を通るように腕を3往復させる。この時、掌は下向きに保ち、腕の高さを左手の甲に取り付けたマーカーによって計測した。衝立の直上を通過するときの腕の高さを評価する。実験の結果 (Fig. 5), 第2関節の角度が大きくなるにつれて腕の高さが上昇した。これより被験者が拡張拇指の関節角度の変化より腕の運動計画を変更していることが明らかとなった。

IV. おわりに

本年度は部位転移錯覚の誘発と視覚の有無が操作性に及ぼす影響の検証、身体図式変化の評価法の考案について検証実験を行った。

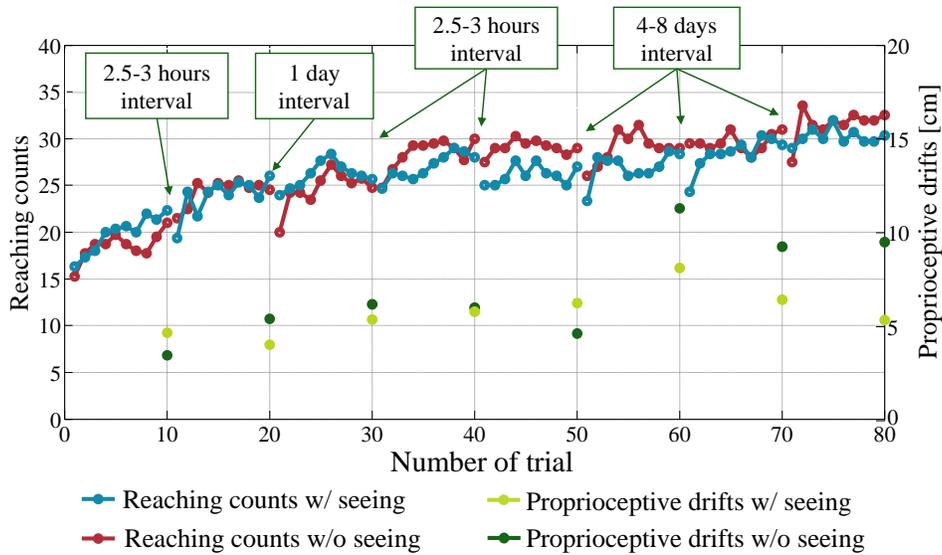


Fig. 2. Reaching counts and proprioceptive drifts

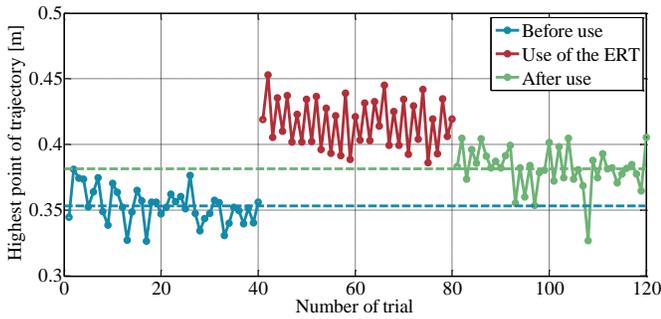


Fig. 3. The highest points of arm trajectories while a subject performs the task in object handling experiment. Blue broken line represents the average height before use of the ERT and green one the average height after use of the ERT. The height of the arm trajectories after use is higher than one before use.

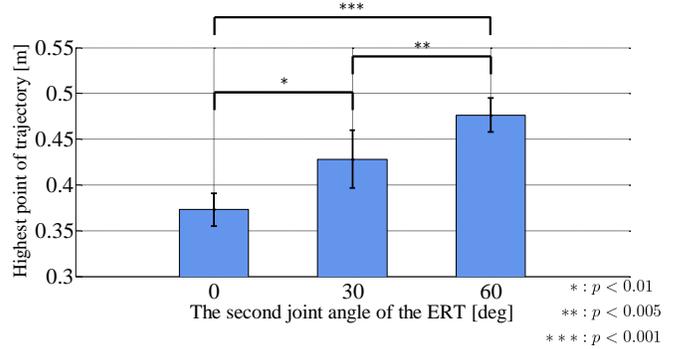


Fig. 5. The highest points of the arm trajectories while a subject performs the task in arm moving experiment without visual feedback. The subject changes the arm trajectories according to the ERT posture.

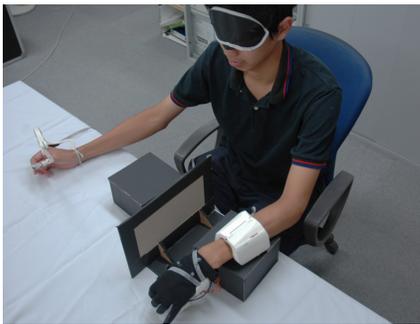


Fig. 4. A picture of arm moving experiment. A partition and two stands are put in front of a subject. Subjects are blindfolded and shuttle their arms over the partition with their palms facing down.

視覚を遮断して操作を学習した場合に操作性と、身体表現の転移を表す自己受容感覚ドリフト量が有意に向上した。これはロボット拇指のフィードフォワードモデルの構築に視

覚なしにおける訓練が有効であることを示唆していると考えられる。腕の軌道変化を計測し、身体図式変化を示唆する結果を得た。今後は視覚の有無によって構築される拡張拇指操作に関する内部モデルの差の比較を行う予定である。

REFERENCES

- [1] F. Wu and H. Asada, "Bio-artificial synergies for grasp posture control of supernumerary robotic fingers," in *Proc. Robotics: Science and Systems* Jul. 2014.
- [2] M. Botvinick and J. Cohen, "Rubber hands 'feel' touch that eyes see," in *Nature*, 391, pp756, 1998.
- [3] A. Iriki, M. Tanaka and Y. Iwamura, "Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones," *NeuroReport*, vol.7, pp. 2325-2330, 1996.
- [4] H. Shikida and Y. Hasegawa, "Hand space change after use of Extra Robotic Thumb" in *Proc 27th 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)*, Nov. 2016
- [5] S. Yamamoto and S. Kitazawa, "Reversal of subjective temporal order due to arm crossing," *Nature Neuroscience*, 4, pp. 759-765, 2001.

B03-3 研究項目の研究成果報告

細田 耕

大阪大学大学院基礎工学研究科

Abstract— this research proposal studies on the body image of a human, which can be obtained through the relation between image of the body in the vision and output from proprioceptive receptors of the muscles. We use a muscular-skeletal humanoid robot and brain-like neuron model to construct the system.

I. はじめに

本研究項目では、人間がどのような表現空間上に身体イメージを持ち、その身体イメージと筋骨格系からもたらされる自己受容情報との関係をどのように学習するかを、人間に相似な筋骨格系を持つヒューマノイドロボットと、脳型ニューロンモデルを使って、構成論的に研究する。

II. 目的

さまざまなモダリティからなる自己のセンサ空間や自己中心座標系（以後、表現空間と呼ぶ）で、身体のパリウムや手先の位置が表現されたものを、身体イメージという。身体イメージは、自身の筋の状態（＝自己受容センサ）の関数であり、これを学習することによって、環境への働きかけを構造化、環境の変化に適応的に振る舞うことができると考えられている。本研究提案では、人間がどのような表現空間上に身体イメージを持ち、その身体イメージと筋骨格系からもたらされる自己受容情報との関係をどのように学習するかを、人間に相似な筋骨格系を持つヒューマノイドロボットと、脳のニューロンをモデルとしたダイナミクスを使って、構成論的に研究する。即時適応と、表現の変容を、ロボットの適応的振る舞いと、脳のニューロンをモデルとしたダイナミクスの時間発展としてモデル化する。その結果、①人間の身体イメージ生成モデルを使った、ヒューマノイドロボットの適応的行動の実現、②脳のモデルのの妥当性の評価、③接触など環境条件が変わる場合のリハビリに対する新しい手法、などが期待できる。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に3つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 人間に相似な筋骨格系を持つヒューマノイドロボット実験プラットフォームの開発

身体イメージの獲得において、筋骨格構造がどのような役割を果たすかを構成論的に示すための、人間に相

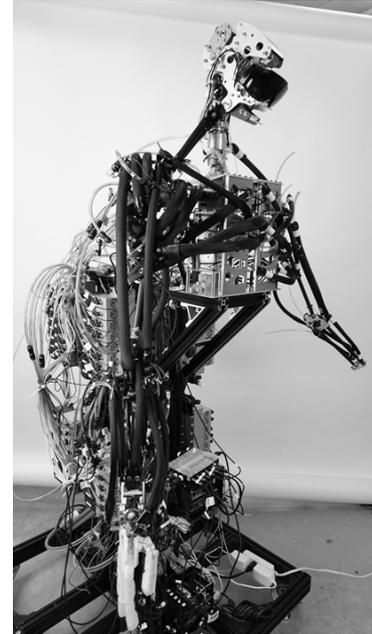


Fig. 1. Muscular-skeletal humanoid upper-body. (The robot is equipped with 28 artificial pneumatic muscles and 1 spring. It has shoulder, elbow, an wrist joints, and a 1 DOF hand. The muscular structure is similar to that of a human.)

似な筋骨格系を持つヒューマノイドロボットを開発した。開発したロボットを Fig. 1 に示す。このロボットには、肩関節、ひじ関節、手首関節に自由度があり、1自由度（開閉）のハンドを装備している。これらの関節は、人間のそれを模した28本の人工筋と1本のばねによって駆動される。人工筋とばねの構成を Fig. 2 に示す。

このロボットの各筋には、圧力センサ、および張力センサが装備されており、筋の状態を計測することができる。長さに関する情報は、圧力センサ、張力センサの計測値から推定可能であり、これらを利用することによって、局所的な反射を実装可能である。

B. 身体イメージ獲得に関する基礎的シミュレーションの実施

身体に関する画像から、畳み込みニューラルネットワークによって状態量を推定し、それを基に順動力学モデルを学習、さらにこの動力学モデルを用いたモデル予測制御を適用することによって、運動を制御する枠組み

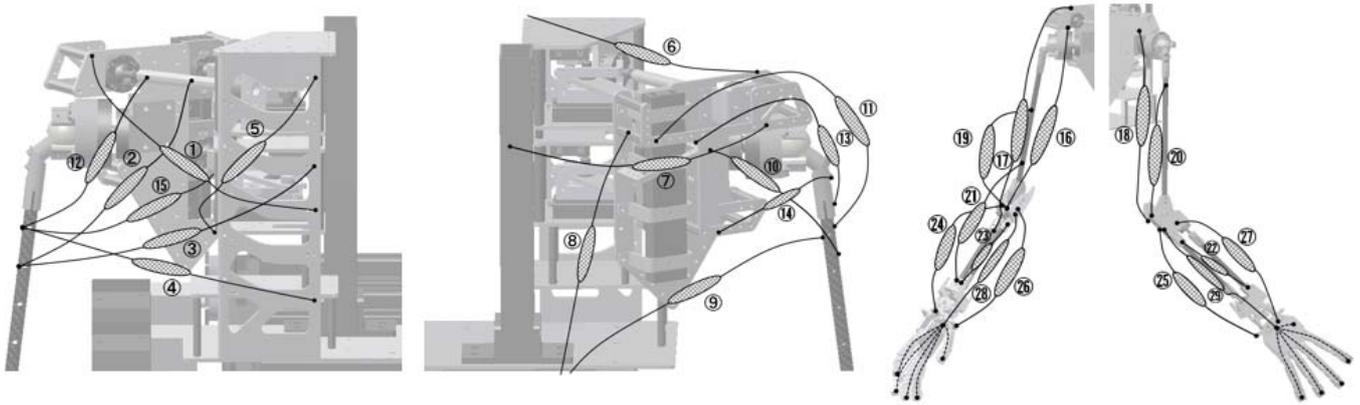


Fig. 2. Muscles of the muscular-skeletal humanoid upper-body. (The robot is equipped with 28 artificial pneumatic muscles and 1 spring: (1) pectoralis minor, (2) pectoralis major, (3) serratus anterior, (4) trapezius (upper), (5) trapezius (middle), (6) trapezius (lower), (7) latissimus dorsi, (8) deltoid (dorsal), (9) deltoid (middle), (10) deltoid (ventral), (11) supraspinatus, (12) infraspinatus, (13) subscapularis, (14) teres minor, (15) biceps brachii, (16) triceps brachii, (17) anconeus, (18) brachialis, (19) brachioradialis, (20) supinator, (21) pronator quadratus, (22) extensor carpi radialis longus, (23) extensor carpi ulnaris, (24) flexor carpi radialis, (25) extensor carpi radialis brevis, (26) flexor digitorum profundus, (27) extensor digitorum, (28) hand flexor, and (29) hand extensor spring)

を開発した。この手法の有効性は、1自由度の動学的シミュレーションによって示されている。

C. 柔軟な筋骨格ヒューマノイドを用いた人間の行動の構成論的理解

人間と相似な筋骨格構造を持つ柔軟なヒューマノイドロボットを用いることによって、人間の行動を構成論的に理解できることを体系化し、書籍「柔らかヒューマノイド」に著した[1]。

IV. BOOK おわりに

本年度は、人間に相似な筋骨格系を持つヒューマノイドロボット実験プラットフォームを開発し、ネットワークを用いた身体像獲得に関する基礎的なシミュレーションを行った。また、柔らかい人間型筋骨格ヒューマノイ

ドロボットを用いることによって、人間の行動を構成論的に理解できることを、体系的に記述した。

次年度以降は、試作した筋骨格ヒューマノイドに、前年開発した局所フィードバックを適用し、身体像獲得を実験的に検証する。身体像が獲得されるプロセスや、そのメカニズム、そして筋の一部が欠損した場合の身体像の発達の変化などを構成論的に明らかにすることができる。これらの点は、どんなに精密に人間を観察しても、それだけでは得られない知見であり、人間が身体像をどのように利用しているか、特にファストダイナミクスとスローダイナミクスの間でどのような相互作用があるかを明らかにするために重要となることが予想される。

REFERENCES

- [1] 細田耕, 柔らかヒューマノイド, (株)化学同人, 2016年5月.

B03-4 研究項目の研究成果報告

谷口忠大

立命館大学情報理工学部

Abstract—A human fetus/infant is considered to obtain its body schema through physical interaction with his/her environment before and after his/her birth. To obtain a computational understanding that can explain the process through which a fetus/infant estimate his/her body schema, especially its kinematic structure represented by a tree structure, we develop a computational model called Dirichlet process Gaussian mixture model with latent joints (DPGMM-LJ). 1) We showed that DPGMM-LJ can estimate a kinematic structure of an agent having multi-link kinematic structure in a simulation environment automatically. 2) We also showed that the estimation success rate was high when the system has a certain degree of whole-body motor coordination. 3) To analyze the slow dynamics of phantom limb pain in a constructive approach, we examined the slow dynamics after the agent loses its several limbs in the simulation model using DPGMM-LJ. The comparative study showed that different settings about interpolated information about nervous signals for lost limbs produced different outcome of body schema estimation.

I. はじめに

人間は運動野や体性感覚野に身体のマップを持つ。さらに、身体を適切に制御するためには身体構造に関する情報を脳内にコードする必要がある。ロボティクスにおいてシステムの身体制御を取り扱う際や、人間の運動制御の数理的理解を行う際には特に木構造で表現された多リンク構造において身体の運動学的構造 (kinematic structure) を表現することが一般的である。この視点から、本研究では人間の運動学的構造の脳内表現を研究対象とする。この脳内表現を身体図式と呼ぶ。

人間が得るマルチモーダルな感覚運動情報と、多リンク系を扱う状態空間そのもの (つまり、運動学的構造) の適応ダイナミクスを計算論的に関係づけるためには、脳内身体表現としての状態空間モデルを形成するスローダイナミクスを明らかにする必要がある。通常、身体のリンク系をグラフ構造で示した際には閉路を持たない。故に、本研究では身体のリンク構造が木構造であると仮定し、その生成過程として木構造生成過程を仮定する。潜在的な木構造が存在し、そこからの感覚情報 (観測) が生成されるという生成過程に基づき、その観測からモデルの潜在変数をベイズ推論することで脳が潜在的な木構造が学習していると考え、このスローダイナミクスを明らかにする。

II. 目的と方法

本研究項目の具体的な目的は、ベイズ潜在木構造生成過程による脳内身体表現スローダイナミクスモデルを構築し、そのモデルが現実の人間が得ているであろうセンサ・モータ情報 (マルチモーダル情報) から身体構造を推論出来ることを示すことである。この目的が達成されることで、身体の骨格構造を脳が把握するためのスローダイナミクスのモデルを得ることができ、幻肢の治療の解釈や新たなリハビリテーション手法の提案に繋がること期待される。

方法としてはノンパラメトリックベイズ理論に基づきベイズ潜在木構造生成過程の生成モデルの開発に取り組み、身体図式推定の計算論モデルを得る。この計算論モデルを用いて仮想空間上でのシミュレーション実験をすることで、身体図式学習時における諸条件の影響や、身体欠損時の身体図式の適応過程に関する示唆を得ることを目指す。

III. 研究成果

本年度の具体的な成果を以下に3つ挙げ、それぞれ概要を説明する¹。

A. DPGMM-LJ の提案と触覚情報からの身体図式推定

本研究では、胎児や幼児が運動学的構造の脳内表現を形成していくスローダイナミクスの計算論モデルを構築することを目的として研究を行った。具体的にはランダムムーブメントを通して得た全身触覚情報にもとづいて潜在的な木構造を推定する機械学習手法として Dirichlet process Gaussian mixture model with latent joints (DPGMM-LJ)を提案した[1]。

前年度の研究では、胎児を定性的に模倣したモデルとして、全身に触覚センサを持ちランダムに運動を行うエージェントをシミュレーション空間に構築した。そのシミュレーション環境においてノンパラメトリックベイズ理論に基づくクラスタリング手法である Dirichlet Process Gaussian mixture model を用いることで身体部位の数を推定可能であることを示した[2,3]。本年度の研究では DPGMM-LJ を開発し、同シミュレーション環境に適用することにより、その有効性を示した。

¹ また、これ以外に自己位置と地図と身体地図の同時推定に関する研究を行ったが詳細に関しては紙面の都合上省略する [5]。

具体的には多リンク系の表面に配置された触覚センサから得られる時系列情報を観測とし、それらを低次元表現した身体マップを形成し、これに DPGMM-LJ を適用することで、多リンク系の木構造が推論可能であることを示した。

B. ジェネラルムーブメントの持つ協調構造の身体図式形成への影響に関する研究

また、胎児は胎内においてランダムな動きを提示するが、その中で特徴的なものにジェネラルムーブメントがある。ジェネラルムーブメントは自発的な運動であるが、その特徴として各身体部位の運動に一定の相関が見られ、既に運動の協調構造が存在していることが知られている。このような協調構造が身体図式推定にどのような影響を持ち得るかを、シミュレーション実験を通じた構成論的研究により明らかにすることを目的として研究を行った[1]。具体的な結果としては、各関節が完全に独立に動作した場合には推定結果は低下し、一定の依存性を持った時に推定結果が改善されることから、身体骨格構造推論と身体部位の協調構造との関係性を示唆することが出来た。これは胎児のジェネラルムーブメントにおける協調構造の重要性を身体図式学習の視点から支持するものである。

C. DPGMM-LJ モデルにおける身体図式のスローダイナミクス検証

一方で、本領域で重要な対象問題の一つとして取り扱われる幻肢に関して提案モデルを用いた構成論的な検討を行い、計算論的な視点からの示唆を得ることを第三の目的として研究を行った。幻肢は身体の一部を欠損した後も、患者が自らに引き続き欠損した身体部位が残っているかのように感じる症状である。この症状は、脳内に形成された身体図式が身体の変化に再適応できない状況とみなせる。そこで、DPGMM-LJを用いた身体図式の推定に関して、学習完了後に身体の一部を強制的に欠損させ、その後、異なる条件下で継続学習を行わせるというシミュレーション実験を行わせた (Fig. 1)。これは、幻肢のスローダイナミクスを検討することに相当している。結果としては欠損後に欠損した部位に関わる神経から得られる情報をどのようにモデル化するかによって大きく結果が異なることが観察された (Fig. 2) [4]。

IV. おわりに

今年度の研究では、提案研究課題であった潜在的木構造生成過程に基づく身体図式のベイズ推論手法を開発し、その有効性を検証する事ができた。また、これらを用いて身体図式形成過程や身体損傷後の身体図式のスローダイナミクスに関して一定の示唆を得ることができた。

一方で、現実のリハビリテーションを考えると、触覚情報のみならず自らの自己受容感覚や視覚情報も加えた

マルチモーダル情報処理が重要な役割を果たすのは明らかである。これらの情報を含んだ身体図式のスローダイナミクスモデルを構築し、リハビリテーション法の理解や、新たな仮説の提案につなげるのが今後の課題である。

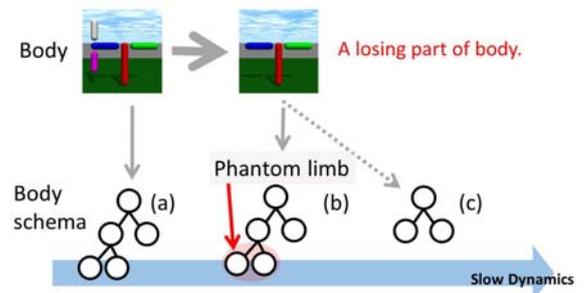


Fig. 1. Schematic description of the simulation experiment

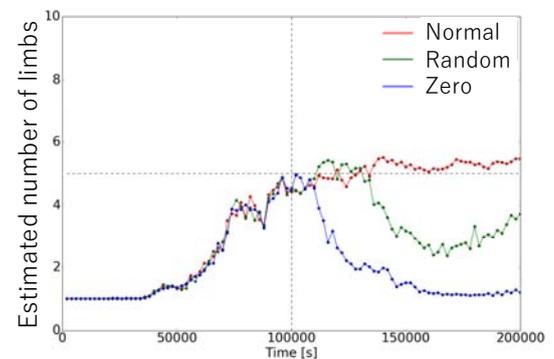


Fig. 2. Slow dynamics of the estimated number of limbs after the system lost its body parts

REFERENCES

- [1] Tomohiro Mimura, Yoshinobu Hagiwara, Tadahiro Taniguchi, Tetsunari Inamura, Bayesian Body Schema Estimation using Tactile Information obtained through Coordinated Random Movements, *Advanced Robotics*, Vol.31 (3), pp. 118-134. (2017) DOI: 10.1080/01691864.2016.1270854
- [2] Tomohiro Mimura, Yoshinobu Hagiwara, Tadahiro Taniguchi, Tetsunari Inamura, Clustering latent sensor distribution on body map for generating body schema, *International Conference on Intelligent Autonomous Systems*. (2016)
- [3] Tomohiro Mimura, Yoshinobu Hagiwara, Tadahiro Taniguchi, Tetsunari Inamura, Estimation of Number of Links in a Body Schema from a Latent Sensor Distribution on a Body Map, *The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS 2016)*. (2016)
- [4] Tomohiro Mimura, Yoshinobu Hagiwara, Tadahiro Taniguchi, Tetsunari Inamura, Analysis of Slow Dynamics of Kinematic Structure Estimation after Physical Disorder: Constructive Approach toward Phantom Limb Pain, *27th 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2016)*, p. 51. (2016)
- [5] Akira Taniguchi, Lv Wanpeng, Tadahiro Taniguchi, Toshiaki Takano, Yoshinobu Hagiwara, Shiro Yano, Simultaneous Localization, Mapping and Self-body Shape Estimation by a Mobile Robot, *International Conference on Intelligent Autonomous Systems*. (2016)

C 班（リハビリテーション医学）の活動報告

東北大学大学院医工学研究科 出江 紳一

I. 研究計画

C 班では、脳内身体表現マーカーを活用することでリハビリテーション効果の定量化に取り組む。また、脳内身体表現モデルと統合することでモデルベーストリハビリテーションを実践し、介入の帰結予測を行う。さらに、身体全体の感覚運動機能の適正化のための新しい介入法の開発を目指す。これらの課題を遂行するため、以下の研究項目を設定している。

C01：脳内身体表現の変容を用いたニューロリハビリテーション

我々の脳内に構築される脳内身体表現は、外部から観察することが困難とされている。そこで、四肢切断後に鮮明に知覚される切断肢の残存感覚である幻肢（脳内のみ存在する身体）という特殊な症状に着目し、心理物理学的手法により、脳内身体表現を定量化・可視化する。この結果を用いて、脳内身体表現への介入によるニューロリハビリテーションを確立する。

C02：感覚入力への介入を用いた姿勢・歩行リハビリテーション

姿勢・運動制御の障害では、全身の筋の時間的空間的活動パターンが障害されており、筋シナジー制御の異常があると考えられる。本研究では、運動障害に伴う筋シナジー制御の異常を解明し、感覚介入による運動障害の改善を目指す新たなリハビリテーションを提案する。

II. 班構成

研究項目 C01

出江紳一・大内田裕（東北大学）・田中尚文（帝京大学）：脳内身体表現の状態推定とその視覚化

稲邑哲也（国立情報学研究所）：ニューロリハビリテーションのための VR シミュレータの開発

松宮 一道（東北大学 電気通信研究所 ブレインウェア研究開発施設 准教授）

阿部 浩明（広南病院リハビリテーション科 兼 東北大学大学院肢体不自由学分野 非常勤講師）

関口 雄介（東北大学病院リハビリテーション部 兼 東北大学大学院肢体不自由学分野 非常勤講師）

綾木 雅彦（慶應義塾大学医学部 特任准教授）

金子 文成（札幌医科大学保健医療学部 准教授）

研究項目 C02

芳賀信彦・四津有人（東京大学）：固有知覚障害による運動障害患者研究

花川隆（国立精神・神経医療研究センター）・北佳保里（千葉大学）：神経疾患による運動障害患者研究

横井浩史・杉正夫（電気通信大学）：脳卒中による運動麻痺患者研究

石黒章夫・大脇大（東北大学）：感覚モダリティ変換装置の開発と適用試験

古屋 晋一（上智大学 理工学部 情報理工学科 准教授）

上原 一将（国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 外来研究員）

研究項目 C03（公募研究）

C03-1 神経修飾法による新しい運動障害治療の開発

濱田 雅（東京大学 医学部附属病院 助教）

C03-2 動作推定と機能的電気刺激に基づく筋協調制御能力獲得型ダイレクトリハビリテーション

島 圭介（横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授）

C03-3 新しいバランス機能評価システムの開発

向野 雅彦（藤田保健衛生大学 医学部 講師）

C03-4 身体失認・失行症における身体性変容の解明とニューロリハビリテーション法の開発

森岡 周（畿央大学 健康科学部 教授）

III. 主な活動

- ・ シンポジウム，オーガナイズドセッション

The 10th International Conference on Complex Medical Engineering (CME2016): OS

日時：2016 年 8 月 4 日

場所：栃木県総合文化センター

領域研究者による講演，議論。

IEEE EMBC 2016 Full-day Workshop

日時：2016年8月16日

場所：米国・オーランド

身体認知・身体意識，シナジー制御およびそのリハビリ
応用に関する発表および議論。

第10回モーターコントロール研究会

日時：2016年9月1日～3日

場所：慶應義塾大学日吉キャンパス

領域研究者による講演，議論。

第46回日本臨床神経生理学会学術大会

日時：2016年10月27日～29日

場所：ホテルハマツ（福島県郡山市）

領域研究者による教育講演。

第14回日本神経理学療法学会学術集会

日時：2016年11月26日，27日

場所：仙台市民会館（宮城県仙台市）

領域研究者による講演，議論。

第29回自律分散システム・シンポジウム

日時：2017年1月30日，31日

場所：電気通信大学

領域研究者による発表および議論。

第16回日本再生医療学会総会

日時：2017年3月7日～9日

場所：仙台国際センター（宮城県仙台市）

領域研究者による講演，議論。

・ 班会議

A班+02 項目合同班会議

日時：2016年11月24日，25日

会場：東京都医学総合研究所

A班および02項目メンバーによる活動報告および総合
討論。

C班+01 項目合同班会議

日時：2016年12月13日，14日

会場：東北大学医学部

C班および01項目メンバーによるデータベースシステ
ム構築に向けての議論および総合討論。

C01-1 研究項目の研究成果報告

出江 紳一

東北大学大学院 医工学研究科

I. はじめに

我々の脳内に構築される脳内身体表現は、通常外部から観察することが困難とされている。そこで幻肢と呼ばれる、四肢切断後に鮮明に知覚される切断肢の残存感覚に着目する。この幻肢という脳内にのみ存在する身体の変容過程を探ることにより、脳内身体表現を定量化・可視化する。この結果を用いて、脳内身体表現への介入によるニューロリハビリテーションの確立を目指す。

II. 目的

近年医療技術の進歩や普及により、脳卒中による死亡率が減少する傾向にあるが、後遺症として運動機能等に何らかの障害を有する患者数は増大の傾向にある。このため、運動障害に対する効果的なリハビリテーションのニーズが高まっており、様々な手法が開発されてきた。しかし現状では、治療的な介入により機能の向上がみられても、日常生活において十分に発揮されないまま、次第に患側肢の不利用が恒常化していき、介入の効果が持続しないことが多い。このことは現状のリハビリテーションによる効果が、麻痺肢を実用肢のレベルにまで到達させられていないことに起因している。麻痺肢が実用肢となるには、単純に運動機能が改善するだけでは不十分であり、麻痺肢を自己の身体の一部と認識する神経基盤が再構築され、環境に適応した運動指令が出力されることが必要である。

そこで、麻痺肢が実用肢として適切に表象されるようになるために、身体認知の側面からみた脳内身体表現として認知身体マッピング器を仮定し、その活動を観測する。認知身体マッピング器とは感覚情報や運動情報から、身体の状態や身体を取り巻く環境の状態を推定する神経機構のことである。患者の麻痺肢は認知身体マッピング器の神経活動で表現され、麻痺肢に対応した独特の身体保持感や運動主体感などの身体意識が体験されると考える。この認知身体マッピング器は可塑的に変容し、これに伴い身体意識も変化すると考えられるため、逆にこの認知身体マッピング器に積極的に介入すれば、リハビリテーションの効果を上げることが可能と考えられる。しかしながら、現状では認知身体マッピング器というものを客観的に計測する手法は確立していない。

本研究項目では、まず脳神経疾患および四肢切断者が呈する特異な感覚運動障害（脳神経疾患における身体軸の知覚の歪みや学習された不使用、切断における幻肢・幻肢痛等）に着目する。こうした様々な症状に対し、

心理物理学的手法により、四肢の脳内身体表現を定量化・可視化し、脳内身体表現を理解する。またこの結果をもとに、脳内身体表現への介入による脳卒中後の運動障害に対しての新しいニューロリハビリテーションを確立する。

III. 研究成果

本年度の具体的な成果を以下に2つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. 脳内身体表現の状態推定および身体意識を利用したリハビリテーション

身体およびその周囲空間には、身体外と比べ空間的注意が強く向けられており視覚刺激の検出処理が促進する (nearby hand effect)。研究代表者ら（東北大学）のグループは、この特性を利用した刺激検出反応課題を通して、身体の近傍とその周辺における刺激検出に要する時間を測定し、身体内外の注意量の違いから脳内身体表現の描出を試みている。このように描出されたものは、その時点での身体の状態を反映し、患者の身体保持感の指標となると考えられている。注意量および身体保持感と運動機能との関係について明らかにするため、実際に患者への介入を行いながら、ここで計測された指標を用いた実験を行った。

1) 麻痺手運動機能改善による身体性注意の変化

昨年度までに得られている健常者および片麻痺者の自己身体への注意量計測のデータを比較した結果、麻痺肢には健常者が通常身体に対して向けているような注意は向けられていないことが明らかになっている。そこで、これまでの臨床データをもとに、慢性期脳卒中片麻痺者に反復経頭蓋磁気刺激法(rTMS)による介入を行い、患側手に向けられる注意量の介入前後の変化を調べ、麻痺手の運動機能と麻痺手に向けられる注意量との関係について検討した。運動療法と rTMS を 2 週間実施した慢性期片麻痺者を対象とし、介入前後の患側手に向けられる注意量と手指運動機能の計測を行った。注意量の評価はこれまで健常者に対し実施した方法と同様とし、運動機能の変化は手指屈曲伸展時の 2MP 関節の角度変化にて評価した。その結果、介入後の麻痺手 2MP 関節角度変化の有意な増大とともに、麻痺手に向けられる注意量の変化と正の相関関係が認められ、運動機能が改善することにより脳内での麻痺手に対する注意も向上することが示唆された。

2)身体保持感の変化を利用したリハビリテーション

A01 班で行われている研究より身体保持感を操作することで自己身体の認知に変化が起これると、運動出力にも影響を及ぼすことが示唆されている。そこで脳卒中片麻痺者の模倣運動訓練による介入の際にラバーハンド錯覚を用いて麻痺肢の身体保持感を操作し、手指屈伸時の関節角度変化量が增大するかを調べた。被験者にヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着させ、被験者自身の手が見えない状態で、手が絵筆で撫でられている動画を提示しながら被験者の麻痺手に絵筆で触覚刺激を与えた。この操作に継続して、HMD上に提示される手指屈伸運動の模倣を麻痺肢によって行うよう課題を与えた。模倣運動の直前に提示した触覚刺激が映像と同期している条件では非同期の条件と比べてHMD上の手が自己の手であるようなラバーハンド錯覚と同様の現象が観測された。また同期刺激後の模倣運動時の麻痺手の手指運動角度は、非同期刺激後の模倣運動時に比較して統計的に有意な増大が観測された。このことより、身体保持感が麻痺肢の運動生成に影響を与えていることが明らかになった。

B. ニューロリハビリテーションのためのVRシミュレータおよびクラウド型運動データベースの開発

研究分担者の稲島(NII)のグループは、没入型仮想空間(VR)を用いたモデルベーストリハビリテーション構築を進めている。従来までに患者の四肢の長さや視点の変更が可能で、没入型VRインターフェースを持つニューロリハビリテーションのためのプラットフォームシステムを構築してきている。今年度(H28年度)は、全身運動に加えて指の動きを計測可能なデバイス(Perception Neuron)をシステムに組み込み、把持運動を対象としたリハビリへの応用を可能とするシステム基盤を構築した。

このシステムを活用し、幻肢痛の患者が感じるテレスコピングが起こっている四肢を仮想環境のアバター上で表現し、実際のリハビリに適用する計画を進行中であるが、実際の患者へ介入を行う前段階の予備実験として、バーチャルな四肢の長さの変容が健常者の主観的な四肢の長さ感覚におよぼす影響を、A01班の大木教授らとの共同研究により調査した。12名の健常被験者に対して、短い普通/長い腕の3種類の長さ、人間の腕/ロボットの腕の2種類の見た目の条件をランダムに提示し、自身の動きがアバターに反映する映像を1分間観察することで、主観的な腕の長さがアバターの腕の長さと同調して変動することを確認した。また運動主体感や身体保持感に人間の腕と同じ見た目であれば問題はなく、リハビリに適用する際に問題がないことも確認した。

また、模倣療法のためのクラウド型運動データベースとして、模倣療法で用いるターゲット動作および患者が行った追従動作の双方を記録、管理するシステムを構築した(Fig.1)。動作パターンはMySQLと呼ばれるデータベースシステムで管理されており、インターネット上のすべての端末からNIIのサーバに対してデータを読

み書き可能となっている。記録可能な動作の長さは19万時間(810日分)であり、HDDの強化により、さらなるデータ量を保存可能である。このデータベースシステムとVRシステムを活用した共同研究を稲島とC03-4班の嶋田教授(明治大学)との間でも展開中である。さらに動作パターンのみならず、被験者の心拍数やEMGなど、さまざまな生体信号を記録可能なフレキシブルな構造となっている。今後はVRインターフェースと連動させることにより、被験者の特性、実験条件などの情報も含め長時間の実験記録を領域全体で行い、脳内身体表現マーカーの抽出などの研究をサポートすることを検討する。

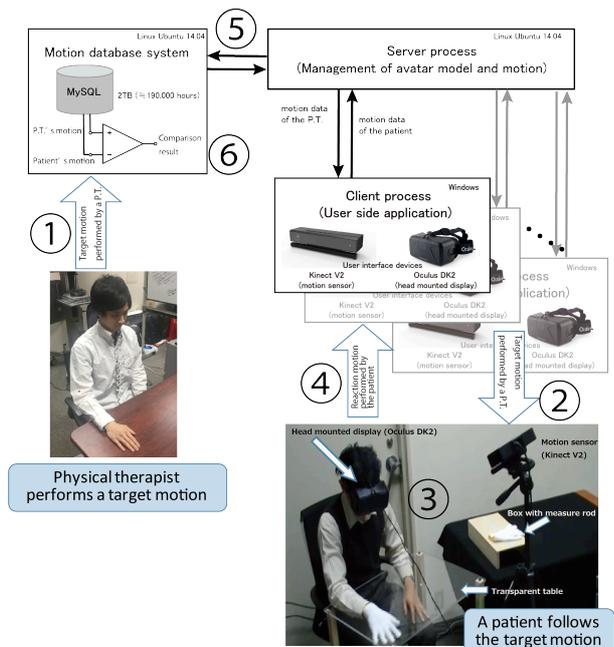


Fig. 1. 模倣療法のためのクラウド型データベースのシステム構成図

IV. 今後の展望

本年度までの結果より、身体に向けられている注意や身体保持感という概念を用いて脳内身体表現を定量的に扱うことが可能となったことを示した。今後はこの注意量の計測手法を改良し、広範囲かつ高精度の計測を目指す。また、VRを用いた介入を引き続き導入し、脳内身体表現の長期的な変容過程についても検討を行っていく。

REFERENCES

- [1] Aizu, N., Oouchida, Y., Sudo, T., Izumi, S., Maladaptive change of attention to paretic hand in patients with chronic stroke, The 10th ICME International Conference on Complex Medical Engineering, Tochigi, Japan, 2016
- [2] Aizu N, Sudo T, Oouchida Y, Izumi S.: Effects of imitation of finger movement with illusory ownership on motor function in patients with chronic hemiplegia, The 1st International Symposium on Embodied Brain Systems Science, Tokyo, 2016.
- [3] Inamura T, Unenaka S, Shibuya S, Ohki Y, Oouchida Y, Izumi S. Development of VR platform for cloud-based neurorehabilitation and its application to research on sense of agency and ownership, Advanced Robotics, 2017, Vol. 31, No. 1-2, pp.97-106.

