

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	関西学院	大学名	関西学院大学
研究プロジェクト名	歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく新しい健康維持促進とリハビリテーション技術の創生		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

高齢者が自立した歩行能力を維持することは日常活動動作(ADL)や生活の質(QOL)の維持・向上につながり、豊かな長寿社会の形成に不可欠となる。しかし、歩行に支障を来す変形性膝関節症は年齢とともに増加し、60歳以上で女性の約40%、男性の約20%が、さらに、80歳代では女性で60%以上、男性でも50%近くに達する。一方、脳卒中は140万人の発症者があり、そのうち、拘縮などの後遺症を残す割合は60%で、元の状態に回復する人は20%である。そこで、本研究では「歩行」をテーマに脳活動と筋活動の新たな相関を見出し、得られた知見を基に健康維持・増進や自立支援のための新たな手法や機器を開発し、それらの医学的、心理学的評価を行うことを研究の目的としている。

初年度から2年目までは、下肢アライメントや高齢者の歩行動作の解析による特徴抽出を中心に、並行して、歩行時の筋活動と脳活動の相関性解析や脳刺激の効果を検証する。3年目から4年目は、得られた成果に基づき、ウェアラブルな歩行支援機や脳や活動筋刺激の機能を有するリハビリ機器の開発を実施する。4年目から最終年は試作機の評価を医療機関の医師・療法士など専門家から受けるとともに、患者へのアンケートを実施し、これらを基に生理心理学的評価を実施する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

「歩行の運動解析とモデリング」班では、これまで着目されていない下肢アライメント別や高齢者の歩行動作において、計測のためのセンサシステムの提案、得られたビッグデータの解析手法の提案などを行いながら特徴抽出を行った。「健康な歩き方実現のための歩行支援」班では、歩行実験の再現性のある筋骨格シミュレーションに基づき、歩行時の筋活動や膝軌跡を制御可能にするアクティブ・サポートの機構を提案し試作した。「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを用いたリハビリ機器の開発」班では、足関節の自動と他動の運動における筋活動、脳活動の相関を明らかにした。また、運動時の脳への磁気刺激による脳の前頭部脳の賦活効果を確認した。さらには、培養神経回路網に外界との入出力系を付加した「小さな脳」のモデル系を開発し、培養神経回路網ダイナミクスを解析する複数の研究を同時に遂行した。これらの成果を基に、運動意図を脳波で読み取り、足関節リハビリ機器を動作させるニューロリハビリテーションシステムが動作することを確認できた。「医学的、生理心理学的評価」班では、生理計測、心理計測、行動計測による心的状態の主観的、客観的評価手法に関して時系列データ収集と分析、情動的指標の構成手法の提案などを行った。

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

**平成26年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 関西学院 2 大学名 関西学院大学3 研究組織名 バイオロボティクス研究センター4 プロジェクト所在地 兵庫県三田市学園2-15 研究プロジェクト名 歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく新しい健康維持促進とリハビリテーション技術の創生6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
嵯峨 宣彦	理工学研究科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 14 名9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
嵯峨 宣彦	理工学研究科・教授	歩行動作の特徴抽出、脳と筋刺激によるリハビリ運動への相関解析	研究統括、シミュレーションモデルの構築、機器開発
工藤 卓	理工学研究科・教授	脳と筋刺激によるリハビリ運動への相関解析、脳への電気刺激効果検証用細胞生物学的モデルの構築	脳活動の計測・分析と細胞生物モデルの構築
岡留 剛	理工学研究科・教授	歩行動作の特徴抽出、歩行支援器の評価	ワイヤレス・センサ・ネットワークシステムによる動作解析
中後 大輔	理工学研究科・教授	歩行動作の特徴抽出、歩行支援器の評価	歩行動作の力学的解析、リハビリ機器の開発
河野 恒之	理工学研究科・教授	歩行支援器、リハビリ機器の開発	歩行動作の解析、誤操作の少ないユーザビリティに優れた操作パネルの設計・開発
長田 典子	理工学研究科・教授	試作機の生理心理学的評価	アンケートに基づく生理心理学的評価

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

山本 優也	理 工 学 研 究 科・教授	試作機の生理心理学的評価	歩行動作の解析、アンケートに基づく生理心理学的評価
井村 誠孝	理 工 学 研 究 科・教授	歩行動作の力学的解析、リハビリ機器の開発	歩行動作の力学的解析、リハビリ機器の開発
河鰯 一彦	人間福祉研究 科・教授	歩行動作の特徴抽出、歩行支援器の評価	歩行動作の同期計測データの解析、歩行支援のためのパメタニクス検討
(共同研究機関等) 菅 俊光	関西医科大学 附属滝井病院・ 准教授	試作機の設計仕様の検討と医学的評価	リハビリテーション手法の検討と評価
近藤 徳彦	神戸大学人間 発達環境学研 究科・教授	歩行動作の特徴抽出、歩行支援器の評価	身体内部の変化とシミュレーションとの関連評価
Shane Xie	The University of Auckland, Professor	脳と筋刺激によるリハビリ運動への相関解析とリハビリ機器への応用	脳活動の計測・分析、脳、筋刺激とリハビリ効果の検証
脇元 修一	岡山大学自然 科学 研究科・准教授	歩行支援器、リハビリ機器の開発	ソフトメカニズムに基づく機器設計
永瀬 純也	龍谷大学 理工学部・助教	歩行支援器、リハビリ機器の開発	ソフトメカニズムに基づく機器設計と制御機器設計

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
試作機の生理心理学的評価	理工学部・教授	片寄 晴弘	アンケートに基づく生理心理学的評価

(変更の時期:平成27年5月1日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
大阪大学・准教授	理工学部・教授	井村 誠孝	歩行動作の力学的解析、リハビリ機器の開発

片寄教授は完成したシステムのユーザビリティ性の評価に関して研究する役割であったが、2013年度から委任された情報処理学会の役員としての国内の講演会や研究会、入会促進など活動業務が多く忙であり、本プロジェクトを遂行することに支障があるため辞退されることとなった。4月より、新しく大阪大学から赴任された井村教授が、運動想起やモチベーション向上、視覚刺激などシステム開発に有用なバーチャルリアリティを研究テーマとされており、現メンバーでは保有していないかった技術のため、参画を依頼し承諾頂いた。

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

高齢者の自立した生活に不可欠な、最も基本的な動作の一つが歩行である。高齢者が自立した歩行能力を維持することは日常活動動作(ADL)や生活の質(QOL)の維持・向上につながり、豊かで生き生きとした長寿社会の形成に不可欠となる。一方、現代の3大疾病の1つの脳卒中は140万人の発症者があり、そのうち、後遺症のためにリハビリテーションが必要となるのは約半数程度で、拘縮などの後遺症を残さないために発症後できる限り早い段階で、継続的にリハビリ訓練を行う必要がある。しかし、療法士・介護士の数は大幅に不足している上、在宅で行えない大掛かりな装置が多く、患者が十分な訓練・介護を受けることができないという問題が顕在化している。

本研究プロジェクトは”歩行”をテーマとして、脳科学、スポーツ科学、医療福祉などの分野を包括したバイオロボティクス分野を中心に、計測や応用機器開発・評価では情報科学分野の専門家と連携して研究を行う。研究は自立した生活を行う上で最も基本的な“歩行”をテーマに、学際的な領域で取り組み、従来には行われていない、下肢アライメントに着目した歩行動作の特徴抽出、歩行動作における脳活動と筋活動の相関解析、脳神経系の伝達経路再建のための脳と筋への刺激による新しい運動相関刺激法によるリハビリテーション手法の提案、リハビリテーション機器の開発とその医学的、生理心理学的評価手法の確立を目指す。

(2)研究組織

研究組織は「歩行の運動解析とモデリング」「健康な歩き方実現のための歩行支援」「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発」「医学的、生理心理学的評価」の4つのグループで進めている。

「歩行の運動解析とモデリング」班:

これまで着目されていない下肢アライメント別や高齢者、足関節に障害のある被験者の歩行動作の超大規模(センサ)データの並列処理を実現することによる日本人の筋骨格に合った新たな歩行動作の特徴抽出の手法ならびにモデリングの構築を行う。

また、歩行動作の特徴計測とデータ解析のためのワイヤレス・センサシステムについても構築する。

「健康な歩き方実現のための歩行支援」班:

歩行実験の再現性のある筋骨格シミュレーション技術の確立と膝負荷の少ない歩き方を提案する。また、膝の動きを制御可能にするアクティブ・サポートや歩行支援するシステムを開発する。

「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発」班:

歩行動作のための筋電位と脳波計測による筋と脳の活動パターンの相関を解明していく。これに加えて、脳への磁気刺激と活動筋へのEMSなどの刺激による新しい運動相関刺激法による効果を確認し、これらの成果を使った新しいニューロリハビリテーション手法を確立する。また、脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルを構築する。

「医学的、生理心理学的評価」班:

関西医科大学にてリハビリテーション科医師や理学療法士など専門家と患者による開発したシステムの評価を受けるとともに、被験者へのアンケートなどを基にした開発システムの生理心理学的評価による新たな医療・福祉機器への評価手法を提案する。

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

(3)研究施設・設備等

研究施設として、歩行実験のためのバイオロボティクス・ラボ(110mm2)を2016年度まで確保し、2017年度以降はニューロリハビリテーションシステムのためにバイオロボティクス研究室(24mm2)を準備し、プロジェクトメンバで共有している。