C02-1 研究項目の研究成果報告

芳賀 信彦

東京大学 医学部附属病院

I. はじめに

運動を適切に行うには、運動に先行・随伴して種々の感覚入力を姿勢・運動制御に反映させる必要がある。すなわち、運動障害には単に運動器障害だけでなく、各種感覚入力の障害も関わり、逆に感覚への介入により運動障害を改善できる可能性もある。

姿勢・運動制御の障害では、全身の筋の時間的空間的活動パターンが障害されており、筋シナジー制御の異常があると考えられる。すなわち、脳内身体表現の姿勢・運動制御の側面は、筋シナジー制御をマーカーとして捉えることができる。しかし運動障害をもたらす各種疾患について、筋シナジー制御がどのように変容しているかは分かっていない。また日々のリハビリテーション（リハ）は Fast Dynamics (FD) に対する介入であるが、どのような介入がより効率的に Slow Dynamics (SD) をもたらすのか十分に分かっていない。本研究項目では、運動障害に伴う筋シナジー制御の異常を解明し、感覚介入による運動障害の改善を目指す新たなリハを提案する。

昨年度までに、C02 研究項目内、さらに A 班、B 班との議論や研究協力の結果、各種の運動障害を対象として筋シナジーを計測する準備を終え、今年度は本格的に計測を開始した。

II. 目的

芳賀・四津のグループの目的は、先天性無痛症患者の歩行障害を筋シナジーをマーカーとしてとらえ、感覚障害を代償する装具による介入でこの疾患による歩行障害が改善されるかを明らかにすることである。

花川グループの目的は、神経疾患に伴う運動障害の病態生理を反映するイメージングバイオマーカーの発見であり、本年度は楽器奏者に見られる局所性ジストニアを対象とし、安静時機能的 MRI(rs-fcMRI)によるバイオマーカーの開発を目指した。

横井・杉グループの目的は、脳卒中患者の筋シナジー制御 SD の異常を明らかにすることであり、機能的電気刺激による筋シナジー制御 FD への介入および筋シナジー制御 SD に誘導される四肢運動に生じる変化についての fMRI や fNIRS、筋電等の計測による解析を行った。

大脇・石黒グループの目的は、提案した「感覚モダリティ変換装具」の短期的および長期的効果を検証し、その過程における脳内身体表現の変容機序を解明することである。

III. 研究成果

A. 感覚障害による運動障害患者研究

芳賀・四津のグループは、昨年度までに先天性無痛症のレビューを行い[1]、その歩容異常をビデオ分析で報告した[2]。歩容異常の背景に筋シナジー制御の異常があると仮定し、筋シナジーを計測するシステムを C02 大脇・石黒グループ、B03 船戸グループと共同で構築した[3]。

本年度は、この共同構築したシステムを使い 2 名の患者を計測した。その後は、別のシステムでの計測となり、5 名の患者を計測した。C02 大脇による感覚代償装具[4]を用いた介入の即時効果を検討した。計測した合計 7 名のうち 1 名の解析を終えている。結果、感覚代償装具により、運動学的な改善、筋シナジーの改善、足圧のピーク値低下を得ている[5,6,7,8]。またこれらに加え、様々な歩容に対応できる表記方法も提唱している[9,10,11]。

B. 神経疾患における脳内身体表現の変容

花川グループでは MD 患者 21 名（全員が右手の FTSD）と健常音楽家 34 名を対象に、安静条件は 10 分の視標注視課題とし、3T MRI 装置を用い rs-fMRI データを取得した[12,13]。独立成分分析により自動抽出した安静時機能結合ネットワーク (RSN) をマスクとして使い、二重回帰分析により MD 群と健常音楽家の間で異なる挙動を示す RSN を検出した。またピアノ演奏の際の MIDI 情報のうち Inter-Keystroke Interval (IKI) のばらつきを運動成績の指標とした。結果、MD は健常音楽家と比較して異常に高い基底核 RSN 内部の機能結合を示した。さらに基底核の一部の安静時機能結合は、打鍵の不正確さを示す IKI のばらつきと相関していた。以上の結果は、rs-fcMRI は FTSD の一種である音楽家ジストニアのバイオマーカー測定に有用であることを示す。

C. 脳卒中による運動麻痺患者研究

横井・杉らのグループは、脳卒中による筋シナジー制御異常の研究を担当しており、運動機能回復に伴う筋・肢節間の協調性変化の定量的評価として transfer entropy (TE) を用いた手法を研究している。歩行運動中の各筋群の筋電位間での TE を解析した結果、時間遅れ τ に対する左右脚間の TE の差の変動に下肢の協調性が反映されていた[14]。運動機能回復リハビリによる SD 変化を TE で定量的に評価できると言える。

また機能的電気刺激(FES)による筋シナジー制御FDへの介入を可能にするため、手指や上腕のリハを想定し、多点電極と二相性バースト変調矩形波とに基づくFESシステムの開発を進めてきた。目標とする手指姿勢を実現できるように、求心性収縮を確実に誘発するための刺激パターン的高速な探索法、電極間の刺激タイミングの適切な時間差、刺激波形を研究し、それぞれ有効性を検証した[15,16].

D. 感覚モダリティ変換装具の臨床効果の研究

大脇・石黒グループは、提案した足底圧感覚を音情報としてフィードバックする感覚モダリティ変換装具 **Auditory Foot** を用い、①片麻痺患者の歩行に対する短期および長期効果 [17,18,19]、②無痛無汗症患者に対する筋シナジーモデルバーストリハ[8]の研究を行った。

前者では C01 項目と協力し、感覚モダリティ変換装具の片麻痺患者の歩行に対する臨床効果について検証した。足底の2箇所圧センサを貼り、(i) 音フィードバックなし、(ii) 踵のみ、(iii) 第5中足骨のみ、(iv) 2点でのフィードバック、の4条件において、片麻痺患者7名(男性6名、女性1名)を対象として、歩行の比較を行った。その結果、短期効果として、条件(i)と(iv)の間に、支持脚期中の麻痺側股関節最大伸展角度および足関節最大底屈モーメントに有意差を確認した [18]。また、長期効果の検証として、1ヶ月の長期的歩行リハを実施した [8, 9]。現状10名のデータを得て、データ解析である。

後者では B03 項目船戸、C02 項目四津と連携し、筋シナジーのリアルタイム解析による神経系(脳内身体表現)のモニタリングと、それによる効果的なりハを促すシステムの構築を行った。足底圧を音に変換する感覚モダリティ装具を同システムに統合し、無痛無汗症患者に対する効果を検証した。特に、1名の被験者において、音フィードバックを行うことで、歩行中の支持脚期の足圧のピークが低減する効果を確認している。

IV. おわりに

本年度までに、C02 研究項目内、さらに A 班、B 班と協力し、各種の運動障害を対象として筋シナジーおよび関連するパラメータの計測を開始した。また感覚モダリティ変換装具などの介入も進めている。次年度は計測を更に進めるとともに、介入による FD, SD の変化を捉え、感覚介入による運動障害の改善を目指す新たなリハビリテーション提案を目指す。

REFERENCES

- [1] A. Yozu, N. Haga, T. Funato, D. Owaki, R. Chiba, and J. Ota, "Hereditary sensory and autonomic neuropathy types 4 and 5: Review and proposal of a new rehabilitation method," *Neurosci Res* (doi: 10.1016/j.neures.2015.10.011).
- [2] Y. Zhang, N. Ogata, A. Yozu, and N. Haga, "Two-dimensional video gait analyses in patients with congenital insensitivity to pain," *Dev Neurorehabil*. 16: 266-70, 2013.
- [3] A. Yozu, T. Funato, D. Owaki, and N. Haga, "Development of a measurement and real-time display system for kinematics and muscle synergy of gait," In: 26th2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS 2015), Nagoya (2015).
- [4] D. Owaki, Y. Sekiguchi, A. Ishiguro, and S. Izumi: Auditory Foot: A Novel Auditory Feedback System Regarding Kinesthesia, In: 26th2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS 2015), Nagoya (2015).
- [5] A. Yozu. "Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain." Japan-Europe international meeting on Embodied-brain System Sciences. Embodied-Brain: Perspectives from Motor Control and Muscle Synergies. Taormina, Italy (2016)
- [6] A. Yozu. "Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain." Workshop on Embodied-Brain System Science and Robotics Engineering for Rehabilitation, Padua, Italy (2016)
- [7] A. Yozu. "Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain". EMBC 2016 Full-day Workshop on Embodied-Brain Systems Science and rehabilitation. Orlando, USA (2016)
- [8] A. Yozu, D. Owaki, T. Funato and N. Haga, "Auditory Biofeedback during Walking Reduces Foot Contact Pressure in A Patient with Congenital Insensitivity to Pain", IEEE 27th 2016 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2016), (2016)
- [9] A. Yozu, D. Owaki, T. Funato, M. Hamada, T. Sasaki, H. Togo, N. Haga, "Numerical expressions of temporal parameters for hexapedalism", The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016), Tokyo, Japan (2016).
- [10] A. Yozu, D. Owaki, M. Hamada, T. Sasaki, Q. An, T. Funato, and N. Haga, "Quantification of Temporal Parameters for Tripedalism", The 14th International Conference on Intelligent Autonomous Systems, Shanghai, China (2016).
- [11] A. Yozu, M. Hamada, T. Sasaki, S. Tokushige, S. Tsuji, and N. Haga, "Development of a novel system to quantify the spatial-temporal parameters for crutch-assisted quadrupedal gait" *Advanced Robotics* Published online (2016)
- [12] K. Kita, J. Rokicki, S. Furuya, L. Li, H. Matsuda, T. Sakamoto, and T. Hanakawa, "Resting state brain connectivity in musician's dystonia." *Neuroscience* 2016, San Diego
- [13] H. Togo, J. Rokicki, M. Murata, N. Haga, and T. Hanakawa, "Effects of dopaminergic medication on resting-state functional connectivity in Parkinson's disease." *Neuroscience* 2016, San Diego
- [14] M. Nozakura, S. Morishita, M. Ohdaira, Y. Jiang, and H. Yokoi, "A method for evaluation of dependency between diseased side and opposite side of hemiplegia patient during FES-Cycling by using transfer entropy," *Proceedings of The 21st Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)*, Chicago, IL, USA, July 5-8, 2016
- [15] R. Kamihira, M. Kasuya, Y. Jiang, S. Togo, M. Sugi, and H. Yokoi, "Maintenance of Muscle Contraction Improves during Dynamic Exercise by Multi-channel Functional Electrical Stimulation with Time Shifting Stimulation," *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics* 7(1): 33-40, 2017
- [16] M. Ohdaira, M. Nozakura, S. Morishita, Y. Jiang, M. Sugi, and H. Yokoi, "The cortical adaptation monitoring system for leg press machine with FES induced biofeedback," *Proceedings of The 21st Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)*, Chicago, IL, USA, July 5-8, 2016.
- [17] D. Owaki, Y. Sekiguchi, K. Honda, A. Ishiguro, and S. Izumi, "A pilot study of a prosthesis transforming sensory modalities for long-term walking rehabilitation in patients with hemiplegia", *The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016)*, P54 (2016).
- [18] D. Owaki, Y. Sekiguchi, K. Honda, A. Ishiguro, and S. Izumi, "Short-Term Effect of Prosthesis Transforming Sensory Modalities on Walking in Stroke Patients with Hemiparesis", *Neural Plasticity*, doi: 10.1155/2016/6809879 (2016).
- [19] D. Owaki, Y. Sekiguchi, K. Honda, A. Ishiguro, and S. Izumi, "A Case Study of Long-Term Walking Rehabilitation Using a Prosthesis That Transforms Sensory Modalities for Stroke Patients", *EMBC'16*, page not shown (2016).

C03-1 研究項目の研究成果報告

濱田 雅

東京大学医学部附属病院神経内科

Abstract—本研究項目の目的は神経修飾法による新しい運動障害治療の開発である。強力な神経修飾法である QPS を用いて運動障害疾患の治療を確立するため、今年度は QPS の運動学習への効果を示した。また TBS という異なる神経修飾法を用いてばらつきの機序にせまる検討もおこなった。今後は QPS による運動学習への効果を異なる運動学習系で検討すること、歩行への影響をみていくことが課題である。

I. はじめに

脳の可塑性を誘導できる非侵襲的神経修飾法は、運動障害のリハビリテーション効果を更に向上させる介入的方法として、活用が期待されている。何故なら脳内ネットワークは運動障害を改善させるためにシナプス可塑性を利用した変容/適応を起こしているからである。したがって非侵襲的神経修飾法による運動機能障害回復の治療戦略としては、シナプス可塑性に類似した刺激終了後の効果を誘導することができる反復経頭蓋磁気刺激法 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) により、運動障害による脳内ネットワークの変容・適応をより効果的に促通することが理論的には考えられる。

しかしながらこれまでの rTMS を用いたの臨床研究では運動機能障害回復効果は弱く個人ごとにばらつきが大きい。これはまず rTMS 自体の効果がばらつくためであることがあげられる。実際我々は 2012 年に theta-burst stimulation(TBS)という方法で約 50%の被験者にしか期待される効果が出せないことを見出した[1]。この論文以降、数多くの後続実験においても同様の結果が確認されており、先の論文[1]は Thomson Reuters の Web of Science にて被引用回数 157 回であり高被引用文献に選定されている。このように神経修飾法によるばらつきは大きな問題であるが、その一つの解決手段として、当初の研究提案で提示したとおり、我々が開発してきた Quadripulse stimulation (QPS) [2,3]による神経修飾のばらつきが少ないことを昨年度示した[4]。

また神経修飾法の効果測定自体にも問題があると考え、昨年度までに運動学習システムの構築と神経可塑性による影響：小脳適応に対する影響および歩行解析システムの構築とパーキンソン症候群患者での歩行測定を行った。

II. 目的

本研究では神経修飾法による新しい運動障害治療の開発を目的とする。そのため本研究では強力な rTMS 法

である、申請者が開発してきた Quadripulse stimulation (QPS)を利用することとした。QPS は刺激間隔を調整することでシナプス可塑性の長期増強・抑圧に類似した効果を誘導できばらつきも少ないことを示してきた[2,3,4]。今年度は QPS による運動学習への効果を検討した。

一方、非常に汎用されているばらつきが大きい TBS の原因探索も行うことが重要であると考え、特に刺激強度にその主因があることを仮定し(後述)刺激強度別の TBS の効果を検討した。

さらに神経修飾法の効果測定の問題点については、将来的な治療応用の際に、定量的解析がむずかしい歩行についても歩行解析システムを構築したため、神経疾患患者において歩行解析を行った。

III. 研究成果

本年度の具体的成果を以下に3つ挙げ、それぞれ概要を説明する。

A. QPS による運動学習の効果

研究代表者らのグループは、QPS の効果のばらつきを健康成人 10 名で検討した。QPS は LTP 様効果をもたらす刺激間隔 5ms (QPS5) と LTD 様効果をもたらす 50ms を使用した。QPS を行った後に手指の反復運動学習を行い、加速度促進率について QPS ごとに検討した。結果を図に示す。

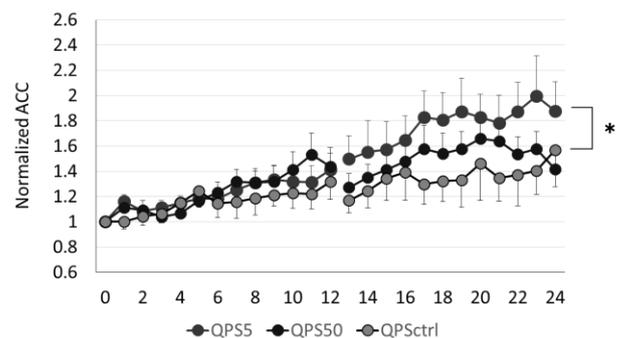


図 QPS による反復運動学習への効果

QPS5 では図に示すように QPS コントロールに比べて加速度の改善率が有意に高かった。一方で QPS50 ではコントロールに比べて有意な改善は認められなかった。このことは、既に研究代表者が報告しているように[5]、指の反復運動学習のような神経細胞がバースト状に同期して発火するタイプの学習に、LTP 様可塑性が相乗効果を

もたらずということの説明できる。このように QPS を用いることで、運動学習が促進されることを今回世界で初めて示したことは画期的であると考える。

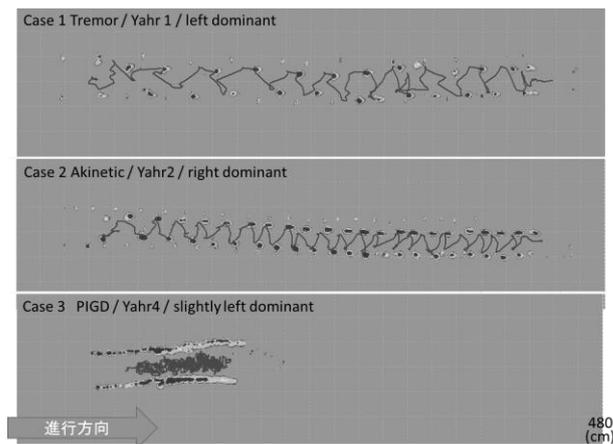
B. TBS の刺激強度に関する検討

研究代表者はすでに TBS はその効果にばらつきが大きいことを報告した[1]。この一因として刺激される細胞集団の違い、すなわち late I-wave が刺激されやすい個体では期待される効果が得られやすく、early I-wave が刺激されやすい個体では期待と反する効果がでる可能性があることを示した[1]。I-wave は刺激強度に依存して刺激されやすくなることは先行研究であきらかとなっており、この事実に基づき、通常 TBS で使用される刺激強度 (80%AMT) では、個体によっては late I-wave の誘導に違いがあると仮定し、通常の TBS で予想とは反対の方向に効果が出てしまう個体では、刺激強度がむしろ強すぎるのではないかと考えた。この仮説に基づき TBS の効果を検討したところ、TBS で促進効果が出てしまう個体では刺激強度を下げると約 65% の被験者で予想通りの抑制が誘導できることを明らかにした。また TBS で予想通りの効果が出る個体では、刺激強度を上げるとむしろ促進効果が誘導されやすくなることも示した。以上から、TBS の効果は刺激強度に依存しており、その背景には I-wave の誘導されやすさが関与している可能性があることをしめした。

C. 歩行解析システムの構築とパーキンソン症候群患者での歩行測定

運動障害において歩行障害は一つ重要な臨床指標である。歩行についてより客観的な測定を目指すため C02 計画班との共同研究にて本年度から歩行解析システムを構築しパーキンソン症候群を呈する患者において試験的に歩行解析を実施した。使用したシステムは圧センサーシート (ウオーク Way MW-1000 (アニマ社) : 120 x 480 cm) である。歩行の時間・距離因子の評価のみならず圧計測により設置部位や足圧中心の軌跡も評価可能である。さらに通常の 4 倍のサイズのシートを用いることでより長距離での評価 (進行方向のブレなど) が可能となる。下図は健康成人とパーキンソン症候群の歩行の差である。パーキンソン症候群ではストライドの減少、歩

隔の増加が認められており、歩行障害を定量的に評価することが可能となっている。



IV. おわりに

最後に本年度の成果をまとめる。

本年度は、本研究項目で主として使用予定である神経修飾法 QPS の運動学習への効果を検討し、QPS5 では促進効果があることが示した。また、さらに歩行解析システムを構築し試験的に運動障害患者で歩行解析を行った。

QPS による運動学習への効果を異なる運動学習系で検討すること、歩行への影響をみていくことが今後の課題である。

REFERENCES

- [1] M. Hamada et al. The role of interneuron networks in driving human motor cortical plasticity. *Cereb Cortex* 2013;23(7):1593-605.
- [2] M. Hamada, et al. Bidirectional long-term motor cortical plasticity and metaplasticity induced by quadripulse transcranial magnetic stimulation. *J Physiol* 2008;586(16):3927-47.
- [3] M. Hamada, et al. Primary motor cortical metaplasticity induced by priming over the supplementary motor area. *J Physiol* 2009;587(Pt 20):4845-62.
- [4] K. Nakamura, S.J. Groiss, M. Hamada, et al., Variability in response to quadripulse stimulation of the motor cortex. *Brain stim*, in press
- [5] M. Hamada et al., Two distinct interneuron circuits in human motor cortex are linked to different subsets of physiological and behavioral plasticity. *J Neurosci* 2014;34(38):12837-49.

C3-02 研究項目の研究成果報告

島 圭介

横浜国立大学 大学院工学研究院, Italian Institute of Technology

Abstract—我々は、効率的なリハビリテーションと運動学習支援の実現を目指し、昨年度までに機能的電気刺激と筋電位のパターン識別を組み合わせることで被験者の筋収縮状態を制御することで動作の伝達と訓練が可能な新しいリハビリテーションシステム [1], [2] を提案してきた。本年度は、提案システムを用いて効率的に臨床あるいは在宅で電気刺激型リハビリテーションを実施するため、1) 電気刺激モデルに基づいて効率良く関節運動を誘発する電気刺激位置の探索法を提案するとともに、2) 筋電位パターンを高速かつ高精度に識別可能なハードウェア学習理論を考案し、FPGA 実装によって小型システムを開発した。また、3) 電気刺激と指先への触覚刺激を組み合わせることで仮想的に触感覚を与える方法論を確立するとともに、4) 運動想起時の脳波と電位刺激を組み合わせることで BCI 型運動訓練システムを開発し、これらの方法論を利用した運動学習支援の可能性について検証した。

I. はじめに

脳機能・身体機能回復のためのリハビリテーションでは、療法士が患者の残存機能（関節可動域や固縮の有無、随意筋収縮の有無やその収縮状態）などを適切に把握し、自然な運動に必要な筋収縮状態を適切に指示したり、患者の随意運動の意思を正確に読み取って適切に介助することなどが求められる。ただし、これらの評価、指示、介助は口頭による情報提示、あるいは患者の筋付近の皮膚を触る、たたく等の手技によって実現する必要があり、客観的かつ定量的な実施が困難である。そのため、リハビリテーションにおいて患者と療法士双方の情報伝達を円滑にし、運動学習を支援できる方法論の確立が必要である。

II. 目的

本研究の目的は、患者が実施する関節運動リハビリテーションにおいて、自然な運動に必要な筋収縮状態、力情報、タイミングを療法士と患者間で相互伝達可能とするとともに、患者の運動意図と身体運動を効率的に関連付けた運動学習支援法を確立することである。本年度は、昨年度までに構築した筋電位 (Electromyogram : EMG) による筋収縮評価と多チャンネル電気刺激を組み合わせた関節運動伝達インタフェース [1], [2] を発展させ、臨床で電気刺激型リハビリテーションを実施するための電気刺激位置の探索方法、および EMG による動作推定を高速かつ高精度に実施可能な新しいハードウェア学習理論を考案し、FPGA (Field programmable gate array) を利用した小型ハードウェアを開発した。また、提案法を指先への触覚刺激と組み合わせることで、被験者に仮想的に触感覚を与える方法論を考案するとともに、運動想起に伴って変化する脳活動を脳波から推定し、電気刺激によって多動作の運動訓練を可能とするシステムを開発した。これにより、様々な患者に対して臨床あるいは在宅で提案法を用いた運動学習訓練を実施できる基盤を整えた。また、提案訓練法によって脳活動が変化する可能性を示唆した。

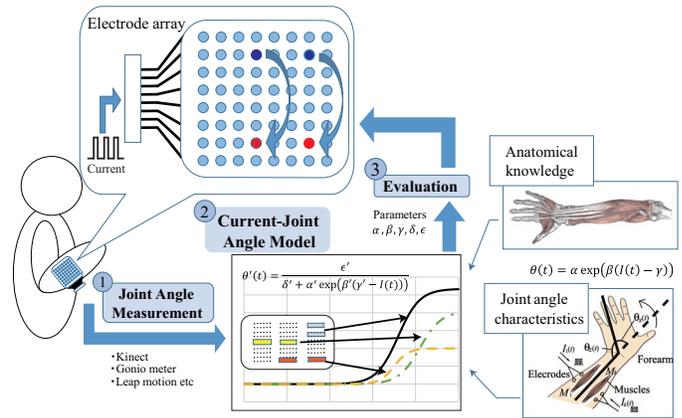


Fig. 1. Proposed electrode selection method

III. 研究成果

A. 電流-関節角度モデルに基づく電気刺激位置探索法の開発

提案法をはじめとする電気刺激型リハビリテーションにおいて、関節運動を引き起こすためには動作に寄与する筋（あるいは筋群）の運動点に適切に電極を貼付することが必要である。このとき不適切な位置に電気刺激を与えてしまった場合には、効果的に筋収縮を促すことができないばかりか、被験者に大きな痛みを伴う場合がある。しかしながら、電極位置は探索用のペン型電極などを用いて試行錯誤的に決定するしかなく、探索に時間がかかってしまう問題がある。

本研究では、電気刺激時の電流と誘発される動作の関節角度の関係を次式のシグモイド関数を用いて新たにモデル化し、モデルパラメータに基づいて効率的に目的の関節運動を誘発する電極位置選定法を提案した (Fig. 1)。

$$\theta(t) = \frac{e'}{\delta' + \alpha' \exp(\beta'(\gamma' - I(t)))} \quad (1)$$

ここで、 $\theta(t)$ は被験者の関節角度、 $I(t)$ は電流、 α' , β' , γ' , δ' , e' は実数パラメータであり、計測したデータから最小二乗法を用いて獲得する。Fig. 2 はアレイ電極を用いて得られた電流と関節角度特性の一例である。提案法を用いた電極選定実験により、被験者の前腕に取り付けた多チャンネルアレイ電極 (64 極) から解剖学的知見に基づいて選定した運動点 (MP) と同程度、もしくはより効率的な電極位置を選定できることが明らかになった [3]。

B. 生体信号を高速・高精度に識別する近似確率モデルの提案と FPGA 実装

本研究では、臨床や在宅で利用できる小型リハビリテーションシステムの実現のため、パターン識別を FPGA などのハードウェア上で実現する新しい近似混合正規分布モデルを考案した。提案法により、確率演算に基づく多チャンネル

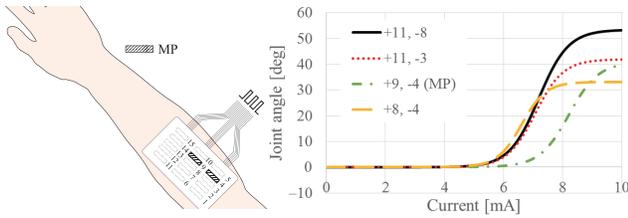


Fig. 2. An example of electrode selection experiments (current-joint angle characteristics)

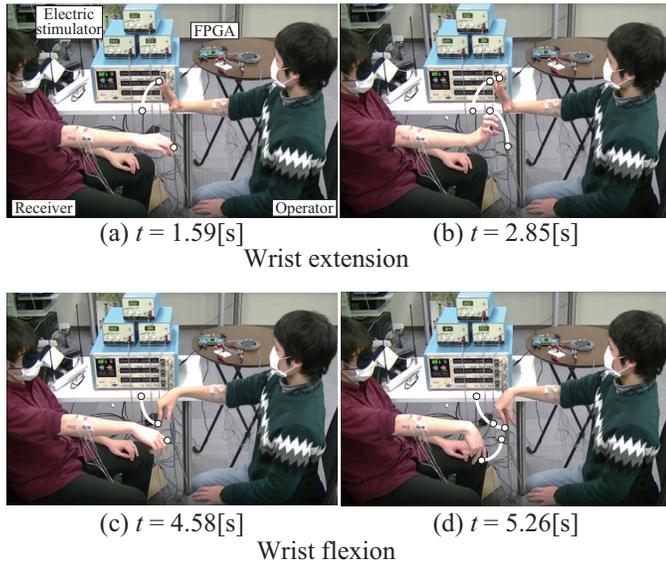


Fig. 3. FPGA-based human-human interface

筋電位のパターン識別を簡単な四則演算とビットシフト回路のみで実現可能となり、超高速に被験者の筋電位パターンの学習と評価が可能となった [4]。Fig. 3 に提案モデルを FPGA 上に実装して行った動作伝達の様子を示す。提案法によって PC を用いる必要がないため、我々が開発した小型電気刺激装置 [5] を組み合わせることで小型のリハビリテーションシステムが実現できる。

C. 電気刺激と触覚刺激を組み合わせた仮想反力提示法の提案

電気刺激モデル指先運動へ適用し、圧覚刺激による指腹刺激と電気刺激による指先変位を重畳して提示する新しい触力覚提示法を提案した (Fig. 4)。提案法はウェアラブル装置を用いて仮想空間内の物体が指先に与える反力を提示することが可能 [5] であり、関節運動と触知覚の訓練や、仮想空間での力覚提示などに利用できる。

D. 脳波パターン識別と電気刺激を利用した運動訓練システムの開発と運動学習効果の検証

患者の随意運動意図と筋収縮を関連付けた効果的な運動学習を実現するために、多クラス脳波パターン識別による運動意図推定と電気刺激を組み合わせたリハビリテーションシステムを開発した。Fig. 5 は手首関節の掌背屈運動を想起した際の脳波パターンをリアルタイムに識別し、電気刺激によって訓練を行っている様子である。提案法を利用し

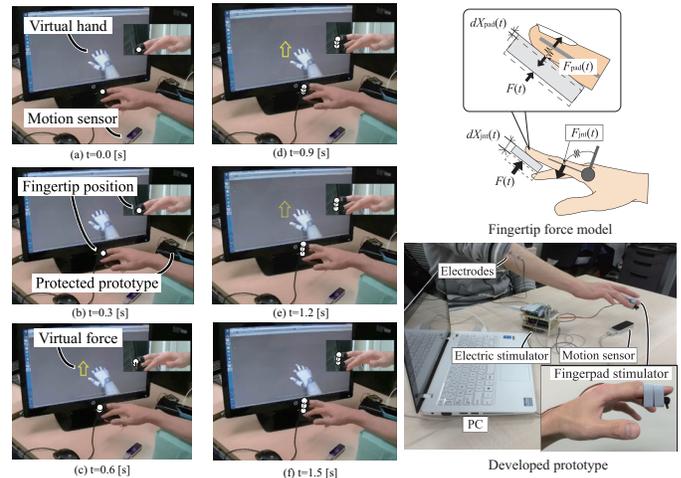


Fig. 4. Proposed wearable haptic system based on somatosensory superimposed stimuli [5]



Fig. 5. BCI-based rehabilitation system

た訓練実験により、多動作の運動想起時に脳波パターンにおける事象関連脱同期 (Event Related Desynchronization: ERD) の発現を促すことができる可能性が示唆された。

IV. おわりに

本年度は提案するヒト-ヒト間での電気刺激型リハビリテーション法を在宅・臨床利用するための方法論を構築するとともに、提案法による運動学習の可能性を示唆した。今後は、本年度に開始した A 班との連携研究、Italian Institute of Technology との国際連携研究をさらに推進し、臨床および在宅における提案法の運動学習効果を身体機能、脳機能の両側面から詳細に評価・検証するとともに、さらに効果的な訓練法の実現を目指す。

REFERENCES

- [1] Keisuke Shima and Koji Shimatani, "A New Approach to Direct Rehabilitation Based on Functional Electrical Stimulation and EMG Classification," Proceedings of 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), pp. 237-241, November 28-30, 2016
- [2] 島 圭介, 花井 宏彰, 島谷 康司, "機能的電気刺激と動作推定に基づく筋電位駆動型ヒューマンヒューマンインタフェース", 計測自動制御学会論文集, Vol. 53, No. 1, pp. 41-47, 2017
- [3] 宇田 和弘, 島 圭介, 島谷 康司, "運動学習支援への適用を目的とした機能的電気刺激の電極位置選定法", LIFE2016 講演論文集, pp. 133-135, 2016
- [4] 関島 律, 島 圭介, "組み込みハードウェアのための混合ガウス型識別モデルの提案と生体信号識別への応用", 第 17 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集 (SI2016), pp. 3182-3184, 2016
- [5] Keisuke Shima and Ryu Sato, "A novel haptic device design based on somatosensory superimposed stimuli," Advanced Robotics, Vol. 31, No. 3, pp. 135-142, Jan 2017

C03-3 研究項目の研究成果報告

向野 雅彦、佐々 遼馬、松田 文浩

藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学 I 講座

藤田保健衛生大学病院リハビリテーション科

藤田保健衛生大学医療科学部リハビリテーション学科

Abstract—本研究の目的は、身体性システムの理解に役立てるため、動作時の重心(COG)と足圧中心(COP)の動きから、動的バランス機能の客観的指標を開発することである。本研究では脳卒中片麻痺患者 29 名を対象とし、ステップ動作時に三次元動作分析装置 KinemaTracer[®](キッセイコムテック社)と床反力計(テック技販)を用いて動作中の計測を行った。指標値として、1 秒あたりの COG と COP の X 座標の差分の変化量(Averaged COP-COG subtraction value:ASV)、COG と COP それぞれの速度、COG と COP の方向一致率を算出した。前年度の予備的な検討と同様、ASV と臨床的なバランススケールである Berg Balance Scale の合計値は、歩隔の影響を除いた偏相関係数が 0.77 と比較的高い相関を示し、重心の動きに対する足圧のコントロールの能力がいわゆるバランス能力を反映している可能性が示唆された。さらに片麻痺者における指標値間の関係性とその重心速度との関連について検討を行ったところ、ASV は重心速度と 0.85 と高い相関を示す一方、ASV を従属変数、COP 最大速度と方向一致率を説明変数とした重回帰分析の結果、決定係数 0.75 と比較的高い数値を示し、足圧による重心速度のコントロールが運動出力の大きさとコントロールの巧拙によって説明される可能性が示された。今後さらに運動障害や感覚障害の及ぼす影響、歩行能力との関係等さらにバランスを維持する仕組みの解明に取り組む。

I. はじめに

脳卒中や大腿骨頸部骨折、あるいは高齢者の運動障害において、歩行や日常生活活動(ADL)の能力に、いわゆるバランス機能が大きく寄与していることが報告されており、その機能の障害はリハビリテーションにおいて主要な介入のターゲットの一つとなっている(1,2)。

一方、リハビリテーションがバランス機能に及ぼす効果とその意義を正確に評価するためには、身体がどのようにバランスを維持しているのか、介入によってどう変化したのか、それが日常生活上の動作の実施にどのように影響しうるのか、といった点を客観的にモニタリングすることが必要である。

これまでの研究の成果から、バランス機能は複数の要素により構成されるシステムとして理解され、臨床スケールによる評価法が提案されている(3)。

しかし、臨床スケールによって多彩なバランス機能の側面を評価するためには多くの時間を要する一方で、重心動揺計などの機器による計測は一般的には動作時の評価が難しく、静止立位時の動揺の大きさを評価することにとどまる。そのため臨床における評価は簡便な臨床スケールの合計値等が総合的なバランス機能として用いられることが多く、様々な側面を分析的に評価することが難しい。加えて、それらは基本的に順序尺度による評価であるため、システムの構造の検討に用いるには限界がある。

我々は客観的な測定に基づいてバランス機能のより詳細な要素を評価し、理解を深めることを目的として、主に重心と足圧の関係から特に動的なバランス機能を客観的に評価する仕組みを検討し、左右方向のバランス制御のモデルとして、ステップ動作時における重心と足圧の関係からバランス機能の客観指標化を行ってきた。

本研究においては、前年度から行ってきた動的なバランス測定の客観的かつ簡便な指標の作成をさらに進め、姿勢制御とその障害の仕組みを明らかにすることに取り組んだ。

II. 目的

本研究の目的は、①バランス機能を簡便かつ客観的に測定する指標を作成すること、②指標間の相互関係を明らかにすることである。

III. 研究成果

本年度は前年度に作成した計測プロトコルに基づき、脳卒中患者におけるバランス課題の計測と評価指標の作成を行った。

前年度に予備的検討を行った、動作解析装置による体幹マーカーの動揺の測定および足圧計による足圧の測定を同時に施行する計測モデルを用いて、バランス制御機能の測定手法の開発に引き続き取り組んだ。

対象者) 脳卒中片麻痺患者 29 例(平均年齢 60±9 歳、男性 18 名、女性 11 名、右片麻痺 17 名、左片麻痺 12 名)を対象とした。

方法) 三次元動作解析装置 Kinematracer およびフォープレートを使用し、足圧と三次元計測を同期的に行う

ことで、重心位置と足圧位置の関係性からバランス制御の能力を評価することを試みた。重心は両上下肢、体幹の10箇所に貼付したマーカー、仮想重心位置を算出した(4)。課題動作としては、5秒の立位、10回のステップ、5秒の立位の順番で施行し、側方への仮想重心位置の変位と足圧中心の側方への変位を記録した。

測定指標としては、踵接地から単脚支持期にかけての足圧中心と重心の位置の差分 (Averaged (|COP|-|COG|) subtraction value: ASV)、COGとCOPの速度、COGとCOPの方向の一致率を算出し、また修飾因子となるものとして測定時の歩幅、下肢の挙上量も算出した。また、比較のため、患者ではバランス機能スコアとして臨床でよく用いられている Berg balance scale (BBS) の評価を合わせて施行した。

結果)まず、重心と足圧の関係性がいわゆるバランス機能を反映しているかどうかを確認するために、測定値とBBSの関連について検討した。前年度の予備的検討においてASVはBBSと高い相関を認めていたが、症例数を増やした本検討において、ASVとBBSの相関係数は0.51、BBSのうち動的バランスの項目合計(BBSd)とも0.55と有意ではあるものの、予備的検討に比較して相関係数は低い傾向がみられた。ASVは足圧のコントロール範囲に影響され得るため、歩隔の影響を除外してBBSとASVの偏相関係数を計算したところ、BBSと0.75、BBSdと0.77と比較的高い値が得られた。そのため、この重心と足圧の関係性は、歩隔の影響を受けるものの、依然バランス機能を反映するものと理解された。

一方、ASVは側方加速度発生の変因となることが知られている。そこで、

踵接地時のCOGの速度の側方成分とASVとの関連を検討した。COGの踵接地時の速度とASVの間には0.85と高い相関が得られ、運動時の重心速度のコントロールと密接な関係がある可能性が示唆された (Fig. 1)。

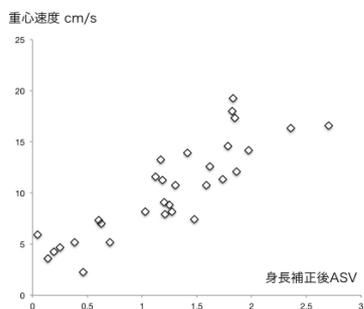


Fig. 1 踵接地時の重心速度とASVの相関

さらに、ASVを決定する変因として、①重心の動きに合わせて適切に方向をコントロールできるか、②足圧を十分に速く動かす運動出力があるか、が影響を与える変因になると仮説を設定し、検討を行った。①を反映する指標値としてCOGとCOPの運動方向の一致率(%match)、②を反映する指標としてCOPの最大速度(COPvmax)を代

Table 1 重回帰分析の結果

変数名	偏回帰係数	標準回帰係数	t値	p値
%match	0.039	0.729	7.49	<.0001*
COPvmax	0.003	0.384	3.95	0.0005*
定数項	-2.924		-6.18	<.0001*
修正済みR ²	0.74			

表値としてそれぞれの寄与を検討するため、重回帰分析を行った。すると、ASVを従属変数とし、この二つの変数を説明変数とした重回帰モデルは決定係数0.75と比較的良好な当てはまりを示した (Table1)。この結果に

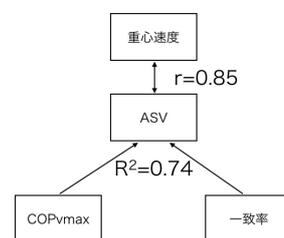


Fig. 2 重心速度と各指標の相関

基づく、重心速度とASV、COPの速度と一致率の相互関係図を Fig. 2 に示す。

IV. おわりに

本研究においては、重心と足圧の関係性がバランス機能と反映すること、それが重心速度と相関しており、足圧の速さと方向の正しさによってある程度説明できることが示された。

今後は、①ステップ動作以外にも応用可能なパラメータの作成、②介入がこれらのパラメータに及ぼす影響の検討、③外乱を用いた反応的姿勢制御と予測的姿勢制御の関係の検討、④歩行時の歩容、歩行速度等のパラメータとの関係性についての検討、⑤筋活動のパターン、病変のパターンとの関係性についても検討を進め、バランス機能を成り立たせている身体システムの包括的な理解と客観的なデータに基づく decision making、介入方法の検討と効果の評価までを行うことのできる仕組みの構築に取り組む。

REFERENCES

1. Bryant MS, Rintala DH, Hou J-G, Protas EJ. Relationship of Falls and Fear of Falling to Activity Limitations and Physical Inactivity in Parkinson's Disease. *J Aging Phys Act.* 2015 Apr;23(2):187-93.
2. Edgren J, Salpakoski A, Rantanen T, Heinonen A, Kallinen M, von Bonsdorff MB, et al. Balance confidence and functional balance are associated with physical disability after hip fracture. *Gait & posture.* 2013;37(2):201-5.
3. Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther.* 2009 May;89(5):484-98.
4. Ehara YYS. Introduction to Body Dynamics-Analysis of Standing Up Movement. Tokyo: Ishiyaku Publishers (in Japanese). 2001;80-81.

C03-4 身体失認・失行症における身体性変容の 解明とニューロリハビリテーション法の開発 研究成果

森岡 周
 畿央大学健康科学部

Abstract—失行症における身体性の変容を、映像遅延検出課題にて評価した。その結果、失行症では、**motor predictions** に特異的な障害があることを示した。また、映像遅延装置システムにより生じる運動-感覚の不一致は、主観的知覚、筋活動、脳活動、運動パフォーマンスおよび運動学習を変化させることを明らかにした。

I. はじめに

脳卒中後の高次脳機能障害である失行症あるいは脳卒中後片麻痺では、運動プログラム・指令と感覚フィードバックとの間に不一致が生じ、身体性が変容（身体所有感および運動主体感の障害、異常感覚の惹起）していることが指摘されている。しかしながら、これら症候に対して、身体性の変容を客観的かつ定量的に捉える評価法はない。また運動-感覚不一致による身体性の変容が、筋活動・脳活動・運動パフォーマンス・運動学習に与える影響は明確ではない。

II. 目的

映像遅延装置システムを用いて、失行症における身体性の変容を定量的に明らかにすることを研究目的とした。加えて、身体性の変容が運動パフォーマンスおよび運動関連脳領域に与える影響を、映像遅延装置システムを用いて明らかにすることを目的とした。

研究Aでは、失行症における身体性の変容を、映像遅延装置システムを用いて定量的に捉えることを目的とした。研究Bでは、健常者を対象に、運動-感覚不一致による身体性の変容と共に生じる運動学的変化および運動関連脳領域の活動変化を捉えることを目的とした。研究Cでは、健常者を対象に、運動-感覚不一致が手の操作運動制御に与える影響を調査することに加えて、対側肢の空間情報の参照が運動パフォーマンスに与える影響について調査することを目的とした。研究Dでは、運動-感覚不一致が運動学習に及ぼす悪影響とその脳内メカニズムを明らかにすることを目的に、映像遅延装置システムと近赤外光脳機能イメージング装置を用いた計測によって検証した。

III. 研究成果

A. 失行症における身体性変容の定量的評価

脳卒中を罹患した患者22名を、失行評価に基づき、失行群(7名)・偽失行群(6名)・非失行群(9名)に分類し、視覚フィードバック遅延検出課題 (Shimada et al, 2010) を実施した。刺激条件は、触覚刺激、受動運動、能動運動であった。結果、触覚刺激と受動運動における遅延検出閾値 (delay detection threshold : DDT) と遅延検出確率曲線の勾配 (steepness) に群間差は認めなかった。一方で、能動運動では、失行群は、偽・非失行群と比較して、DDTの有意な延長と steepness の有意な低下を示した(図1)。また失行重症度と能動運動条件における DDT/steepness との間には、有意な相関関係を認めた(図1)。

本研究は、失行症には、**motor predictions** の障害があることを示唆した。この **motor predictions** の障害を検証すべく、現在、患者の運動関連電位を計測する研究中有である。その前段階として、運動-感覚不一致が運動関連電位へ与える影響について健常者を対象に調査した。

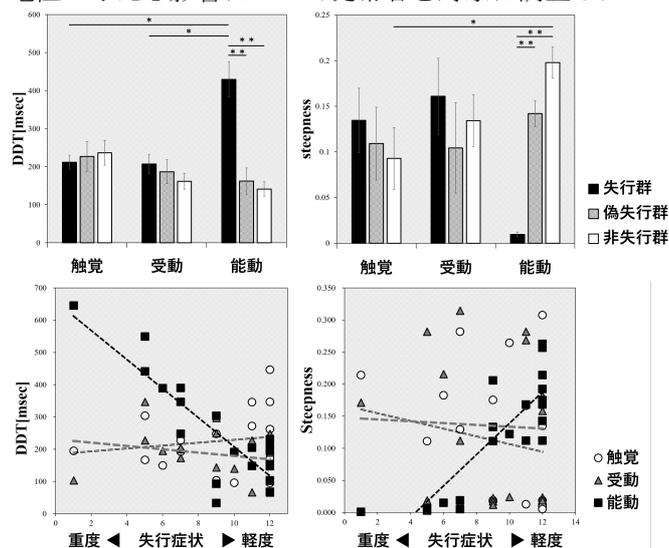


図1 各群のDDT/steepnessの比較と失行重症度との相関

B. 運動-感覚不一致が主観的知覚・筋活動・脳活動に及ぼす影響についての研究

対象は右利き健常大学生とし、映像遅延システムを用いて、self-generated movement に対して遅延視覚フィードバック (0, 150, 300, 750msec) を挿入し、主観的知覚の評価、筋活動計測を実施した。また、運動開始から1秒間の時間窓に観測される対側一次運動野領域の運動関連電位を抽出した。その結果、主観的知覚である身体の損失感、重さ及び疲労は、遅延時間の延長に伴って有意に増大した。また、運動リズム及び筋活動量は遅延時間増大に伴って有意に緩慢化・減少した。さらに、対側一次運動野の運動関連電位の振幅ピーク潜時は遅延時間増大に伴って遅延する傾向にあった(図2)。

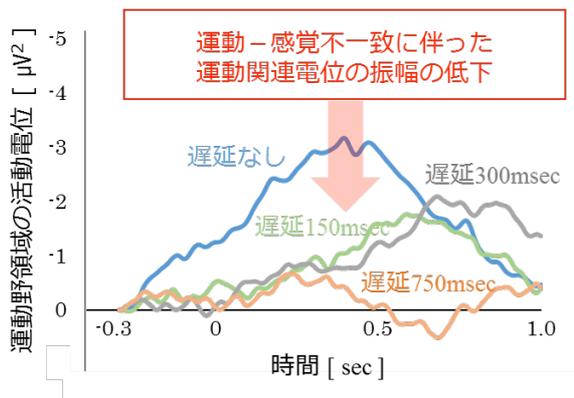


図2 運動-感覚不一致に伴う運動関連電位の減弱

本研究結果は、随意運動に伴う視覚フィードバックの時間的遅延を与えることで、主観的知覚の変容や運動リズムの緩慢化が認められただけでなく、対側一次運動野の活動に変調がみられたことから、運動-感覚の不一致が運動プログラムを変容させることが示された。これは、身体性変容が生じている失行症や脳卒中患者の運動障害を説明するモデルの一つになると示唆されたため、今後は実際の症例の計測を計画している。

C. 運動-感覚の時間的不一致が操作運動制御に与える影響と身体の参照効果に関する研究

対象は右利き健常大学生20名とし、映像遅延システムを用いて、運動と感覚の時間的不一致を作成し、映像遅延なし・参照なしでの「リアルタイム条件」、映像の300msec遅延下での「参照あり条件」と「参照なし条件」の3条件でのペグボード課題を実施した。また各条件における主観的難易度を7段階リッカート尺度で記録し、各条件遂行時の脳活動を、近赤外光脳機能イメージング装置(FOIRE 3000, 島津製作所)を用いて計測した (effect size: ESを指標とした)。結果、リアルタイム条件と参照あり条件と比較して、参照なし条件において有

意な成績の低下を認めた。またリアルタイム条件と比較して、参照なし条件において、主観的難易度の有意な増加を認めた。さらに参照なし条件と比較して、参照あり条件において、左頭頂葉のESの有意な増加を認め、成績と左頭頂葉のESとの間には、有意な相関関係を認めた。

本研究により、運動-感覚不一致は、操作運動の成績を低下させるが、身体の参照効果により、成績が向上することが示された。さらにこの身体の参照効果は頭頂葉によって担われていることが示唆された。

D. 運動-感覚時間的統合が運動学習に及ぼす影響に関する研究

対象は、右利き健常大学生30名とし、映像遅延システム下でのペグボード課題を練習し、その学習効果を検証した。対象をリアルタイム条件下練習群(10名)、視覚フィードバックの300msec遅延条件下練習群(10名)、600msec遅延条件下練習群(10名)の3群に割り付け、それぞれの条件下でのペグボード練習課題を連続3試行実施した。また練習中の脳活動を、近赤外光脳機能イメージング装置(FOIRE 3000, 島津製作所)を用いて計測した。結果、プレ測定と比較して、ポスト測定において、リアルタイム群と300msec遅延群において成績の有意な向上を認めたが、600msec遅延群には成績の変化を認めなかった。群間比較でも、600msec遅延群と比較して、リアルタイム群において、成績の有意な向上を認めた。また成績と頭頂正中部/左頭頂葉のESとの間に、有意な相関関係を認めた。

本研究は、運動-感覚不一致下での運動練習と比較して、運動-感覚一致下での運動練習がより効果的であることを示した。またその成績は、頭頂葉の活動に関連していることが示された。

IV. おわりに

失行症における motor predictions の特異的な異常を心理物理的に定量化した。また、運動-感覚不一致が、主観的知覚、脳活動、筋活動、運動パフォーマンス、および運動学習に与える影響を明らかにした。今後は、失行患者の運動予測の異常を電気生理学的に解明すると同時に、片麻痺や失行などの障害に対する感覚運動統合を促進する介入の効果検証を進めていく予定である。

REFERENCES

- [1] S. Shimada, T. Suzuki, N. Yoda, T. Hayashi, "Relationship between sensitivity to visuotactile temporal discrepancy and the rubber hand illusion," *Neurosci. Res. Japan*, vol. 85, pp. 33-38, August 2014.
- [2] S. Shimada, K. Fukuda, K. Hiraki, "Rubber hand illusion under delayed visual feedback," *PLoS. One. California*, Vol. 9, pp. e6185, July 2009.
- [3] S. Shimada, Y. Qi, K. Hiraki, "Detection of visual feedback delay in active and passive self-body movements," *Exp. Brain. Res. Vol.* 201, pp. 359-364, March 2010.

H28 年度 活動報告リスト

- 1 日時：2016/2/19
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：SoS 研究会
内容：研究進捗の確認，A01・B01・C01 班の連携に関する協議
- 2 日時：2016/2/23
場所：京都大学
名称：A02-1, A03-4 班共同研究
内容：右半球前頭-頭頂ネットワークが関与する vibration illusion, 自己顔認知課題の硬膜下電極留置症例での検討
- 3 日時：2016/3/8
場所：ホテル千秋閣
名称：A01-1, A03-4 班共同研究打ち合わせ
内容：脳外科手術患者を対象とした運動主体感の変容に関する共同研究について、プロトコルの詳細の討議（70分）、今後の研究計画の方針の策定。
- 4 日時：2016/3/13
場所：和歌山大学
名称：第54回大阪体育学会 シンポジウム
内容：第54回大阪体育学会シンポジウム：「脳と運動—身体を巧みに動かす脳のメカニズム—」において、講演「ネイマールの脳から解かる効率的な運動制御」
- 5 日時：2016/3/14
場所：高知工科大学
名称：A01 項目研究打ち合わせ・実験
内容：身体意識のデコーディングに関する実験の実施、今後の検討課題についての議論
- 6 日時：2016/3/15
場所：脳情報通信融合研究センター
名称：大学生のための CiNet 研究ワークショップ
内容：大学3年生や修士の学生を対象に「脳の運動制御の理解と応用術」という講演の開催、研究成果等の広報活動の実施
- 7 日時：2016/3/23
場所：国際電気通信基礎技術研究所(ATR)
名称：ATR 内部での研究発表
内容：身体意識のデコーディング結果について、ATR 内部での研究進捗報告会(ATR Computational Neuroscience Seminar)での発表、議論
- 8 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：第93回日本生理学会大会
内容：シンポジウム「中枢神経系における身体表現と認知運動連関の機能構築再構築」
- 9 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：研究打ち合わせ
内容：B02 班と姿勢制御について打ち合わせ
- 10 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：研究打ち合わせ
内容：前頭頭頂ネットワークでの遠心性コピーの実態解明のための実験打ち合わせ
- 11 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：研究打ち合わせ
内容：音楽家ジストニアの脳内身体表現に関する共同研究の打ち合わせ
- 12 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：研究打ち合わせ
内容：A01,A02,B02 の研究成果の統合に関する打ち合わせ
- 13 日時：2016/3/23
場所：札幌コンベンションセンター
名称：研究打ち合わせ
内容：B02 班内の筋シナジーの脳内身体表現の解明のための研究打ち合わせ
- 14 日時：2016/3/24
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：A01 項目研究打ち合わせ・実験

- 内容：内受容感覚と身体意識における島皮質役割についての議論
- 15 日時：2016/3/29
場所：東京女子医科大学
名称：宮田・矢野研究打ち合わせ
内容：解析進捗の確認と解析結果の解釈についての議論
- 16 日時：2016/3/30
場所：京都大学附属病院
名称：A03-3 班講演、A03-4 班との研究打ち合わせ
内容：パーキンソン病モデルラットにおける視床核、大脳皮質の β 振動についての講演、今後の検討課題についての議論
- 17 日時：2016/4/5
場所：明治大学
名称：B01-C03 合同セミナー
内容：研究会および脳波解析勉強会
- 18 日時：2016/4/6
場所：京都大学附属病院
名称：A02-1, A03-4 班共同研究打ち合わせ
内容：機械学習による decoding についての講義、vibration illusion、自己顔認知に関する解析結果を提示し、今後の decoding の手法について議論
- 19 日時：2016/4/13
場所：Skype
名称：A02 項目研究ミーティング
内容：研究進捗の確認と今後の検討課題についての議論
- 20 日時：2016/4/15
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：東京大学精密工学特別講義
内容：脳内身体表現に大きく関与する運動感覚の知覚、身体運動イメージの生成および効率的な運動制御に関する講演
- 21 日時：2016/4/20
場所：筑波大学附属病院
名称：MBR 勉強会
内容：運動学習やリハビリテーションに関わる研究報告および論文紹介と議論
- 22 日時：2016/4/22
場所：NCNP
名称：A02-1 研究打ち合わせ
内容：筋シナジーの脳内表現に関する今後の研究方向の打合わせ
- 23 日時：2016/4/22
場所：NCNP
名称：NCNP 第24回システム神経科学セミナー
内容：運動制御と身体認知を支える脳内身体表現の神経基盤
- 24 日時：2016/4/23
場所：東京駅地下
名称：A,B 班打ち合わせ
内容：中間評価に向けた打ち合わせ
- 25 日時：2016/4/26
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：SoS 研究会 (B01-A01-C01 連携会議)
内容：ラバーハンドの実験における身体意識の変化のモデリング (濱崎)、およびラバーハンド錯覚の有無を反映する脳活動 (畝中) の研究結果についての議論
- 26 日時：2016/4/27
場所：慶応義塾大学医学部附属病院
名称：A01-1, A03-4 班共同研究打ち合わせ
内容：脳外科手術患者を対象とした運動主体感の変容に関する共同研究についての課題検討、今後の研究計画の具体的な方針策定
- 27 日時：2016/4/27
場所：慶応義塾大学
名称：研究打ち合わせ
内容：身体の構造に関する議論と研究の進捗についての議論
- 28 日時：2016/5/9
場所：EMBOSS2016 会場
名称：A03-4 班 B01 班打ち合わせ
内容：脳腫瘍患者研究への Keio method 研究に際しての、統計学的推定パラメーターの応用の可能性についての討議
- 29 日時：2016/5/10

- 場所：東京大学本郷キャンパス
名称：A01-A02 打ち合わせ
内容：運動ネットワークと前頭頭頂ネットワークの相互作用に関する実験の可能性についての議論
- 30 日時：2016/5/10
場所：京都大学
名称：RMS 研究会
内容：研究進捗の確認と今後の検討課題についての議論
- 31 日時：2016/5/11
場所：JST サイエンスプラザ
名称：JST-CRDS ワークショップ『健康長寿社会日本』のためのバイオメカニクス研究
内容：身体性の脳科学・脳科学を活用した運動機能向上研究の発表、身体性システムの重要性和宣伝活動
- 32 日時：2016/5/15
場所：CIVI 研修センター
名称：大阪府理学療法士会 生涯学習部 講演会
内容：大阪府理学療法士 180 名を対象とした講演「感覚処理と運動制御・運動学習」
- 33 日時：2016/5/16
場所：国立情報学研究所
名称：共同研究打ち合わせ
内容：没入型 VR システムを用いた共同研究についての情報交換、議論
- 34 日時：2016/5/25
場所：筑波大学付属病院
名称：MBR 勉強会
内容：運動学習やリハビリテーションに関わる研究報告および論文紹介と議論
- 35 日時：2016/5/27
場所：札幌コンベンションセンター
名称：第 51 回日本理学療法学会 日本神経理学療法学会招待講演
内容：第 51 回日本理学療法学会大会に参加していた理学療法士ら 2000 名を対象に、「運動制御と身体認知を支える脳内身体表現の神経基盤」という講演を実施
- 36 日時：2016/5/31
場所：杏林大学
名称：共同研究打ち合わせ
内容：ラバーハンド錯覚の脳波実験に関する共同研究についての議論
- 37 日時：2016/6/1
場所：筑波大学
名称：共同研究打合せ(村田・井澤)
内容：共同研究について情報交換及び議論
- 38 日時：2016/6/17
場所：梅田ジュンク堂本店
名称：出版記念講演
内容：柔軟なヒューマノイド研究についての講演
- 39 日時：2016/6/18
場所：グランフロント大阪
名称：第 6 回 CiNet シンポジウム おもしろい脳科学
内容：一般を対象とした「スポーツの達人は脳も違う」の講演
- 40 日時：2016/6/21
場所：京都
名称：全日本女子バレーボールチーム帯同
内容：全日本女子バレーボールチームの健康管理、選手パフォーマンス観察などの助力
- 41 日時：2016/7/4
場所：上海, 中国
名称：International Conference on Autonomous Systems
内容：自立的システムに関する国際会議の主催、身体性システムについての講演の実施
- 42 日時：2016/7/5
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：国際共同研究打合せ
内容：fMRI 実験デザインの検討
- 43 日時：2016/7/8
場所：筑波大学
名称：共同研究打合せ(村田・井澤)
内容：共同研究の進捗確認および今後の方針についての議論
- 44 日時：2016/7/12
場所：産総研つくば
名称：産総研筑波セミナー
内容：南カリフォルニア大学の Nicolas Schweighofer 博士を招いてのセミナーおよび共同研究の進捗確認

と議論

- 45 日時：2016/7/14
場所：Skype
名称：ミーティング
内容：査読コメントへの対応
- 46 日時：2016/7/16
場所：北海道教育大学札幌
名称：車椅子フェンシング帯同
内容：車椅子フェンシング選手の子椅子の状況のチェック、選手へのメディカルチェックとアンケート調査。その情報を持ち帰り、旭川医科大学リハビリテーション科と研究を開始（車椅子とフェンシング動作の関係）
- 47 日時：2016/7/23
場所：旭川フィールド
名称：健康弱者講演会
内容：市民公開講座、健康弱者（障がい者）に関する講演会。障がい者スポーツを main に。
- 48 日時：2016/7/27
場所：パシフィコ横浜
名称：ICP2016 国際シンポジウム 講演
内容：横浜で開催された ICP2016 NTT sponsored symposium: Elucidating and improving the athletic brain: Synergy of cognitive neuroscience and information technology にて、講演「Elucidating the development of human central motor system」
- 49 日時：2016/8/7
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：招待講演
内容：機械の日記念行事：講演「スポーツの達人の運動制御」
- 50 日時：2016/8/12
場所：Skype
名称：ミーティング
内容：査読コメントへの対応
- 51 日時：2016/8/19
場所：筑波大学附属病院
名称：MBR 勉強会
内容：運動学習やリハビリテーションに関わる研究報告および論文紹介と議論
- 52 日時：2016/8/19
場所：横浜国立大学
名称：A02-1 と C03-1 研究打ち合わせ
内容：片マヒの運動機能再建の基本的リハビリになりうる技術の開発を A02-1 と C03-1 研究で行う可能性の検討
- 53 日時：2016/8/21
場所：Skype
名称：ミーティング
内容：査読コメントへの対応
- 54 日時：2016/8/22
場所：ATR
名称：身体性ヒアリング打ち合わせ
内容：身体性ヒアリングに関する打ち合わせ
- 55 日時：2016/8/23
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：SoS 研究会
内容：研究進捗の報告、確認およびそれに関する議論
- 56 日時：2016/9/1
場所：慶応大学
名称：第 10 回 MotorControl 研究会
内容：第 10 回 MotorControl 研究会に身体性のメンバーが参加、成果の発表及び討論
- 57 日時：2016/9/5
場所：CiNet
名称：A03-4 班共同研究打ち合わせ
内容：decoding を使用した行為に関する ECoG 記録の解析内容について解析方法と結果、今後の解析の課題について議論
- 58 日時：2016/9/8
場所：産総研
名称：研究打合せ
内容：研究進捗の確認と今後の検討課題について議論
- 59 日時：2016/9/14

- 場所：稚内高校
 名称：スポーツ医学講演会
 内容：学校活動で生じやすいスポーツ障害の特徴と予防、医療提供
- 60 日時：2016/9/19
 場所：グランフロント大阪
 名称：招待講演
 内容：日本幼少児健康教育学会で講演
- 61 日時：2016/9/20
 場所：羽幌町中央公民館
 名称：スポーツ医学講演会
 内容：学校教員を対象に学校で生じるスポーツ障害の特徴と予防方法、動作の特徴などを講演
- 62 日時：2016/9/22
 場所：明治大学
 名称：A01-B04 連携研究打ち合わせ
 内容：研究の解析方法の打ち合わせ
- 63 日時：2016/9/28
 場所：明治大学
 名称：A01-B04 連携研究打ち合わせ
 内容：研究進捗の確認と今後の研究の打ち合わせ
- 64 日時：2016/9/30
 場所：福岡国際会議場
 名称：A03-1 班 A03-4 班打ち合わせ会議
 内容：海外から講演に招聘した Kai Miller 氏と会議場で5時間、脳内身体表現にかかわるヒトの侵襲的脳活動計測の基盤となる、正確な解剖情報を有するMR I / CTプラットフォーム（個人&標準脳）の共同開発のため、プラットフォームについてハンズオン形式で打ち合わせ
- 65 日時：2016/10/20
 場所：京都大学
 名称：ICONIP2016
 内容：ICONIP2016にて講演
- 66 日時：2016/10/29
 場所：郡山 ホテルハマツ
 名称：第46回日本臨床神経生理学会学術大会
 内容：教育講演「自己受容感覚の運動制御と身体認知への貢献」
- 67 日時：2016/10/31
 場所：首都大学東京秋葉原サテライト
 名称：第102回ロボット工学セミナー
 内容：講演：「人間の運動領野の感覚-運動統合機能、学習や練習に伴う可塑性および発達の観点から運動機能再建リハを考える」
- 68 日時：2016/10/31
 場所：北海道大学
 名称：研究会
 内容：研究進捗の確認と今後の検討課題について議論
- 69 日時：2016/11/5
 場所：旭川医科大学
 名称：第38回臨床歩行分析研究会定例会
 内容：動作解析装置などを用いた研究の学会
- 70 日時：2016/11/11
 場所：川崎市麻生市民館岡上分館
 名称：川崎市麻生市民館岡上分館家庭・地域教育学級
 内容：ロボット工学者から見た「学び」～子育ての視野を拓げ可能性を考える～という内容で講演を行い、その中で身体性システム科学の概念を説明
- 71 日時：2016/11/12
 場所：駒木野病院
 名称：身体意識の神経基盤に関する打合せ
 内容：運動主体感の神経基盤を安静時機能結合から解明する実験について、MRI撮像パラメータなどを決定
- 72 日時：2016/11/18
 場所：東京大学本郷キャンパス
 名称：A01 研究項目打合せ
 内容：運動主体感のfMRI研究の進捗報告と今後の方針打合せ
- 73 日時：2016/11/19
 場所：東京大学本郷キャンパス
 名称：A01 研究項目打合せ

- 内容：身体意識を fMRI ニューロフィードバックで操作する方法の可能性について議論
- 74 日時：2016/11/29
場所：名古屋大学
名称：B 班会議
内容：中間評価報告（太田）、研究進捗の報告（千葉，近藤）を行い、引き続き脳内身体表現の数理モデル、モデルベーストリハビリテーションの実現に関して総合討論
- 75 日時：2016/11/30
場所：紋別高校
名称：スポーツ医学講演会
内容：学校活動で生じやすいスポーツ障害の特徴と予防などを講演
- 76 日時：2016/12/5
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：SoS 研究会
内容：互いに研究、実験の進捗の報告、今後の研究課題についての議論
- 77 日時：2016/12/7
場所：ウカルちゃんアリーナ（滋賀県立体育館）
名称：計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2016
内容：計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2016 にてオーガナイズドセッションを開催
- 78 日時：2016/12/14
場所：筑波大学
名称：研究打合せ
内容：研究進捗の説明、今後の研究方針についての議論
- 79 日時：2016/12/20
場所：国立情報学研究所
名称：村田・稲邑共同研究打ち合わせ
内容：SIGVerse を使った身体表現に関するサルを対象にした行動実験・生理学実験に関する具体的な方法、検討課題についての議論
- 80 日時：2016/12/22
場所：明治大学
名称：A01-C04 連携研究打ち合わせ
内容：研究進捗の確認と今後の研究の打ち合わせ
- 81 日時：2017/1/11
場所：明治大学
名称：A01-C03 連携研究打ち合わせ
内容：研究進捗の確認
- 82 日時：2017/1/13
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：SoS 研究会
内容：互いに研究、実験の進捗の報告を行い、今後の研究課題について議論
- 83 日時：2017/1/15
場所：ナショナルトレーニングセンター
名称：全日本バレーボールドクターミーティング
内容：1年間の活動発表と、講師を招いての勉強会
- 84 日時：2017/1/21
場所：帝京平成大学
名称：日本ボバース研究会関東甲信越神ブロック 合同症例発表会
内容：講演「自己受容感覚から形成される脳内身体表現」
- 85 日時：2017/1/23
場所：東京大学本郷キャンパス
名称：B 班研究打合せ
内容：今後の検討課題についての議論
- 86 日時：2017/2/1
場所：京都大学医学部付属病院
名称：A01-1, A03-4 班共同研究打ち合わせ
内容：運動主体感の共同研究について、これまで登録された患者についての議論、今後の研究方針の明確化

H28 年度 研究業績リスト

学術論文 (英文誌)

1. T. Funato, S. Aoi, N. Tomita, and K. Tsuchiya: Smooth enlargement of human standing sway by instability due to weak reaction floor and noise, *Royal Society Open Science*, 2016, Vol. 3, 150570
2. Asai, T.: Feedback control of one's own action: self-other sensory attribution in motor control. *Consciousness and Cognition*, 2015, 38, 118-129.
3. Asai, T.: Agency elicits body-ownership: proprioceptive drift toward a synchronously acting external proxy, *Experimental Brain Research*, 2016, in press
4. Imaizumi, S. & Asai, T.: Dissociation of agency and body ownership following visuomotor temporal recalibration, *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2015, 9, 35.
5. Izawa, J., Asai, T. & Imamizu, H.: Computational motor control as a window to understanding schizophrenia, *Neuroscience Research* 2016, in press
6. K. Amemiya and E. Naito: Importance of human right inferior frontoparietal network connected by inferior branch of superior longitudinal fasciculus tract in corporeal awareness of kinesthetic illusory movement, *Cortex*, 2016, in press
7. Karabanov A, Ziemann U, Hamada M, George MS, Quartarone A, Classen J, Massimini M, Rothwell J, Siebner HR.: Consensus Paper: Probing Homeostatic Plasticity of Human Cortex with Non-invasive Transcranial Brain Stimulation, *Brain Stimul*, 2015, 8(5):993-1006.
8. Grimaldi G, Argyropoulos GP, Bastian A, Cortes M, Davis NJ, Edwards DJ, Ferrucci R, Fregni F, Galea JM, Hamada M, Manto M, Miall RC, Morales-Quezada L, Pope PA, Priori A, Rothwell J, Tomlinson SP, Celnik P.: Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation (ctDCS): A Novel Approach to Understanding Cerebellar Function in Health and Disease, *Neuroscientist*, 2016, 22(1):83-97
9. Nakatani-Enomoto S, Hanajima R, Hamada M, Terao Y, Matsumoto H, Shiota Y, Ohminami S, Okabe S, Hirose M, Nakamura K, Furubayashi T, Groiss SJ, Kobayashi S, Mochizuki H, Enomoto H, Ugawa Y: Somatosensory-evoked potential modulation by quadripulse transcranial magnetic stimulation in patients with benign myoclonus epilepsy, *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(2):1560–1567
10. Terao Y, Fukuda H, Tokushige S, Inomata-Terada S, Yugeta A, Hamada M, Ichikawa Y, Hanajima R, Ugawa Y.: Is multiple system atrophy with cerebellar ataxia (MSA-C) like spinocerebellar ataxia and multiple system atrophy with parkinsonism (MSA-P) like Parkinson's disease? - A saccade study on pathophysiology, *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(2):1491–1502
11. H. Tanaka: Modeling the motor cortex: Optimality, recurrent neural networks, and spatial dynamics, *Neuroscience Research*, 2016, in press
12. M. Hirashima and T. Oya: How does the brain solve muscle redundancy? Filling the gap between optimization and muscle synergy hypotheses, *Neuroscience Research*, 2016, in press
13. Y. Yamao, R. Matsumoto, K. Kunieda, Y. Arakawa, K. Kikuchi T, S. Shibata, A. Ikeda, H. Fukuyama, S. Miyamoto: A possible variant of negative motor seizure arising from the supplementary negative motor area, *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, Vol. 134, pp. 126-29
14. T. Kunieda, Y. Yamao, T. Kikuchi, R. Matsumoto: New Approach for Exploring Cerebral Functional Connectivity: Review of CCEP (Cortico-cortical evoked potential), *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2015, Vol. 53, pp. 805-813
15. T. Fumuro, M. Matsushashi, T. Miyazaki, M. Inouchi, T. Hitomi, R. Matsumoto R, R. Takahashi, A. Ikeda: Alpha-band desynchronization in human parietal area during reach planning, *Clin Neurophysiol*, 2015, VOL. 126, No. 4, pp. 756-762
16. K. Kobayashi, R. Matsumoto, M. Matsushashi, K. Usami, A. Shimotake, T. Kunieda, T. Kikuchi, N. Mikuni, S. Miyamoto, H. Fukuyama, R. Takahashi, and A. Ikeda: Different Mode of Afférents Determines the Frequency Range of High Frequency Activities in the Human Brain: Direct Electrocorticographic Comparison between Peripheral Nerve and Direct Cortical Stimulation, *PLoS One*, 2015, Vol. 10, No. 6, e0130461
17. J. Lee, Y. Kagamihara, S. Kakei: A new method for functional evaluation of motor commands in patients with cerebellar ataxia, *PLoS ONE*, 2015, 10(7): e0132983. doi: 10.1371/journal.pone.0132983.
18. S. Tomatsu, T. Ishikawa, Y. Tsunoda, J. Lee, D.S. Hoffman, S. Kakei: Information processing in the hemisphere of the cerebellar cortex for control of wrist movement, *Journal of Neurophysiology*, 2016, Vol. 115, No. 1, pp.255-270
19. T. Ishikawa, S. Kakei, H. Mitoma: Overlooked Holmes' clinical signs: reevaluation by recent physiological findings, *Cerebellum and Ataxias*, 2015, 2:13. doi: 10.1186/s40673-015-0033-z.
20. T. Ishikawa, S. Tomatsu, J. Izawa, S. Kakei: The cerebro-cerebellum: Could it be loci of forward models? *Neuroscience Resesarch*, 2015, pii: S0168-0102(15)00293-X. doi: 10.1016/j.neures. 2015.12.003.
21. Matsukawa H, Tanikawa R, Kamiyama H, Tsuboi T, Noda K, Ota N, Miyata S, Oda J, Takeda R, Tokuda S, Kamada K: Risk factors for neurological worsening and symptomatic watershed infarction in internal carotid artery aneurysm treated by extracranial-intracranial bypass using radial artery graft, *J neurosurgery*, 2015, in press
22. Yoshino Y, Kin T, Ito A, Saito T, Nakagawa D, Kamada K, Mori H, Kunimatsu A, Nakatomi H, Oyama H, Saito N: Diffusion tensor tractography of normal facial and vestibulocochlear nerves, *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2015, Vol.10, No.2, pp.383-392
23. Yoshino M, Kin T, Ito A, Saito T, Nakagawa D, Ino K, Kamada K, Mori H, Kunimatsu A, Nakatomi H, Oyama H, Saito N:

Feasibility of diffusion tensor tractography for preoperative prediction of the location of the facial and vestibulocochlear nerves in relation to vestibular schwannoma, *Acta Neurochir*, 2015, Vol.157, No.6, pp.939-946

24. Wada H, Saito M, Kamada K: Evaluation of changes of intracranial blood flow after carotid artery stenting using digital subtraction angiography flow assessment, *World J Radiol*, 2015, Vol.7, No.2, pp.45-51
25. Korostenskaja M, Kamada K, Guger C, Salinas C M, Westerveld M, astillo E M, Salillas E, Chen Po-C, Harris E, Seddon I, Elsayed M, Kapeller C, Schaal A. Seo Joo-H, Baumgartner J, Lee Ki H.: Electrocorticography-Based Real-Time Functional Mapping for Pediatric Epilepsy Surgery, *Journal of Pediatric Epilepsy*, 2015, Vol.4, No.4, pp.184-206
26. A Ritaccio, R Matsumoto, M Morrell, K Kamada, M Koubeissi, D Poeppel, J-P Lachaux, Y Yanagisawa, M Hirata, C Guger, G Schaal: Proceedings of the Seventh International Workshop on Advances, *Epilepsy & Behavior*, 2015, Vol.51, pp312-320
27. Tamura Y, Ogawa H, Kapeller C, Prueckl R, Takeuchi F, Anei R, Rittaccio A, Guger C, Kamada K: Passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy, *J neurosurgery*, 2015, in press
28. Ogawa H, Kamada K: The Road to Nonawaking Functional Mapping Combining High Gamma Activity with Corticocortical Evoked Potential World, *Neurosurgery*, 2015, Vol.84, No.1, pp187-188
29. Yoshino M, Kin T, Ito A, Saito T, Nakagawa D, Ino K, Kamada K, Mori H, Kunimatsu A: The Road to Nonawaking Functional Mapping Combining High Gamma Activity with Corticocortical Evoked Potential, *J neurosurgery*, 2015, Vol.123, No.6, pp1480-1488
30. E Naito, T Morita, K Amemiya: Body representations in the human brain revealed by kinesthetic illusions and their essential contributions to motor control and corporeal awareness, *Neuroscience research*, 2015, Nov 10. pii: S0168-0102(15)00264-3. doi: 10.1016/j.neures.2015.10.013. [Epub ahead of print]
31. Ishida A, Isa K, Umeda T, Kobayashi K, Kobayashi K, Hida H, Isa T.: Causal Link between the Cortico-Rubral Pathway and Functional Recovery through Forced Impaired Limb Use in Rats with Stroke, *Journal of Neuroscience*, 2016, Vol. 36, No. 2, pp.455-467
32. Hama H, Hioki H, Namiki K, Hoshida T, Kurokawa H, Ishidate F, Kaneko T, Akagi T, Saito T, Saido T, Miyawaki A.: ScaleS: an optical clearing palette for biological imaging, *Nature Neuroscience*, 2015, Vol. 18, No. 10, pp.1518-1529
33. Peirs C, Williams SP, Zhao X, Walsh CE, Gedeon JY, Cagle NE, Goldring AC, Hioki H, Liu Z, Marell PS, Seal RP: Dorsal Horn Circuits for Persistent Mechanical Pain, *Neuron*, 2015, Vol. 87, No. 4, pp.797-812
34. Hiromichi Tsukada, Hiroshi Fujii, Kazuyuki Aihara, Ichiro Tsuda: Computational model of visual hallucination in dementia with Lewy bodies, *Neural Networks*, 2015, Vol.62, pp.73-82
35. Ichiro Tsuda: Chaotic itinerancy and its roles in cognitive neurodynamics, *Current Opinion in Neurobiology*, 2015, 62, 73-82
36. Ichiro Tsuda: Logic dynamics for deductive inference — Its stability and neural basis Chaos, *Information Processing and Paradoxical Games: The legacy of John S Nicolis* (eds. G. Nicolis and V. Basions, World Scientific, 2015, pp.355-373
37. Rubin Wang, Ichiro Tsuda, Zhikang Zhang: A New Work Mechanism on Neuronal Activity, *International Journal of Neural Systems*, 2015, DOI:10.1142/S01290657145003731450037
38. Yutaka Yamaguti, Ichiro Tsuda: Mathematical Modeling for Evolution of Heterogeneous Modules in the Brain, *Neural Networks*, 2015, Vol.62, pp.3-10
39. A. Abdi, N. Mallet, F.Y. Mohamed, A. Sharott, P.D. Dodson, K.C. Nakamura, S. Suri, S.V. Avery, J.T. Larvin, F.N. Garas, S.N. Garas, F. Vinciati, S. Morin, E. Bezard, J. Baufretton, P.J. Magill: Prototypic and arky pallidal neurons in the dopamine-intact external globus pallidus, *Journal of Neuroscience*, 2015, Vol. 35, No. 17. pp.6667-6688
40. Li LM, Uehara K, Hanakawa T: The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies, *Front Cell Neurosci*, 2015, 9: 181
41. Hanakawa T: Organizing motor imageries, *Neurosci Res*, 2016, doi: 10.1016/j.neures.2015.11.003
42. Shitara H, Shimoyama D, Sasaki T, Hanamo N, Ichinose T, Yamamoto A, Kobayashi T, Osawa T, Hanakawa T, Tsushima Y, Takagishi K: The neural correlates of shoulder apprehension: a functional MRI study, *PLoS ONE*, 2015, 10(9): e0137387
43. Kusano T, Kurashige H, Nambu I, Moriguchi Y, Hanakawa T, Wada Y, Osu R: Resting-state brain activity in the motor cortex reflects task-induced activity: A multi-voxel pattern analysis, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2015, 4290-4293
44. Sasaki D, Izawa J, Morita M: A computational Approach to Detect a Meta-learning of the Cortical Basis Function during a Motor Adaptation Study, 26th 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, 2015
45. Ishikawa, T., Tomatsu, S., Izawa, J., & Kakei, S.: The cerebro-cerebellum: Could it be loci of forward models? *Neuroscience research*, 2015
46. Izawa, Jun, Tomohisa Asai, and Hiroshi Imamizu: Computational motor control as a window to understanding schizophrenia, *Neuroscience research*, 2015
47. Pekny, Sarah E., Jun Izawa, and Reza Shadmehr: Reward-dependent modulation of movement variability, *Journal of Neuroscience*, 2015, 35.9, 4015-4024.
48. S. Aoi and T. Funato: Neuromusculoskeletal models based on the muscle synergy hypothesis for the investigation of adaptive motor control in locomotion via sensory-motor coordination, *Neuroscience Research*, 2016, Vol. 104, pp. 88-95
49. Mori T, Takeuchi N, Suzuki S, Miki M, Kawase T, Izumi SI.: Anodal transcranial direct current stimulation over the auditory cortex improved hearing impairment in a patient with brainstem encephalitis, *J Int Med Res*, 2016, 2016 DOI: 10.1177/0300060516630843.
50. Morioka S, Osumi M, Okamoto M, Matsuo A: Effects of Facial Expression and Language on Trustworthiness and Brain Activities, *International Journal of Brain Science*, 2015, 719213
51. Katayama O, Iki H, Sawa S, Osumi M, Morioka S: The effect of virtual visual feedback on supernumerary phantom limb pain in a patient with high cervical cord injury: a single-case design study, *Neurocase*, 2015, Vol.21, No.6, pp786-792

52. Fuchigami T, Morioka S: Differences in cortical activation between observing one's own gait and the gait of others: a functional near-infrared spectroscopy study, *Neuroreport*, 2015, Vol.26, No.4, pp.192-196
53. Wakata S, Morioka S: Brain activity and the perception of self-agency while viewing a video of hand grasping: a functional near-infrared spectroscopy study, *Neuroreport*, 2015, Vol.26, No.7, pp.394-398
54. Okada Y, Kita Y, Nakamura J, Kataoka H, Kiriya T, Ueno S, Hiyamizu M, Morioka S, Shomoto K: Galvanic vestibular stimulation may improve anterior bending posture in Parkinson's disease, *Neuroreport*, 2015, Vol.26, No.7, pp.405-410
55. Nakai H, Tsujimoto K, Fuchigami T, Ohmatsu S, Osumi M, Nakano H, Fukui M, Morioka S: Effect of anticipation triggered by a prior dyspnea experience on brain activity, *J Phys Ther Sci*, 2015, Vol.9, No.1, pp.40-43
56. Maeoka H, Hiyamizu M, Matsuo A, Morioka S: The influence of repeated pain stimulation on the emotional aspect of pain: a preliminary study in healthy volunteers, *Journal of Pain Research*, 2015, Vol.8, pp.431-436
57. Imai R, Osumi M, Morioka S: Influence of illusory kinesthesia by vibratory tendon stimulation on acute pain after surgery for distal radius fractures: A quasi-randomized controlled study, *Clinical Rehabilitation*, 2015, Published online before print
58. Fujita H, Kasubuchi K, Osumi M, Morioka S: Effects of the Central Executive on Postural Control, *Journal of Motor Behavior*, 2015, Published online before print
59. Hayashibe M, Homma T, Fujimoto K, Oi T, Yagi N, Kashihara M, Nishikawa N, Ishizumi Y, Abe S, Hashimoto H, Kanekiyo K, Imagita H, Ide C, Morioka S: Locomotor improvement of spinal cord-injured rats through treadmill training by forced plantar placement of hind paws, *Spinal Cord*, 2015, Published online before print
60. Fujita H, Kasubuchi K, Wakata S, Hiyamizu M, Morioka S: Role of the frontal cortex in standing postural sway tasks while dual tasking: a functional near-infrared spectroscopy study examining working memory capacity, *Bio Med Research International*, 2015, 7053867
61. Ishigaki T, Ueta K, Imai R, Morioka S: EEG frequency analysis of cortical brain activities induced by effect of light touch, *Exp Brain Res*, 2016, Published online before print
62. Ogawa T, Omon K, Yuda T, Ishigaki T, Imai R, Ohmatsu S, Morioka S: Short-term effects of goal-setting focusing on the life goal concept on subjective well-being and treatment engagement in subacute inpatients: A quasi-randomized controlled trial, *Clinical Rehabilitation*, 2016, Published online before print
63. Kataoka H, Okada Y, Morioka S et al: Can Postural Instability Respond to Galvanic Vestibular Stimulation in Patients with Parkinson's Disease? *J Mov Disord*, 2016, Published online before print
64. Tian X, Yoshida M, Hafed ZM: A Microsaccadic Account of Attentional Capture and Inhibition of Return in Posner Cueing, *Frontiers in systems neuroscience*, 2016, 10:23
65. Yoshida M, Isa T: Signal detection analysis of blindsight in monkeys, *Scientific reports*, 2015, 5:10755
66. N. Yoshimura, A. Nishimoto, A.N. Belkacem, D. Shin, H. Kambara, and Y. Koike: Decoding of covert vowel articulation using electroencephalography cortical currents, *Frontiers in Neuroscience*, 2016, Vol. 10, No. 175, pp. 1-15
67. Taiki Ogata, Ayanori Nagata, Zhifeng Huang, Takahiro Katayama, Masako Kanai-Pak, Jukai Maeda, Yasuko Kitajima, Mitsuhiro Nakamura, Kyoko Aida, Noriaki Kuwahara, and Jun Ota: Mannequin system for the self-training of nurses in the changing of clothes, *Kybernetes*, 2016, Vol. 45 No. 5, 2016 pp. 839-852
68. T. Funato, Y. Yamamoto, S. Aoi, T. Imai, T. Aoyagi, N. Tomita, and K. Tsuchiya: Evaluation of the Phase-Dependent Rhythm Control of Human Walking Using Phase Response Curves, *PLoS Computational Biology*, 2016, Vol. 12, No. 5, e1004950
69. N. Arizono, Y. Ohmura, S. Yano, and T. Kondo: Functional connectivity analysis of NIRS recordings under rubber hand illusion to find a biomarker of body ownership, *Neural Plasticity*, 2016, in press
70. Murata Y, Higo N.: Development and Characterization of a Macaque Model of Focal Internal Capsular Infarcts, *PLoS One*, 2016, 2016 May 5;11(5): e0154752.
71. Veale R.E., and Isa T., Yoshida, M.: Applying Differential Evolution MCMC to Parameterize Large-scale Spiking Neural Simulations., *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 2015, 2015: 1620-1627
72. Veale R.E., and Isa T., Yoshida, M.: Spatiotemporal dynamics in spiking simulations of superior colliculus fit via MCMC suggest disinhibition responsible for superlinear summation, *BMC Neuroscience*, 2015, 16(Suppl 1): P293
73. Veale R.E., and Isa T., Yoshida, M.: Technical Implementation of a Visual Attention Neuro-Prosthesis, *Proceeding of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2015, 2015: 1403-1408
74. K. Matsumiya, M. Takahashi, I. Kuriki, S. Shioiri: Active movements generate rotation-independent representations for haptic movements, *Interdisciplinary Information Sciences*, 2015, 21(2), 115-123
75. S. Aoi: Neuromusculoskeletal modeling for the adaptive control of posture during locomotion, *Neuromechanical Modeling of Posture and Locomotion*, B. Prilutsky and D.H. Edwards (Eds.), Springer, New York, 2016, pp. 225-244
76. I. Obayashi, S. Aoi, K. Tsuchiya, and H. Kokubu: Formation mechanism of a basin of attraction for passive dynamic walking induced by intrinsic hyperbolicity, *Proceedings of the Royal Society A*, in press
77. K. Matsumiya, S. Shioiri: Smooth pursuit eye movements and motion perception share motion signals in slow and fast motion mechanisms, *Journal of Vision*, 2015, 15(11):12, 1-15
78. Ayaki M, Nagura T, Toyama Y, Negishi K, Tsubota K.: Motor function benefits of visual restoration measured in age-related cataract and simulated patients: Case-control and clinical experimental studies, *Scientific Reports* 2015, 2015, 5:14595.
79. Ayaki M, Kawashima M, Negishi K, Tsubota K.: High prevalence of sleep and mood disorders in dry eye patients-Survey of 1000 eye clinic visitors, *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2015, 31;11:889-94
80. Ayaki M, Negishi K, Suzukamo Y, Tsubota K.: Color of intra-ocular lens and cataract opacity type are prognostic determinants for health indices after photoreceptive restoration by surgery, *Rejuvenation Res*, 2015, 18(2):145-52.
81. Ayaki M, Shiba D, Negishi K, Tsubota K.: Depressed visual field and mood are associated with sleep disorder in glaucoma patients, *Sci Rep*, 2016, 6:25699

82. Ayaki M, Kawashima M, Kishimoto T, Mimura M, Negishi K, Tsubota K.: Sleep and mood disorders in dry eye disease and allied irritating ocular diseases, *Sci Rep*, 2016, 6:22480
83. Ayaki M, Toda I, Tachi N, Negishi K, Tsubota K.: Protective effects of blue light shield eyewear on blue light pollution by self-luminous device used at night, *Chronobiol Int*, 2016, 33(1):134-9.
84. Guger C, Kapeller C, Ortner R, Kamada K: Motor Imagery with Brain-Computer Interface Neurotechnology, *Motor Imagery*, 2015, pp61-79
85. Ritaccio A, Matsumoto R, Morrell, M, Kamada K, Koubeissi M, Poeppel, J-P Lachaux D, Yanagisawa Y, Hirata M, Guger C, Schalk G: Proceedings of the Seventh International Workshop on Advances in Electroencephalography, *Epilepsy & Behavior*, 2015, vol.51, pp.312-320
86. Ayaki M, Kawashima M, Negishi K, Tsubota K.: High prevalence of sleep and mood disorders in dry eye patients-Survey of 1000 eye clinic visitors, *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2015, 31;11:889-94.
87. Usami K, Kubota M, Kawai K, Kunii N, Matsuo T, Ibayashi K, Takahashi M, Kamada K, Momose T, Aoki S, Saito N: Long-term outcome and neuroradiologic changes after multiple hippocampal transection combined with multiple subpial transection or lesionectomy for temporal lobe epilepsy, *Epilepsia*, 2015, in press
88. Ayaki M, Toda I, Tachi N, Negishi K, Tsubota K.: Preliminary report of improvement in sleep quality for dry eye disease after initiation of topical therapy, *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2016, 12:329-337.
89. Chen Y, Shimotake A, Matsumoto R(CA), Kunieda T, Kikuchi T, Miyamoto S, Fukuyama H, Takahashi R, Ikeda A, Lambon-Ralph MA.: The 'when' and 'where' of semantic coding in the anterior temporal lobe: Temporal representational similarity analysis of electrocorticogram data, *Cortex*, 2016, in press
90. S. Ikemoto, Y. Kimoto, and K. Hosoda: Shoulder Complex Linkage Mechanism for Humanlike Musculoskeletal Robot Arms, *Bioinspiration & Biomimetics*, 2015, 10, 6
91. Qi An, Yuki Ishikawa, Tetsuro Funato, Shinya Aoi, Hiroyuki Oka, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita, Hajime Asama : Muscle Synergy Analysis of Human Standing-up Motion Using Forward Dynamic Simulation with Four Body Segment Model, *Distributed Autonomous Robotic Systems*, 2016, Vol. 112, pp. 459-471
92. Nakaamura K, Groiss SJ, Hamada M, Enomoto H, Kadowaki S, Abe M, Murakami T, Wiratman W, Chang F, Kobayashi S, Hanahima R, Terao Y, Ugawa Y.: Variability in response to quadripulse stimulation of the motor cortex, *Brain Stimulation*, 2016, in press
93. R. Ohata, K. Ogawa, and H. Imamizu: Single-trial prediction of reaction time variability from MEG brain activity, *Scientific Reports*, 2016, in press
94. Figueroa Heredia, Jorge David, Sahloul, Hamdi, & Ota, Jun: Teaching mobile robots using custom-made tools by a semi-direct method, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 2016, Vol. 28, No.2, 242-254
95. Hagino, Y., Kasai, S., Fujita, M., Setogawa, S., Yamaura, H., Yanagihara, D., Hashimoto, M., Kobayashi, K., Meltzer, H., and Ikeda, K.: Involvement of cholinergic system in hyperactivity in dopamine-deficient mice *Neuropsychopharmacology*, 2015, 40, 1141-1150
96. Takagane, K., Nojima, J., Mitsuhashi, H., Suo, S., Yanagihara, D., Takaiwa, F., Urano, Y., Noguchi, N., Ishiura, S.: A β induces oxidative stress in senescence-accelerated (SAMP8) mice, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2015, 79, 912-918
97. N. Shigematsu, Y. Ueta, AA. Mohamed, S. Hatada, T. Fukuda, Y. Kubota, Y. Kawaguchi: Selective Thalamic Innervation of Rat Frontal Cortical Neurons, *Cerebral Cortex*, 2016, Vol. 26, pp. 2689-704
98. T. Imai and T. Aoyagi: Improvement effect of measuring phase response curves by using multicycle data *Nonlinear Theory and Its Applications*, IEICE, 2016, vol.7, no.2, pp.58-65
99. T. Hayakawa, and T. Aoyagi: Learning in neural networks based on a generalized fluctuation theorem, *Physical Review E*, 2015, vol.92, 052710
100. Miyoshi, G., Young, A., Petros, T., Karayannis, T., Mckenzie Chang, M, Lavado, A., Iwano, T., Nakajima, M., Taniguchi, H., Huang, J., Heintz, N., Oliver, G., Matsuzaki, F., Machold, R.P., and Fishell, G.: Prox1 regulates the subtype-specific development of caudal ganglionic eminence-derived GABAergic cortical interneurons, *The Journal of Neuroscience*, 2015, 35, 12869-12889
101. Ioannou CI, Furuya S, Altenmüller E: The impact of stress on motor performance in skilled musicians suffering from focal dystonia: Physiological and psychological characteristics, *Neuropsychologia*, 2016, Vol. 85, pp. 226-236
102. Furuya S, Tominaga K, Miyazaki F, Altenmüller E: Losing dexterity: patterns of impaired coordination of finger movements in musician's dystonia, *Scientific Reports*, 2015, Vol. 5, pp.13360
103. Furuya S, Altenmüller E: Acquisition and reacquisition of motor coordination in musicians, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2015, Vol.1337, pp. 118–124
104. S. Ueda, M. Niwa, H. Hioki, J. Sohn, T. Kaneko, A. Sawa, T. Sakurai: Sequence of molecular events during the maturation of the developing mouse prefrontal cortex, *Molecular Neuropsychiatry*, 2015, Vol. 1, No. 2, pp.94-104
105. T. Ito, H. Hioki, J. Sohn, S. Okamoto, T. Kaneko, S. Iino, D.L. Oliver: Convergence of lemniscal and local excitatory inputs on large GABAergic tectothalamic neurons, *The Journal of Comparative Neurology*, 2015, Vol. 523, No. 15, pp.2277-2296
106. A. Takahashi, M.S. Islam, H. Abe, K. Okubo, Y. Akazome, T. Kaneko, H. Hioki, Y. Oka: Morphological analysis of the early development of telencephalic and diencephalic gonadotropin-releasing hormone neuronal systems in enhanced green fluorescent protein-expressing transgenic medaka lines, *The Journal of Comparative Neurology*, 2016, Vol. 524, No. 4, pp.896-913
107. Y. Oe, O. Baba, H. Ashida, K.C. Nakamura, H. Hirase: Glycogen distribution in the microwave-fixed mouse brain reveals heterogeneous astrocytic patterns, *Glia*, 2016, in press
108. H. Hama, H. Hioki, K. Namiki, T. Hoshida, H. Kurokawa, A. Miyawaki: Deep imaging of cleared brain by confocal laser-scanning microscopy, *Protocol Exchange*, 2016, doi:10.1038/protex.2016.019
109. T. Nozu, S. Miyagishi, R. Nozu, K. Takakusaki and T. Okumura: Lipopolysaccharide induces visceral hypersensitivity: role of

- interleukin-1, interleukin-6, and peripheral corticotropin-releasing factor in rats *Journal of gastroenterology*, 2016, pp. 1-9
110. J. Katsuhira, K. Matsudaira, T. Oka, S. Iijima, A. Itou, T. Yasui, and A. Yozu : Efficacy of a trunk orthosis with joints providing resistive force on low back load during level walking in elderly persons, *Clinical Interventions in aging*, 2016, accepted
 111. A. Yozu, S. Obayashi, K. Nakajima, and Y. Hara: Hemodynamic response of the supplementary motor area during locomotor tasks with upright versus horizontal postures in humans, *Neural Plasticity*, 2016, accepted
 112. W. Wen, K. Muramatsu, S. Hamasaki, Q. An, H. Yamakawa, Y. Tamura, A. Yamashita, and H. Asama: Goal-directed movement enhances body representation updating, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016, 10:329. doi: 10.3389/fnhum.2016.00329.
 113. R. Minohara, W. Wen, S. Hamasaki, T. Maeda, M. Kato, H. Yamakawa, A. Yamashita, and H. Asama: Strength of Intentional Effort Enhances the Sense of Agency, *Frontiers in Psychology*, 2016, 7:1165
 114. T. Kawase, N. Yoshimura, H. Kambara, and Y. Koike: Controlling an electromyography-based power-assist device for the wrist using electroencephalography cortical currents, *Advanced Robotics*, 2016, pp. 1-9
 115. S. Shibuya, S. Unenaka and Y. Ohki: Body Ownership and Agency: Task-Dependent Effects of the Virtual Hand Illusion on Proprioceptive Drift, *Experimental Brain Research*, 2016, accepted
 116. M. Narushima, M. Uchigashima, Y. Yagasaki, T. Harada, Y. Nagumo, N. Uesaka, K. Hashimoto, A. Aiba, M. Watanabe, M. Miyata and M. Kano: Type 1 Metabotropic Glutamate Receptor Mediates Experience-Dependent Maintenance of Mature Synaptic Connectivity in the Visual Thalamus, *Neuron*, 2016, Vol. 91, No. 5, pp.1097-109
 117. Zhifeng Huang, Chingszu Lin, Masako Kanai-Pak, Jukai Maeda, Yasuko Kitajima, Mitsuhiro Nakamura, Noriaki Kuwahara, Taiki Ogata and Jun Ota: Impact of Using a Robot Patient for Nursing Skill Training in Patient Transfer, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2016, accepted
 118. Ping Jiang, Ryosuke Chiba, Kaoru Takakusaki, Jun Ota: Generation of the Human Biped Stance by a Neural Controller Able to Compensate Neurological Time Delay, *Plos One*, 2016, accepted
 119. Ishigaki T, Imai R, Morioka S: Cathodal transcranial direct current stimulation of the posterior parietal cortex reduces steady-state postural stability during the effect of light touch, *Neuroreport*, 2016, Vol. 27, No.14, pp.1050-1055
 120. Ogawa T, Omon K, Yuda T, Ishigaki T, Imai R, Ohmatsu S, Morioka S.: Short-term effects of goal-setting focusing on the life goal concept on subjective well-being and treatment engagement in subacute inpatients: a quasi-randomized controlled trial, *Clin Rehabil*, 2016, Vol. 30, No.9, pp. 909-920
 121. K. Ogawa, and F. Imai: Hand-independent representation of tool-use pantomimes in the left anterior intraparietal cortex, *Experimental Brain Research*, 2016, in press
 122. Ogawa H, *Kamada K, Kapeller C, Pruckler R, Takeuchi F, Hiroshima S, Anei R, Guger C: Clinical Impact and Implication of Real-Time Oscillation Analysis for Language Mapping, *World Neurosurgery*, 2016, in press
 123. Takashi Sakamoto, and Toshiyuki Kondo: Awareness of movement does not facilitate robot-assisted passive motor learning, *Advanced Robotics*, 2016, accepted
 124. Dai Owaki, Yusuke Sekiguchi, Keita Honda, Akio Ishiguro, and Shin-ichi Izumi: Short-Term Effect of Prosthesis Transforming Sensory Modalities on Walking in Stroke Patients with Hemiparesis, *Neural Plasticity*, 2016, DOI: 10.1155/2016/6809879
 125. Veale R., Hafed ZM. and * Yoshida, M.: How is visual saliency computed in the brain? Insights from behaviour, neurobiology, and modeling, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2016, In press
 126. Morita T, Asada M and Naito E: Contribution of neuroimaging studies to understanding development of human cognitive brain functions, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016, 10: 464
 127. Ota N, Goehre F, Miyazaki T, Kinoshita Y, Matsukawa H, Yanagisawa T, Sakakibara F, Saito N, Miyata S, Noda K, Tsuboi T, Kamiyama H, Tokuda S, Kamada K, Tanikawa R.: Bypass Revascularization Applied to the Posterior Cerebral Artery, *World Neurosurg*, 2016, Vol.96,460-472
 128. Yoshino M, Kin T, Ito A, Saito T, Nakagawa D, Ino K, Kamada K, Mori H, Kunimatsu A: Combined use of diffusion tensor tractography and multifused contrast-enhanced FIESTA for predicting facial and cochlear nerve positions in relation to vestibular schwannoma, *J Neurosurg*, 2015, Vol.123, No.6,pp1480-1488
 129. Kamada K: ECoG-Based BCI for BCI-MEG Research, *Clinical Applications of Magnetoencephalography*, 2016, pp.305-317
 130. Asai, T., Kanayama, N., Imaizumi, S., Koyama, S., & Kaganoi, S.: Development of embodied sense of self scale (ESSS): Exploring everyday experiences induced by anomalous self-representation, *Frontiers in Psychology*, 2016, 7, 1005.
 131. Asai, T.: Self is "other", other is "self": poor self-other discriminability explains schizotypal twisted agency judgment, *Psychiatry Research*, 2016, 246, 593-600
 132. Imaizumi, S., Asai, T., & Koyama, S: Embodied prosthetic arm stabilizes body posture, while unembodied one perturbs it, *Consciousness and Cognition*, 2016, 45, 75-88.
 133. K. Shima and R. Sato: A novel haptic device design based on somatosensory superimposed stimuli, *Advanced Robotics*, 2017, Vol. 31, No. 3, pp. 135-142
 134. Mohamad Arif Fahmi, Sotaro Shimada: Robot'Hand Illusion under Delayed Visual Feedback: Relationship between the Senses of Ownership and Agency, *PLoS ONE*, 2016, 11(7): e0159619. doi:10.1371/ journal.pone.0159619.
 135. Morioka S, Osumi M, Shiotani M, Nobusako S, Maeoka H, Okada Y, Hiyamizu M, Matsuo A: Incongruence between Verbal and Non-Verbal Information Enhances the Late Positive Potential, *PLoS One*, 2016, Vol.11, No.10.e0164633
 136. Katayama O, Osumi M, Kodama T, Morioka S: Dysesthesia symptoms produced by sensorimotor incongruence in healthy volunteers: an electroencephalogram study, *J Pain Res*, 2016, vol.9. pp.1197-1204
 137. Sato G, Osumi M, Morioka S: Effects of wheelchair propulsion on neuropathic pain and resting electroencephalography after spinal cord injury, *J Rehabil Med*, 2016, Epub ahead of print
 138. Imai R, Osumi M, Ishigaki T, Morioka S: Effect of illusory kinesthesia on hand function in patients with distal radius fractures: a quasi-randomized controlled study, *Clin Rehabil*, 2017, Epub ahead of print

139. Asano D, Morioka S: Associations between tactile localization and motor function in children with motor deficits, *International Journal of Developmental Disabilities*, 2017, Published online before print
140. S. Suzuki, T. Nakajima, G. Futatsubashi, R.A. Mezzarane, H. Ohtsuka, Y. Ohki, E.P. Zehr, and T Komiyama: Soleus Hoffmann reflex amplitudes are specifically modulated by cutaneous inputs from the arms and opposite leg during walking but not standing, *Experimental Brain Research*, 2016, Vol. 234, No. 8, 2293-2304
141. Takamura Y, Imanishi M, Osaka M, Ohmatsu S, Tominaga T, Yamanaka K, Morioka S, Kawashima N: Intentional gaze shift to neglected space: a compensatory strategy during recovery after unilateral spatial neglect, *Brain*, 2016, No.139, pp.2970-2982
142. T. Nakajima, T. Tazoe, M. Sakamoto, T. Endoh, S. Shibuya, L.A. Elias, R.A. Mezzarane, T. Komiyama, and Y. Ohki: Reassessment of non-monosynaptic excitation from the motor cortex to motoneurons in single motor units of the human biceps brachii, *Frontiers in Human Neuroscience*, 2017, in press
143. S. Togo and H. Imamizu: Anticipatory synergy adjustments reflect individual performance of feedforward force control, *Neuroscience Letter*, 2016, Vol. 632, pp. 192-198
144. Hordacre B, Goldsworthy MR, Vallence AM, Darvishi S, Moezzi B, Hamada M, Rothwell JC, Ridding MC.: Variability in neural excitability and plasticity induction in the human cortex: A brain stimulation study, *Brain Stimulation*, 2016, pii:S1935-861X(16)30383-7.doi: 10.1016/j.brs.2016.12.001.
145. Terao Y, Fukuda H, Tokushige SI, Inomata-Terada S, Hamada M, Ugawa Y.: Saccades abnormalities in posterior cortical atrophy - A case report, *Clin Neurophysiol*, 2016, 128(2):349-350.
146. Terao Y, Fukuda H, Tokushige SI, Inomata-Terada S, Yugeta A, Hamada M, Ugawa Y.: Distinguishing spinocerebellar ataxia with pure cerebellar manifestation from multiple system atrophy (MSA-C) through saccade profiles, *Clin Neurophysiol*, 2017, 128(1):31-43
147. Nakamura K, Groiss SJ, Hamada M, Enomoto H, Kadowaki S, Abe M, Murakami T, Wiratman W, Chang F, Kobayashi S, Hanajima R, Terao Y, Ugawa Y.: Variability in Response to Quadripulse Stimulation of the Motor Cortex, *Brain Stimulation*, 2016, 9(6):859-866
148. L. Minati, N. Yoshimura, and Y. Koike: Hybrid control of a vision-guided robot arm by EOG, EMG, EEG biosignals and head movement acquired via a consumer-grade wearable device, *IEEE Access*, 2016, Vol. 4, pp. 9528-9541
149. T. Kawase, N. Yoshimura, H. Kambara, and Y. Koike: Controlling an electromyography-based power-assist device for the wrist using electroencephalography cortical currents, *Advanced Robotics*, 2017, Vol. 31, No. 1-2, pp. 88-96
150. S. Tomatsu, T. Ishikawa, Y. Tsunoda, J. Lee, D.S. Hoffman, S. Kakei: Information processing in the hemisphere of the cerebellar cortex for control of wrist movement, *Journal of Neurophysiology*, 2016, Vol. 115, No. 1, pp.255-270
151. T. Ishikawa, S. Tomatsu, J. Izawa, S. Kakei: The cerebro-cerebellum: Could it be loci of forward models, *Neuroscience Research*, 2016, Vol. 104, pp72-79
152. H. Mitoma, K. Adhikari, D. Aeschlimann, P. Chattopadhyay, M. Hadjivassiliou, C.S. Hampe, J. Honnorat, B. Joubert, S. Kakei, J. Lee, M. Manto, A. Matsunaga, H. Mizusawa, K. Nanri, P. Shanmugarajah, M. Yoneda, N. Yuki: Consensus paper: Neuroimmune mechanisms of cerebellar ataxias, *Cerebellum*, 2016, Vol. 15, No. 2, pp213-232
153. Y. Hashimoto, T. Honda, K. Matsumura, M. Nakao, K. Katano, T. Yokota, H. Mizusawa, S. Nagao, K. Ishikawa: Quantitative evaluation of human cerebellum-dependent motor learning through prism adaptation of hand-reaching movement, *PLoS ONE*, 2015, 10(3):e0119376. doi: 10.1371/journal.pone.0119376
154. J. Kim, J. Lee, S. Kakei, J. Kim: Motor control characteristics for circular tracking movements of human wrist, *Advanced Robotics*, 2016, Vol. 31, pp29-39
155. Y. Matsumoto, J. Lee, T. Baba, S. Kakei, Y. Okada, H. Ando: Establishment of a quantitative evaluation of wrist motor function recovery stages in stroke patients: Comparison with the Brunnstrom stages, *Bulletin Of Health Sciences Kobe*, 2017, Vol. 32, in press
156. Masatoshi Yoshida, Ziad M. Hamed and Tadashi Isa: Informative cues facilitate saccadic localization in blindsight monkeys, *Front. Syst. Neurosci*, 2017, 11:5
157. T. Imai, K. Ota and T. Aoyagi: Robust Measurements of Phase Response Curves Realized via Multicycle Weighted Spike-Triggered Averages, *Journal of the Physical Society of Japan*, 2017, Vol.86, No.2, e024009
158. Y. Terada, K. Ito, T. Aoyagi and Y. Y. Yamaguchi: Nonstandard transitions in the Kuramoto model: a role of asymmetry in natural frequency distributions, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment: Theory and Experiment*, 2017, Vol. 2017, 013403
159. Y. Terada and T. Aoyagi: Dynamics of two populations of phase oscillators with different frequency distributions, *Physical Review E*, 2016, Vol. 94, 012213
160. Y Yamao, R Matsumoto, A Ikeda et al.: Clinical impact of intraoperative CCEP monitoring in evaluating the dorsal language white matter pathway, *Human Brain Mapping*, 2016, in press
161. Y Fujiwara, R Matsumoto, T Kunieda, A Ikeda, et al.: Neural pattern similarity between contra- and ipsilateral movements in high-frequency band of human electrocorticograms, *Neuroimage*, 2016, Volume 147, Pages 302–313
162. K Usami, R Matsumoto, A Shimotake, A Ikeda, et al.: Epileptic network of hypothalamic hamartoma: An EEG-fMRI study, *Epilepsy Res*, 2016, Vol. 125, pp. 1-9
163. Y Chen, A Shimotake, R Matsumoto, T Kunieda, A Ikeda, et al.: The 'when' and 'where' of semantic coding in the anterior temporal lobe: Temporal representational similarity analysis of electrocorticogram data, *Cortex*, 2016, Vol. 79: 1-13, 2016
164. R Matsumoto, T Kunieda, D Nair.: Single pulse electrical stimulation to probe functional and pathological connectivity in epilepsy, *Seizure*, 2016, Vol. 44, pp.27-36