研究設備として、モーションキャプチャシステムと同期して使用できる床反力計やワイヤレスセンサ等を備えた歩行動作計測システム、脳の状態を計測するためのウェアラブル光トポグラフィ等を備えた脳活動計測装置、デジタル脳波計の情報を基に筋や脳へ、EMS 刺激やTMS 刺激を与える脳-筋電フィードバックシステムの他、実験データの解析のために、センサデータ解析システムおよび歩行運動・機構解析システム、さらには、リハビリシステムの人間への装着用アタッチメントや実験用治具などの製作のために高精度3次元プリンタを設置し、共有できるよう設置した。

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<今までの進捗状況及び達成度>

「歩行の運動解析とモデリング」班では、*高齢者の〇脚に注目し、下肢アライメントが歩行に及ぼす影響と筋活動および姿勢の特徴を明らかにした。ワイヤレスセンサシステムとして、*Visual SLAM を用いた脚部装着力カメラ端末により、各部の位置・姿勢推定が認識できることや、*足底圧分布データ、重心運動が技能の定量的評価の有効性が確認された。また、*膨大に得られたデータから1歩分のデータを切り出す手法として、レジームスイッチングモデルと区間逐次決定モデルを提案し、EMG 波計において有効であることが確認された。

「健康な歩き方実現のための歩行支援」班では、*広視野角 HMD を用いた身体インタラクション支援技術として、体性感覚と視覚情報の不一致が身体知覚にずれを生じさせる可能性や視野の広さの違いと仮想の肢への錯覚度との関係について研究し、視覚情報が支援システムに対し有効であることを示した。また、*立ち上がり支援機に歩行器機能を加えた個人適合型起立歩行支援機の開発において、負荷軽減の起立姿勢やセンサ情報からの姿勢推定の有効性などが示された。ウェアラブル歩行支援システムとして、歩行动作解析から得られた成果を元に、*歩行姿勢の矯正と脚部の筋活動バランスを考慮した空気圧人工筋アクチュエータを用いたアクティブ・ソーターを試作・評価した。歩行姿勢の矯正においての再検討が必要であるものの、有効性が示された。

*支援システムの制御手法では、非線形なアクチュエータに対し、予測制御の一つであるPFC(Predictive Functional Control)の有効性を見出した。

「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを用いたリハビリ機器の開発」班では、*自動と他動運動、さらには他動運動に運動イメージを加えたときの3つのケースで筋電位と脳波計測による筋と脳の活動パターンの相関を調べ、訓練を想定したリハビリでは運動イメージの重要性を確認した。また、*脳への磁気刺激(TMS)が脳を賦活することも確認された。個人差や環境に応じて変化する脳活動の特徴抽出法として、*学習型ファジィエンプレートマッチングにより、機械への順応がなくとも短時間で抽出できることが明らかとなった。さらには、*培養神経回路網に外界との入出力系を附加した「小さな脳」のモデル系を開発し、これにより神経回路網における自発性活動と誘発応答で共通する活動パターンが発生し、また両者は分離していくことや神経回路網は一時的なメモリー機能を有することなどが確認された。

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

「医学的、生理心理学的評価」班では、リハビリテーションにおいて、*参加者が体験する情動やフローを評価する手法を確立した。さらに、*特定の場面で生じる情動や動機の性質を明らかにし、指標化する手法を開発したことによって、リハビリテーションの最中に感じている、領域固有の情動を明らかにすることが可能になった。

<特に優れた研究成果>

従来のニューロリハビリテーションシステムでは、脳波特徴の抽出に数週間から数ヶ月を要したが、提案する*学習型ファジーインプレートマッチングでは僅か数十分で抽出できることを確認し、これをリハビリテーション機器と接続して被験者3人全てに対し、運動イメージからリハビリシステムが動作することを確認できた。

<問題点とその克服方法>

今後、システムの完成度を上げるため、個々の開発した研究成果をどのように取り込んでいけるかが課題であり、現成果までを学会発表、展示会などに積極的に参加して、共同企業や外部資金獲得を目指したい。また、今後は、合同実験など各グループではなく、複数グループでの研究活動を中心に問題解決を目指していく。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>
学習型ファジーインプレートマッチングによる脳波特徴抽出と角度・力のハイブリッド制御を用いた足関節のニューロリハビリテーションシステムの実用化し、病院などの臨床評価を目指す。

<今後の研究方針>

それぞれの研究成果をまとめたいくつかのシステムを提案できるようにしたい。

<今後期待される研究成果>

回復困難な脳神経系の再建可能なニューロリハビリテーションシステムや高齢者歩行への姿勢、筋活動に着目した歩行支援システム、座位から起立、歩行に至る個人適合型起立歩行支援システムなど、他にない実用性の高いシステムが提案できる。

<自己評価の実施結果及び対応状況>

学内評価体制として、関西学院大学研究推進社会連携機構内に評価委員会が設置されている。本進捗状況報告書をもって年内に学内評価を行い、フィードバックを受ける予定である。

<外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況>

プロジェクト発足後、年初に研究進捗報告と研究予定に関する報告会を実施、関連分野におけるチーム毎に共同実験を行い、データ解析を行ってきた。3年目終了の2017年3月11日には、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門バイオロボティクス研究会、日本知能情報ファジィ学会 しなやかな行動の脳工学研究部会と合同で、関西学院大学「私立大学戦略的研究基盤形成 支援事業」採択プロジェクト「歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく新しい健康維持促進とリハビリテーション技術の創生」の成

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

果報告会を実施し、内部からだけではなく一般参加者からの意見を伺った。その際、外部評価委員の方々にも審査頂き、後日 評価表を送付頂いた。プロジェクトの多様な研究分野の研究者による異分野融合型の研究展開を評価して頂いた。報告書は冊子にまとめ、参加者に配布している（別紙1参照）。

月内にも、その成果である報告書の内容を web 上で公開する予定である。

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------|
| (1) <u>バイオロボティクス</u> | (2) <u>ニューロリハビリテーション</u> | (3) <u>脳科学</u> |
| (4) <u>ヒューマンコンピュータインタラクション</u> | (5) <u>生理心理学的評価</u> | (6) <u>歩行支援</u> |
| (7) <u>ブレインコンピュータインタラクション</u> | (8) <u>下肢アライメント</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

<査読付き原著論文>

- * 1. Norihiko Saga, Saeko Irie, Yasutaka Nakanishi, Hiroki Dobashi, Shinya Sogabe, Effects of knee alignment on human gait based on wireless sensors, International Journal Biomechatronics and Biomedical Robotics, Inderscience Enterprises Ltd., Vol. 2, Nos. 2/3/4, pp.118–123, 2014
- * 2. 島田邦夫, 鄭耀陽, 嵐嶽宣彦, ロボットの動作を利用した MCF ゴムセンサによる凸型形状読み取り技術に関する実験的研究, 実験力学, Vol.14, No.2, pp.86–93, 2014
- * 3. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Mechanical Enhancement of Sensitivity in Natural Rubber Using Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field and MCF for Application in Haptic Sensors, Sensors, MDPI, Vol.16, No.9, doi:10.3390/s16091521, 2016
- * 4. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Development of a Hybrid Piezo Natural Rubber Piezoelectricity and Piezoresistivity Sensor with Magnetic Clusters Made by Electric and Magnetic Field Assistance and Filling with Magnetic Compound Fluid, Sensors, MDPI, Vol.17, No.2, doi:10.3390/s17020346, 2017
- * 5. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Detailed Mechanism and Engineering Applicability of Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field in Natural Rubber by Mechanical Approach for Sensing (Part 1): The Effect of Experimental Conditions on Electrolytic Polymerization, World Journal of Mechanics, Vol.6 No.10, DOI: 10.4236/wjm.2016.610026, pp.1–23, 2016
- * 6. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Detailed Mechanism and Engineering Applicability of Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field in Natural Rubber by Mechanical Approach for Sensing (Part 2): Other and Intrinsic Effects on MCF Rubber Property, World Journal of Mechanics, Vol.6 No.10, DOI: 10.4236/wjm.2016.610027, pp. 1–17, 2016
- * 7. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiko Saga, Model predictive control for tendon-driven balloon actuator on simulation, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Volume 11, Issue S1, pp.S180–S182, DOI: 10.1002/tee.22252, 2016
- * 8. Toshiyuki Sato, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Predictive functional control using state estimator-based internal model for ramp disturbance rejection, International Journal of Automation and Control, Vol.10, No.3, DOI: 10.1504, pp.267–285, 2016
- * 9. Yusuke Hashimoto, Toshiyuki Sato, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Comparison between PFC and PID Control Systems for a Pneumatic Cylinder, IEEJ Transactions