165. R. Chiba, S. Shiraishi, K. Takakusaki, J. Ota: A model for the initial diagnosis of cerebellar disease, *Advanced Robotics*, 2017, Vol. 31, No.3, pp.143-154
166. R. Chiba, K. Takakusaki, J. Ota, A. Yozu and N. Haga: Human upright posture control models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics, *Neuroscience Research*, 2016, Vol. 104, pp. 96-104
167. K. Takakusaki: Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control, *Journal of Movement Disorders*, 2017, Vol. 10, No. 1, pp. 1-17.
168. K. Takakusaki, M. Takahashi, K. Obara, and R. Chiba: Neural substrates involved in the control of posture, *Advanced Robotics*, 2017, Vol.31, No. 1-2, pp. 2-23
169. A. H. Snijders, K. Takakusaki, B. Debu, A. M. Lozano, V. Krishna, A. Fasano, T. Z. Aziz, S.M. Papa, S. A. Factor, and M. Hallett, *Physiology of freezing of gait*, *Annals of neurology*, 2016, Vol. 80, No. 5, pp. 644-659
170. T. Nozu, S. Miyagishi, R. Nozu, K. Takakusaki and T. Okumura: Lipopolysaccharide induces visceral hypersensitivity: role of interleukin-1, interleukin-6, and peripheral corticotropin-releasing factor in rats, *Journal of gastroenterology*, 2017, Vol. 52, No. 1, pp. 72-80
171. T. Okumura, T. Nozu, S. Kumei, K. Takakusaki, S. Miyagishi, and M. Ohhira: Adenosine A1 receptors mediate the intracisternal injection of orexin-induced antinociceptive action against colonic distension in conscious rats, *Journal of the neurological sciences*, 2016, Vol. 362, pp. 106-110
172. T. Okumura, T. Nozu, S. Kumei, K. Takakusaki, S. Miyagishi and M. Ohhira: Levodopa acts centrally to induce an antinociceptive action against colonic distension through activation of D2 dopamine receptors and the orexinergic system in the brain in conscious rats, *Journal of pharmacological sciences*, 2016, Vol. 130, No.2, pp. 123-127.
173. T. Nozu, S. Miyagishi, R. Nozu, K. Takakusaki, and T. Okumura: Water avoidance stress induces visceral hyposensitivity through peripheral corticotropin releasing factor receptor type 2 and central dopamine D2 receptor in rats, *Neurogastroenterology & Motility*, 2016, Vol.28, No.4, pp. 522-531
174. S. Tomatsu, G. Kim, J. Confais, and K. Seki: Muscle afferent excitability testing in spinal root-intact rats: Dissociating peripheral afferent and efferent volleys generated by intraspinal microstimulation, *Journal of Neurophysiology*, 2016, Vol.36, No.50
175. K. Takakusaki, R. Chiba, T. Nozu, and T. Okumura Takakusaki, K., Chiba, R., Nozu, T., & Okumura, T. (2016).: Brainstem control of locomotion and muscle tone with special reference to the role of the mesopontine tegmentum and medullary reticulospinal systems, *Journal of Neural Transmission*, 2016, Vol. 123, No. 7, pp. 695-729
176. H. Yamada, H. Yaguchi, S. Tomatsu, T. Takei, T. Oya, and K. Seki: Representation of afferent signals from forearm muscle and cutaneous nerves in the primary somatosensory cortex of the macaque monkey, *PLOS ONE*, 2016, Vol. 11, No.10, e0163948
177. Matsuno H, Kudoh M, Watakabe A, Yamamori T, Shigemoto R, Nagao S: Distribution and Structure of Synapses on Medial Vestibular Nuclear Neurons Targeted by Cerebellar Flocculus Purkinje Cells and Vestibular Nerve in Mice: Light and Electron Microscopy Studies, *PLoS ONE*, 2016,11 (10)
178. Ningjia Yang, Qi An, Hiroshi Yamakawa, Yusuke Tamura, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Muscle Synergy Structure using Different Strategies in Human Standing-up Motion, *Advanced Robotics*, 2017, Vol. 31, No.1-2, pp. 40-54
179. Yuki Ishikawa, Qi An, Junki Nakagawa, Hiroyuki Oka, Tetsuro Yasui, Michio Tojima, Haruhi Inokuchi, Nobuhiko Haga, Hiroshi Yamakawa, Yusuke Tamura, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Gait Analysis of Patients with Knee Osteoarthritis by Using Elevation Angle: Confirmation of the Planar Law and Analysis of Angular Difference in the Approximate Plane, *Advanced Robotics*, 2017, Vol.31, No.1-2, pp.68-79
180. T. Inamura, S. Unenaka, S. Shibuya, Y. Ohki, Y. Oouchida and S. Izumi: Development of VR Platform for Cloud-based Neurorehabilitation and its application to research on sense of agency and ownership, *Advanced Robotics*, 2017, Vol.31, No.1, pp.97-106
181. T. Mimura, Y. Hagiwara, T. Taniguchi and T. Inamura: Bayesian Body Schema Estimation using Tactile Information obtained through Coordinated Random Movements, *Advanced Robotics*,2017, Vol.31, No.3, pp.118-134
182. A. Yozu, M. Hamada, T. Sasaki, S. Tokushige, S. Tsuji, N. Haga: Development of a novel system to quantify the spatial-temporal parameters for crutch-assisted quadrupedal gait, *Advanced Robotics*, 2016, Published online
183. A Yozu, S Obayashi, K Nakajima, Y Hara: Hemodynamic response of the supplementary motor area during locomotor tasks with upright versus horizontal postures in humans, *Neural Plasticity*, 2016, 6168245
184. A. Yozu, M. Sumitani, M. Shin, K. Ishi, M. Osumi, J. Katsuhira, R. Chiba, and N. Haga: Effect of Spinal Cord Stimulation on Gait in a Patient with Thalamic Pain, *Case Reports in Neurological Medicine*, 2016, 8730984

学術論文 (和文誌)

1. 村田哲、前田和孝：社会的行動発現のための感覚運動制御システム *Clinical Neuroscience* 2015 33(2) 151-154
2. 高草木薫：姿勢・運動制御の神経学的基盤 *臨床神経リハビリテーション* 2015 印刷中
3. 高草木薫：姿勢・歩行の制御, *Clinical Neuroscience* 中外医学社 2015 印刷中
4. 東口大樹、花川 隆：高齢者のめまい平衡と認知機能 *ENTONI* 2015 Vol 176, pp. 62-68
5. 前田貴記：自我の脳科学から考える統合失調症—精神病理学と脳科学のありうべき連繫— *こころの科学* 2015 180号、pp79-86
6. 前田貴記：“自我”の精神病理学から考える統合失調症 *臨床精神医学* 2015 44(5), pp.701-706
7. 出江紳一、八島建樹：抹消神経連続パルス磁気刺激の製品化 *BIO Ckinica* 2015 Vol.30, No.12, pp. 45-49

8. 村田 哲：ミラーニューロンシステムの中の身体性 認知リハビリテーション 2015 Vol.20, No.2 pp.3-16
9. 村田 哲：感覚とその異常 感覚の基礎知識 触覚 Clinical Neuroscience 2015 Vol. 33, No.5 pp. 523-526
10. 青井伸也：ヒトの適応的な歩行を生み出す低次元構造と感覚-運動協調：運動学・筋シナジーと位相リセットの機能と応用 計測と制御 2015 Vol. 54, No. 4, pp. 278-283
11. 青井伸也：筋シナジーに基づく生物の適応的歩行制御機序の構成論的理解 日本神経回路学会誌 2015 Vol. 22, No. 2, pp. 53-63
12. 青井伸也：生物の歩行と力学系 数理科学 2015 No. 626 (2015年8月号), pp. 47-52
13. 内藤栄一、南部功夫、廣瀬智士：イメージトレーニングによる運動学習と脳内機構 体育の科学 2016 66巻1月号、11-18
14. 松本理器、下竹昭寛、山尾幸広、國枝武治：てんかん外科における術前皮質・白質機能マッピング (特集：神経生理最前線) 最新精神医学 2016 Vol21, No.2, in press
15. 松本理器、國枝武治、池田昭夫：システム神経科学とてんかんの接点 最新医学 2015 Vol. 47, pp. 1051-1060
16. 山尾幸広、國枝武治、松本理器：皮質電気刺激によるヒト脳機能ネットワークの探索 脳神経外科速報 2016 Vol. 25, No. 5, in press
17. Qi AN、柳井香史朗、中川純希、温 文、山川博司、山下 淳、浅間 一：実映像と筋活動の重畳表示によるローイング動作教育システム 日本機械学会論文集 2015 Vol. 82, No. 834, pp. 1-11
18. 嵯峨健広、鎌田恭輔：Indocyanine Green Videoangiography の臨床応用 脳神経外科 2015 Vol.43, No.7, pp.593-601
19. 鎌田恭輔：後頭蓋窩類上皮腫手術のポイント～微小解剖の理解とモニタリング～ 脳神経外科速報 手術のコツとピットフォール 2015 Vol.25, No.8, pp.802-809
20. 小川博司、広島 覚、竹内文也、石橋秀昭、鎌田恭輔：皮質形成異常を有するてんかん患者に詳細な脳機能マッピングを行った症例 脳神経外科ジャーナル 2015 Vol.24, No.7, pp.485-489
21. 鎌田恭輔：脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第二報) ～顕微鏡の特性を用いた操作～ 脳神経外科速報 手術のコツとピットフォール 2015 Vol.25, No.12, pp.1258-1263
22. 鎌田恭輔：脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第二報) ～顕微鏡光学原理と光軸の確保～ 脳神経外科速報 手術のコツとピットフォール 2015 Vol.25, No.11, pp.1148-1155
23. 鎌田恭輔、國井尚人、小川博司、広島 覚：機能 MRI による臨床脳機能マッピング Clinical Neuroscience 神経放射線診断-最新情報と読影のピットフォール 2015 Vol.33, No.10, pp.1129-1134
24. 石橋秀昭、小川博司、田村有希恵、広島 覚、鎌田恭輔：医用技術の進歩に伴う近年のてんかん外科治療 脳神経外科ジャーナル 特集 機能的脳神経外科 2016 Vol.25, No.2, pp.112-127
25. 東口大樹、花川 隆：MRI や PET など神経画像による歩行機能検査 Clinical Neuroscience 2015 33(7): 793-795
26. 花川 隆：外国語の学習と神経可塑性イメージング Clinical Neuroscience 2015 33(8): 922-924
27. 花川 隆：安静時機能結合 MRI Medical Imaging Technology 2016 34(1): 13-17
28. 田村有希恵、鎌田恭輔：Super-Passive Language Mapping for awake craniotomy Annual Review 2016 神経 2016 87-94
29. 鎌田恭輔：脳挫傷 (びまん性軸索損傷) BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.10-11
30. 鎌田恭輔：急性硬膜外血腫・急性硬膜下血腫 BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.12-13
31. 鎌田恭輔：慢性硬膜下血腫 BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.14-15
32. 鎌田恭輔：開頭外減圧術 BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.16-17
33. 鎌田恭輔：開頭血腫除去術 BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.18-19
34. 鎌田恭輔：ドレナージ術 BRAIN NURSING 2016 Vol.32, No.4, pp.20-21
35. 今井亮太、大住倫弘、平川善之、中野英樹、福本貴彦、森岡 周：橈骨遠位端骨折術後患者に対する腱振動刺激に運動錯覚が急性疼痛に与える影響-手術翌日からの早期介入-理学療法学 2015 Vol.42, No.1, pp.1-7
36. 平川善之、原 道也、藤原 明、花田弘文、問田純一、平賀真貴、森岡周：ビデオを用いた患者教育による術後痛および破局的思考の改善効果 Pain Research 2015 Vol.30, pp.158-166
37. 瀧上 健、松尾 篤、越本浩章、河口紗織、北裏真己、松井有史、森岡 周：慢性期脳卒中片麻痺患者の下肢機能に対する運動観察治療の効果 理学療法科学 2015 Vol.30, No.2, pp.251-256
38. 佐藤剛介、田中陽一、大住倫弘、森岡 周：脊髄損傷後の疼痛と破局的思考ならびに疼痛への態度との関係日本運動器疼痛学会 2015 Vol.7, No.2, pp.159-166
39. 岡田洋平、柴田智広、喜多頼広、中村潤二、岡本昌幸、塩崎智之、庄本康治、冷水 誠、森岡 周：パーキンソン病の側屈姿勢と Subjective Postural Vertical に関する予備的研究 運動障害 2015 Vol.25, No.2, pp.23-29
40. 森岡 周：神経科学に基づいた慢性痛に対するリハビリテーション戦略 Pain Rehabilitation 2015 Vol.5, No.1, pp.11-21
41. 今井亮太、大住倫弘、森岡 周：腱振動刺激による運動錯覚が痛みへ与える効果 日本運動器疼痛学 2015 Vol.7, No.2, pp.213-218
42. 岡田洋平：パーキンソン病の理学療法 Up to date 理学療法 2015 Vol.42, No.8, pp.755-756
43. 信迫悟志：運動イメージの神経科学的背景の理解 理学療法 2015 Vol.32, No.9, pp.789-796
44. 森岡 周：理学療法における運動イメージ活用の意義と課題 理学療法 2015 Vol.32, No.9, pp.772-779
45. 八島建樹、高木敏行、出江紳一、永富良一、浅尾章彦、森 仁、阿部利彦：磁気刺激による手関節背屈運動に関する研究 バイオメカニズム学会誌 2016 40(2):103-108
46. 西崎香苗、深澤貴裕、池上仁志、出江紳一：頸椎椎弓形成術前後の筋力が頸部痛に及ぼす影響 日本脊椎障害医学会誌 2016 29(1):20-23
47. 出江紳一：急性期リハビリテーションの今 リハビリテーション・エンジニアリング 2016 Vol.31, No.2, pp.38-41
48. 下竹昭寛、國枝武治、松本理器：皮質脳波記録 Clinical Neuroscience 2016 Vol. 34, No. 7, in press
49. 十川純平、松本理器、池田昭夫：てんかん病態下の脳内ネットワーク Clinical Neuroscience 2016 Vol. 34, No.5, pp.713-716

50. 綾木雅彦：白内障の混濁型、眼内レンズの着色、生活の質 日本白内障学会誌 2015 27: 47-49
51. 綾木雅彦：アンチエイジング白内障手術 医学のあゆみ 2015 253 (2) : 171-175
52. 阿部浩明、大鹿糠徹、辻本直秀、関 崇志、駒木絢可、大橋信義、神 将文、高島悠次、門脇 敬、大崎恵美：急性期から行う脳卒中重度片麻痺例に対する歩行トレーニング 理学療法の歩み 2016 27(1) : 17-27.
53. 須藤珠水、会津直樹、大内田裕、出江紳一：一人称視点による模倣運動を利用した運動・感覚リハビリテーション 高次脳機能研究 2016 (in press)
54. 佐藤 和、瀬戸川将、青木 祥、柳原 大：げっ歯類（マウス・ラット）の障害物回避歩行 体育の科学 2015 65, 461-466
55. 柳原 大、藤木聡一朗：ネコの歩行運動と四脚歩行ロボット 体育の科学 2015 65, 467-471
56. 柳原 大：姿勢と歩行の制御における新たな小脳機能 Clinical Neuroscience 2015 33, 763-766
57. 内藤栄一、南部功夫、廣瀬智士：イメージトレーニングによる運動学習と脳内機構 体育の科学 2016 vol 66, pp 11-18
58. 内藤栄一、雨宮薫、守田知代：頭頂連合野と身体情報 BRAIN and NERVE 2016 vol68 11月号予定
59. 鎌田恭輔：てんかんの治療 難治性てんかんの外科治療 —術前診断と外科治療のオプション— 医学と薬学 2016 Vol.73, No.5, pp.557-572
60. 関 和彦：手の運動と感覚の制御機構 バイオメカニズム学会誌 2015 Vol.39 No.2 pp.81-86
61. 高草木薫：オレキシンと姿勢制御 Annual Review 2015 神経 中外医学社 2015 pp. 1-8
62. 谷口 真、高草木薫、篠崎宗久、上山 勉、加藤健治、澤田真寛：皮質脊髓路の基礎知識 脊髄外科 2015 29(3), pp. 267-278.
63. 高草木薫：第22章 姿勢制御と歩行 脳神経外科診療プラクティス6 文光堂 2015 pp. 105-107
64. 高草木薫：第10章 覚醒から意識・行動へ 化学同人「睡眠化学」in press
65. 四津有人、芳賀信彦、高橋未来：脳性麻痺・小児疾患 Journal of Clinical Rehabilitation 2015 Vol. 24, No. 9, pp. 914-919
66. 笥 慎治、石川亨宏、本多武尊、三苦 博：小脳の最新知見—基礎研究と臨床の最前線「小脳の機能：平衡、協調運動機能」、医学のあゆみ 2015 Vol. 255, No. 10, pp.947-954
67. 笥 慎治、李 鍾昊：運動障害を機能的に可視化するシステムと再生医療への貢献の可能性 日本神経回路学会誌 2015 Vol. 22, No. 2, pp.64-67
68. 水口暢章、上原信太郎、廣瀬智士、山本真史、内藤栄一：運動パフォーマンスのバラツキを生み出す神経機構 日本運動生理学雑誌 2016 Vol. 23, No.1, pp.17-21
69. 前田貴記、矢野史朗：神経心理学からみた陽性症状、臨床精神医学 2016, 45(8):1009-1014
70. 野原 博、前田貴記、鹿島晴雄：一級症状の特異性について—“in aller Bescheidenheit”という表現をめぐる— 精神医学 2016 58(6):528-531
71. 野原 博、前田貴記：Conrad, K.の「統合失調症のはじまり」精神科治療学 2016 31(6) :723-729
72. 鎌田恭輔：再発眼窩内視神経膠腫の摘出と周辺構造の同定 新NSNOW 2016 No.7, pp.174-179
73. 近藤敏之、長嶺 伸、大村優慈、矢野史朗：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 日本神経回路学会誌 2016 Vol.23, No.3, pp.87-97
74. 前田貴記：自己意識の神経心理学の試み 高次脳機能研究 2016 36(3):86-91
75. 島 圭介、花井宏彰、島谷康司：機能的電気刺激と動作推定に基づく筋電位駆動型ヒューマンインタフェース計測自動制御学会論文集 2017 Vol. 53, No. 1
76. 和田 始、折本亮介、鎌田恭輔：脳血管撮影による血流評価法の基礎研究 CI研究 2015 Vol.37, No.1, pp.23-29
77. 鎌田恭輔、安栄良悟：脳腫瘍の病理検査・診断 髄液細胞診 日本臨床 脳腫瘍学-基礎研究と臨床研究の進歩- 2016 Vol.74, 増刊号 7, pp.510-512
78. 鎌田恭輔：誰もがができる機能画像・術中モニタリング 新NSNOW 2016 No.8, pp.64-76
79. 林田一輝、大住倫弘、今井亮太、森岡 周：Self-Touchによるラバーハンド錯覚に関連した脳活動 理学療法科学 2016 Vol.31, No.6, pp. 805-810
80. 岡田洋平、大住倫弘、岡本昌幸、成田 雅、冷水 誠、森岡 周：パーキンソン病の標準型車椅子駆動能力低下の関連要因の検討と足こぎ車椅子の試み 運動障害 2016 Vol.26, No.1, pp.43-48
81. 大住倫弘、森岡 周：末梢神経障害に対する治療の進歩「ニューロリハビリテーション」 Medical Rehabilitation 2016 No.204, pp.40-44
82. 信迫悟志：慢性疼痛に対するニューロリハビリテーションの取り組み 理学療法学 2016 Vol.43, No.1, pp.37-41
83. 信迫悟志：神経科学的知見の臨床応用—ニューロリハビリテーションの取り組み— 日本赤十字リハビリテーション協会誌 2016 Vol.43, No.1, pp.37-41
84. 尾崎弘展、宮田麻理子：一次体性感覚野の変容過程 Clinical Neuroscience 2017 Vo.35, No.2, pp.163-165
85. 笥 慎治、石川亨宏、李鍾昊、三苦 博：基底核と小脳—その相違と連関：ループ機能 小脳の誤差補正 Clinical Neuroscience 2017 Vol. 35, No. 1, pp55-59
86. 奥山淳子、大内田裕、出江紳一：音声言語知覚における視線の影響 言語聴覚研究 2016 Vol.13, No.4, pp249-257
87. 出江紳一：ICF コアセット日本語版出版の今日的意義と普及への期待 The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 2016 Vol.53, No.9, pp.671-675
88. 須藤珠水、会津直樹、大内田裕、出江紳一：一人称視点による模倣運動を利用した運動・感覚リハビリテーション 高次脳研究 2016 Vol.36, No.3, pp.92-97
89. 出江紳一：ニューロモジュレーション Bio Clinica 2017 Vol.32, No.1
90. 阿部浩明：脳卒中片麻痺者の神経可塑性と歩行—急性期重度片麻痺例における歩行トレーニング— 理学療法学 2016 43 : 63-64,

91. 阿部浩明、遠藤英徳、千葉智浩、長嶺義秀、神 将文、藤原 悟：拡散テンソル画像・拡散テンソルトラクトグラフィの理学療法領域における臨床応用 理学療法学 2016 43: 349-357
92. 阿部浩明、大鹿糠徹、辻本直秀、関 崇志、大橋信義、駒木絢可、高島悠次、門脇 敬、大崎恵美：急性期から行う脳卒中重度片麻痺例に対する歩行トレーニング 理学療法の歩み 2016 27: 17-27
93. 下竹昭寛、國枝武治、松本理器：皮質脳波記録 Clinical Neuroscience 2016 34 (7) : 771-776
94. 十川純平、松本理器、池田昭夫：てんかん病態下の脳内ネットワーク Clinical Neuroscience 2016 34 (6) : 713-716
95. 松本理器、下竹昭寛、山尾幸広、國枝武治：神経生理最前線てんかん外科における術前皮質・白質機能マッピング 最新精神医学 2016 21 (2) : 101-109
96. 山尾幸広、國枝武治、松本理器：皮質電気刺激によるヒト脳機能ネットワークの探索 脳神経外科ジャーナル 2016 25(5), 411-420
97. 村田 哲：動作の自他共有表現を越えるミラーニューロン 心理学ワールド 2016 Vol.75, pp13-16
98. 高草木薫、高橋未来、千葉龍介：Pattern Generator としての網様体 Clinical Neuroscience in press
99. 高草木薫：歩行の安全性にかかわる神経生理機構 理学療法学 in press
100. 稲邑哲也：仮想現実を用いたニューロリハビリテーションのためのクラウドプラットフォーム、計測と制御 2017 Vol.56, No.3

国際会議 講演・発表

1. Ota, Jun, Naito, Eiichi, Izumi, Shinichi, Kondo, Toshiyuki, Imamizu, Hiroshi, Seki, Kazuhiko, Takakusaki, kaoru Asama, Hajime, Haga, Nobuhiko, Murata, Akira, Inamura, Tetsunari, & Hanakawa, Takashi.: Understanding brain plasticity on body representations to promote their adaptive functions - embodied brain systems science World Engineering Conference and Convention (WECC2015), Kyoto, Japan 2015
2. R. Matsumoto: Network Disorders 20th Korean Epilepsy Congress Gwangju, South Korea 2015
3. R. Matsumoto: Functional connectivity revealed by Cortico-Cortical Evoked Potentials 20th Korean Epilepsy Congress Gwangju, South Korea 2015
4. Qi An, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Muscle Synergies of Sit-to-Stand and Walking Account for Sit-to-Walk Motion 6th International Conference on Advanced Mechatronics Tokyo, Japan 2015
5. J. Izawa, Y. Murata, N. Higo, N. Schweighofer: A computational approach to understand a valley of motor recovery Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
6. T. Hayashi, S. Urayama, T. Ose, H. Watabe, K. Onoe, N. Tanki, Y. Murata, N. Higo, H. Onoe, H. Zhang: High-resolution diffusion and structural MRI brain atlas of rhesus macaques The 74th Annual Meeting of the Japan Neurosurgical Society Sapporo, JAPAN 2015
7. T. Hayashi, G. Zhang, S. Urayama, T. Ose, H. Watabe, K. Onoe, N. Tanki, Y. Murata, N. Higo, H. Onoe: High-resolution diffusion and structural MRI brain atlas of rhesus macaques OHBM 2015 Hawaii, USA.2015
8. Kamada. K: Novel Techniques of Real-time Blood Flow and Functional Mapping for Brain Surgery 83rd AANS Washington D.C., USA 2015
9. Kamada. K: Functional dynamics of language and memory processing on ECoG ISACM 2015 Helsinki, Finland 2015
10. Kamada. K: Acute and Chronic Functional Reorganization on Electrocorticogram for Application of BCI EMBC Workshop & Tutorials Milano, Italy 2015
11. Kamada. K: Passive Intraoperative ECoG Mapping 9th International Workshop on Advances in Electrocorticography Philadelphia, USA 2015
12. Kamada. K: Realtime oscillation analysis for epilepsy diagnosis and surgery and awake craniotomy AES2015 Philadelphia, USA 2015
13. A. Murata: Own and other's body: shared or differentiated representation in mirror neuron system The 2nd International Symposium on Cognitive Neuroscience Robotics Before and Beyond Mirror neurons (invited) Osaka 2016
14. R. Sato, and K. Shima: Fundamental Study of a Force Representation Device for Fingertips Based on Somatosensory Superimposed Stimuli The Twenty-First International Symposium on Artificial Life and Robotics 2016 Beppu, Japan 2015
15. M. Mukaino, F. Matsuda, R. Sassa, S. Tanabe, N. Kumazawa, K. Ohtsuka and E. Saitoh: Development of a clinical tool for measuring dynamic balance function: A proof-of-concept study 5th Asia-Oceanian Conference of Physical and Rehabilitation Medicine Cebu, Philippines 2016
16. V. Borkowski, S.Y. Tsai, J.L. Martin, H. Hioki, A.E. Marinopoulos, K.S. Hsu, C.M. Papadopoulos, G.L. Kartje: An examination of sex differences in neocortical excitatory synapse number in the aged rat Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
17. E. Kuramoto, S. Pan, T. Furuta, H. Hioki, H. Iwai, A. Yamanaka, S. Ohno, T. Goto, T. Kaneko: A morphological analysis of thalamocortical projections arising from the rat mediodorsal nucleus: A single neuron-tracing study using viral vectors. Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
18. J. Sohn, S. Okamoto, N. Kataoka, K. Nakamura, T. Kaneko, H. Hioki: Excitatory and inhibitory inputs to vasoactive intestinal polypeptide-expressing neurons in the mouse barrel cortex Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
19. H. Hioki, J. Sohn, M. Takahashi, S. Okamoto, T. Kaneko: A single vector platform for high-level gene transduction of central neurons with Tet-Off adeno-associated virus Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015

20. D. Hirai, K. Shibata, K.C. Nakamura, T. Tanaka, H. Hioki, T. Kaneko, T. Furuta: Spatiotemporal dynamics of sensory processing in the rat whisker tactile system Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
21. Ichiro Tsuda: Invited Talk, Chaos and Fractal in Memory Dynamics 137th Soongsil Mathematical Colloquium Soongsil University, Seoul, Korea 2015
22. S. Unenaka, S. Shibuya, and Y. Ohki: Interactions between agency and ownership by moving virtual hand illusion. Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
23. Hanakawa. T: Functional Imaging in Parkinson's disease and related disorders: rsfcMRI The 15th Anniversary Parkinson Disease Symposium in Takamatsu 2016 Takamatsu, Kagawa 2016
24. S. Suzuki, T. Nakajima, S. Irie, Y. Masugi, T. Komiyama, Y. Ohki: Galvanic vestibular stimulation is available to induce long-term potentiation of indirect cortico-motoneuronal excitation in a relaxed arm muscle in humans Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
25. T. Nakajima, S. Suzuki, G. Futatsubashi, S. Irie, T. Komiyama, Y. Ohki: Plasticity of inhibitory effect on indirect cortico-motoneuronal pathways in humans Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
26. Izawa J, Murata Y, Higo T, Schweighofer N: A computational approach to understand a valley of motor recovery Society for Neuroscience 45th Annual Meeting Chicago 2015
27. K. Amemiya, J. Izawa, J. Ushiba, and R. Osu: Toward identification of neural-pattern transition of limb selection using ongoing electroencephalogram Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA 2015
28. K. Amemiya, J. Izawa, J. Ushiba, and R. Osu: Toward identification of neural-pattern transition of limb selection using ongoing electroencephalogram. The 38th Annual meeting of the Japan Neuroscience Society Kyoto, Japan 2015
29. T. Mimura, Y. Hagiwara, T. Taniguchi, T. Inamura: Estimation of Number of Links in a Body Schema from a Latent Sensor Distribution on a Body Map The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS 2016) Kyoto, Japan. 2016
30. Kamada. K: Super-passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy 5Th Mt. Bandai and Panpacific Joint Neurosurgical Convention 2016 Phnom Penh, Cambodia 2016
31. S. Izumi: A new system for exercise of upper extremity of patients after stroke with using paeipheral nerve magnetic stimulation device The 5th Korea-Japan NeuroRehabilitation Conference Seoul, Korea 2016
32. Noro S, Ishibashi H, Sato H, Yamaguchi N, Ogawa H, Orimoto R, Mitsui N, Hiroshima S, Anei R, Wada H, Kamada K: Successful therapy of thalamotomy for intractable thalamic pain. Case report 5Th Mt. Bandai and Panpacific Joint Neurosurgical Convention 2016 Phnom Penh, Cambodia 2016
33. T. Sudo, Y. Oouchida, S.-I. Izumi, and K. Mogi: Mental transformation of body parts in manipulating the somatotopic representation Society for Neuroscience 2015 Chicago, USA. 2015
34. R Veale, T Isa, M Yoshida: Applying differential evolution MCMC to parameterize large-scale spiking neural simulations 2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC) Sendai, Japan 2015
35. Richard Veale, Tadashi Isa, Masatoshi Yoshida: Technical Implementation of a Visual Attention Neuro-Prosthesis. IEEE SMC 2015 Kowloon, Hong Kong 2015
36. Richard Veale, Tadashi Isa, Masatoshi Yoshida: Parameter estimation of large-scale spiking simulations of superficial superior colliculus. Society for Neuroscience 2015 Chicago, IL, USA 2015
37. Matsumiya, K., Sato, M., Shioiri, S.: Effects of luminance and isoluminance stimuli on perceived stability across saccadic eye movements: a study of the landmark effect The 23rd Symposium of the International Colour Vision Society (ICVS2015) Sendai, Japan 2015
38. Matsumiya, K.: Visual motion perception near one's own hand RIEC International Symposium on Vision and Cognition Sendai, Japan 2015
39. S. Ikemoto, Y. Kimoto, H. Saito, and K. Hosoda: Development of an Upper-Limb Linkage Mechanism for an Advanced Musculoskeletal Robot Arm International Symposium on Adaptive Motion in Animals and Machines Cambridge, USA 2015
40. S. Ikemoto, Y. Kimoto, and K. Hosoda: sEMG-based Posture Control fo Shoulder Complex Linkage Mechanism IEEE/RSJ international Conference on Intelligent Robots and Systems Hamburg, Germany 2015
41. H. Shin, H. Saitoh, T. Kawakami, S. Yamanishi, S. Ikemoto, and K. Hosoda: Development of an embedded Sensor System as Pneumatic Artificial Muscle Proprioceptors 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics 2016
42. M. Sobajima, Y. Sato, X. Wang, and Y. Hasegawa: Improvement of Operability of Extra Robotic Thumb Using Tactile Feedback by Electrical Stimulation The 2015 International Symposium on Micro Nano Mechatronics and Human Science Nagoya 2015
43. R. Ohata, T. Asai, H. Kadota, H. Shigemasu, K. Ogawa, H. Imamizu: Decoding agency grounded within the sensorimotor system: self-other action representation in the sensorimotor and the parietal cortices The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan 2016
44. A. Yozu, D. Owaki, T. Funato, M. Hamada, T. Sasaki, H. Togo, and N. Haga : Numerical expressions of temporal parameters for hexapedalism The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan 2016
45. A. Yozu, D. Owaki, M. Hamada, T. Sasaki, Q. An, and T. Funato: Quantification of temporal parameters for tripodism The 14th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-14) Shanghai, China 2016
46. A. Yozu: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain Workshop on Embodied-Brain System Science and Robotics Engineering for Rehabilitation Padua, Italy, 2016
47. A. Yozu: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain Japan-Europe international meeting on Embodied-brain System Sciences Taormina, Italy, 2016
48. A. Yozu: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain The 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'16) Florida, USA 2016

49. A. Yozu, N. Haga, Y. Otake, K. Kameyama, and M. Sumitani: Gait analysis before and during spinal cord stimulation in patients with low back pain 9th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine Berlin, Germany, 2015
50. A. Yozu, T. Funato, D. Owaki, and N. Haga: Development of a measurement and real-time display system for kinematics and muscle synergy of gait 26th 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science Nagoya, Japan 2015
51. J. Ota: Embodied-brain Systems Science: Introduction and Overview seminar Rome, Italy 2016
52. J. Ota: Embodied-brain Systems Science: Introduction and Overview Workshop on Embodied-Brain System Science and Robotics Engineering for Rehabilitation Padua, Italy 2016
53. J. Ota: Embodied-brain Systems Science: Introduction and Overview seminar Messina, Italy 2016
54. J. Ota: Embodied-brain Systems Science: Introduction and Overview Japan-Europe international meeting on Embodied-brain System Sciences Taormina, Italy 2016
55. T. Ishikawa, S. Tomatsu, D.S. Hoffman, S. Kakei: Disinhibition of dentate nuclear cells generates output from the cerebrocerebellum, 9th International Symposium of the Society for Research on the Cerebellum Brussels, Belgium 2015
56. T. Honda, S. Nagao, S. Kakei, M. Ito: Roles of two types of internal models of the cerebellum in prism adaptation of hand-reaching movement 9th International Symposium of the Society for Research on the Cerebellum Brussels, Belgium 2015
57. Y. Murata, N. Higo: Changes of hand movements and neural structures in macaques after focal internal capsule infarcts The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society Yokohama, Japan 2016
58. Aizu, N. Oouchida, Y. Sudo, T. Izumi, S: Maladaptive change of attention to paretic hand in patients with chronic stroke The 10th ICME International Conference on Complex Medical Engineering Tochigi, Japan 2016
59. Sato, Y. Oouchida, Y. Sudo, T. Izumi, S: The effect of imitative learning and bimanual training in chronic hemiplegia The 10th ICME International Conference on Complex Medical Engineering Tochigi, Japan 2016
60. H. Imamizu: Temporal recalibration of motor and visual potentials in lag adaptation ATR Mini Symposium on Sensorimotor Control and Robotics Keihanna Science City, Kyoto, Japan 2016
61. H. Imamizu: Cerebellar internal models for dexterous use of tools The 31st International Congress of Psychology (ICP2016): Invited Symposium "The cognitive and neural bases of human tool use" Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan 2016
62. H. Imamizu: Change in brain activity during motor learning 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2016): Workshop "Embodied-Brain Systems Science and Neurorehabilitation" Orlando, Florida, USA 2016
63. S. Unenaka, S. Shibuya and Y. Ohki: Brain activities reflecting tactile sensation in an artificial hand during the concurrent stimulation with the real hand ICME International conference on complex medical engineering Tochigi, Japan 2016
64. S. Shibuya, S. Unenaka and Y. Ohki: Observations of other's actions elicit similar movements if the observer feels body ownership of the acting body part ICME International conference on complex medical engineering Tochigi, Japan 2016
65. K. Seki: Exploring a neural correlate of muscle synergy for hand and arm movements. 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Orland, Florida 2016
66. K. Seki: Exploring a neural correlate of muscle synergy for hand and arm movements. 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Orland, Florida 2016
67. K. Seki, T. Takei, T. Oya, J. Confais and R. Philipp: Exploring a neural correlate of muscle synergy for hand and arm movements. 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Orland, Florida, USA 2016
68. T. Umeda, Y. Nishihara, M. Suzuki, Y. Yamanishi, T. Isa, and Y. Nishimura: Origins of premovement activity in the somatosensory cortex. The 1st international symposium on embodied-brain systems science (EmboSS 2016) Tokyo, Japan 2016
69. T. Oya, T. Takei, and K. Seki: Divergent synergistic rubrospinal neurons are synchronized in a coordinated reach-to-grasp movement. The 1st international symposium on embodied-brain systems science (EmboSS 2016) Tokyo, Japan 2016
70. R. Philipp, J. Confais, T. Oya, and K. Seki : Neural adaptation in response to change in the musculo-skeletal system: A new primate model. The 1st international symposium on embodied-brain systems science (EmboSS 2016), Tokyo, Japan, 2016
71. K. Seki: Exploring a neural correlate of muscle synergy in the spinal cord Embodied-Brain: Perspectives from Motor Control and Muscle Synergies Taormina, Italy 2016
72. T. Yamamoto, T. Hayashi, Y. Murata, H. Onoe, and N. Higo: Increased projections from ventral premotor cortex to deep cerebellar nucleus after primary motor cortex lesion in macaque monkeys, The 10th FENS Forum of Neuroscience Copenhagen, Kingdom of Denmark. 2016
73. T. Oya: Neural representation of muscle synergy in primate red nucleus and motor cortex Embodied-Brain: Perspectives from Motor Control and Muscle Synergies Taormina, Italy 2016
74. T. Hayashi, M. Glasser, S. Urayama, K. Gous, H. Watabe, K. Onoe, N. Tanki, J. Autio, Y. Murata, N. Higo, H. Onoe, D. Van Essen, and H. Zang: Cortical surface and brain volume atlases of high-resolution diffusion and structural MRI in macaque 22nd Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping Switzerland 2016
75. Y. Murata, N. Higo: Plastic changes in the ventral premotor area after primary motor cortex lesion in macaque monkeys The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan 2016
76. Akihiro Koreki, Takaki Maeda, Toshiaki Kikuchi, Tsukasa Okimura, Yuri Terasawa, Satoshi Umeda, Shiro Nishikata, Tatsuhiko Yagihashi, Hirokata Fukushima, Mari Kasahara, Masaru Mimura, Tamotsu Watanabe: Abnormal functional connectivity based on sense of agency in schizophrenia: a fMRI study, The 22nd OHBM 2016 Annual Meeting Geneva, Switzerland 2016
77. Kamada, K: Super-passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy, 1st EMBOSS 2016 Tokyo 2016
78. Kamada, K: Stroke rehabilitation at Asahikawa University recoveriX and mindBEAGLE workshop Monterey USA 2016
79. Kamada, K, Tamura, Y, Ogawa, H, Anei, R: Novel passive language mapping with mild awake state for tumor surgery Osaka 2016
80. Kamada, K: Clinical Impact of Real-time passive mapping, 38th EMBC Workshops & Tutorials Orlando, USA 2016