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 10, Issue. 5, pp.605–607, 2015
- * 10. 佐藤俊之, 阿部梨恵, 斎藤直樹, 永瀬純也, 嶋峨宣彦, 外乱オブザーバ併用型モデル予測制御による 2 リンク・マニピュレータの制御, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.827, pp.1–17, 2015
 - * 11. Yusuke Hashimoto, Toshiyuki Sato, Jun-ya Nagase, Norihiro Saga, Predictive Functional Control for a Pneumatic Cylinder, Applied Mechanics and Materials, Vols.789–790, pp.932–938, 2015
 - * 12. Toshiyuki Satoh, Hiroki Hara, Taishi Sogawa, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiro Saga, Predictive Functional Control of a Table Drive System Using Disturbance Observer and Preview Feedforward Controller, Applied Mechanics and Materials, Vols.789–790, pp.995–1005, 2015
 - * 13. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiro Saga, Model Predictive Control for Tendon-Driven Balloon Actuator under Constraints on Simulation, Applied Mechanics and Materials, Vols.615–620, pp.613–618, 2015
 - 14. 永瀬純也, 濱田一貴, 佐藤俊之, 嶋峨宣彦, バルーン型腱駆動アクチュエータを用いた手指ピンチ動作リハビリテーションデバイスの設計, 設計工学, Vol.51, No.1, pp.41–50, 2016 大機 悠斗, 伊東 翠功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 一過性神経電気活動阻害による神経回路網電気活動 ダイナミクスに与える影響, 知能と情報, Vol.28–3, pp.666–674, 2016
 - * 15. 箕嶋 渉, 妙中 徹平, 伊東 翠功, 工藤 卓, 変動的な神経活動パターン抽出のためのオンラインスパイク検出システム, 知能と情報, Vol.28–3, pp.655–665, 2016
 - * 16. 伊東 翠功, 箕嶋渉, 本多慶大, 工藤 卓, ウェアラブル脳波遠隔計測システム Air Brain の記号識別機能の検証, 知能と情報 Vol.28–3, pp.647–654, 2016
 - * 17. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito and Suguru N. Kudoh, The Glucose Concentration-Dependency of Spontaneous Activity in a Cultured Neuronal Network, Electronics and Communications in Japan Volume 97, Issue 9, pages 35–41, 2014
 - * 18. 和氣早苗・今井将太・西崎敦美・光本恵・長田典子, タッチパネル操作における反応音の有効性～視覚フィードバック有無の観点から～. ヒューマンインターフェース学会論文誌, 19(1), pp.61–68, 2017.
 - * 19. 白岩史・片平建史・饗庭絵里子・飛谷謙介・長田典子・藤巻志保・吉田功・小村規夫, 環境配慮行動のためのモチベータイプ・コミュニケーションモデルにおける動機の内在化. 電子情報通信学会論文誌 D, J98-D(2), pp.300–308, 2015.
 - 20. 有賀治樹・西山乘・橋本学・長田典子, 5 指の指先の同時追跡に基づくピアノ運指認識手法. 電子情報通信学会論文誌 D, J98-D(2), pp.328–330, 2015.
 - * 21. 服部由季夫・長田典子, 手指の左右非対称動作における局所脳内酸素化動態. 運動とスポーツの科学, 20(1), pp.41–48, 2014.
 - 22. Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N., Acquisition of individuated finger movements through musical practice. Neuroscience, 06/2014; DOI: 10.1016/j.neuroscience.2014.06.031, 2014.
 - 23. Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N., Extraction of practice-dependent and practice-independent finger movement patterns, Neuroscience letters, 577(C) pp.38–44, 2014.
 - 24. Shunsuke Yoshimoto, Yoshihiro Kuroda, Masataka Imura, Osamu Oshiro, Kazunori Nozaki, Yoshiaki Taga, Hiroyuki Machi, Hiroo Tamagawa: Electrotactile Augmentation

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- for Carving Guidance, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 9, No. 1, pp. 43–53, 2016
25. 川口純輝, 吉元俊輔, 井村誠孝, 大城理: 手首形状に応じた電気接触抵抗からの指角度推定, 電気学会論文誌 C, Vol. 135, No. 11, pp. 1314–1321, 2015
26. Shunsuke Yoshimoto, Yoshihiro Kuroda, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Material Roughness Modulation via Electrotactile Augmentation, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 8, No. 2, pp. 199–208, 2015
27. 藤井叙人, 佐藤祐一, 若間弘典, 風井浩志, 片寄晴弘: 生物学的制約の導入によるビデオゲームエージェントの「人間らしい」振る舞いの自動獲得, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.7, pp.1655–1664 (2014)
- * 28. Ili Najaa Aimi Mohd Nordin, A. A. M. Faudzi, M. R. M. Razif, E. Natarajan, S. Wakimoto, K. Suzumori, Simulations of Two Patterns Fiber Weaves Reinforced in Rubber Actuator, Jurnal Teknologi, Vol. 69, No.3, pp.133 –138, 2014.7
- * 29. A. Wang, M. Deng, S. Wakimoto, and T. Kawashima, Characteristics Analysis and Modeling of a Miniature Pneumatic Curling Rubber Actuator, International Journal of Innovative Computing, Information and Control , Vol. 10, No.3, pp.1029 –1039, 2014.6.
30. 谷口浩成, 脇元修一, 鈴森康一, 作業療法士の施術を目指した手指関節用リハビリ装置の開発, 日本機械学会論文集, 査読有, Vol.80, No.820, TRANS0348, 2014.
- * 31. 宮川豊美, 脇元修一, 湾曲型空圧アクチュエータを用いた手指拘縮予防支援装置の開発, 設計工学, Vol. 51, No.5, pp.344–356, 2016.5.
- * 32. Shuichi Wakimoto, Hidehiro Kametani, Characteristics of a Pneumatic Bellows Actuator for Colonoscopy, International Journal of Automation Technology, Vol.10, No.4, pp. 479–486, 2016.
- * 33. Mohamed Najib Ribuan, Shuichi Wakimoto, Koichi Suzumori, Takefumi Kanda, Omnidirectional Soft Robot Platform with Flexible Actuators for Medical Assistive Device, International Journal of Automation Technology, Vol.10, No.4, pp. 494–502, 2016.
- * 34. Akira Wada, Hidehiro Kametani, Koichi Suzumori, Shuichi Wakimoto, Development of a Hose-Free FMA Driven by a Built-In Gas/Liquid Chemical Reactor, International Journal of Automation Technology, Vol.10, No.4, pp. 511–516, 2016.7.
- * 35. Hiroki Matsuoka, Takefumi Kanda, Shuichi Wakimoto, Koichi Suzumori, Pierre Lambert, Development of a Rubber Soft Actuator Driven with Gas/Liquid Phase Change, International Journal of Automation Technology, Vol.10, No.4, pp. 517–524, 2016.
- * 36. Shunichi Kurumaya, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, Shuichi Wakimoto, Musculoskeletal lower-limb robot drive by multifilament muscle, ROBOMECH Journal, Vol.3, No.18, pp.(2016)3:18(1)–(15), 2016
- * 37. Shuichi Wakimoto, Junpei Misumi, Koichi Suzumori, New concept and fundamental experiments of a smart pneumatic artificial muscle with a conductive fiber, Sensors & Actuators: A. Physical, Vol.A250, pp.48–54, 2016
- * 38. L Zhou, W Meng, CZ Lu, Q Liu, Q Ai, Sheng Q Xie, Bio-Inspired Design and Iterative Feedback Tuning Control of a Wearable Ankle Rehabilitation Robot, Journal of Computing and Information Science in Engineering, 16 (4), pp.1070–1074, 2016
- * 39. Prashant K Jamwal, Shahid Hussain, Nazim Mir-Nasiri, Mergen H Ghayesh, Sheng Q Xie, Tele-rehabilitation using in-house wearable ankle rehabilitation robot, Assistive Technology, pp.1–10, doi: 10.1080/10400435.2016.1230153, 2016

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- * 40. Mingming Zhang, T Claire Davies, Yanxin Zhang & Sheng Quan Xie, A real-time computational model for estimating kinematics of ankle ligaments, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Vol. 19, No. 8, pp.835–844, 2016
- * 41. K Chen, Q Liu, Q Ai, Z Zhou, SQ Xie, W Meng , A MUSIC-based method for SSVEP signal processing, Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, Vol.39, Issue 1, pp.71–84, 2016
- * 42. Chunsheng Songa, Shane Xie, Zude Zhoua, Yefa Hu, Modeling of pneumatic artificial muscle using a hybrid artificial neural network approach, Mechatronics, Vol. 31, pp.124–131, 2015
- * 43. PK Jamwal, S Hussain, Sheng Q Xie, Three-stage design analysis and multicriteria optimization of a parallel ankle rehabilitation robot using genetic algorithm, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol.12, No.4, pp.1433–1446, 2015
- * 44. M Zhang, TC Davies, A Nandakumar, Sheng Q Xie, A novel assessment technique for measuring ankle orientation and stiffness, Journal of biomechanics, Vol.48, No.12, pp.3527–3529, 2015
- * 45. PK Jamwal, S Hussain, Sheng Q Xie, Review on design and control aspects of ankle rehabilitation robots, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, Vol.10, No.2, pp.93–101, 2015
- * 46. Quan Liu, Kun Chen, Qingsong Ai, Sheng Quan Xie, Review: Recent Development of Signal Processing Algorithms for SSVEP-based Brain Computer Interfaces, Journal of Medical and Biological Engineering, Vol.34, No.4, pp.299–309, 2014
<査読付き国際会議>
- * 47. Yusuke Hashimoto, Yasutaka Nakanishi, Norihiko Saga, Jun-ya Nagase, Toshiyuki Satoh, "Development of Gait Assistive Device Using Pneumatic Artificial Muscle", Proc. of Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2016), Sapporo, pp.710–713, 2016
- * 48. Toshiyuki Satoh, Rie Abe, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Model Predictive Control for Mechatronic Systems Based on Disturbance Observer and Time-Variant Input Constraints, Proc. of the 14th Mechatronics Forum Conference, Mechatronics 2014, pp.255–262, 2014
- * 49. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiko Saga, Design of Finger Rehabilitation Device for Pinching Motions using Pneumatic Actuator, Proc. of the 14th Mechatronics Forum Conference, Mechatronics 2014, pp.326–331, 2014
- * 50. Eri Shibata , Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Does representation of outer objects in living neuronal network synthesize “the concept”, Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems(ISIS), pp.576–577
- * 51. Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Relationships between stimulus interval and changes of firing properties, Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems(ISIS), pp. 722–723
- * 52. Yuto Ooki, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, The effects of transient abolishment of electrical activity on dynamics in a dissociated neuronal

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- network, SCIS&ISIS 2014.
- * 53. Yasunori Fukui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Validation of long-term changes of evoked response with Self-Organization Map, SCIS&ISIS 2014.
 - * 54. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, Comparison of prefrontal activity evoked by limbic movement, motor imagery and Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems(ISIS), pp.720-721
 - * 55. Ito Hidekatsu, Minoshima Wataru, Kudoh Suguru, Relationship between Inter-Stimulus-Intervals and Intervals of Autonomous Activities in a Neuronal Network, proc. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE, pp.1536-1539, 2015
 - * 56. Yuto Ooki, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, The effects of transient abolishment of electrical activity on dynamics in a dissociated neuronal network., SCIS&ISIS 2014, 2014.
 - * 57. Yoshinori Matsui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Stability of neuronal electrical activity pattern evoked by two inputs stimulation., SCIS&ISIS 2014, 2014
 - * 58. Yasunori Fukui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Validation of long-term changes of evoked response with Self-Organization Map, SCIS&ISIS 2014, 2014
 - * 59. Nakajima, et al. , Modeling of “High-Class Feeling” on a cosmetic package design. Proc. 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), pp.319-324, 2016.
 - * 60. Sasaki, K., Watanabe, R., Hashimoto, M., & Nagata, N., Person-independent classification of subtle facial expressions using ‘Movement direction code of keypoints’. The Korea-Japan joint workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV), pp.309-313, 2016.
 - 61. Imai, S., Wake, S., Mitsumoto, M., Noguchi, M., Uchida, Y., & Nagata, N., Timbre image scale for designing feedback sound on button operation. HCI International 2016 – Posters’ Extended Abstracts, Proceedings(Part I), pp.334-339, 2016.
 - 62. Hattori, Y., Nagata, N., & Nakagawa, S. , Changes in cerebral oxygenation during asymmetric motion of the arms in Hip-Hop dance. The 6th International Conference on Nutrition and Physical Activity (NAPA 2015), pp.C5-33, 2015.
 - 63. Nakagawa, S., Miyake, Y., Kazai, K., Katahira, K., Nagata, N. , The relevance of the interest value as intrinsic motivation and flow experience during piano playing. Proc. the 7th European Conference on Positive Psychology (ECPP), pp.55, 2014.
 - 64. Matsushige, R., K. Kakusho, and T. Okadome, Semi-supervised learning based activity recognition from sensor data. Proceedings of IEEE 4th Global Conference of Consumer Electronics (GCCE2015), pp.106-107, 2015.
 - * 65. Kitagawa M. and T. Okadome, Recovering missing data in three dimensional gait measurement, Proceedings of IEEE TENCON, pp.20151-6, 2015.
 - * 66. Shohei Kawazoe, Daisuke Chugo, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Atsushi Koujina, Takahiro Katayama and Yasuhide Mizuta, “Development of Standing Assistive Walker for Domestic Use,” Proceedings on the Annual IEEE Industrial Electronics Society’s

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

18th International Conf. on Industrial Technology, 2016年2月採択決定

- * 67. Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Standing Assistance considering a Voluntary Movement and a Postural Adjustment," Proceedings of 14th International Workshop on Advanced Motion Control, pp.494–499, 2016.
- * 68. Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "Robotic Seating Assistance to Prevent Pressure Sores on Wheelchair Patients," Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 5(8), pp.1610–1621, 2015
- * 69. Daisuke Chugo, Kenji Shiotani, Yu Sakamoto, Yuki Sakaida, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "An Automatic Depressurization Assistance based on an Unconscious Body Motion of a Seated Patient on a Wheelchair," Proc. of 7th International Conference on Human System Interaction, pp.38–43, 2014
- 70. Daisuke Chugo, Zhaoyu Liu, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "A Driving Assistance for a Powerd Wheelchair on a Pedestrian Flows," Proc. of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp.3982–3987, 2014
- 71. Shinpei Nakamoto, Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "The guidance method of a mobile robot in consideration of human walking characteristics –1st report: Investigation of human walking characteristics–," Proc. of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp.4067–4073, 2014
- * 72. Daisuke Chugo, Takahiro Yamada, Satoshi Muramatsu, Yuki Sakaida, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "A Standing Assistance based on a Load Estimation considering with a Muscle Arrangements at the Human Leg," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.1517–1522, 2014
- 73. Etsuki Nakashima, Satoshi Muramatsu, Daisuke Chugo, Sho Yokota, and Hiroshi Hashimoto, "Error revision of pictographs detection by removing feature points from the background," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.837–842, 2014
- 74. Takuma Masuhige, Saki Higashi, Satoshi Muramatsu, Daisuke Chugo, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Analysis of a Design Index for the Service Robot in a Human–Coexistence Environment," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.1921–1926, 2014
- 75. Masataka Imura, Noriko Nagata, Development of Finger–Surface Contact Simulation for Tactile Feeling of Fabricated Products, Proceedings of International Conference on Digital Fabrication, Posters, 33, 2016
- * 76. Shunsuke Yoshimoto, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Unobtrusive Tactile Sensing based on Electromechanical Boundary Estimation, International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 4375–4378, 2015
- * 77. Shunsuke Yoshimoto, Junki Kawaguchi, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Finger Motion Capture from Wrist–Electrode Contact Resistance, International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 3185–3188, 2015
- * 78. Kazuya Mori, Shuichi Wakimoto, Masayuki Takaoka and Koichi Suzumori, Development of thin McKibben artificial muscle and its application to biomimetic mechanisms, The 9th JFPS International Symposium on Fluid Power, 1B2–3, pp.177 –180, 2014.10.29
- * 79. R. Yoshioka, S. Wakimoto, K. Suzumori and Y. Ishikawa, Development of Pneumatic

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- Rubber Actuator of 400 μm in Diameter Generating Bi-directional Bending Motion, The 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (IEEE-ROBIO 2014), A01(1), pp.1–6, 2014.12.7
- * 80. Ili Najaa Aimi Mohd Nordin, Ahmad 'Athif Mohd Faudzi, Shuichi Wakimoto, Koichi Suzumori, Simulations of Fiber Braided Bending Actuator : Investigation on Position of Fiber Layer Placement and Air Chamber Diameter, The 10th Asian Control Conference 2015 (ASCC2015), 2015.6.3
 - * 81. Gaurav Maiti, Shuichi Wakimoto, Takefumi Kanda, Koichi Suzumori, Establishment of a simplified simulation method for Axially Reinforced Pneumatic Artificial Muscle by introducing Anisotropic Material, The 6th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM2015), 2A1-21, pp. 276–277, 2015.12.7
 - * 82. Jumpei MISUMI, Shuichi WAKIMOTO, Koichi SUZUMORI, Experimental Investigation of Conductive Fibers for a Smart Pneumatic Artificial Muscle, The 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (IEEE-ROBIO 2015), WeM05.4, pp. 2335–2340, 2015.12.9
 - * 83. Toshiyuki Doi, Shuichi Wakimoto, Koichi Suzumori, Kazuya Mori, Proposal of Flexible robotic arm with thin McKibben actuators mimicking octopus arm structure, 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), ThCT1.2, pp.5503–5508, 2016.10.13
 - * 84. Yu Tohyama, Shuichi Wakimoto, Development of a Thin Pneumatic Rubber Actuator Generating 3-DOF Motion, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (IEEE-ROBIO2016), MoD03.4, pp.1215–1220, 2016.12.5
 - * 85. Satoshi Maeda, Shuichi Wakimoto, Shigeyoshi Yahara, Proposal of Pneumatic Rubber Muscle with Shape-Memory Polymer Reinforcement Fibers Realizing Desirable Motion, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (IEEE-ROBIO2016), MoD03.5, pp.1215–1220, 2016.12.5

<図書>

- | | |
|---|---|
| * | 1. <u>嵯峨宣彦</u> : “空気圧人工筋アクチュエータを利用したアクティブ・サポートの開発”, 油空圧技術, 日本工業出版, 2016年7月, 689, Vol.55, No.7, pp.30–34 |
| * | 2. <u>嵯峨宣彦</u> ,『実用化に向けたソフトアクチュエータの開発と応用・制御技術』基礎研究編第8章 低圧駆動型空気圧人工筋アクチュエータ, 株式会社シーエムシー出版, 2017 |
| * | 3. <u>工藤卓</u> , 本多慶大, “ウェアラブル脳波計とスマートフォンで構成した脳波遠隔計測システム”, 『ヒト装着エレクトロニクス』株式会社エヌ・ティー・エス, pp.185–197, 2014 |
| * | 4. <u>脇元修一</u> , 他, パワーアシスト・ロボットに関する材料、電子機器、制御と実用化、その最新技術, pp.183–191, 株式会社 技術情報協会, 2015. |
| * | 5. <u>脇元修一</u> , 他, ソフトアクチュエータの材料・構成・応用技術, pp.211–218, S&T 出版株式会社, 2016. |
| * | 6. <u>脇元修一</u> , 谷口浩成, 他, 実用化に向けたソフトアクチュエータの開発と応用・制御技術, 応用研究編第3章, 株式会社シーエムシー出版, 2017. |