81. Shin Nagamine, Yoshikatsu Hayashi, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo: An Immersive Virtual Reality System for Investigating Human Bodily Self-Consciousness, The 2016 Fifth ICT International Student Project Conference hosted by the Faculty of ICT Mahidol University, Salaya Campus, Nakhon Pathom, Thailand, 2016
82. Hiroki Imura, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo: Rhythmic Movement Has Equivalent Generalization Ability to Discrete Movement in Force Field Motor Learning, SICE Annual Conference 2016 Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, 2016
83. Hajime Tojiki, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo: Volatile Auditory Stimulus Has Negative Effect on Neurofeedback Training for Motor Imagery-Based BCI, SICE Annual Conference 2016 Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan 2016
84. Dai Owaki, Yusuke Sekiguchi, Keita Honda, Akio Ishiguro, Shin-ichi Izumi: A Case Study of Long-Term Walking Rehabilitation Using a Prosthesis That Transforms Sensory Modalities for Stroke Patients EMBC'16 Orlando, FL, USA., 2016
85. Dai Owaki, Shun-ya Horikiri, Jun Nishii, Akio Ishiguro: "TEGOTAE"-based Control of Bipedal Walking Living Machine 2016, Edinburgh 2016
86. K. Shima and K. Shimatani: A New Approach to Direct Rehabilitation Based on Functional Electrical Stimulation and EMG Classification 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science Nagoya, Japan 2016
87. Noro S, Ishibashi H, Sato H, Yamaguchi N, Ogawa H, Orimoto R, Mitsui N, Hiroshima S, Anei R, Wada H, Kamada K: Successful therapy of thalamotomy for intractable thalamic pain. Case report 5Th Mt. Bandai and Panpacific Joint Neurosurgical Convention 2016, Phnom Penh, Cambodia, 2016
88. Kamada. K: Stroke rehabilitation using recover, BCI meeting CA, USA 2016
89. Kamada. K: ECoG-based BCI for motor functions, BIOMAG 2016 Korea 2016
90. Kamada. K: Passive mapping and active monitoring of ECoG in brain pathology 11th International Workshop on Advances in Electroencephalography Texas, USA 2016
91. Y. Murata and N. Higo: Changes of hand movements and neural structures in macaques after focal internal capsule infarcts The 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society Kanagawa, Japan 2016
92. Mohamad Arif Fahmi Bin Ismail, Sotaro Shimada: The Effect of Delayed Visual Feedback on 'Robot' Hand Illusion: a near-infrared spectroscopy study. The 20th Annual Meeting of Association for the Scientific Study of Consciousness Buenos Aires, Argentine Republic 2016
93. Yoshiyuki Takahashi, Takuro Zama, Sotaro Shimada: Effects of the visual feedback delay on visually-guided hand movement and self-body recognition. 22th Annual Meeting of the Organization on Human Brain Mapping Geneva, Swiss 2016
94. T. Oya, T. Takei, and K. Seki: Functional tuning of rubromotoneuronal cells in the forelimb movement in a macaque monkey Society for Neuroscience 2016, San Diego, USA. 2016
95. Morioka S, Nobusako S, Ishibashi R, Osumi M, Zama T, Shimada S: Characteristic of visual feedback delay detection in apraxia following stroke, Society for Neuroscience San Diego 2016
96. Katayama O, Osumi M, Imai R, Kodama T, Morioka S: Neural network of dysesthesia symptoms produced by sensorimotor incongruence in healthy volunteers. A functional connectivity analysis Society for Neuroscience San Diego 2016
97. Nishi Y, Osumi M, Nobusako S, Morioka S: The Personality Traits Contribute to Voluntary Pain-Related Avoidance Behavior, Society for Neuroscience San Diego 2016
98. Maeoka H, Matsuo A, Hiyamizu M, Morioka S: Effects of Relationship and Gender Difference on Pain Society for Neuroscience San Diego 2016
99. Sato G, Osumi M, Morioka S: The effects of wheelchair propulsion on neuropathic pain and resting electroencephalography after spinal cord injury 16th World Congress on Pain Yokohama 2016
100. Katayama O, Osumi M, Imai R, Kodama T, Morioka S : Neural network of dysesthesia produced by sensorimotor incongruence. A functional connectivity analysis 16th World Congress on Pain Yokohama 2016
101. S. Irie, T. Nakajima, S. Suzuki, R. Ariyasu, T. Komiyama, and Y. Ohki: Motor imagery of muscle contraction is available to induce long-lasting potentiation in indirect cortico-motoneuronal excitation in a relaxed muscle. Society for Neuroscience 2016 San Diego, USA 2016
102. Ryu Ohata, Tomohisa Asai, Hiroshi Kadota, Hiroaki Shigemasa, Kenji Ogawa and Hiroshi Imamizu: Decoding agency grounded within the sensorimotor system: self-other action representation in the sensorimotor and the parietal cortices The 1st international symposium on embodied-brain systems science (EmboSS 2016) Tokyo, Japan 2016
103. Hiroshi Shikida and Yasuhisa Hasegawa: Hand Space Change After Use of Extra Robotic Thumb 27th 2016 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2016) Nagoya 2016
104. H. Imamizu: Neural mechanisms underlying sense of agency 4th mini-symposium on Cognition, Decision- making and Social function RIKEN Brain Science Institute (BSI), Saitama, Japan 2016
105. A. Takai, T. Noda, G. Kisi, T. Teramae, H. Imamizu, and J. Morimoto: Learning arm movements instructed by a robotic system during motor imagery Society for Neuroscience 2016, San Diego, USA. 2016
106. M. Hamada: Plasticity of human motor and sensory cortices induced by non-invasive brain stimulation, The 10th ICME International Conference on Complex Medical engineering (CME2016), Utsunomiya Japan, 2016
107. M. Hamada: Determinants of the induction of cortical plasticity by theta burst stimulation 6th International Conference on Transcranial Brain Stimulation Goettingen, Germany 2016
108. M. Hamada: Current direction - Basic physiology and plasticity 2nd International Brain Stimulation Conference Barcelona, Spain 2017
109. T. Sasaki, S. Tokushige, N. Togashi, S. Terada, Y. Terao, Y. Ugawa, and M. Hamada: Effect of subthreshold paired associative stimulation during voluntary contraction on motor learning 2nd International Brain Stimulation Conference Barcelona, Spain, 2017

110. T. Sasaki, S. Tokushige, S. Terada, A. Yugeta, Y. Terao, Y. Ugawa, and M. Hamada: Influence of the difference of induced current direction on measurement of corticospinal excitability changes after continuous and intermittent theta burst stimulation 6th International Conference on Transcranial Brain Stimulation Göttingen, Germany 2016
111. M. Hamada: Deep Brain Stimulation and Neuromodulation of Neurodegenerative Disorders, Irvine, CA, USA 2016
112. M. Hamada: rTMS for Parkinson's Disease International Symposium on rTMS treatments Tokyo, Japan 2016
113. M. Hamada: Physiological Background of TMS and Repetitive TMS 13th NMG Practical Course Transcranial Magnetic and Electrical Stimulation Göttingen, Germany 2016
114. M. Hamada: A new therapeutic application of neuromodulation The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS 2016) Tokyo 2016
115. T. Sasaki, S. Tokushige, S. Terada, A. Yugeta, Y. Terao, Y. Ugawa, and M. Hamada: Influence of the difference of induced current direction on measurement of corticospinal excitability changes after continuous and intermittent theta burst stimulation 6th International Conference on Transcranial Brain Stimulation Göttingen, Germany 2016
116. A. Mejia Tobar, R. Hyoudo, K. Kita, T. Nakamura, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, and N. Yoshimura: Muscle activity reconstruction of ankle flexors and extensors using non-invasive brain activity recording methods Neuroscience 2016 Annual Meeting San Diego, USA 2016
117. T. Ishikawa, D.S. Hoffman, S. Kakei: Intrinsic movement representation in the cerebrotocerebellum Society for Neuroscience 2016, San Diego, USA 2016
118. T. Ishikawa, S. Kakei: The cerebrotocerebellum contains a forward model to control voluntary arm movement The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan 2016
119. T. Honda, H. Yoshida, J. Lee, S. Kakei: Analysis of motor function of arm movements on Kinect v2 4th Advances in Neuroinformatics (AINI) 2016 Wako, Japan 2016
120. J. Lee, S. Kakei: Development and clinical application of a novel system to make quantitative evaluation of motor function using wrist movement IGAKUKEN Summit for Japan and Korea Science Leaders 2016 Tokyo, Japan 2016
121. S. Izumi: A new system for exercise of upper extremity of patients after stroke with using peripheral nerve magnetic stimulation device Biomedical Engineering ecosystem symposium Kuangfu campus, Taiwan 2016
122. Y. Oouchida: Decline of bodily attention to a paretic limb in the stroke patients with hemiparesis 38th EMBC Orlando, USA 2016
123. Hiroaki Abe, Keigo Shimoji, Takeo Kondo, Takanori Kochiyama, Tomohiro Chiba, Yoshihide Nagamine, Satoru Fujiwara, Yutaka Oouchida, Shin-Ichi Izumi: The longitudinal white matter alteration in patients with moderate to severe consciousness disorder due to traffic accident related brain injury The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS 2016) Tokyo, Japan, 2016
124. Koh Hosoda, Hirofumi Shin, and Shuhei Ikemoto: Proprioceptors of Muscular-skeletal Humanoid for Constructing Body Image The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan, 2016
125. Koh Hosoda, Hajime Saito, Shuhei Ikemoto: Muscular-Skeletal Humanoid Robot for Body Image Construction 2016 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS 2016) Nagoya, Japan, 2016
126. A. Ikeda: Advanced techniques in HFO analysis. Workshop HFOs and the Epileptogenic Zone, 11th Asian & Oceanian Epilepsy Congress (AOEC) Hongkong, China 2016
127. Matsumoto R: The ventral language network - its function, connectivity and plasticity: insights from direct cortical stimulation and ECoG recordings. Special Seminar at Cognitive Neurophysiology and Brain-Machine Interface Laboratory Department of Neurology, Baltimore, USA 2015
128. N. Yoshimura, R. Okushita, H. Aikawa, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike: Classifying force levels of hand grasping and opening using electroencephalography cortical currents, 6th International Brain-Computer Meeting 2016 Pacific Grove, USA 2016
129. T. Kawase, A. Nishimura, A. Nishimoto, F. Liu, Y. Kim, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike: Modulation of muscle synergy activation during arm movements in patients with hemiparesis Neuroscience 2016 Annual Meeting San Diego, USA, 2016
130. N. Yoshimura, R. Okushita, H. Aikawa, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike: Classifying force levels of hand grasping and opening using electroencephalography cortical currents 6th International Brain-Computer Meeting 2016 Pacific Grove, USA 2016
131. Murata A, Maeda K, Ishida H, Nakajima K, Inase M: Distinctive representation of self and other's body in the parietal mirror neuron system The 1st international symposium on Embodied-Brain system science Tokyo, Japan 2016
132. Akio Ikeda: Advanced techniques in HFO analysis. Workshop HFOs and the Epileptogenic Zone, 11th Asian & Oceanian Epilepsy Congress Hongkong, China 2016
133. R. Chiba, S. Shiraishi, K. Takakusaki, J. Ota: Proposal of a model for initial diagnosis of cerebellar disease with rats SICE Annual Conference 2016 Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan 2016
134. R. Chiba, K. Takakusaki and J. Ota: Postural control on movable inclined platform with synergic analysis The 1st international symposium on embodied-brain systems science (EmboSS 2016) Tokyo, Japan 2016
135. K. Seki: A neural basis of hand muscle synergy IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016) Daejeon, Korea 2016
136. K. Seki: Voluntary movement and spinal interneuronal circuit: non-human primate study Australasian Neuroscience Society Annual Scientific Meeting 2016 Hobart, Australia 2016
137. K. Seki: Neural control of limb movement and its disorder 3rd CU-NIPS Symposium Bangkok, Thailand 2017
138. T. Oya, T. Takei, and K. Seki: Functional tuning of rubromotoneuronal cells in the forelimb movement in a macaque monkey Neuroscience 2016 San Diego, USA 2016
139. T. Umeda, Y. Nishihara, M. Suzuki, Y. Yamanishi, T. Isa, and Y. Nishimura: Temporal dynamics of interaction between efference copy and sensory feedback in the primary somatosensory cortex Neuroscience 2016 San Diego, USA. 2016

140. K. Takakusaki: Neurophysiology of gait -Functional organization within the reticular formation with respect to the control of locomotion and postural muscle tone 9th International Parkinson's disease Symposium in Takamatsu Takamatsu, Japan, 2016
141. K. Takakusaki and K. Nakajima: Central representation of posture The 1st international symposium on Embodied Brain System Science (Emboss 2016) Tokyo, Japan, 2016
142. K. Takakusaki: Functional organization of the lateral part of the mesopontine tegmentum in relation to the control of posture and locomotion Neuroscience 2016 Yokohama, Japan, 2016
143. K. Takakusaki: Functional neuroanatomy of gait, The 1st international congress of Korean movement disorder society (1st ICKMDS) Jeju Island, Korea, 2016
144. K. Takakusaki, M. Takahashi and R. Chiba: Posture-gait control by the lateral part of the mesopontine tegmentum Society for Neuroscience 2016 San Diego, USA 2016
145. K. Owari, N. Nogami, T. Nakatani, M. Koizumi, H. Ishibashi, Y. Nagai, I. Tomioka, K. Seki : Generation of transgenic marmoset line with polyglutamine disease and behavioral phenotyping Neuroscience 2016 San Diego, USA 2016
146. Qi An, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Temporal Structure of Muscle Synergy of Human Stepping Leg During Sit-to-Walk Motion, Proceedings of the 14th International Conference on Autonomous Intelligent Systems (IAS-14), Shanghai, China 2016
147. Shunsuke Hamasaki, Qi An, Wen Wen, Yusuke Tamura, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita, Hajime Asama, Satoshi Unenaka, Satoshi Shibuya and Yukari Ohki: Influence of Sense of Agency and Sense of Ownership on Body Representation Change of Human Upper Limb, Proceedings of the 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016), Tokyo, Japan, 2016
148. Wen Wen, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: How Agency Influences Ownership and Body Representation Proceedings of the 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016) Tokyo, Japan 2016
149. Ningjia Yang, Qi An, Hiroshi Yamakawa, Yusuke Tamura, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Muscle Synergy Analysis in Human Standing-up Motion Using Different Strategies Proceedings of the 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016) Tokyo, Japan, 2016
150. Qi An, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Different Temporal Structure of Muscle Synergy between Sit-to-Walk and Sit-to-Stand Motions in Human Standing Leg the 3rd International Conference on NeuroRehabilitation (ICNR2016) Segovia, Spain 2016
151. T. Inamura, S. Unenaka, S. Shibuya, Y. Ohki, Y. Oouchida, S. Izumi: Effect evaluation of flexible change of self-body appearance on body representation in the brain - Development of a virtual reality platform for research on body representation – ICME International Conference on Complex Medical Engineering Utsunomiya, Japan 2016
152. T. Inamura: Development of cloud-based sensorimotor pattern database for research on embodied-brain systems science, The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan, 2016
153. T. Inamura: Development of VR platformfor cloud-based neurorehabilitation, Workshop on Novel Approaches of Systems Neuroscience to Sports and Rehabilitation (ICONIP 2016) Kyoto, Japan, 2016
154. T. Inamura: Effect of flexible change of VR based self-body appearance for bodyrepresentation in the brain, 2016 EMBC workshop on embodied-brain Systems Science and rehabilitation Florida, USA, 2016
155. T. Inamura: A Cloud Based VR Platform for Sharing Embodied Experience in HRI The 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Daejeon, Korea, 2016
156. T. Mimura, Y. Hagiwara, T. Taniguchi and T. Inamura: Clustering latent sensor distribution on body map for generating body schema, The 14th International Conference on Intelligent Autonomous Systems Shanghai, China 2016
157. T. Mimura, Y. Hagiwara, T. Taniguchi and T. Inamura: Estimation of Number of Links in a Body Schema from a Latent Sensor Distribution on a Body Map, The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science Tokyo, Japan 2016
158. A. Taniguchi, L. Wanpeng, T. Taniguchi, T. Takano, Y. Hagiwara, S. Yano: Simultaneous Localization, Mapping and Self-body Shape Estimation by a Mobile Robot, International Conference on Intelligent Autonomous Systems Shanghai, China 2016
159. A. Yozu: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain. Japan-Europe international meeting on Embodied-brain System Sciences. Embodied-Brain: Perspectives from Motor Control and Muscle Synergies. Taormina, Italy 2016
160. A. Yozu: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain Workshop on Embodied-Brain System Science and Robotics Engineering for Rehabilitation, Padua, Italy 2016
161. A. Yozu, D. Owaki, T. Funato: Proposal of a new rehabilitation method for congenital insensitivity to pain EMBC 2016 Full-day Workshop on Embodied-Brain Systems Science and rehabilitation. Orlando, USA 2016
162. A. Yozu, D. Owaki, T. Funato and N. Haga: Auditory Biofeedback during Walking Reduces Foot Contact Pressure in A Patient with Congenital Insensitivity to Pain, IEEE 27th 2016 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2016) Nagoya, Japan, 2016
163. A. Yozu, D. Owaki, T. Funato, M. Hamada, T. Sasaki, H. Togo, N. Haga: Numerical expressions of temporal parameters for hexapedalism, The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2016) Tokyo, Japan, 2016
164. A. Yozu, D. Owaki, M. Hamada, T. Sasaki, Q. An, T. Funato, and N. Haga: Quantification of Temporal Parameters for Tripedalism, The 14th International conference on Intelligent Autonomous Systems Shanghai, China 2016

国内会議 講演・口頭発表

1. 今水 寛: 安静時の脳活動を用いた認知機能の予測と制御, 国立神経・精神医療研究センター「システム神経科学セミナー」【招待講演】国立神経・精神医療研究センター, 2016
2. 白石 匠, 高草木 薫, 千葉 龍介, 太田 順: 小脳部分障害によるラットの障害物回避歩行の変容, 第 28 回自律分散シス

テム・シンポジウム, 広島大学, 2016

3. 太田 順: 身体性システム 包括型脳科学研究推進支援ネットワーク冬のシンポジウム, 新学術領域「身体性システム・こころの時間学: 身体とこころの融合」, 一橋大学, 一橋講堂, 2015
4. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫: 皮質・皮質間誘発電位 (CCEP) 記録・解析の実際. ワークショップ 4. 皮質・皮質間誘発電位 第 45 回日本臨床神経生理学学会学術大会, 大阪国際会議場, 2015
5. 松本理器: ヒト脳の解剖・機能的結合地図: 非侵襲・侵襲的計測による探索, 第 27 回臨床神経生理研究会 ANA ホリデイイン宮崎, 2015
6. 松本理器, 山尾幸広, 下竹昭寛, 國枝武治, 池田昭夫: 皮質電気刺激によるヒト脳機能ネットワークの探索. 第 29 回日本微小脳神経外科解剖研究会合同セッション: 脳機能解剖の多次元解析, 第 35 回脳神経外科コンGRESS総会, パシフィコ横浜, 2015
7. 佐藤陽太, 船戸徹郎, 柳原大, 佐藤和, 藤木聡一郎, 青井伸也, 土屋和雄: ラットの二足直立運動の関節間協調の解析, 第 28 回自律分散システム・シンポジウム, 広島大学, 2016
8. 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫: ヒト脳の機能可塑性: 皮質電気刺激・外科的脳切除の観点から, 第 30 回日本生体磁気学会学術大会, 旭川, 2015
9. 坂本光弘, 松本理器, 下竹昭寛, 國枝武治, 池田昭夫: 左中心前回中・下部に局限した腫瘍切除後に anarthria を呈した 1 例, 第 55 回近畿高次神経機能研究会, エーザイ株式会社大阪コミュニケーションオフィス, 2016
10. 十河正弥, 松本理器, 武山博文, 小林勝哉, 下竹昭寛, 宇佐美清英, 中江卓郎, 國枝武治, 宮本 享, 高橋良輔, 池田昭夫: ヒト内側頭頂葉の機能的結合性: 皮質—皮質間誘発電位を用いた検討, 第 45 回日本臨床神経生理学学会学術大会, 大阪国際会議場, 2015
11. 十河正弥, 松本理器, 武山博文, 小林勝哉, 下竹昭寛, 宇佐美清英, 中江卓郎, 國枝武治, 宮本 享, 高橋良輔, 池田昭夫: ヒト内側頭頂葉の機能的結合性: 皮質—皮質間誘発電位を用いた検討, 第 45 回日本臨床神経生理学学会学術大会, 大阪国際会議場, 2015
12. 下竹昭寛, 松本理器, 小林勝哉, 宇佐美清英, 國枝武治, 三國信啓, 宮本享, 高橋良輔, 池田昭夫 Functional mapping of praxis network: Electrical cortical stimulation study, 第 9 回 Motor Control 研究会, 京都大学 2015
13. 下竹昭寛, 松本理器, 小林勝哉, 宇佐美清英, 國枝武治, 三國信啓, 宮本享, 高橋良輔, 池田昭夫 Functional mapping of praxis network: Electrical cortical stimulation study, 第 56 回日本神経学会学術大会, 新潟, 2015
14. 村松克俊, 温文, 濱崎峻資, 山川博司, An Qi, 田村雄介, 山下淳, 浅間一: 動作意図が身体図式の変容に与える影響の評価, 2016 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京理科大学, 2016
15. 村松克俊, 温文, 濱崎峻資, 山川博司, An Qi, 田村雄介, 山下淳, 浅間一: 行動目標がラバーハンド錯覚に与える影響, ライフサポート学会第 25 回フロンティア講演会, 東京工科大学, 2016
16. 山本, 村田, 林, 肥後: マカサル第一次運動野損傷後の機能回復に伴い形成される 腹側運動前野から小脳核へと向かう直接経路, 第 50 回日本理学療法学術集会, 東京国際フォーラム, 2015
17. 宮田麻理子: 末梢神経損傷に伴う中枢神経回路の可塑的变化と身体表現の変容 東京大学大学院医学系研究科神経生理学分野研究会, 東京大学, 2016
18. 宮田麻理子: 末梢神経損傷による脳内身体表現の変容とその機構, 群馬大学大学院医学系研究科セミナー, 群馬大学, 2016
19. 宮田麻理子: 中枢神経系の維持改編に関わる分子機構, 生理学研究所研究会「シナプス・神経ネットワークの機能ダイナミクス」, 生理学研究所 2015
20. 宮田麻理子: 中枢神経系回路の維持, 改編機構, 同志社大学, システム神経科学センター特別セミナー同志社大学, 2015
21. 宮田麻理子: 幻肢痛〜幻の痛みの正体: 神経回路レベルの解明をめざして, 東京医科大学・第 51 回 医科学フォーラム, 東京医科大学, 2015
22. 近藤敏之, 有菌直生, 大村優慈, 矢野史朗: ラバーハンド錯覚を用いた身体保持感のバイオマーカー同定, 第 16 回システムインテグレーション部門学術講演会, 名古屋国際会議場, 2015
23. 関口, 大脇, 本田, 田中, 石黒, 出江: 足底圧の聴覚フィードバックが片麻痺患者の歩行に及ぼす影響について, 第 9 回モータコントロール研究会, 京都大学, 2015
24. 大脇, 関口, 本田, 石黒, 出江: 足底圧感覚の聴覚フィードバックがもたらす片麻痺患者の歩行への即時的効果, 第 28 回自律分散システムシンポジウム 広島大学, 2016
25. 堀切, 大脇, 西井, 石黒: 足底感覚情報を用いた二足歩行制御の環境適応性に関する検証, SI2015, 名古屋国際会議場, 2015
26. 堀切, 大脇, 西井, 石黒: 「手応え関数」に基づく適応的二足歩行制御, 自律分散システム・シンポジウム 広島大学, 2016
27. 今野和樹, 島圭介, 島谷康司: 機能的電気刺激と EMG 信号を利用したダイレクトリハビリテーション 2015 年計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会, 函館アリーナ, 2015
28. 島圭介, 島谷康司: 運動機能リハビリテーションのための機能的電気刺激に基づく 筋電位駆動型ヒューマンヒューマンインタフェース, 第 28 回自律分散システム・シンポジウム, 広島大学, 2016
29. T. Umeda, K. Takakusaki, and T. Isa: Glycinergic inhibition of ipsilateral transmission of cortical excitation to forelimb motoneurons in monkeys, 第 38 回日本神経科学学会大会, 神戸国際会議場, 2015
30. 岡本, 日置, 孫, 藤山, 金子: 近傍に位置する間接路・直接路ニューロンから淡蒼球への投射様式, 第 38 回日本神経科学学会, 神戸国際会議場・展示場, 2015
31. 孫, 岡本, 金子, 日置: マウス第一次体性感覚野 VIP 陽性抑制性細胞に対する興奮性・抑制性入力 of 形態学的解析, 第 38 回日本神経科学学会 神戸国際会議場・展示場, 2015
32. 日置, 孫, 高橋, 岡本, 金子: Tet-Off 搭載アデノ随伴ウイルスベクターによる, 神経細胞特異的かつ高発現型シングルレベ

- クタープラットフォームの構築, 第 38 回日本神経科学学会 神戸国際会議場・展示 2015
33. 平井, 柴田, 中村, 田中, 日置, 金子, 古田: ヒゲ感覚システムにおいて新しく発見した視床覚醒 α 振動発火と皮質視床連関 包括脳ネットワーク冬のシンポジウム, 一橋大学, 2015
 34. 日置, 孫, 岡本, 高橋: Strong and specific gene expression in neurons by adeno-associated virus with Tet-Off system, 包括脳ネットワーク冬のシンポジウム, 一橋大学, 2015
 35. 津田一郎: 自己組織化再考—第二種自己組織化の可能性 招待講演、京都大学基礎物理学研究所研究会「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」、コープイン京都, 2015
 36. Hiromichi Tsukada and Ichiro Tsuda: A neural network model of memory retrieval using multiple frequency bands oscillations, The 38th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kobe International Exhibition Hall 2015
 37. 津田一郎: 招待講演 自己組織化再考 第 1 4 回現象数理学コロキウム, 明治大学, 中野キャンパス, 2015
 38. 津田一郎: 招待講演「第二種自己組織化: 脳の機能分化とアプリオリな時間空間概念」2015 年度人工知能学会全国大会 (第 29 回), 公立ほこだて未来大学, 2015
 39. Ichiro Tsuda: Invited talk, Self-organization of a second kind: a mathematical model for functional differentiation in the brain Toward a New Paradim for Self-Organization, RIMS Kyoto University 2015
 40. Ichiro Tsuda: Invited talk, Milnor attractors and related dynamics Toward a New Paradim for Self-Organization RIMS Kyoto University 2015
 41. 津田一郎: 招待講演、「第二種自己組織化について」複雑系研究会「内と外の動的双対性、その向こう側」早稲田大学西早稲田キャンパス 2015
 42. 津田一郎: 招待講演、「脳神経系の数理モデルの諸相: ダイナミクスの観点から」北陸応用数理研究会 2015 金沢大学サテライトプラザ, 2015
 43. 平井, 柴田, 中村, 田中, 日置, 金子, 古田: ヒゲ感覚システムにおいて新たに発見した 視床アルファ・オシレーションと皮質視床連関, 第 9 回 Motor Control 研究会サテライト神経オシレーションカンファレンス京都大学, 2015
 44. 田中: シグモイド型ニューラルネットワークのカーネルによる持続発火活動の再現, 日本物理学会第 71 回年次大会, 東北学院大学, 2016
 45. 田中, 中村: 出現確率の高い回路による単純な内的表現, 日本神経回路学会第 25 回全国大会, 電気通信大学, 2015
 46. 田中, 中村: Sustained activity of simple model neural networks performing motor tasks, 第 38 回日本神経科学大会, 神戸国際会議場・展示場, 2015
 47. 柴田, 古田, 田中, 平井, 金子: Architecture of whisker movement related neurons in rat primary motor cortex 第 38 回日本神経科学大会, 神戸国際会議場・展示, 2015
 48. 柴田, 田中, 中村, 古田: ラットのヒゲ運動に関連する一次運動野ニューロンの生理学的・形態学的検討第 108 回近畿生理学談話会, 近畿大学, 2015
 49. 森岡 周: 半側空間無視・失行症に対するニューロリハビリテーション—病態・メカニズム・評価・治療戦略—, senstyle 講演, 電気ビル本館 2015
 50. 森岡 周: 手と脳の機能を考慮したニューロリハビリテーション 第 27 回日本ハンドセラピィ学会学術集会, 特別講演, 日本教育会館 2015
 51. 森岡 周: 高次脳機能障害の脳内機構とニューロリハビリテーション 合同会社 gene セミナー, 大阪科学技術センター, 2015
 52. 森岡 周: いまさら聞けない人間の脳の機能解剖—リハビリテーション脳科学入門—, トータルアプローチ研究会, 講演, 臨床福祉専門学校, 2015
 53. 森岡 周: 高次脳機能障害に対するニューロリハビリテーション, 長野県厚生連作業療法士研究会 講演 NPO 法人いたみ医学研究情報センター, 2015
 54. 森岡 周: 脳科学から考える痛み治療 NPO 法人いたみ医学研究情報センター 市民講座 講演 高知県民文化ホール 2015
 55. 森岡 周: 自己の運動・動作から学ぶ脳機能 —療法士のための脳科学入門—, senstyle 講演 須磨区民センター 2015
 56. 森岡 周: 脳を学ぶ—リハビリテーションのための神経生物学入門— 合同会社 gene セミナー, あいおいニッセイ同和損保新宿ビル 2015
 57. 森岡 周: 半側空間無視と失行症に対するニューロリハビリテーション, トータルアプローチ研究会講演マイドーム大阪, 2015
 58. 森岡 周: これからの理学療法研究—世界への発信—: 神経科学理学療法の立場から 第 5 0 回日本理学療法学術大会 東京国際フォーラム, 2015
 59. 森岡 周: 半側空間無視に対するニューロリハビリテーション, 秋田県理学療法士会 講演, 秋田大学医学部, 2015
 60. 森岡 周: 脳卒中後の運動障害に対するニューロリハビリテーションの基本的戦略, 三重県理学療法士会 講演, 三重大学医学部, 2015
 61. 森岡 周: 神経科学から考える機能回復のメカニズムとニューロリハビリテーション戦略, 第 13 回 Resta 研修会, 福岡国際会議場, 2015
 62. 森岡 周: 発達を学ぶ—人間発達学レクチャー, トータルアプローチ研究会, 東京都大橋会館 2015
 63. 森岡 周: 認知神経科学に基づいた高次脳機能障害のリハビリテーション, 公益社団法人日本理学療法士協会・理学療法士講習会 (基本編・理論) 徳島文理大学, 2015
 64. 森岡 周: 脳を学ぶ—リハビリテーションのための神経生物学入門—, 合同会社 gene セミナー, 名古屋国際会議場, 2015
 65. 森岡 周: 脳卒中後の運動障害および半側空間無視に対するニューロリハビリテーション第 43 回 Q.o.A.A.講習会 宮城県仙台市 2015
 66. 森岡 周: 疼痛の神経心理学—身体性と社会性の観点から— 第 39 回日本神経心理学会学術集会 実践セミナー 札幌市教育文化会館 2015

67. 森岡 周: 歩行運動の神経機構とシステムモデル 第 34 回関東甲信越ブロック理学療法士学会シンポジウム ア
ピオ甲府 2015
68. 森岡 周: 高次脳の脳科学とその臨床応用 CRASEED シンポジウム 兵庫医科大学 平成記念会館 2015
69. 森岡 周: ニューロリハビリテーションの概念とその基本的戦略 第 31 回東海北陸理学療法士学会 教育講演, 金沢市
文化ホール 2015
70. 森岡 周: 片麻痺の回復を考える～脳科学的視点から～ 第 50 回日本理学療法士協会全国学術研修大会盛岡
市民文化ホール 2015
71. 森岡 周: 身体運動制御に関する神経メカニズムとその臨床介入ー姿勢バランス、歩行、運動学習ー北海道理学療法士
会後志支部平成 27 年度講習会 小樽協会病院 2015
72. 森岡 周: 姿勢バランスと歩行運動の神経システムとニューロリハビリテーション トータルアプローチ研究会 講演,
大橋会館 2015
73. 森岡 周: 研究と臨床の融合:運動器疾患における疼痛捉え方 第 11 回 MNS Holdings seminar ウェル戸畑, 多
目的ホール 2015
74. 森岡 周: ニューロリハビリテーションの概念と基本的戦略-脳卒中後の上肢運動障害を中心に- 合同会社 gene
セミナー 名古屋市中企業振興会館, 2015
75. 森岡 周: 痛みの脳内機構とニューロリハビリテーション 合同会社 gene セミナー 東京証券会館 2015
76. 森岡 周: 半側空間無視・身体失認と失行症の評価と治療戦略 senstyle セミナー講演 リファレンス 駿東ビル 2015
77. 森岡 周: ニューロリハビリテーションの概念とその戦略～脳卒中後の運動 障害を中心に～ 日本ボバース研究会北海
道ブロック研修会 特別講演 札幌医学技術福祉歯科専門学校 2015
78. 森岡 周: 社会的コミュニケーションとリハビリテーション-神経科学の観点から- 第 24 回佐賀県理学療法士学会教育
講演 佐賀市民会館 2015
79. 森岡 周: ニューロリハビリテーションの概念と基本的戦略-脳卒中後の上肢運動障害を中心に 合同会社 gene
セミナー, 株式会社 ヤクルト本社ビル, 2015
80. 森岡 周: 社会的コミュニケーションの神経科学 高知県言語聴覚士会 講演 高知 2015
81. 森岡 周: 神経生物学入門: 人間の脳と社会的コミュニケーション, 日本音楽療法学会 研修会 日本教育会館,
2016
82. 森岡 周: 運動イメージ・運動錯覚を用いた治療の科学的根拠と有効活用 senstyle セミナー 講演 広島 YMCA 国際
文化センター 2015
83. 森岡 周: ニューロリハビリテーションの概念と基本的戦略-脳卒中後の上肢運動障害を中心に 合同会社 gene
セミナー, 都久志会館 2015
84. 越水, 中村, 古田, 田中, 金子: ラット視床下核ニューロンの新線条体インターニューロンへの入力第 91 回日本解剖学
会近畿支部学術集会 京都工芸繊維大学, 2015
85. 越水, 中村, 古田, 田中, 金子: ラット視床下核ニューロンの新線条体インターニューロンへの入力第 91 回日本解剖学
会近畿支部学術集会 京都工芸繊維大学, 2015
86. 渋谷賢, 畝中智志, 大木 紫: 実際の手と近接したラバーハンドの操作が身体性自己意識と身体表象に与える影響 第
7 回多感覚研究会 東京女子大学 2015
87. 畝中智志, 渋谷賢, 大木 紫: 仮想現実下における仮想手の操作が身体性自己意識および脳活動に与える影響, 第 7 回
多感覚研究会, 東京女子大学 2015
88. 渋谷賢, 畝中智志: 実際の手と近接したラバーハンドの操作ー身体所有感と固有感覚ドリフトの乖離ー 日本スポーツ
心理学会第 42 回大会 九州共立大学 2015
89. 畝中智志, 渋谷賢: 身体性自己意識の長期変容に伴う身体表現および脳活動の変化 日本スポーツ心理学会第 42
回大会 九州共立大学 2015
90. 渋谷賢, 畝中智志, 大木紫: 実際の手に近接したラバーハンドの操作が身体性自己意識と身体表象に及ぼす影響 日本
基礎心理学会第 34 回大会, 大阪樟蔭女子大学 2015
91. 花川 隆: 神経内科疾患における神経結合イメージング, 第 56 回日本神経学会学術大会, シンポジウム朱鷺メッセ
2015
92. 花川 隆: 基底核神経回路イメージング研究の進歩 第 30 回日本大脳基底核研究会, 犬山名鉄ホテル 2015
93. 花川 隆: 神経イメージング技術で見る脳の可塑的変化 中枢神経系の機能再建への挑戦, 大阪大学中之島センター
2015
94. 花川 隆: 安静時機能 MRI 第 43 回日本磁気共鳴医学会大会 シンポジウム 3 東京ドームホテル 2015
95. 花川 隆: 歩行の神経制御機構第 1 回身体運動制御学とニューロリハビリテーション研究会 畿央大学 2015
96. 花川 隆: 学んで変わる脳 上智大学音楽医科学センター (MuSIC) キックオフシンポジウム 上智大学 2015
97. 花川 隆: 多モダリティイメージングによるヒト脳回路機能解剖の解明 第 18 回日本脳機能マッピング学会 京
都大学桂キャンパス 2015
98. 大木 紫: 身体意識-神経基盤研究とリハビリ応用の可能性- NII OPEN HOUSE 2015 新学術領域研究発表「脳内身体表
現の変容機構の理解と制御」, 国立情報学研究所 2015
99. 八木淳一, 小林靖, 平井直樹, 大木紫: かゆみ受容性ラット脊髄後根神経節ニューロンの機能的特性 第 92 回日本生理
学会 神戸国際会議場 2015
100. Nakajima T, Suzuki S, Ohtsuka H, Endoh T, Masugi Y, Irie S, Komiyama T, Ohki: Plasticity of indirect cortico-motoneuronal
excitations in relaxed hand muscles in humans., 第 92 回日本生理学会 神戸国際会議場 2015
101. 鈴木伸弥, 中島 剛, 入江 駿, 一寸木洋平, 小宮山伴与志, 大木 紫: ヒト前庭刺激を利用した安静筋における間接的
皮質脊髄路の長期増強 第 38 回日本神経科学大会, 神戸国際会議場 2015
102. 中島 剛, 鈴木 伸弥, 二橋 元紀, 入江 駿, 小宮山 伴与志, 大木 紫: ヒト間接的皮質-脊髄路への抑制性システムの