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

<学会発表>

<国際会議発表>

- * 1. Yasutaka Nakanishi, Norihiko Saga, Narihiko Kondo, Feature Extraction Based on Difference in Knee Alignment during Walking, Proc. of 2nd International Conference on Robot tics, Mechanics and Mechatronics (ICRMM2015), 2015
- * 2. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, and Norihiko Saga, Model Predictive Control for Tendon-driven Balloon Actuator under Constraints on Simulation, Proc. of 2nd International Conference on Robotics, Mechanics and Mechatronics (ICRMM2015), 2015
- * 3. Minoshima Wataru, Ito Hidekatsu, Kudoh Suguru, Discriminating Patterns of Neuronal Activity by Self Organization Map with Fuzzy Sets, EMBC 2015, 2015
- * 4. Oda Teruo, Kudoh Suguru, Heuristic BCI using Learning-Based Fuzzy Label Template, EMBC 2015, 2015
- * 5. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru. N Kudoh, fNIRS analysis of prefrontal activity evoked by upper-limb-motion or transcranial magnetic stimulation, EMBC 2015, 2015
- * 6. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito and Suguru N Kudoh, Relationship between patterns of autonomous activity and external glucose concentration of culture medium, MEA meeting 2016, 2016
- * 7. Suguru N Kudoh, Ryuto Hamada, Wataru Minoshima and Hidekatsu Ito, 2-D mapped neuronal-activity-patterns for generating behaviors of Neurorobot Vitroid, MEA meeting 2016, 2016
- * 8. Nanami Hirata, Wataru Minosima, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, The graph structure of functional connections in cultured neuronal network, 10th FENS Forum of Neuroscience, 2016
- * 9. Takumi Okada, Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru. N Kudoh, Analysis of the transition of electrical activity patterns in cultured neuronal networks, 10th FENS Forum of Neuroscience, 2016
- * 10. Kudoh Suguru , Minoshima Wataru , Ito Hidekatsu, Neurorobot System "Vitroid" as a Model for Small Brain Circuit, EMBC 2015, 2015
- * 11. Minoshima Wataru, Ito Hidekatsu, Kudoh Suguru, Discriminating Patterns of Neuronal Activity by Self Organization Map with Fuzzy Sets, EMBC 2015, 2015
- * 12. Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, Short ISI stimulation modifies firing property of a cultured neuronal network, MEA Meeting 2014, 9th International Meeting on Substrate-Integrated Microelectrode Arrays, 2014
- * 13. S. Kudoh, H. Ito, W. Minoshima, Y. Fukui, STABILITY OF EVOKED ACTIVITY IN A CULTURED NEURONAL CIRCUIT- ANALYZED BY SELF-ORGANIZATION MAP (SOM), 9th FENS Forum of Neuroscience in Milan, 2014
- * 14. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Alice Shuta, and Suguru N Kudoh, Spontaneous Electrical Activity in Rat Hippocampal Neuronal Network Depends on Extracellular Glucose Concentration, 9th FENS Forum of Neuroscience in Milan, 2014
- * 15. Daisuke Chugo, Takahiro Yamada, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Assistive Robot for Standing with Physical Activity Estimation based on Muscle Arrangements of Human Legs," Proc. of 12th International Conference on

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

Informatics in Control, Automation and Robotics, pp.21–23, 2015.

- 16. Daisuke Chugo, Kenji Shiotani, Masaaki Yoshida, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Active Seating Support which reduces the Pressure and Share Stress for a Wheelchair User," Proc. of 8th International Conference on Human System Interaction, pp.27–32, 2015
 - * 17. Daisuke Chugo, Sota Aburatani, Takuma Masushige, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "A Hand Movement which shows the Intention of a Robotic Guide for Safe Walking," Proc. of the 24th International Symposium on Industrial Electronics, pp.940–945, 2015
- ＜国内会議発表＞
- * 18. 中西康貴, 嵯峨宣彦, 膝アライメントの違いが歩行動作に与える影響, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, pp.3A1–N02, 2014
 - * 19. 中西康貴, 嵯峨宣彦, 膝アライメントの違いによる筋電図への影響, 第 21 回日本運動・スポーツ科学学会, pp.O–8, 2014
 - * 20. 中西康貴, 嵯峨宣彦, 膝アライメントの違いによる歩行動作の特徴抽出, 第 15 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(SI2014), pp.1H4–4, 2014
 - * 21. 島田邦夫, 嵯峨宣彦, 電解重合法による MCF ゴムセンサの電気特性, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016(ROBOMECH2016), pp.2A2–11b2, 2016
 - * 22. 中西康貴, 嵯峨宣彦, 河幡一彦, 近藤徳彦, 3 軸センサを用いたウェアラブルな床反力計測システムの計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2–I015, 2015
 - * 23. 中西康貴, 嵯峨宣彦, 小型 3 軸センサを用いたウェアラブル床反力計の開発”, 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), 2I2–1, 2015
 - * 24. 橋本侑亮, 佐藤俊之, 永瀬純也, 嵯峨宣彦, PFC の空気圧シリンダへの適用, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, pp.2A2–P01, 2014
 - * 25. 阿部梨恵, 佐藤俊之, 斎藤直樹, 永瀬純也, 嵯峨宣彦, 外乱オブザーバと時変制約に基づくモデル予測制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 , pp.2A1–K03, 2014
 - 26. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムの開発とその制御, 第 15 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(SI2014), pp.1H4–3, 2014
 - 27. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムの構成とその制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015(ROBOMECH2015), pp.2P1–I03, 2015
 - 28. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 上肢支援システムにおける筋電信号用いた食事支援モードの開発, 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), 2I3–2, 2015
 - 29. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムにおける食事支援モードの開発報告, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016(ROBOMECH2016), 2A1–03b3, 2016.
 - * 30. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 空気圧シリンダを用いた足関節リハビリシステムの反復動作時の脳内神経活動, LIFE2016, 3A2–E04, 2016
 - * 31. 橋本侑亮, 嵯峨宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 足関節リハビリシステムによる他動反復動作時の筋・神経活動, 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(SI2016), 3J4–4, 2016.

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- * 32. 小田輝王, 工藤卓, 剖り込み付きファジイ-テンプレートマッチング法による探索型脳—機械インターフェース, 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, 2016
- * 33. Takuya Ueda, Suguru N. Kudoh, ラバーハンドイルージョンによる身体性の拡張と脳活動 ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 34. Oda, Teruo, Kudoh, N. Suguru, 学習型ファジイテンプレートマッチング法による複数のタスクにおける脳波特徴の識別 , ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 35. 小田輝王, 志水沙織, 工藤卓, 探索型 Fuzzy テンプレートマッチング手法を応用了した柔軟な BCI システム, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 36. 本多慶大, 工藤卓, Air Brain を利用した脳波 BCI システム, 第 30 回ファジイシステムシンポジウム, 2014
- * 37. 森下彩郁, 伊東 翠功, 箕嶋涉, 工藤卓, 運動認知による TMS 誘発 fNIRS 信号への影響, 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, 2016
- * 38. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, 経頭蓋磁気刺激により誘発された脳活動と自発的運動に伴う脳活動との比較 ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 39. 伊東嗣功, 森下彩郁, 小田輝王, 箕嶋涉, 工藤卓, TMS 刺激・随意運動に対する脳機能信号の動態, 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, 2015
- * 40. 森下彩郁, 小田輝王, 工藤卓, 経頭蓋磁気刺激に伴う脳活動, 第 31 回ファジイシステムシンポジウム, 2015
- * 41. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru, N. Kudoh, 胞外グルコースと神経電気活動の関係性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 42. Hidekatsu ITO, SAYAKA Morishita, Suguru N. Kudoh, 動画視聴時の脳活動について, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 43. Haruka Hisauchi, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, パターン化連続入力による分散培養系における神経誘発応答の変化, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 44. Kohei Ebisui, Suguru N. Kudoh, 時系列運動の習得に伴う脳活動, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 45. Okada Takumi, Minoshima Wataru, Ito Hidekatsu, Kudoh Suguru N., 神経回路網における自発性電気活動パターンの時間変遷の解析 , ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016, 2016
- * 46. Nanami Hirata, Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru Kudoh, 培養神経回路網におけるネットワークグラフ構造の培養日数依存的变化 , 第 54 回日本生物物理学会年会, 2016
- * 47. Haruka Hisauchi, Hidekastu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, パターン化連続入力による分散培養系における神経誘発応答の変化, 第 54 回日本生物物理学会年会, 2016
- * 48. Yuma Taura, Hidekastu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, ニューロ・ロボット vitroid の行動に伴う神経活動パターンの独立性の変化, 第 54 回日本生物物理学会年会, 2016
- * 49. Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N Kudoh, 第 39 回日本神経科学大会,

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

パシフィコ横浜、2016

- * 50. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru N Kudoh, Relationship between patterns of spontaneous activity in the cultured neuronal network and glucose concentration of culture medium, 第39回日本神経科学大会, 2016
- * 51. 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 電気刺激によって発現する生体神経回路網のメモリー現象, 第30回人工知能学会全国大会, 2016
- * 52. 工藤卓, 濱田竜人, 芝田恵理, 伊東嗣功, 箕嶋渉, ニューロロボットの生体神経回路網への入力と応答~半人工の神経回路網と電気刺激で“対話”する, 第30回人工知能学会全国大会, 2016
- * 53. 福井康弘, 箕嶋渉, 伊東嗣功, 工藤卓, 生体神経回路網と小型移動ロボットによる半人工の知能, 第29回人工知能学会全国大会, 2015
- * 54. 箕嶋渉, 伊東嗣功, 工藤卓, 神経回路網活動と培養時グルコース濃度の関連性について, 第38回日本神経科学大会, 2015
- * 55. H. Ito, W. Minoshima, S. N. Kudoh, 培養神経ネットワークが保持する時間情報について, 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 2015, 2015
- * 56. Y. Ooki, H. Ito, W. Minoshima, S. N. Kudoh, Spontaneous activity pattern modified by transient inhibition of electrical spike activity in a cultured living neuronal network, 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 2015, 2015
- * 57. 松井嘉徳, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 入力に誘導された神経電気活動パターンに顕れる神経回路網内部状態の安定性, 第31回ファジイシステムシンポジウム, 2015
- 58. 山ノ井高洋, 豊島恒, 工藤卓, 大西真一, 山崎敏正, 菅野道夫, トランプカード画像想起時の脳波を用いたBCI, 第31回ファジイシステムシンポジウム, 2015
- * 59. 平田 菜々美, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 培養神経回路網における機能的結合のグラフ構造, 第53回日本生物物理学会年会, 2015
- * 60. 岡田卓巳, 泉谷圭祐, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 培養神経回路網における神経活動パターンの時間遷移の解析, 第53回日本生物物理学会年会, 2015
- * 61. 福井康弘, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 周田ありす, 工藤卓, 自己組織化マップにより生成されたニューロ・ロボットの行動と神経活動との関係性, 第30回ファジイシステムシンポジウム, 2014
- * 62. 箕嶋渉, 伊東嗣功, 周田ありす, 福井康弘, 工藤卓, ファジイ論理と自己組織化マップを用いた生体神経回路網における状態遷移の分類, 第30回ファジイシステムシンポジウム, 2014
- * 63. 泉谷圭祐, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 周田ありす, 工藤卓, 神経回路網活動パターン・レパートリーの安定性とその識別, 第30回ファジイシステムシンポジウム, 2014
- * 64. 箕嶋渉, 伊東嗣功, 周田ありす, 工藤卓, 神経回路網の自発的な活動は細胞外ブドウ糖濃度変化により変調する, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 65. 本多慶大, 工藤卓, Air Brain を利用したカメラ制御 BCI システム, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 66. 泉谷圭祐, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 周田ありす, 工藤卓, 培養神経回路網における電気活動パターンの再現性について, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 67. 大機悠斗, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 一過性神経活動阻害が神経回路ダイナミクスに与える影響, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 68. 福井康弘, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 刺激誘発神経活動の安定性の検証-自己

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

組織化マップを用いた解析、平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会、2014

- * 69. Yoshinori Matsui, Keisuke Izutani, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima and Suguru N. Kudoh, Stability of neuronal electrical activity pattern evoked by input stimulation depends on culture days., 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 70. 伊東嗣功, 工藤卓, 神経回路網の活動間隔と刺激間隔の関係について, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
- * 71. W. Minoshima, H. Ito, A. Shuta, S. N. Kudoh, The relationship between neuronal activity and extracellular energy sources, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2014, 2014
- * 72. A. Shuta, H. Ito, W. Minoshima, S. N. Kudoh, Relationship between pattern of bursting spontaneous activity and intracellular Ca²⁺ transients 局所ネットワーク内 Ca²⁺変動とネットワークバースト活動との関係性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2014, 2014
- * 73. K. Izutani, H. Ito, W. Minoshima, A. Shuta, S. N. Kudoh, ラット海馬培養神経回路網における電気活動パターンの周期性と安定性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2014, 2014
- * 74. 工藤卓, 培養神経回路網における情報表現, 第 52 回日本生物物理学会年会, 2014
- * 75. 箕嶋涉, 伊東嗣功, 工藤卓, 海馬分散培養神経回路網における自発性神経活動頻度の細胞外ブドウ糖濃度による変化, 第 37 回日本神経科学大会, 2014
- * 76. 伊東嗣功, 工藤卓, 培養神経回路網の活動間隔は電気刺激によって記録される, 第 37 回日本神経科学大会, 2014
- 77. 佐々木康輔・橋本学・長田典子, 個人差の影響を軽減した移動方向コード特徴量による喜び度合い推定, フォーラム顔学 2016, 日本顔学会誌, 16(1), p.70, 2016.
- * 78. 小笠真輝・古屋晋一・長田典子, Reinforcement learning but not feedback error learning co-enhances fine motor control and physiological efficiency in musical performance, 第 10 回 MotorControl 研究会抄録集, B-16, 2016.
- * 79. 川口雅浩・佐々木康輔・佐藤吉将・橋本学・長田典子, 満足度推定を実現するための注目度・笑顔度センシング手法の開発. 映像情報メディア学会技術報告 2016, 40(28), pp.55–58, 2016.
- 80. 中川小耶加・中島加恵・藤原綾子・中島大典・饗庭絵里子・中川誠司・白岩史・長田典子, 色聴共感覚における色の見えと脳磁界反応の関係. 第 31 回日本生体磁気学会大会論文集, 29(1), pp.78–79, 2016.
- * 81. 中川小耶加・三宅祐美・片平建史・長田典子, ピアノ演奏における興味価値とフロービークスの関連性. 情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集, 4G-06, 2016.
- 82. 中川小耶加・三宅祐美・片平建史・長田典子, ピアノ演奏学習における動機づけ要因の影響. 情報処理学会第 77 回全国大会, 講演論文集, 4G-07, 2015.
- 83. 三宅祐美, 中村あゆみ, 片平建史, 中川小耶加, 長田典子, ピアノ演奏学習における動機づけ要因の影響. 第 30 回ファジイシステムシンポジウム講演論文集, pp.268–273, 2014.
- * 84. 中川小耶加・三宅祐美・風井浩志・片平建史・長田典子, ピアノ演奏課題における興味価値とフロービークスの関連性. 日本認知心理学会第 12 回大会発表論文集, pp.123, 2014.
- * 85. Uchiyama, H. and T. Okadome, A feasible model for stochastic EMG signals in human gait, 第 31 回生体・生理工学シンポジウム論文集, 2A1-2. 2016.

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

- * 86. 田井克典, 河野恭之, 脚部装着カメラ端末の 3 次元位置・姿勢推定による歩行運動認識手法の検討. 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 (SI2016), 3J2-6, Dec. 2016.
- * 87. 田井克典, 河野恭之, Visual SLAM を用いた脚部装着カメラ端末の位置・姿勢推定による歩行運動認識システム. 情報処理学会インタラクション 2017, , 1-409-70, 2017.
- * 88. 加瀬雄哉, 福森聰, 山本倫也: 広視野角 HMD を用いたリハビリシステムにおける仮想の肢の視覚情報が使用者に与える影響, 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講演論文集, pp.1596-1597, 2015.
- * 89. 橋本絵梨, 山本倫也, 茂野裕介, 青柳西蔵: 広視野角ヘッドマウントディスプレイを用いたペースキージャンプ体験システムの開発, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, pp.4-595-4-596, 2016. <学生奨励賞>
- * 90. 高島泉, 中後大輔, 村松聰, 横田祥, 橋本洋志, "使用者の足運びを考慮した歩行器の開発," 電気学会次世代産業システム研究会, pp.11-13, 2016
- 91. 松本裕哉, 中後大輔, 村松聰, 横田祥, 橋本洋志, "車椅子使用者の動サイトを考慮した停止装置の開発," 電気学会次世代産業システム研究会, pp.1-3, 2016
- 92. 後藤誠裕, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "サーボブレーキを用いたパッシブ支援車椅子の開発 第 6 報:車椅子の駆動を考慮した手動車椅子の制御切替," 計測自動制御学会第 16 回システムインテグレーション部門講演会, pp.2079-2081, 2015.
- 93. 益重拓馬, 東沙紀, 村松聰, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "人間共存環境における親しみやすさを考慮したロボットデザイン法の検討 第 1 報:サービスロボットの心理的評価に必要な評価基準の検討," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.2718-2720, 2014
- * 94. 仲本慎平, 村松聰, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "人間の歩行特性を考慮した移動ロボット誘導法 第 2 報:歩行者の進路予測モデルの構築," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.100-103, 2014.
- * 95. 山田貴博, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "起立/着座支援とリハビリ機能を有する歩行器の研究 第 14 報:使用者姿勢推定センサ用位置調整機構の性能評価," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.111-115, 2014
- * 96. 西村諒, 山田貴博, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "起立/着座支援とリハビリ機能を有する歩行器の研究 第 13 報:筋電信号に基づく被介護者の筋力を用いた起立支援システムの制御," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.111-115, 2014
- 97. 後藤誠裕, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "サーボブレーキを用いたパッシブ支援車椅子の開発 第 5 報:漕ぎ動作予測による使用者負担軽減手法の検討," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.125-127, 2014
- 98. 小林司, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "介護者と協調した走行を実現するロボット車椅子誘導法 第 1 報:介護者の操作特性に基づく誘導基準の決定," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.134-137, 2014.
- 99. 塩谷健仁, 阪本雄, 中後大輔, 境田右軌, 橋本洋志, "適切な着座姿勢保持による車椅子褥瘡防止システム 第 4 報:健常者における除圧動作の解析と除圧支援タイミングの検討," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.138-141, 2014.
- 100. 中島闇己, 村松聰, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, "ピクトサイン認識を用いた自己位置推定精度向上のための外れ値除去," 計測自動制御学会第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.1148-1153, 2014.