- 可塑的变化 第 38 回日本神経科学大会 神戸国際会議場, 2015
103. 大木 紫: 身体意識-神経基盤研究とリハビリ応用の可能性- 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会 東北大学電気通信研究所 2015
 104. 雨宮薫, 井澤淳, 牛場潤一, 大須理英子: 自発脳活動がその後の両肢選択に及ぼす影響 第 9 回 Motor Control 研究会, 京都大学, 2015
 105. 雨宮薫, 井澤淳, 牛場潤一, 大須理英子: Toward the identification of neural patterns of limb selection using ongoing activity, 脳と心のメカニズム, 第 15 回冬のワークショップ ルスツリゾート コンベンションホール 2015
 106. 三村, 萩原, 高野, 谷口: 身体図式の形成のための身体地図のクラスタリング, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会(SSI2015) 北海道 2015
 107. 三村, 萩原, 高野, 谷口, 稲邑: 身体図式の形成のための身体地図のクラスタリング, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会(SSI2015), 北海道, 2015
 108. 三村, 萩原, 高野, 谷口, 稲邑: 身体地図からの骨格構造推定のためのベイズ生成モデル 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'16), 京都, 2016
 109. 鎌田恭輔: てんかん外科レビュー, 第 35 回日本脳神経外科コンgres プレナリーセッション 「機能的脳神経外科」 横浜 2015
 110. 鎌田恭輔: Real-time analysis of brain oscillation /fluorescence for neurosurgery, 福島県てんかん懇話会学術講演会 福島 2015
 111. 鎌田恭輔: 治せるボケ・治せる頭痛 旭川医科大学派遣講座 旭川市中央公民館百寿大学 旭川 2015
 112. 鎌田恭輔: リアルタイム脳機能マッピング・デコーティングの臨床応用 第 26 回千葉臨床神経生理研究会 千葉 2015
 113. 鎌田恭輔: リアルタイムデータ処理技術を駆使した脳神経外科手術 札幌禎心会病院講演会 札幌 2015
 114. 鎌田恭輔: リアルタイム電気生理-蛍光処理による脳機能ダイナミクス 第 12 回東北てんかんフォーラム仙台, 2015
 115. 鎌田恭輔: エロクエントエリア付近のグリオーマ摘出の最新技術 第 8 回グリオーマ手術手技インターネットライブセミナー 東京 2015
 116. 鎌田恭輔: アイディと実用化を楽しむ 北海道発の基礎・臨床研究 第 74 回 (社) 日本脳神経外科学会北海道支部会 札幌 2015
 117. 折本亮介, 和田 始, 田村有希恵, 嵯峨健広, 小川博司, 上森元気, 広島 覚, 三井宣幸, 安栄良悟, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 2 次元血流評価の研究, 第 74 回 (社) 日本脳神経外科学会北海道支部会 札幌 2015
 118. 小川博司, 広島 覚, 鎌田恭輔: くも膜嚢胞を伴った顔面痙攣の 1 例 第 74 回 (社) 日本脳神経外科学会北海道支部会, 札幌, 2015
 119. 竹内文也, 高橋香代子, 中根進児, 白石秀明, 船越 洋, 鎌田恭輔: 提示音の ON 区間と OFF 区間における誘発脳磁界信号源の解析, 第 30 回日本生体磁気学会, 旭川, 2015
 120. 小川博司, 広島 覚, 竹内文也, 鎌田恭輔: 機能 MRI および脳皮質電位を用いた低侵襲な脳機能マッピング 第 30 回日本生体磁気学会 旭川 2015
 121. 滝山貴央, 広島 覚, 小川博司, 安栄良悟, 鎌田恭輔: Probabilistic tractography の検証, 第 30 回日本生体磁気学会 旭川 2015
 122. Kamada K: Super-passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy 神経オシレーションカンファレンス, 京都, 2015
 123. 鎌田恭輔: リアルタイム電気生理-蛍光画像搭載顕微鏡による脳機能ダイナミクス, 第 17 回日本ヒト脳機能マッピング学会大会, 大阪 2015
 124. 嵯峨健広, 折本亮介, 安栄良悟, 和田 始, 鎌田恭輔: 血行再建術中の ICG 血管撮影による血行動態変化の解析-画像解析ソフトウェア Flowinsight を用いた解析- 第 47 回北海道脳卒中研究会 札幌 2015
 125. 和田 始, 折本亮介, 三井宣幸, 鎌田恭輔: CAS 治療前後の中大脳動脈血流変化の検討 (flow assessment application を用いて), 第 47 回北海道脳卒中研究会 札幌 2015
 126. 鎌田恭輔, 嵯峨健広, 広島 覚: リアルタイム蛍光画像処理技術搭載顕微鏡による動・静脈流量ダイナミクス 第 18 回日本臨床脳神経外科学会 神戸 2015
 127. 田村有希恵, 白井和歌子, 安栄良悟, 徳光直樹, 鎌田恭輔: 私の女医生活, 第 75 回(社)日本脳神経外科学会北海道支部会 札幌 2015
 128. 野呂昇平, 細井雄一郎, 山口なつき, 嵯峨健広, 上森元気, 折本亮介, 三井宣幸, 広島 覚, 安栄良悟, 和田 始, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 頭部外傷に対する脳神経外科医の役割について, ~非専門医の立場から~ 第 75 回(社)日本脳神経外科学会北海道支部会 札幌 2015
 129. 山口なつき, 広島 覚, 小川博司, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 術後に de novo psychosis を呈した右内側側頭葉てんかん: 迷走神経刺激装置で対処した一例 第 75 回(社)日本脳神経外科学会北海道支部会 札幌 2015
 130. 安栄良悟, 田村有希恵, 広島 覚, 鎌田恭輔: 手術手技としての BCNU ウェハー留置 第 20 回日本脳腫瘍の外科学会 名古屋 2015
 131. 田村有希恵, 小川博司, 竹内文也, 安栄良悟, 鎌田恭輔: Passive language mapping combinin greal-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy, 第 20 回日本脳腫瘍の外科学会 名古屋 2015
 132. 広島 覚, 嵯峨健広, 小川博司, 上森元気, 鎌田恭輔: 非典型的な痛みを有する三叉神経痛の検討 日本脳神経外科学会 第 74 回学術総会, 札幌 2015
 133. 嵯峨健広, 折本亮介, 安栄良悟, 和田 始, 鎌田恭輔: 血行再建術中の ICG 血管撮影による血行動態変化の解析-画像解析ソフトウェア FlowInsight を用いた解析- 日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 札幌 2015
 134. 和田 始, 折本亮介, 三井宣幸, 鎌田恭輔: CAS 治療前後の中大脳動脈血流変化の検討 (flow assessment application を用いて) 日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 札幌 2015
 135. 鎌田恭輔, 小川博司, 田村有希恵, 竹内文也, 広島 覚, 安栄良悟: 覚醒下手術における高周波律動による超受動的脳機

- 能マッピングと functional ICG 日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 札幌 2015
136. 小川博司, 広島 覚, 安栄良悟, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 高周波律動を用いた脳機能マッピングの臨床応用とその有用性, 第 26 回千葉臨床神経生理研究会 日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 2015
 137. 安栄良悟, 田村有希恵, 広島 覚, 小川博司, 鎌田恭輔: 皮質下神経線維近傍における神経腫瘍手術戦略日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 札幌 2015
 138. 田村有希恵, 小川博司, 竹内文也, 安栄良悟, 鎌田恭輔: Passive language mapping 覚醒下手術における HGA 解析と CCEP 併用による新たなマッピング法 日本脳神経外科学会第 74 回学術総会 札幌 2015
 139. 折本亮介, 和田 始, 鎌田恭輔: DSA および脳血流アプリケーションを用いた脳動脈瘤症例の研究 第 24 回北海道脳 PET・SPECT 研究会, 札幌 2015
 140. 野呂昇平, 細井雄一郎, 山口なつき, 嵯峨健広, 上森元気, 折本亮介, 三井宣幸, 広島 覚, 安栄良悟, 和田 始, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: リアルタイム蛍光画像技術解析搭載顕微鏡による組織・血流分布画像, 第 36 回日本レーザー医学会総会, 宇都宮, 2015
 141. 広島 覚, 小川博司, 鎌田恭輔: 硬膜下電極留置の際の術中 3D 合成画像の有用性 第 49 回日本てんかん学会学術集会 長崎, 2015
 142. Kamada K, Ogawa H, Takeuchi F, Kapeller K, Prueckl R, Tamura Y, Guger C: Real-time analysis of oscillatory neuronal activity for intraoperative monitoring, 第 49 回日本てんかん学会学術集会 長崎, 2015
 143. Ogawa H, Hiroshima S, Takeuchi F, Ishibashi H, Kamada K: Pre-surgical high gamma activity mapping in an epileptic patient with cortical dysplasia 第 49 回日本てんかん学会学術集会 長崎, 2015
 144. 鎌田恭輔, 田村有希恵, 小川博司, 広島 覚: 覚醒下手術における高周波律動による超受動的脳機能マッピング 第 45 回日本臨床神経生理学会学術大会, 大阪 2015
 145. 和田 始, 齋藤仁十, 三井宣幸, 鎌田恭輔: 当施設に於ける, 脳動脈瘤コイル塞栓術の役割の推移 第 31 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会 岡山, 2015
 146. 折本亮介, 和田 始, 鎌田恭輔: 脳血流解析アプリケーションを用いた脳動脈瘤症例の研究 第 31 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会 岡山 2015
 147. 三井宣幸, 折本亮介, 和田 始, 鎌田恭輔: 頸部内頸動脈狭窄症治療における, MR spectroscopy による過還流予想の新たな試み 第 31 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会 岡山 2015
 148. 嵯峨健広, 和田 始, 三井宣幸, 鎌田恭輔: 無症候性後頭蓋窩硬膜動静脈瘻の一例 第 31 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会 岡山 2015
 149. 鎌田恭輔: リアルタイム HGA/CCEP 処理による脳機能ネットワークの解明 第 39 回 日本てんかん外科学会仙台, 2016
 150. 折本亮介, 和田 始, 鎌田恭輔: DSA および脳血流アプリケーションを用いた脳動脈瘤症例の研究 第 39 回日本脳神経 CI 学会総会, 東京, 2016
 151. 小川博司, 広島 覚, 竹内文也, 安栄良悟, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 側頭葉底部に対する術前・術中脳機能マッピングの実践 第 39 回日本脳神経 CI 学会総会 東京, 2016
 152. 鎌田恭輔: 生理的・病的 Connectome 解明による脳神経外科治療 第 3 回身体性システム領域全体会議, 2016 花巻温泉, 2016
 153. 広島 覚, 野呂昇平, 山口なつき, 小川博司, 折本亮介, 三井宣幸, 安栄良悟, 和田 始, 鎌田恭輔: 微小神経減圧術で改善しなかった三叉神経痛の検討 第 76 回 (社) 日本脳神経外科学会 北海道支部会, 札幌, 2016
 154. 野呂昇平, 山口なつき, 小川博司, 折本亮介, 広島 覚, 三井宣幸, 安栄良悟, 和田 始, 石橋秀昭, 鎌田恭輔: 片側顔面痛を主症状とする視床痛に対して外科的治療を行い著効した一例, 第 76 回 (社) 日本脳神経外科学会 北海道支部会, 札幌, 2016
 155. 石橋秀昭, 広島 覚, 鎌田恭輔: 汎用型誘発筋電図を改良した DBS 術中モニタリングシステムの試作第 25 回脳神経外科手術と機器学会, 新潟, 2016
 156. 鎌田恭輔: てんかん外科手術から得られる病態生理, 第 36 回日本脳神経外科コンgres総会, プレナリーセッション 3, 機能外科, 大阪, 2016
 157. 鎌田恭輔, 小川博司, Kapeller C, 広島 覚, 安栄良悟, Guger C: リアルタイム ECoG マッピング・デコーディングによる言語性システムの変容 第 7 回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会 神戸, 2016
 158. 鎌田恭輔: リアルタイム ECoG マッピングによる機能 connectome の可視化 第 7 回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会 神戸, 2016
 159. 山口なつき, 石橋秀昭, 小川博司, 広島 覚, 鎌田恭輔: 内側側頭葉てんかんの術後に遷延性の de novo psychosis を呈した 3 症例, 第 39 回日本てんかん外科学会 仙台, 2016
 160. 今水 寛: 内部モデルと身体意識, 第 4 回身体性システム講演会・第 11 回 EMP セミナーシリーズ, 「拡張する身体性とその脳内表現」, 筑波大学, 2016
 161. 出江紳一: 医工連携活性化のために 2015 年度研究者教養セミナー, 東海大学, 2016
 162. Hiroshima S, Kamada K: Examination of trigeminal neuralgia which did not improve by microvascular decompression, 5Th Mt. Bandai and Panpacific Joint Neurosurgical Convention, 2016, Phnom Penh, Cambodia, 2016
 163. 野呂昇平, 広島 覚, 和田 始, 鎌田恭輔: クモ膜下出血患者における stress index などのパラメーターが予後規定因子として有用であるか, 第 21 回日本脳神経外科救急学会 東京, 2016
 164. 野呂昇平, 田村有希恵, 小川博司, 竹内文也, 安栄良悟, 鎌田恭輔: Passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy, 第 2 回日本脳神経外科 BMI 懇話会 東京 2015
 165. 野呂昇平, 石橋秀昭, 佐藤広崇, 山口なつき, 小川博司, 折本亮介, 三井宣幸, 広島 覚, 安栄良悟, 和田 始, 鎌田恭輔: 片側顔面痛を主症状とする視床痛に対して外科的治療を試みた一例 STROKE2016 札幌, 2016
 166. 両宮薫, 井澤淳, 牛場潤一, 大須理英子, Toward the identification of neural patterns of limb selection using ongoing activity,

- 脳と心のメカニズム, 第 15 回冬のワークショップ ルスツリゾートコンベンションセンター 2015
167. 雨宮薫, 井澤淳, 牛場潤一, 大須理英子: 自発脳活動がその後の両肢選択に及ぼす影響 第 9 回 Motor control 研究会 京都大学 2015
 168. 桐山健司, 鎌田恭輔: 高齢者の頸動脈瘤切迫破裂をいかに治療すべきか (感染性動脈瘤の一経験例) 第 45 回日本脳卒中の外科学会学術総会 STROKE, 2016 札幌, 2016
 169. 和田 始, 折本亮介, 鎌田恭輔: flow assessment application を用いた中大脳動脈 M1 部平均通過時間 (MTT) の検討, 第 41 回日本脳卒中学会総会, STROKE, 2016 札幌, 2016
 170. 折本亮介, 和田 始, 鎌田恭輔: DSA および脳血流アプリケーションを用いた脳動脈瘤症例の研究 第 41 回日本脳卒中学会総会, STROKE2016 札幌, 2016
 171. 松村聖司, 川瀬利弘, 木村聡貴: 跳躍時における下肢部の筋シナジー, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015, 函館アリーナ, 函館市, 2015
 172. 東郷俊太, 吉岡利福, 今水 寛: タスクの冗長性に依存した手先運動の制御方策 電子情報通信学会・ニューロコンピューティング研究会, 玉川大学, 2016
 173. Kengo Tsujimoto, Masahiro Sawada, Masaki Fukunaga, Masatoshi Yoshida: Animal model of spatial neglect in macaque monkeys, 第 93 回日本生理学会大会, 札幌コンベンションセンター, 2015
 174. 中賚, 日暮, 村田, 稲瀬: 無拘束ザルの二足歩行と四足歩行: 補足運動野における神経細胞活動の比較 第 93 回日本生理学会大会 札幌コンベンションセンター, 2016
 175. 日暮, 中賚, 村田, 稲瀬: 無拘束ニホンザルにおけるトレッドミル上での二足歩行と四足歩行: 歩容と筋活動の比較 第 93 回日本生理学会大会 札幌コンベンションセンター, 2016
 176. 中賚, 日暮, 村田, 稲瀬: 無拘束ニホンザルのトレッドミル歩行における補足運動野の単一神経細胞活動第 108 回近畿生理学談話会 近畿大学東大阪キャンパス, 2015
 177. 日暮, 中賚, 村田, 稲瀬: 無拘束ニホンザルのトレッドミル歩行における歩容と筋活動: 二足歩行と四足歩行の比較 第 108 回近畿生理学談話会 近畿大学東大阪キャンパス, 2015
 178. 松宮一道: 高次知覚過程における触覚と視覚の相互作用 触覚認知研究ワークショップ東京女子大学 2015
 179. 池本, 木本, 細田: ヒトの肩複合体の機能を再現するリンク機構, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, みやこメッセ, 2015
 180. 瓜野, 池本, 細田: 空気圧人工筋で駆動されるマスタ・スレーブ型手指外骨格の開発, 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 中央電気倶楽部, 2015
 181. 斎藤, 池本, 細田: ヒトの指と手首の運動性を有する筋骨格ロボットアームの開発, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会, 東京電機大学千住キャンパス, 2015
 182. 瓜野, 池本, 細田: 強磁場環境下で動作可能なマスタ・スレーブ型手指外骨格の開発, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会, 函館アリーナ, 2015
 183. 佐藤雄一朗, 傍嶋將文, 王 旭峰, 長谷川泰久: 触覚フィードバックを用いた身体拡張義指操作, 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 名古屋, 2015
 184. 傍嶋將文, 大原崇義, 佐藤雄一朗, 王旭峰, 長谷川泰久: 触覚フィードバックを用いた身体拡張義指操作による身体図式の変容, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2015 函館アリーナ 2015
 185. 内藤栄一: 運動制御と身体認知を支える脳内身体表現の神経基盤, 第 51 回日本理学療法学会大会, 札幌コンベンションセンター, 2016
 186. 四津: 四つ這いの定量化, 第 8 回瀬川塾, 小児神経学クリニック, 2016
 187. 四津: 小児の動作解析, 172 回藤田保健衛生大学リハビリテーション部門研修会 藤田保健衛生大学, 2016
 188. 四津: Hereditary sensory and autonomic neuropathy types 4 and 5: Review and proposal of a new rehabilitation method, Neuroscience Research 身体性システム特集号勉強会 東京大学, 2016
 189. 四津, 芳賀, 中原: 処女歩行の歩行分析 第 52 回日本リハビリテーション医学会学術集会 新潟市朱鷺メッセ 2015
 190. 緒方大樹, 林 静思, 黄 之峰, 金井 Pak 雅子, 前田樹海, 北島泰子, 中村充浩, 桑原教彰, 太田 順: 患者の多様な状況を考慮した患者ロボットの開発, サービス学会第 4 回国内大会講演論文集, 神戸大学 2016
 191. 伊藤 拓, 深澤 佑介, 沖村 宰, 山下 祐一, 前田 貴記, 太田 順: スマートフォンのセンサログとアプリ履歴を用いた不安度の予測 情報処理学会モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム第 79 回研究会 沖縄産業支援センター, 2016
 192. 大屋知徹, 武井智彦, 関和彦: 皮質脊髄路、赤核脊髄路による, 第 23 回日本運動生理学会大会 日本体育大学 2015
 193. 石川, 寛: 小脳における運動関連入出力の単一ニューロンレベルにおける比較 第 9 回 Motor Control 研究会 京都大学 2015
 194. 李, 松本, 森本, 岡田, 寛: Quantitative evaluation of recovery process of stroke patients in terms of three components of tracking movement of the wrist 第 38 回日本神経科学会 神戸国際会議場 2015
 195. 児玉, 霜田, 李, 寛, 正門: 片麻痺上肢の定量的機能評価に向けた基礎研究 (第 1 報) - 健康者における手関節運動の加齢性変化 第 6 回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会 秋田ビューホテル 2015
 196. 霜田, 児玉, 李, 寛, 正門: 片麻痺上肢の定量的評価に向けた基礎研究 (第 2 報) - 健康者における手関節運動の新しいパラメーター第 6 回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会秋田ビューホテル 2015
 197. 石川, 寛: 大脳小脳における出力生成メカニズム 包括脳ネットワーク冬のシンポジウム 東京医科歯科大学 2015
 198. 寛: 手首の動きから探る脳内の運動制御器の状態 - 基礎と臨床応用 第 6 回神経科学・リハビリテーション・ロボット工学のシナジー効果に関する研究会 九州工業大学, 2015
 199. 寛: 脊椎動物の筋シナジーの創発と系統進化: chance and design 第 21 回創発システム・シンポジウム「創発夏の学校 2015」諏訪東京理科大学, 2015
 200. 大畑 龍, 浅井智久, 門田 宏, 繁樹博昭, 小川健二, 今水 寛: 感覚運動システムに組み込まれた運動主体感のデコーデ

- ィング 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
201. 今水 寛: 認知・運動学習と脳のネットワーク, 第2回身体運動制御学とニューロリハビリテーション研究会【招待講演】 畿央大学, 2016
 202. 今水 寛: 運動制御と身体意識 第31回日本大脳基底核研究会【教育シンポジウム】秋田温泉さとみ2016
 203. 前田貴記: Aberrant sense of agency in schizophrenia: Temporal disconnection hypothesis due to delayed prediction signals, 慶應義塾大学・先端研究センター「論理と感性のグローバル研究センター」主催シンポジウム“Emotion, interoception, and the sense of agency” 慶應義塾大学三田キャンパス, 2016年8月27日
 204. 出江紳一: 運動企図と末梢神経磁気刺激によるニューロモデュレーション 第32回ライフサポート学会大会, 東北大学, 2016
 205. 山本, 林, 村田, 尾上, 肥後: カクサル第一次運動野損傷後の神経回路再編成〜腹側運動前野から小脳核へと投射する経路の増加〜 日本ニューロリハビリテーション学会第7回学術集会 兵庫, 2016
 206. 関 和彦: 筋シナジーを用いた脳卒中診断の可能性について, 身体性上肢キックオフミーティング, 森之宮病院, 2016
 207. 関 和彦: 神経回路研究とニューロリハビリテーション 第7回日本ニューロリハビリテーション学会学術集会, 神戸国際会議場, 2016
 208. 村田, 肥後: 脳卒中動物モデルを用いた内包損傷による精密把握への影響, 第10回モーターコントロール研究会, 慶應義塾大学, 2016
 209. 大屋, 武井, 関: Functional tuning of rubromotoneuronal cells in the forelimb movement. 第10回MC研究会 慶應義塾大学, 2016
 210. 村田: 脳損傷サルモデルを用いた把握機能回復メカニズムの解析, 日本運動制御・ニューロリハビリテーション研究会, 2016 淡路夢舞台, 2016
 211. 村田, 肥後: 内包脳卒中動物モデルを用いた損傷による精密把握動作への影響 第23回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会, 千葉, 2016
 212. 梅田, 西原, 鈴木, 山西, 伊佐, 西村: 一次体性感覚野は運動前より筋活動の情報をコードしている, 第10回MC研究会, 慶應義塾大学, 2016
 213. 戸松, 青木, 吉村, 上原, 花川, 関: 母指と示指によるつまみ動作を生成する脳活動, 第10回MC研究会慶應義塾大学, 2016
 214. 村田弓: 脳損傷後の上肢運動機能回復メカニズム -動物モデルを用いて、神経科学の最新トピックス 上賀茂神経リハビリテーション教育研究センター研修会 京都, 2016
 215. 前田貴記: 自己意識の神経心理学, 第1回高次脳機能学とニューロリハビリテーション研究会【招待講演】 畿央大学, 2016年
 216. Moeko Kudo, Sidikejiang Wupuer, Ken-Ichi Inoue, Masahiko Takada, Kazuhiko Seki: Differential adeno-associated virus mediated gene transfer to dorsal root ganglion neurons with different size in common marmosets. 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
 217. Tomomichi Oya, Tomohiko Takei, Kazuhiko Seki: Divergent spatial projections of rubrospinal neurons converge to synchronized temporal activity for a coordinated reach-to-grasp movement. 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
 218. Joachim Confais, Tomomichi Oya, Kazuhiko Seki: Comparison of muscle synergies calculated in different motor contexts. 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
 219. Roland Philipp, Joachim Confais, Tomomichi Oya, Kazuhiko Seki: Neural adaptation in response to change in the musculoskeletal system: A new primate model. 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
 220. Kazuhiko Seki, Sidikejiang Wupuer, Tatsuya Umeda, Ken-Ichi Inoue, Moeko Kudo, Masahiko Takada, AAV9を用いたラット後根神経節細胞へのチャンネルロドプシン2の導入とその生理学的評価; In vivo electrophysiological evaluation of Channelrhodopsin-2- 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
 221. 藤原, 石橋, 河野, 富永, 座間, 嶋田, 大住, 信迫, 森岡: 脳卒中片麻痺における視覚フィードバック遅延検出特性, 第40回日本神経心理学会学術集会 KKR ホテル熊本, 2016
 222. 石橋凜太郎, 河野正志, 富永孝紀, 宗宮ゆりえ, 奥壘博之, 座間拓郎, 嶋田総太郎, 大住倫弘, 信迫悟志, 森岡 周: 失行における視覚フィードバック遅延検出特性, 第40回日本神経心理学会学術集会 KKR ホテル熊本, 2016
 223. 信迫悟志, 裕美穂, 大住倫弘, 森岡 周: 映像遅延装置を用いた道具使用と視覚の不一致検出特性の調査: 失行症における身体意識の定量的評価の確立に向けて, 第51回日本理学療法学術大会 札幌コンベンションセンター, 2016
 224. 大住倫弘, 谷口愛美, 信迫悟志, 森岡 周: 身体所有感および重さの知覚の変調が筋活動に及ぼす影響 第51回日本理学療法学術大会 札幌コンベンションセンター, 2016
 225. 森岡 周: 脳を学ぶ リハビリテーションのための神経生物学入門 合同会社geneセミナー 国際ファッションセンタービル, 2016
 226. 森岡 周: 高次脳機能障害に対するニューロリハビリテーション 半側空間無視・失行症の評価と治療戦略第5回T A F研修会 姫路商工会議所, 2016
 227. 森岡 周: 最新の脳・神経科学によるニューロリハビリテーション いわて運動療法研究会 岩手県高校教育会館, 2016
 228. 森岡 周: 脳機能と姿勢・歩行 第20回静岡県理学療法士学会 プラサ ヴェルデ, 2016
 229. 森岡 周: 認知神経科学とリハビリテーション, 日本理学療法士協会講習会 徳島文理大学アカンサスホール 2016
 230. 森岡 周: 脳・神経科学に基づいた臨床手続き〜運動主体感と学習する人間〜 日本認知神経リハビリテーション学会ベーシックコース 仙台青葉学院短期大学, 2016
 231. 森岡 周: 脳科学からみた高次脳機能障害 NDK 横浜セミナー スポーツ医科学センター, 2016
 232. 森岡 周: 脳科学に基づいた新しいリハビリテーション, 公益財団法人関西文化学術研究都市推進機構 高齢社会研究会第5回講演会 奈良県社会福祉総合センター6階, 2016
 233. 森岡 周: ニューロリハビリテーションとは何か? ケーススタディーから紐解く 第51回日本理学療法士協会全国学術

- 研修大会特別講演 沖縄コンベンションセンター, 2016
234. 森岡 周: 慢性痛に対するリハビリテーション戦略 第21回日本ペインリハビリテーション学会学術大会シンポジウム, 名古屋国際会議場, 2016
235. 森岡 周: 慢性痛のメカニズムとニューロリハビリテーション 北海道理学療法士会後志地域理学療法士会主催研修会, 小樽共立病院, 2016
236. 中隋, 日暮, 村田, 稲瀬: 拘束ザルの二足歩行と四足歩行: 補足運動野における神経細胞活動の比較, 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
237. 日暮, 中隋, 村田, 稲瀬: ニホンザルの二足歩行と四足歩行における歩容と筋活動 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
238. 鎌田恭輔: 実体・時系列からみた蛍光・電気信号の3D処理 第19回日本臨床脳神経外科学会, 埼玉, 2016
239. 鎌田恭輔: 基礎科学の臨床応用を目指したチーム力のポテンシャル 平成28年度神経科学セミナー, 札幌, 2016
240. 村田 哲: ミラーニューロンシステムにおける自他身体の共有と区別 第93回日本生理学会大会, 札幌, 2016
241. 前田貴記: 【招待講演】統合失調症における sense of agency の異常: delayed prediction signal 仮説 第46回日本臨床神経生理学会学術大会 郡山・ホテルハマツ, 2016
242. 花井, 島, 島谷: 機能的電気刺激と動作推定に基づく動作訓練支援法, 電子情報通信学会技術研究報告 箱根湯本ホテルおかだ, 2016
243. 佐藤, 島: 体性感覚重畳刺激に基づく装着型力覚提示デバイスの基礎的検討, 電子情報通信学会技術研究報告 箱根湯本 ホテルおかだ, 2016
244. 島, 今野, 島谷: 運動機能リハビリテーションを目的とした筋電位駆動型ヒューマンヒューマンインタフェース, 第21回ロボティクスシンポジウム, 長崎やすらぎ伊予島, 2016
245. 島, 横山, 島谷: 機能的電気刺激を用いた筋電位駆動型ヒューマンヒューマンインタフェース—運動学習支援を目的とした電気刺激の知覚特性—ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2016 パシフィコ横浜, 2016
246. 宇田, 島, 島谷: 運動学習支援への適用を目的とした機能的電気刺激の電極位置選定, LIFE2016 東北大学, 2016
247. 鎌田恭輔: 電気生理・蛍光解析による術中モニタリング・マッピング 第21回日本脳腫瘍の外科学会東京, 2016
248. 鎌田恭輔: Real-time Passive recording の有用性 第21回日本脳腫瘍の外科学会 東京, 2016
249. 安栄良悟, 田村有希恵, 鎌田恭輔: セカンドラインとしてのベバシズマブ使用経験 第21回日本脳腫瘍の外科学会 東京, 2016
250. 鎌田恭輔: 難治性てんかんの外科適応 -術前診断と外科治療のオプション- オホーツクてんかんセミナー 北見, 2016
251. 三井宣幸, 和田 始, 鎌田恭輔: 血管内治療における大動脈弓部スクリーニング検査の工夫, 第77回日本脳神経外科学会北海道支部会, 札幌, 2016
252. 安栄良悟, 山口なつき, 野呂昇平, 小川博司, 折本亮介, 三井宣幸, 広島 覚, 和田 始, 露口尚弘, 鎌田恭輔: 悪性神経膠腫合併妊娠の一例, 第77回日本脳神経外科学会北海道支部会札幌, 2016
253. 鎌田恭輔: 脳皮質電位—白質画像融合による機能内ネットワーク可視化—他分野とのつながりの重要性 日本脳神経外科学会第75回学術総会 福岡, 2016
254. 露口尚弘, 佐藤英俊, 寺川雄三, 内藤堅太郎, 宇田武弘, 鎌田恭輔, 大畑建治: 中枢神経系腫瘍における Methionine PET の低集積例の検討, 日本脳神経外科学会第75回学術総会, 福岡, 2016
255. 小川博司, 広島 覚, 安栄良悟, 竹内文也, 鎌田恭輔: 覚醒下手術における高周波律動を用いた言語機能マッピング, 日本脳神経外科学会第75回学術総会, 福岡, 2016
256. 三井宣幸, 和田 始, 広島 覚, 鎌田恭輔: 経動脈的塞栓術後の急性閉塞性水頭症に第3脳室開窓術が奏功したガレン大静脈瘤の1例, 日本脳神経外科学会第75回学術総会 福岡, 2016
257. 和田 始, 三井宣幸, 折本亮介, 佐藤正夫, 鎌田恭輔: 過還流対策としての staged CAS の成績—DSA の flow assessment application 解析を加えて—, 日本脳神経外科学会第75回学術総会, 福岡, 2016
258. 安栄良悟, 鎌田恭輔: 5-ALA 蛍光ガイド下手術における蛍光強度の定量化の意義 日本脳神経外科学会第75回学術総会, 福岡, 2016
259. 鎌田恭輔: リアルタイム蛍光分光システムによる信号強度と組織特徴の解析 第37回日本レーザー医学会総会, 旭川, 2016
260. 鎌田恭輔: リアルタイム CCEP 解析ソフトウェアの開発 第46回日本臨床神経生理学会学術大会ワークショップ, 福島郡山, 2016
261. 鎌田恭輔: 神経・自然科学を取り込むてんかん外科治療—発想から実用に向けて—, 第126回山口県脳神経外科懇話会, 山口, 2016
262. 鎌田恭輔: 身体部位別の視覚認知関連脳皮質電位の読み取り, H28年身体性システム脳班 (A1.A2.A3) +B2+C2 合同班会議, 東京, 2016
263. 福山秀青, 野呂昇平, 広島 覚, 角井俊幸, 大田哲生, 竹内文也, 鎌田恭輔: 脳梗塞急性期リハビリによる皮質運動野活動性の変化 脳波リアルタイムフィードバックシステムと fMRI による評価, H28年身体性システム脳班 (A1.A2.A3) +B2+C2 合同班会議, 東京, 2016
264. 広島 覚, 野呂昇平, 三井宣幸, 和田 始, 鎌田恭輔: ガレン大静脈瘤に合併した水頭症に対する第三脳室開窓術の1例, 第23回日本神経内視鏡学会, 東京, 2016
265. 和田 始, 三井宣幸, 折本亮介, 鎌田恭輔: AS における double protection 下の, distal protection device の違いによる術後 MRI 所見の検討 第32回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会 神戸, 2016
266. 折本亮介, 和田 始, 齋藤仁十, 三井宣幸, 鎌田恭輔: 穿頭下経静脈的塞栓術中コイルが migration した硬膜動静脈瘻の一例, 第32回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, 神戸, 2016
267. 和田 始, 三井宣幸, 折本亮介, 鎌田恭輔: Dual-Energy CTA を用いたコイル塞栓術後の strategy 第32回 NPO 法人日本