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

101. 小林司, 中後大輔, 村松聰, 横田祥, 橋本洋志, “介護者との相対的位置関係を考慮した車椅子誘導法,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14, 2A1-T01, 2014
102. 後藤誠裕, 中後大輔, 横田祥, 橋本洋志, 高瀬國克, “サーボブレーキを用いたパッシュブ支援車椅子の開発,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14, 1P1-C02, 2014
- * 103. 豊本敬四郎, 井村誠孝: ボルダリング登攀支援のための最適姿勢推定手法, 生体医工学シンポジウム 2016 講演予稿・抄録集, p. 132, 2016
 - * 104. 豊本敬四郎, 井村誠孝: 姿勢推定に基づくボルダリング登攀支援システム, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016 年 基礎・境界, p. 290, 2016
 - * 105. 川口純輝, 吉元俊輔, 井村誠孝, 大城理: 手首と電極の接触抵抗による指の関節角度推定, 第 54 回日本生体医工学会大会抄録集, p. 257, 2015
 - * 106. 田中勇祐, 井村誠孝: 効果音付与による持続的筋力トレーニングシステムの検証, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016 年 基礎・境界, p. 281, 2016
 - * 107. 高田大樹, 井村誠孝: 足への触覚提示のための動作判定とその評価, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016 年 基礎・境界, p. 311, 2016
 - * 108. 上田宗平, 井村誠孝: ランニングによる筋疲労推定に向けた足底圧分布の計測, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016 年 情報・システム(1), p. 92, 2016
 - * 109. 田中勇祐, 井村誠孝: 持続的筋力トレーニングのための運動に同期した効果音提示, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 475–476, 2015

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

- ・研究成果報告会を兼ねたバイオロボティクス研究会講演会「バイオロボティクスの近縁」開催
主催: 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門 バイオロボティクス研究会
共催: 関西学院大学「私立大学戦略的研究基盤形成 支援事業」採択プロジェクト
「歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく新しい健康維持促進とりハビリテーション技術の創生」
- 日本知能情報ファジィ学会 しなやかな行動の脳工学研究部会
- 開催場所: グランフロント大阪 北館 TOWER C C05 室
- 講 師: 鈴森康一(東京工業大学 工学院ロボティクス研究分野)
「細径人工筋肉が拓く新しいロボティクス」
- 橋本 稔(信州大学纖維学部機械・ロボット学科)
「医療福祉用歩行アシストロボット curara® の開発と展望」
- 林 熟(関西大学大学院 総合情報学研究科)
「脳工学におけるしなやかな判断のデータサイエンス」
- プロジェクトの中間報告会／関西学院大学バイオロボティクスセンター
嵯峨宣彦, 工藤 阜, 岡留 剛, 長田典子, 河野恭之, 井村誠孝, 山本倫也

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

・2015年3月27日研究会主催講演会

「視覚と脳：眼球運動と情報処理」講師 田中靖人(神経数理研究所)

・一般公開セミナー主催

「脳計測のための入門セミナー：視覚の脳神経科学」講師 田中靖人(神経数理研究所)
 他学部(総政や人福)や一般の参加者もあり、脳科学を初めて研究するセンター所属・各研究室のPD研究員や院生、卒研の理解も進み盛況に実施した。

	日時	タイトル	概要
第1回	2015年6月5日(金) 15:10~16:50	オーバービュー： 神経系と脳：視覚系の全体構造 と計測のための信号伝達	第一部：身体と脳～情報伝達系 <ul style="list-style-type: none"> ・ 視覚系：脳と神経系の構造 ・ 視覚情報処理の段階：機能局在： 第二部：脳計測のための神経信号、 脳神経信号と代謝 <ul style="list-style-type: none"> ・脳神経活動I：電気信号と活動電位 ・脳神経活動II：酸素代謝、血流
第2回	2015年7月3日(金) 15:10~16:50	電気神経活動計測の具体的方法	<ul style="list-style-type: none"> ・電気神経活動計測(MEG, EEG)の原理と方法 ・電磁気神経活動計測とノウハウ
第3回	2015年8月7日(金) 15:10~16:50	神経代謝活動の計測(fMRI,NIRS)と具体的方法	<ul style="list-style-type: none"> ・神経代謝活動計測の具体的方法 fNIRS, fMRI ・MRIの原理 ・代謝神経活動計測のノウハウ
第4回	2015年9月11日(金) 15:10~16:50	感覚・知覚実験の作り方～動物生理実験、人間計測～	<ul style="list-style-type: none"> ・実験：4つのポイント ・タスク設計 ・統計 (実験条件、統制条件、ベースライン) ・ノイズ処理 ・情報理論
第5回	2015年10月2日(金) 15:10~16:50	認知実験(知覚と視覚的注意) ～実験パラダイム構築の方法II～	<ul style="list-style-type: none"> ・信号解析 (線形vs非線形、周波数空間) ・ノイズの信号処理的意味 (フーリエ解析、ウェーブレット解析) ・統計解析と実験パラダイム (感覚統合、注意、記憶、学習) ・認知課題の情報処理モデル (神経回路網と非線形フィードバック) ・学習の統計モデル
第6回	2015年11月6日(金) 15:10~16:50	attentionと認知情報処理(視覚的注意と可塑性)	<ul style="list-style-type: none"> ・Temporal attention (spatial) ・Eye movements ・Mechanism of attention ・Bottom-up v.s. top-down ・VisuoMotor Loop Hypothesis

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

第 7 回	2015年12月4(金) 15:10~16:50	神経系の可塑性 (学習と記憶の認知 行動学)	<ul style="list-style-type: none"> • Definition of plasticity • Behavioral plasticity: system biology • Learning (cognitive/perceptual/motor) • Memory (long-term/short-term/perceptual) • Perception, attention and plasticity • Neuronal plasticity (cellar, channel, receptor)
第 8 回	2016年1月8日(金) 15:10~16:50	神経系の可塑性 II 生物学的神経機構	<ul style="list-style-type: none"> • Plasticity: learning and memory • Behavioral task: n-back, Priming, Perceptual learning • Attention and plasticity
第 9 回	2016年2月5日(金) 15:10~16:50	神経系の可塑性 III 情動学習、運動学習、 機械学習	<ul style="list-style-type: none"> • Emotinal learning, • Motor learning, • Machine learning
第 10 回	2016年3月4日(金) 15:10~16:50	視覚系:その役割と機 能 総まとめ	総括

学会活動

- ・第15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 SI2014より
「バイオロボティクスとシステムインテグレーション」セッション立ち上げ
- ・LIFE2016 OS「空気圧を利用した医療・福祉システムの開発」立ち上げ

<これから実施する予定のもの>

- ・第18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(SI2017)および
第19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(SI2018)において
「バイオロボティクスとシステムインテグレーション」セッション立ち上げ
- ・LIFE2017 および LIFE2018 OS「空気圧を利用した医療・福祉システムの開発」立ち上げ

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

<受賞>

- * 1. 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 SI2016 優秀講演賞, 橋本侑亮, 嶋嶋宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 足関節リハビリシステムによる他動反復動作時の筋・神経活動
- * 2. 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, 伊東嗣功, 森下 彩郁, 小田 輝王, 箕嶋渉, 工藤卓 「TMS 刺激・随意運動に対する脳機能信号の動態

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

3. 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会 企画賞, 工藤卓, 企画セッション「神経工学」
- * 4. 札幌テレビ放送株式会社 所記念賞, 橋本絵梨, 山本倫也, 茂野裕介: STV カップ in チ・カ・ホーバーチャルスキージャンプ大会, チ・カ・ホ de XMAS みる・みる・みらいデー 2015
- * 5. 情報処理学会第 78 回全国大会 学生奨励賞, 橋本 絵梨, 山本倫也, 茂野 裕介, 青柳 西藏: 広視野角ヘッドマウントディスプレイを用いたペアスキージャンプ体験システムの開発
- <外部資金>
1. 平成 26 年度兵庫県科学技術振興助成金, 車椅子使用者の動作意図に基づく転倒防止装置, 研究代表者・中後大輔

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

該当なし。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他()	
平成26年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	53,288	20,413	32,875				
	研究費	44,378	26,559	17,819				
平成27年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	15,774	5,258	10,516				
	研究費	46,946	27,452	19,494				
平成28年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	53,045	33,742	19,303				
総額	施設	0	0	0	0	0	0	
	装置	0	0	0	0	0	0	
	設備	69,062	25,671	43,391	0	0	0	
	研究費	144,369	87,753	56,616	0	0	0	
総計		213,431	113,424	100,007	0	0	0	

17 施設・装置・設備の整備状況（私学助成を受けたものはすべて記載してください。）

《施設》（私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。） (千円)

施設の名称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
神戸三田キャンパス IV号館	H13	18,289.44m ²	50室(うち専有 研究室3室)	54	2,514,641	0	
神戸三田キャンパス V号館	H21	2,936m ²	14室(うち専有 研究室5室)	81	682,500	0	
西宮上ヶ原キャンパス G号館	H19	24,118.58m ²	50室(うち占有 研究室1室)	3	2,303,590	0	

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

m²

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。) (千円)

装置・設備の名称	整備年度	型 番	台 数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置)							
(研究設備)							
歩行動作計測システム	H26		一式	720 h	17,607	10,863	私学助成
脳活動計測システム	H26		一式	360 h	6,426	3,964	私学助成
脳-筋電フィードバックシステム	H26		一式	720 h	10,457	6,451	私学助成
筋力解析シミュレーションシステム	H26		一式	1080 h	8,160	5,034	私学助成
センサデータ解析システム	H26		一式	1080 h	10,638	6,563	私学助成
歩行運動・機構解析システム	H27		一式	1440 h	9,823	6,549	私学助成
高精細3Dプリンター	H27	AGILISTA-3100	一式	1080 h	5,951	3,967	私学助成
(情報処理関係設備)							