- 脳神経血管内治療学会学術総会, 神戸, 2016
268. 三井宣幸, 和田 始, 折本亮介, 斎藤仁十, 鎌田恭輔: 地方国立大学病院の脳梗塞急性期治療の現状第 32 回 NPO 法人日本脳神経血管内治療学会学術総会, 神戸, 2016
269. 鎌田恭輔: 治せる難治性てんかんー術前診断と外科治療のオプションー 室蘭市医師会学術講演会, 室蘭, 2016
270. 座間拓郎, 嶋田総太郎: 運動準備中の脳活動計測による自己身体の神経基盤の検討, 日本認知科学会第 33 回大会, 北海道大学, 2016
271. 高橋芳幸, 座間拓郎, 嶋田総太郎: 映像遅延による視覚誘導運動エラーが自己身体認識に与える影響日本認知科学会第 33 回大会, 北海道大学, 2016
272. 森岡 周: 慢性痛の脳内メカニズム, 第 9 回日本運動器疼痛学会, 御茶ノ水ソラシティカンファレンスセンター, 2016
273. 森岡 周: ニューロリハビリテーションによる中枢神経系の再構築, 第 21 回ペインリハビリテーション学会 名古屋国際会議場, 2016
274. 信迫悟志: 神経科学的知見の臨床応用: ニューロリハビリテーションの取り組み, 第 43 回日本赤十字リハビリテーション協会学術集会 大津市民会館, 2016
275. 信迫悟志: 高次脳機能障害に対する理学療法の最前線「失行について」第 14 回日本神経理学療法学会学術集会, 仙台市民会館, 2016
276. 藤原悠平, 信迫悟志, 大住倫弘, 座間拓郎, 嶋田総太郎, 森岡 周: 脳卒中片麻痺における多感覚統合能力の評価, 第 40 回日本高次脳機能障害学会学術総会, キッセイ文化ホール, 2016
277. 石橋凛太郎, 信迫悟志, 大住倫弘, 座間拓郎, 嶋田総太郎, 森岡 周: 失行における多感覚統合特性, 第 40 回日本高次脳機能障害学会学術総会 キッセイ文化ホール, 2016
278. 入江, 中島, 鈴木, 有安, 一寸木, 小宮山, 大木: 運動イメージを利用したヒト安静筋における間接的皮質脊髄路の長期増強 第 39 回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
279. 中島, 鈴木, 入江, 有安, 小宮山: ヒト間接的皮質脊髄路の可塑的变化における活動依存性 第 39 回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
280. 鈴木, 中島, 入江, 有安, 小宮山, 大木: ガルバニック前庭刺激はヒト頸髄介在ニューロンシステムを促通する, 第 39 回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
281. 大木, 自己身体所有感の操作を用いたリハビリテーション, 第 46 回日本臨床神経生理学会学術集会, ホテルハマツ, 2016
282. 鎌田恭輔, 小川博司, 広島 覚, 國井尚人, Guger C: 他分野との協力による脳機能可視化の臨床応用, 第 56 回日本定位・機能神経外科学会, 大阪, 2017
283. 小川博司, 竹内文也, 広島 覚, 鎌田恭輔: てんかん外科手術における脳皮質脳波の臨床応用, 第 40 回日本てんかん外科学会, 大阪, 2017
284. 露口尚弘, 宇田武弘, 鎌田恭輔: 脳磁図による HFO の検出の可能性について, 第 40 回日本てんかん外科学会, 大阪, 2017
285. 福山秀青, 広島 覚, 竹内文也, 鎌田恭輔: 言語機能優位半球のリアルタイム fMRI 解析による同定, 第 40 回日本てんかん外科学会, 大阪, 2017
286. 式田寛, 長谷川泰久: 学会大会, 身体拡張義肢による身体図式変化の評価, 第 16 回日本機械学会福祉工学シンポジウム 2016(LIFE, 2016) 東北大学, 2016
287. 式田寛, Segura-Meraz Noel, 長谷川泰久: 深部感覚を伴わない身体拡張拇指操作による操作性評価第 29 回自律分散システム・シンポジウム 調布クレストンホテル 2017
288. 今水 寛: 身体意識への多角的アプローチ, 身体性システム講演会・公募説明会 東京大学山上会館 2015
289. 今水 寛: 脳のネットワークと fMRI ニューロフィードバック 第 46 回日本臨床神経生理学会教育講演, 郡山・ホテルハマツ 2015
290. 今水 寛: 運動学習と身体意識: 脳活動計測からのアプローチ 脳と情報シンポジウム 2016【招待講演】高知工科大学, 2016
291. 今水 寛: 認知と運動の学習を支える脳のネットワーク, 第 21 回情動・社会行動と精神医学研究会【招待講演】京都大学・芝蘭会館別館, 2016
292. 今水 寛: 認知機能と脳のネットワーク, 北陸先端科学技術大学院大学 第 4 回 情報科学系セミナー【招待講演】北陸先端科学技術大学院大学, 2016
293. 東郷俊太, 今水 寛: 随意的に独立活性可能な筋シナジーの実験による評価 第 10 回 Motor Control 研究会 慶應義塾大学・日吉キャンパス, 2016
294. 濱田: What is QPS? 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会 郡山, 2016
295. 濱田: Neuromodulation 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
296. 濱田: パーキンソン病の磁気刺激治療 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
297. 濱田: 文献レビュー, 2016 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
298. 濱田: 磁気刺激によるパーキンソン病治療, 日本運動障害研究会, 東京, 2016
299. 徳重, 寺尾, 松田, 濱田, 辻, 大山, 下, 服部: パーキンソン病患者の視覚探索行動に及ぼす Deep Brain Stimulation の影響, 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
300. 徳重, 寺尾, 佐々木, 弓削田, 寺田, 濱田, 辻, 宇川, 湯本: 発作間欠期てんかん性放電の検出における脳磁図の有効性, 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
301. 佐々木, 寺尾, 寺田, 徳重, 富樫, 宇川, 濱田: 持続的シータバースト刺激 (cTBS) の有効性に刺激強度が与える影響の検討 第 46 回日本臨床神経生理学会学術大会, 郡山, 2016
302. 神原, 吉村, 小池: 力場適応を行う到達運動学習モデル 第 29 回自律分散システム・シンポジウム調布クレストンホテル 2017

303. 石川, 寛: 小脳皮質・小脳核における感覚入力と身体表現 第15回ジストニア研究会 学士会館 2017
304. 石川, 寛, 三苦: サル小脳神経活動にもとづく小脳性運動失調の神経基盤の考察 第10回 Motor Control 研究会, 慶應義塾大学, 2016
305. 石川, 寛, 三苦: 運動制御における大脳小脳の機能とその以上のメカニズム 第39回日本神経科学大会パシフィコ横浜, 2016
306. 関, 李, 寛: Analysis for the muscle control strategy of wrist prime movers with a EMG-input musculoskeletal model, 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
307. 本多, 吉田, 李, 近藤, 寛: Kinect v2 システムによる指標追従運動の定量評価 第10回 Motor Control 研究会 慶應義塾大学, 2016
308. 李, 織茂, 松本, 森本, 岡田, 寛: Evaluation of motor symptoms of patients with neurological disorders based on the microsteps phenomenon during visually-guided wrist tracking movements, 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
309. 大内田裕: 幻肢を通してみる脳の中の身体 平成28年度日本基礎心理学会フォーラム 熊本大学 2017
310. 出江紳一: 患者エンパワーメントに活かすコーチング 第28回日本リハビリテーション看護学会学術大会名桜大学, 2016
311. 阿部浩明: 高次脳機能障害に対する理学療法最前線-pusher症候群-, 第14回日本神経理学療法学会学術集会シンポジウム 仙台市民会館, 2016
312. 阿部浩明, 関崇 志, 大鹿糠徹, 長嶺義秀, 藤原 悟: 遷延性意識障害例の広南スコア改善度と関連する因子の検討-DTI所見に着目して- 第25回日本意識障害学会シンポジウム かがわ国際会議場, 2016
313. 阿部浩明, 河島則天, 関崇 志, 大鹿糠徹, 長嶺義秀, 藤原 悟: 注視点分析によって意図的な注視が確認できた頭部外傷後遷延性意識障害の一例 第25回日本意識障害学会 かがわ国際会議場, 2016
314. 池本周平, 森晋太郎, 細田 耕: ニューラルネットワークの解析的表現を用いたモデル予測制御 ロボティクス・メカトロニクス講演会 パシフィコ横浜, 2016
315. 河上貴彦, 進 寛史, 山西 賢, 池本周平, 細田 耕: 生体の神経回路を模した空気圧人工筋用制御システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会, パシフィコ横浜, 2016
316. 大脇 大, 関口雄介, 本田啓太, 石黒章夫, 出江伸一: 感覚モダリティ変換装具 Auditory Foot を用いた片麻痺患者における長期的歩行リハビリテーション第10回モータコントロール研究会, 慶応大学, 2016
317. 大脇大: 班間連携による筋シナジーモデルベーストリハビリテーションに向けた取り組み 身体性システム講演会, 東京大学, 2016
318. 角井, 大田, 齋藤, 及川, 野呂, 鎌田, 橋本: 非侵襲型ブレイン・マシン・インターフェースによる急性期脳卒中患者の上肢リハビリテーション, 第46回日本臨床神経生理学会 郡山 ホテルハマツ, 2016
319. 角井, 大田, 野呂, 鎌田, 橋本, Ren, Guger: BMIによる急性期脳卒中患者の上肢リハビリテーション第3回脳神経外科BMI懇話会 旭川医科大学, 2016
320. 小林勝哉, 松本理器, 國枝武治, 池田昭夫: 慢性電極留置におけるてんかん原性評価, 第45回日本臨床神経生理学会学術大会, 大阪, 2015
321. 小林勝哉, 松本理器, 宇佐美清英, 國枝武治, 池田昭夫: 睡眠と前頭葉てんかん, 第49回日本てんかん学会学術大会, 長崎, 2015
322. Shimotake A, Matsumoto R, Kobayashi K, Kunieda T, Mikuni N, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A, Functional mapping of praxis: Electrical cortical stimulation study, 第39回神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
323. Takeyama H, Matsumoto R, Usami K, Shimotake A, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Human motor inhibition network as revealed by epicortical ERP, CCEP and high frequency cortical stimulation., 第39回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
324. Nakae T, Matsumoto R, Kunieda T, Arakawa Y, Kobayashi T, Inada T, Takahashi Y, Nishida S, Inano R, Kobayashi K, Shimotake A, Matsuhashi M, Kikuchi T, Takahashi R, Ikeda A, Miyamoto S, Antero-posterior gradients exist in functional connections between human inferior frontal gyrus and middle&posterior temporal gyri. An intraoperative cortico-cortical evoked potential study., 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
325. Togo M, Matsumoto R, Takeyama H, Kobayashi K, Shimotake A, Usami K, Inouchi M, Nakae T, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Functional connectivity from medial parietal cortex and superior parietal lobule: a cortico-cortical evoked potential study., 第39回日本神経科学大会パシフィコ横浜, 2016
326. Takeyama H, Matsumoto M, Usami K, Shimotake A, Kunieda T, Miyamoto S, Takahashi R, Ikeda A: Which areas inhibit motor responses? Direct evidence from subdural recordings., 第57回日本神経学会学術大会, 神戸国際会議場, 2016
327. Neshige S, Sakurai T, Kobayashi K, Shimotake A, Matsuhashi M, Matsumoto R, Hitomi T, Matsumoto M, Takahashi R, Ikeda A: Wide-band Electrographic (ECoG) data analysis in primary sensorimotor (SI-MI) area., 第57回日本神経学会学術大会, 神戸国際会議場, 2016
328. Shimotake A, Matsumoto R, Togo M, Kunieda T, Ikeda A: Functional mapping of praxis network: Electrical cortical stimulation study. The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EMBOSS, 2016), 東京, 2016
329. Togo M, Matsumoto R, Shimotake A, Inouchi M, Kunieda T, Ikeda A: Functional connectivity from human superior parietal lobule and medial parietal lobe: a cortico-cortical evoked potential (CCEP) study., The 1st International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EMBOSS, 2016), 東京, 2016
330. 音成秀一郎, 下竹昭寛, 松本理器: Wide-band Electrographic による運動準備電位と事象関連同期/脱同期を用いた一次感覚運動野の脳機能マッピング: 皮質電気刺激との比較, 第46回日本臨床神経生理学会 福島, 2016
331. 松本理器: てんかんの臨床神経生理学と硬膜下電極, 第46回日本臨床神経生理学会, 福島, 2016
332. 松本理器: CCEP のオフライン解析と解釈, 第46回日本臨床神経生理学会, 福島, 2016
333. 下竹昭寛, 松本理器, 池田昭夫: 呼称課題を用いた低刺激強度皮質電気刺激の言語機能マッピングの有用性, 第50回日

本てんかん学会学術集会 静岡, 2016

334. 渋谷 賢, 畝中智志: 仮想手の操作が身体性自己意識と身体表象に及ぼす影響, 第 43 回日本スポーツ心理学会, 北星学園大学 2016
335. 畝中智志, 渋谷 賢: ラバーハンド錯覚中の運動観察に伴う誘発運動, 第 43 回日本スポーツ心理学会 北星学園大学, 2016
336. 畝中智志, 渋谷 賢, 嶋田総太郎, 座間拓郎, 大木 紫: 身体所有感は手の運動観察に伴う μ 波抑制を増強する, 第八回多感覚研究会, 早稲田大学, 2016
337. 松本理器, 山尾幸広, 菊池隆幸, 吉田和道, 國枝武治: 単発電気刺激による脳内ネットワークの可視化: 着想から臨床応用への道のり (特別企画 4 機能ネットワーク解明から治療への応用) 第 75 回日本脳神経外科学会学術総会 福岡, 2016
338. 望月 圭, 村田 哲: 皮膚自己刺激に対するサル体性感覚野ニューロンの応答, 身体性システム脳班 (A1,A2,A3)+B2+C2 合同班会議, 東京都医学総合研究所, 2016
339. 村田 哲: ミラーニューロンシステムにおける自他身体の共有と区別 シンポジウム「中枢神経系における身体表現と認知・運動連関の機能構築・再構築」, 第 93 回日本生理学会大会, 札幌コンベンションセンター, 2016
340. 村田 哲: 身体神経科学 頭頂葉-運動前野ネットワークと身体性, 大山リハビリテーション病院, 2015 脳生理講演会, 大山リハビリテーション病院, 2016
341. 村田 哲: ミラーニューロンシステムにおける自他の共有と区別 第 4 6 回日本臨床神経生理学会 ホテルハマツ, 福島県郡山市 2016
342. 村田 哲: 脳内の物体・動作・身体の実現, 日本スポーツ心理学会第 4 3 回大会, 札幌, 北星学園大学, 2016
343. 村田 哲: The body and objects represented in the ventral stream of the parieto-premotor network 身体性システム若手の会・勉強会 東京都医学総合研究所, 2016
344. 村田 哲: ミラーニューロンシステムにおける運動制御と身体表現, 電気通信大学技能情報学ステーション第 1 3 回セミナー, 電気通信大学, 2016
345. 高橋未来, 高草木薫, 千葉龍介, 小原和宏: 自己身体認知が予期的姿勢調整に及ぼす影響, 第 38 回臨床歩行分析研究会定例会, 旭川医科大学, 2016
346. 関 和彦: バイオロジーとの融合によってもたらされる革新的な BMI 技術, 脳科学研究戦略プログラム BMI 技術成果報告会, 一橋大学, 2016
347. T. Umeda, T. Isa, and Y. Nishimura: Top-down motor inputs precede bottom-up sensory information in the primary somatosensory cortex, 第 39 回日本神経科学大会 パシフィコ横浜, 2016
348. 高草木: ロボットリハビリテーションと神経生理学的メカニズム, 日本医療研究開発機構補助金 難治性疾患実用化研究事業希少難治性脳・脊髄疾患の歩行障害に対する生体電位駆動型下肢装着型補助ロボット (HAL-HN01) を用いた新たな治療実用化のための多施設共同医師主導治験の実施研究班 班会議東京国際フォーラム 2016
349. 高草木: 姿勢と歩行の神経科学 第 93 回日本生理学会大会 札幌コンベンションセンター, 2016
350. 高草木: 姿勢制御, 第 6 回ロボパース学会学術大会 ホテル大阪ベイタワー, 2016
351. 高草木, 高橋, 小原, 千葉 中脳歩行誘発野領域の機能局在 第 95 回生理系北海道地方会札幌医科大学, 2016
352. 高草木: 神経系の進化と姿勢-歩行の制御 第二回通研プロジェクト研究会「科学の客観性と人間性との調和を目指す科学教育の在り方と実施方法」-現代科学の問題点と人類の未来のために- 東北大学電気通信研究所, 2016
353. 高草木: 大脳基底核と運動制御 Happy Face Seminar in 宮城 メトロポリタン仙台, 2016
354. 高草木: 高次脳機能の障害と小児の学習障害 第 12 回札幌病院脳生理研究会 札幌病院, 2016
355. 高草木: 大脳基底核とその障害 第 17 回神奈川 Movement disorders フォーラム, 横浜ベイシェラトンホテル & タワーズ, 2016
356. 高草木: 認知症の心と身体 旭川青年大学 3 月講座 旭川市民文化会館, 2016
357. 高草木: 歩行障害と病態に基づく分類 第 13 回札幌病院脳生理研究会 札幌病院, 2016
358. 高草木: 運動制御における基底核と小脳の役割 第 14 回札幌病院脳生理研究会, 札幌病院, 2016
359. 高草木: 姿勢制御・脳幹と脊髄・脳の機能局在 第 8 回脳生理研究会, クオラリハビリテーション病院, 2016
360. 高草木, 高橋, 千葉, 小原: 中脳歩行誘発野領域の機能局在, 第 3 回 BMI 懇話会, 旭川医科大学, 2016
361. 高草木: 運動麻痺の病態生理. 第 15 回札幌病院脳生理研究会, 札幌病院, 2016
362. 吉田 和憲, 安琪, 石川 雄己, 山川 博司, 田村 雄介, 山下 淳, 浅間 一: 起立動作において視覚情報の有無が下肢の筋シナジーに与える影響の解析 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, 山形, 2016
363. 吉田 和憲, Qi An, 石川 雄己, 山川 博司, 田村 雄介, 山下 淳, 浅間 一: 起立動作において視覚情報の有無が下肢の筋シナジーに与える影響の解析 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 (SSI2016) 大津, 2016
364. 稲邑: VR とクラウドを活用したニューロリハビリテーションプラットフォーム, 栢森情報科学振興財団 第 16 回 K フォーラム, 高山, 2016
365. 三村, 萩原, 谷口, 稲邑, 矢野: 身体のリンク構造推定のための計算論モデルを用いた身体部位の欠損における脳内身体表現の適応に関する研究, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2016, 滋賀, 2016
366. 三村, 萩原, 高野, 谷口, 稲邑: 身体地図からの骨格構造推定のためのベイズ生成モデル 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会, 京都, 2016
367. 四津有人: 先天性無痛症の運動障害の特徴と感覚操作による治療 第 16 回日本再生医療学会総会シンポジウム, 東北大学, 2017

書籍

1. Matsumoto R, Kunieda T: Cortico-cortical evoked potential mapping (Chapter 46, Section 5: Human Brain Mapping). Oxford University Press, 2016 (in press)
2. Ichiro Tsuda: Cognitive Phase Transitions in the Cerebral Cortex-Enhancing the Neuron Doctrine by Modeling Neural Fields, Chap. 20, pp.229-237, Studies in Systems, Decision and Control Vol. 39 Springer 2015
3. 津田一郎：心はすべて数学である。文芸春秋 2015
4. 花川 隆 (分担)：神経科学の最前線とリハビリテーション 医歯薬出版 2015
5. 花川 隆:ブレイン・マシン・インターフェイス研究の最新動向. Annual Review 神経, 2016 中外医学社, 2016
6. Hanakawa T: Clinical Systems Neuroscience. Neurodegenerative Disorders as Systemic Diseases Springer Japan, 2015
7. 水口伸章, 川人光男, 内藤栄一: 情動と運動-スポーツとこころ 運動と情動が生じるとき ブレインマシンインターフェイス 朝倉書店, 2016
8. 森岡 周：発達を学ぶ 人間発達学レクチャー 協同医書出版社 2015
9. 森岡 周：神経系理学療法 概説理学療法第2版 2015, pp117-125
10. 大住倫弘, 森岡周: 臨床思考を踏まえる理学療法プラクティス 感覚入力で挑む 慢性疼痛の場合 文光堂, 2016, pp.117-127
11. 細田 耕: 柔らかかヒューマノイド, 化学同人, 2016
12. 阿部浩明: 高次脳機能障害に対する理学療法, 文光堂, 2016
13. 守田知代, 内藤栄一: Neuroimaging から見た発達研究, 金子書房, 2016
14. 水口暢章, 川人光男, 内藤栄一: ブレインマシーンインターフェース 朝倉書店, 2016
15. 上原一将, 花川隆: 「感覚入力で挑む 感覚運動機能回復のための理学療法アプローチ」, 「Chapter 8: 運動イメージの脳内再生とトレーナビリティー -臨床応用のために運動イメージの脳内神経基盤を理解する-」 文光堂, 2016
16. 内藤栄一: イメージトレーニングで動作定着と向上を図ろう ベースボールマガジン社 2016
17. 森岡 周: リハビリテーションのための脳・神経科学入門第2版 協同医書出版社, 2016
18. 前田貴記: 精神医療・臨床心理の知識と技法 「記憶障害」 医学書院, 2016
19. 前田貴記, 沖村 宰, 野原 博: 【精神医学の基盤3】精神医学におけるスペクトラムの思想 「統合失調症におけるスペクトラムというメタファーの導入の意義と問題点」, 学樹書院 2016
20. 内村直之, 植田一博, 今井むつみ, 川合伸幸, 嶋田総太郎, 橋田浩一: はじめての認知科学, 新曜社, 2016
21. 信迫悟志: 高次脳機能障害に対する理学療法 失行に対する理学療法, 文光堂, 2016
22. 信迫悟志: 理学療法評価学 高次脳機能障害の評価, 文光堂, 2016
23. 阿部浩明: 高次脳機能障害に対する理学療法, 文光堂, 2016
24. 出江紳一: 訪問リハビリテーション7つの極意, 法研, 2016
25. 大内田裕, 出江紳一: 脳内身体表現に着目したリハビリテーション, 先端医療技術研究所, 2016
26. 阿部浩明, 大畑光司: 脳卒中片麻痺者に対する歩行リハビリテーション メジカルビュー, 2016
27. Akio Ikeda: Subdural EEG in frontal lobe epilepsy. Invasive Studies of the Human Epileptic Brain: Principles and Practice of Invasive Brain Recordings and Stimulation in Epilepsy Oxford University Press 2015
28. Matsumoto R, Kunieda T: Cortico-cortical evoked potential mapping (Section 5: Human Brain Mapping) Oxford University Press, 2015

報道発表

1. 記事・報道
NHK 「NEWS WEB」 WEB 特集 http://www3.nhk.or.jp/news/web_tokushu/2016_0218.html
2016年2月18日 “未来の五輪”を東京で (“技”を“コピー”する!?) ヒトからヒトへ技を伝える技術として, C03-2班が研究しているダイレトリハビリテーションの内容が紹介された。
2. 2016年6月19日, 読売新聞朝刊23面スポーツの「スポーツ新戦術論」で、巧みに運動を制御する脳の仕組みを研究する研究者として内藤栄一 (CiNet) が紹介される。
3. 内藤栄一 【RiO, 2016 PARALYMPICS 変革のパラアスリート (下)】 奇跡の進化論 朝日新聞朝刊 (19面) 2016年9月5日 (月)
4. H28年9月18日 フジテレビ報道番組「新報道2001」でブラインドサッカー選手の脳の可塑的变化について解説した (内藤栄一)。
5. 東京大学新聞2017年1月17日版の研究室散歩@ロボット工学「太田順教授」の記事において、「身体性システム科学」について紹介された。
6. 2016年11月12日開催の日本リハビリテーション医学会市民公開講座 (於 旭川医科大学) で共同研究を行っている北見工業大学電気電子工学科准教授 橋本泰成氏が「ブレイン・マシン・インターフェースを応用した最先端リハビリテーション工学」の題名で講演。11月16日の北海道新聞道北地方版に講演の記事が掲載された。

受賞

1. 濱田雅: 日本臨床神経生理学会 第5回奨励賞
2. Qi An, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita, and Hajime Asama: ICAM2015 Honorable Mention
3. 堀切舜哉、大脇 大、西井 淳、石黒章夫：足底感覚情報を用いた二足歩行制御の環境適応性に関する検証、第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, SI2015 優秀講演賞

4. 今野和樹、島 圭介、島谷康司：2015年計測自動制御学会システム・情報部門 SSI 優秀論文賞 受賞研究：機能的電気刺激と EMG 信号を利用したダイレクトリハビリテーション
5. 村松克俊：第 25 回ライフサポート学会フロンティア講演会にて講演し、ライフサポート学会奨励賞を授与された
6. 今井亮太、高村優作、大住倫弘、森岡 周：橈骨遠位端骨折術後患者の痛みと運動速度の関係性-1 症例による検討-. 第 20 回日本ペインリハビリテーション学会学術大会優秀発表賞
7. 佐藤剛介、大住倫弘、森岡 周：周期運動が脊髄損傷後の疼痛と脳波に与える影響. 第 20 回日本ペインリハビリテーション学会学術大会優秀発表賞
8. 松本理器、國枝武治：平成 28 年度てんかん治療研究振興財団研究褒賞（受賞研究課題：てんかん病態下の脳内ネットワーク：システム神経科学的手法による包括的解明）（てんかん治療研究振興財団）
9. 長谷川泰久：Best paper award：The 2015 International Symposium on Micro Nano Mechatronics and Human Science (MHS 2015) における優秀な研究論文・発表に対して評価
10. 上原一将：2015 第 9 回 Motor control 研究会 若手奨励賞受賞
11. 伊藤 拓、深澤 佑介、沖村 宰、山下 祐一、前田 貴記、太田 順：情報処理学会モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム 2016 年度優秀発表（第 79 回研究会）
12. Yoshiko Yabuki, Kazumasa Tanahashi, Suguru Hoshikawa, Tatsuhiro Nakamura, Ryu Kato, Yinkai Jiang and Hiroshi Yokoi: Development of new Cosmetic Gloves for Myoelectric Prosthetic Hand by using Thermoplastic Styrene Elastomer, The 14th International Conference on Intelligent Autonomous Systems(IAS-14), Best Conference Paper Award Finalist
13. 島 圭介：日本ロボット学会ロボティクスシンポジウム研究奨励賞(2016)
14. 島 圭介、今野和樹、島谷康司：第 21 回ロボティクスシンポジウム優秀論文賞 (2016)
15. 大脇 大：第 22 回青葉工学研究奨励賞（2016 年 12 月 2 日）
16. Qi An, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama: Temporal Structure of Muscle Synergy of Human Stepping Leg During Sit-to-Walk Motion, Proceedings of the 14th International Conference on Autonomous Intelligent Systems (IAS-14), Shanghai (China), July, 2016. (Best Conference Paper Award Finalist)

メンバーリスト

総括班 X00 脳内身体表現の変容機構の理解と制御に関する総括研究

研究代表者 太田 順 (東京大学 人工物工学研究センター 教授)
研究分担者 内藤 栄一 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究マネージャー)
研究分担者 出江 紳一 (東北大学 大学院医工学研究科 教授)
研究分担者 近藤 敏之 (東京農工大学 大学院工学研究院 教授)
連携研究者 今水 寛 (東京大学 文学部 教授)
連携研究者 関 和彦 (国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 モデル動物開発部 部長)
連携研究者 高草木 薫 (旭川医科大学 医学部 教授)
連携研究者 浅間 一 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)
連携研究者 芳賀 信彦 (東京大学 大学院医学系研究科 教授)
連携研究者 村田 哲 (近畿大学 医学部 准教授)
連携研究者 稲邑 哲也 (国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 准教授)
連携研究者 花川 隆 (国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 部長)
研究協力者 岩村 吉晃 (上野学園大学 特任教授, 東邦大学 名誉教授)
総括班評価者 篠田 義一 (東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 名誉教授)
総括班評価者 伊藤 宏司 (東京都医学総合研究所 研究員, 東京工業大学 名誉教授)
総括班評価者 才藤 栄一 (藤田保健衛生大学 医学部 教授)
総括班評価者 Paolo Dario (Scuola Superiore Sant' Anna 教授)

研究項目 A01-1 脳内身体表現の変容を促す神経機構

研究代表者 今水 寛 (東京大学 文学部 教授)
研究分担者 村田 哲 (近畿大学 医学部 准教授)
研究分担者 大木 紫 (杏林大学 医学部 教授)
研究分担者 前田 貴記 (慶應義塾大学 医学部 講師)
連携研究者 渋谷 賢 (杏林大学 医学部 助教)
連携研究者 小川 健二 (北海道大学 文学部 准教授)
連携研究者 浅井 智久 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所 研究員)
連携研究者 沖村 幸 (慶應義塾大学 医学部 特任助教)
連携研究者 山下 祐一 (国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 室長)
連携研究者 繁桝 博昭 (高知工科大学 情報学群 准教授)
連携研究者 門田 浩 (高知工科大学 総合研究所 准教授)
連携研究者 山下 真寛 (国際電気通信基礎技術研究所 認知機構研究所 研究員)
連携研究者 望月 圭 (近畿大学医学部 博士研究員)
連携研究者 蔡 暢 (国際電気通信基礎技術研究所 認知機構研究所 認知神経科学研究室 研究員)
連携研究者 大畑 龍 (学術振興会・東京大学大学院人文社会系研究科 学振特別研究員)

研究項目 A02-1 身体変化への脳適応機構の解明

研究代表者 関 和彦 (国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 モデル動物開発研究部 部長)
研究分担者 内藤 栄一 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究マネージャー)
研究分担者 笥 慎治 (東京都医学総合研究所 運動失調プロジェクト プロジェクトリーダー)
連携研究者 井上 謙一 (京都大学 霊長類研究所 助教)
連携研究者 萩原 直道 (慶應義塾大学 理工学部 准教授)
連携研究者 梅田 達也 (国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 モデル動物開発研究部 室長)
連携研究者 大屋 知徹 (国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 モデル動物開発研究部 室長)
連携研究者 平島 雅也 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 主任研究員)
連携研究者 池上 剛 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究員)

連携研究者 廣瀬 智士 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究員)
連携研究者 竹村 尚大 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究員)
連携研究者 雨宮 薫 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 研究員)
連携研究者 Ganesh Gowrishanker (CNRS 研究員)
連携研究者 上原 信太郎 (情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター 特別研究員)
連携研究者 関 庚甫 (東京都医学総合研究所 運動失調プロジェクト 研究員)
連携研究者 李 鍾昊 (東京都医学総合研究所 運動失調プロジェクト 研究員)
連携研究者 石川 享宏 (東京都医学総合研究所 運動失調プロジェクト 研究員)
連携研究者 本多 武尊 (東京都医学総合研究所 運動失調プロジェクト 研究員)

研究項目 A02-2 姿勢-歩行戦略の変更に伴う脳適応機能の解明

研究代表者 高草木 薫 (旭川医科大学 医学部 教授)
研究分担者 中隋 克己 (近畿大学 医学部 講師)
連携研究者 船越 洋 (旭川医科大学 医学部 教授)
連携研究者 杉内 友理子 (東京医科歯科大学 医学部 准教授)
連携研究者 日暮 泰男 (近畿大学 医学部 博士研究員)
連携研究者 大田 哲生 (旭川医科大学 リハビリテーション部 教授)
連携研究者 小原 和宏 (旭川医科大学 脳機能医工学研究センター 助教)
連携研究者 高橋 未来 (旭川医科大学 脳機能医工学研究センター 客員助教)
連携研究者 松本 成史 (旭川医科大学 脳機能医工学研究センター 講師)

研究項目 A03-1 ハイブリッド技術とリアルタイム処理による機能ダイナミクスの解明

研究代表者 鎌田 恭輔 (旭川医科大学 医学部 教授)

研究項目 A03-2 脳波を用いた手首運動に係る脳内身体表現の学理とその可視化

研究代表者 吉村 奈津江 (東京工業大学 精密工学研究所 准教授)
連携研究者 神原 裕行 (東京工業大学 精密工学研究所 助教)

研究項目 A03-4 ヒト脳内身体表現の直接記録・刺激介入を用いた神経機構と変容の解明

研究代表者 松本 理器 (京都大学 大学院医学系研究科 准教授)
連携研究者 池田 昭夫 (京都大学 大学院医学系研究科 教授)
連携研究者 國枝 武治 (愛媛大学 大学院医学系研究科 教授)
連携研究者 松橋 眞生 (京都大学 学際融合教育研究推進センター 准教授)
連携研究者 下竹 昭寛 (京都大学 大学院医学系研究科 助教)
連携研究者 井内 盛遠 (京都大学 大学院医学系研究科 助教)
連携研究者 吉田 和道 (京都大学 大学院医学研究科脳神経外科学 講師)

研究項目 A03-5 感覚神経損傷による脳内身体表現の変容動態の可視化と制御

研究代表者 宮田 麻理子 (東京女子医科大学 医学部 教授)
連携研究者 尾崎 弘展 (東京女子医科大学 医学部 助教)
連携研究者 植田 禎史 (東京女子医科大学 医学部 助教)
連携研究者 三好 悟一 (東京女子医科大学 医学部 助教)

研究項目 A03-6 サル半側空間無視モデルにおける身体と空間

研究代表者 吉田 正俊 (生理学研究所 認知行動発達研究部門 助教)
連携研究者 福永 雅喜 (生理学研究所 心理生理学研究部門 准教授)

研究項目 A03-7 脳卒中後の把握機能回復をもたらす脳内身体表現の変化：サルモデルによる解明

研究代表者 村田 弓 (産業技術総合研究所 人間情報研究部門 研究員)
連携研究者 上野 友之 (筑波大学 医学医療系 病院講師)

連携研究者 山本 竜也 (つくば国際大学 医療保健学部 助教)
連携研究者 林 拓也 (理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター ユニットリーダー)
連携研究者 肥後 範行 (産業技術総合研究所 人間情報研究部門 主任研究員)

研究項目 B01-1 脳内身体表現のスローダイナミクスモデル

研究代表者 浅間 一 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)
研究分担者 近藤 敏之 (東京農工大学 大学院工学研究院 教授)
研究分担者 田中 宏和 (北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 准教授)
研究分担者 矢野 史朗 (東京農工大学 大学院工学研究院 助教)
研究分担者 井澤 淳 (筑波大学 システム情報系 准教授)
連携研究者 山下 淳 (東京大学 工学系研究科 准教授)
連携研究者 矢野 雅文 (東北大学 電気通信研究所 名誉教授)
連携研究者 安 琪 (東京大学 大学院工学系研究科 特任助教)
連携研究者 温 文 (東京大学 大学院工学系研究科 特任研究員)

研究項目 B02-1 脳内身体表現を変容させる運動制御モデル

研究代表者 太田 順 (東京大学 人工物工学研究センター 教授)
研究分担者 青井 伸也 (京都大学 大学院工学研究科 講師)
研究分担者 千葉 龍介 (旭川医科大学 医学部 准教授)
連携研究者 緒方 大樹 (東京大学 人工物工学研究センター 助教)
連携研究者 柳原 大 (東京大学 大学院総合文化研究科 准教授)
連携研究者 土屋 和雄 (京都大学 大学院工学研究科 名誉教授)
連携研究者 青柳 富誌生 (京都大学 大学院情報学研究科 名誉教授)
連携研究者 藤木 聡一郎 (東京大学 大学院総合文化研究科 助教)
連携研究者 白藤 翔平 (東京大学 人工物工学研究センター 特任研究員)

研究項目 B03-1 疾患動物の運動機能回復の計測・解析に基づくシナジーの構成機序の解明

研究代表者 船戸 徹郎 (電気通信大学 情報理工学研究科 助教)

研究項目 B03-2 駆動関節を有する人工肢の運動学習過程における身体表現変容因子の同定

研究代表者 長谷川 泰久 (名古屋大学 大学院工学研究科 教授)

研究項目 B03-3 筋骨格ヒューマノイドを用いた脳型身体表現モデルの構成論的研究

研究代表者 細田 耕 (大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授)
連携研究者 津田 一郎 (北海道大学 電子科学研究所 教授)
連携研究者 久保 英夫 (北海道大学 理学研究科 教授)
連携研究者 池本 周平 (大阪大学 基礎工学研究科 助教)

研究項目 B03-4 ベイズ潜在木構造生成過程による脳内身体表現スローダイナミクスモデル

研究代表者 谷口 忠大 (立命館大学 情報理工学部 准教授)
連携研究者 萩原 良信 (立命館大学 情報理工学部 助教)

研究項目 C01-1 脳内身体表現の変容を用いたニューロリハビリテーション

研究代表者 出江 紳一（東北大学 大学院医工学研究科 リハビリテーション医工学分野 教授）
研究分担者 稲邑 哲也（国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 准教授）
連携研究者 田中 尚文（東北大学 大学院医学系研究科 肢体不自由学分野 准教授）
連携研究者 大内田 裕（東北大学 大学院医学系研究科 肢体不自由学分野 助教）
連携研究者 松宮 一道（東北大学 電気通信研究所 ブレインウェア研究開発施設 准教授）
連携研究者 阿部 浩明（広南病院リハビリテーション科 兼 東北大学大学院肢体不自由学分野 非常勤講師）
連携研究者 関口 雄介（東北大学病院リハビリテーション部 兼 東北大学大学院肢体不自由学分野 非常勤講師）
連携研究者 綾木 雅彦（慶應義塾大学医学部眼科学教室 特任准教授）
連携研究者 金子 文成（札幌医科大学保健医療学部 理学療法学第一講座 准教授）

研究項目 C02-1 感覚入力への介入を用いた姿勢・歩行リハビリテーション

研究代表者 芳賀 信彦（東京大学 大学院医学系研究科 教授）
研究分担者 花川 隆（国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 部長）
研究分担者 横井 浩史（電気通信大学 情報理工学研究科 教授）
研究分担者 大脇 大（東北大学 電気通信研究所 助教）
連携研究者 石黒 章夫（東北大学 電気通信研究所 教授）
連携研究者 四津 有人（東京大学 大学院医学系研究科 特任助教）
連携研究者 杉 正夫（電気通信大学 情報理工学研究科 准教授）
連携研究者 北 佳保里（千葉大学 フロンティア医工学センター 助教）
連携研究者 古屋 晋一（上智大学 理工学部 情報理工学科 准教授）
連携研究者 上原 一将（国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 外来研究員）

研究項目 C03-1 神経修飾法による新しい運動障害治療の開発

研究代表者 濱田 雅（東京大学 医学部附属病院 助教）

研究項目 C03-2 動作推定と機能的電気刺激に基づく筋協調制御能力獲得型ダイレクトリハビリテーション

研究代表者 島 圭介（横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授）
連携研究者 島谷 康司（県立広島大学 保健福祉学部 教授）
連携研究者 中野 英樹（京都橘大学 健康科学部 理学療法学科 助教）
連携研究者 田坂 厚志（大阪保健医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 准教授）

研究項目 C03-3 新しいバランス機能評価システムの開発

研究代表者 向野 雅彦（藤田保健衛生大学 医学部 講師）
連携研究者 松田 文浩（藤田保健衛生大学 医療科学部 助教）

研究項目 C03-4 身体失認・失行症における身体性変容の解明とニューロリハビリテーション法の開発

研究代表者 森岡 周（畿央大学 健康科学部 教授）
連携研究者 嶋田 総太郎（明治大学 理工学部 教授）
連携研究者 松尾 篤（畿央大学 健康科学部 教授）
連携研究者 冷水 誠（畿央大学 健康科学部 准教授）
連携研究者 岡田 洋平（畿央大学 健康科学部 助教）
連携研究者 前岡 浩（畿央大学 健康科学部 助教）
連携研究者 信迫 悟志（畿央大学 ニューロリハビリテーション研究センター 助教）
連携研究者 大住 倫弘（畿央大学 ニューロリハビリテーション研究センター 助教）