18 研究費の支出状況

(千円)

年 度		平成 26 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳			
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容	
教 育 研 究 経 費 支 出					
消 耗 品 費	8,723	試薬・器具	8,723	実験器具・試薬代、その他	
光 熱 水 費	10,097	光熱水費	10,097	電気・ガス・上水・下水、その他	
通 信 運 搬 費	188	通信費	188	ファックス・電話代、切手代、その他	
印 刷 製 本 費	33	印刷費	33	論文別刷代、雑誌製本費、その他	
旅 費 交 通 費	10,587	学会出張代	10,587	国内・海外研究旅費、公務出張費、その他	
報 酬・委 託 料	4,062	手数料	4,062	廃棄物処理料、実験補助、その他	
(その他の経費)	4,422	修繕代	4,422	修理代、会場費、参加費、その他	
計	38,112		38,112		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出					
人件費支出 (兼務職員)					
教育研究経費支出					
計	0				
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)					
教育研究用機器備品	3,497	備品	3,497		
図 書	1,669	研究図書	1,669	学術雑誌及び学術図書	
計	5,166		5,166		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出					
リサーチ・アシスタント	1,100		1,100	学内2人	
ポスト・ドクター	0				
研究支援推進経費	0				
計	1,100		1,100	学内2人	

法人番号	281004
プロジェクト番号	S1411038

年 度	平成 27 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	9,511	試薬・器具	9,511	実験器具、試薬代、その他
光 熱 水 費	9,357	光熱水費	9,357	電気・ガス・上水・下水、その他
通 信 運 搬 費	159	通信費	159	ファックス・電話代、切手代、その他
印 刷 製 本 費	131	印刷費	131	論文別刷代、雑誌製本費、その他
旅 費 交 通 費	8,270	学会出張代	8,270	国内・海外研究旅費、公務出張費、その他
報 酬・委 託 料	3,811	手数料	3,811	廃棄物処理料、実験補助、その他
(その他の経費)	4,120	修繕代	4,120	修理代、会場費、参加費、その他
計	35,359		35,359	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 备 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	0	備品	0	
図 書	1,315	研究図書	1,315	学術雑誌及び学術図書
計	1,315		1,315	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント	2,400		2,400	学内2人
ポスト・ドクター	7,872		7,872	学外2人
研究支援推進経費	0			
計	10,272		10,272	学内2人、学外2人

年 度	平成 28 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	7,939	試薬・器具	7,939	実験器具、試薬代、その他
光 熱 水 費	8,865	光熱水費	8,865	電気・ガス・上水・下水、その他
通 信 運 搬 費	151	通信費	151	ファックス・電話代、切手代、その他
印 刷 製 本 費	2	印刷費	2	論文別刷代、雑誌製本費、その他
旅 費 交 通 費	4,992	学会出張代	4,992	国内・海外研究旅費、公務出張費、その他
報 酬・委 託 料	3,730	手数料	3,730	廃棄物処理料、実験補助、その他
(その他の経費)	6,679	修繕代	6,679	修理代、会場費、参加費、その他
計	32,358		32,358	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 备 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	6,239	備品	6,239	
図 書	1,440	研究図書	1,440	学術雑誌及び学術図書
計	7,679		7,679	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント	1,200		1,200	学内1人
ポスト・ドクター	11,808		11,808	学外3人
研究支援推進経費	0			
計	13,008		13,008	学内1人、学外3人

文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」

平成26年度採択

歩行における脳活動と筋活動の相関に基づく
新しい健康維持促進とりハビリテーションの創生

平成26年度～平成28年度

研究成果中間報告書

関西学院大学 バイオロボティクス研究センター

プロジェクト代表 嶋峨 宣彦(関西学院大学理工学研究科 教授)

目 次

研究の目的と計画	…1
研究メンバーと組織	…2
研究活動	…3
歩行の動作解析および支援技術と足関節リハビリテーションシステム	…5
Living Neuronal Circuit から whole Brainまでのレンジにおけるダイナミクス と認知機能-BCIシステム実装のための基盤研究	…17
リハビリテーションのための生理心理学的評価に関する基礎的検討	…33
歩行時 EMG と ADL の時系列解析	…42
Visual SLAM を用いた脚部装着カメラ端末の位置・姿勢推定に基づく歩行 運動の認識	…49
広視野角 HMD を用いた身体的インタラクション支援技術	…54
スポーツ動作の定量的分析に基づく初心者の技術向上支援	…60
個人適合型起立歩行支援機の開発	…68

研究プロジェクトの目的)

本研究は“ロボティクス”を軸に、脳科学、スポーツ科学、医療福祉などの分野を包括したバイオロボティクス分野を中心に、計測や応用機器開発・評価では情報科学分野の専門家と連携して研究を行う。研究は自立した生活を行う上で最も基本的な“歩行”をテーマに、学際的な領域で取り組み、従来には行われていない、下肢アライメントに着目した歩行動作の特徴抽出、歩行動作における脳活動と筋活動の相関解析、脳神経系の伝達経路再建のための脳と筋への刺激による新しい運動相関刺激法によるリハビリテーション手法の提案、リハビリテーション機器の開発とその医学的、生理心理学的評価手法の確立を目指す。

研究プロジェクトの体制)

研究は「歩行の運動解析とモデリング」「健康な歩き方実現のための歩行支援」「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発」「医学的、生理心理学的評価」の4つのグループで進める。

「歩行の運動解析とモデリング」班:

これまで着目されていない下肢アライメント別や高齢者、足関節に障害のある被験者の歩行動作の超大規模（センサ）データの並列処理を実現することによる日本人の筋骨格に合った新たな歩行動作の特徴抽出の手法ならびにモデリングの構築を行う。

また、歩行動作の特徴計測とデータ解析のためのワイヤレス・センサシステムについても構築する。

「健康な歩き方実現のための歩行支援」班:

歩行実験の再現性のある筋骨格シミュレーション技術の確立と膝負荷の少ない歩き方を提案する。また、膝の動きを制御可能にするアクティブ・サポートや歩行支援するシステムを開発する。

「脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発」班:

歩行動作のための筋電位と脳波計測による筋と脳の活動パターンの相関を解明していく。これに加えて、脳への磁気刺激と活動筋へのEMSなどの刺激による新しい運動相関刺激法による効果を確認し、これらの成果を使った新しいニューロリハビリテーション手法を確立する。

また、脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルを構築する。

「医学的、生理心理学的評価」班:

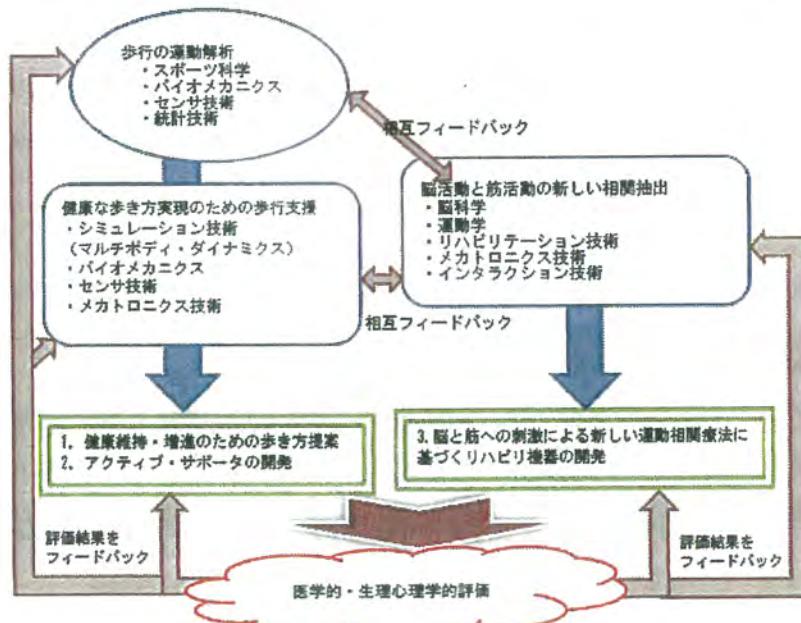
関西医科大学にてリハビリテーション科医師や理学療法士など専門家と患者による開発したシステムの評価を受けるとともに、被験者へのアンケートなどを基にした開発システムの生理心理学的評価による新たな医療・福祉機器への評価手法を提案する。

研究プロジェクトのメンバー

理工学研究科・教授	嵯峨 宣彦	研究全般	研究統括, シミュレーションモデルの構築, 歩行支援システム・リハビリシステム開発
理工学研究科・教授	工藤 卓	脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発	脳活動の計測・分析と細胞生物モデルの構築
理工学研究科・教授	岡留 剛	歩行の運動解析とモデリング	ワイヤレス・センサ・ネットワークシステムによる動作解析
理工学研究科・准教授	中後 大輔	健康な歩き方実現のための歩行支援	歩行等の動作の力学的解析, 支援機器の開発
理工学研究科・教授	河野 恭之	歩行の運動解析とモデリング, 健康な歩き方実現のための歩行支援	歩行動作の解析, ユーザビリティに優れた支援機器の設計・開発
理工学研究科・教授	長田 典子	医学的, 生理心理学的評価	アンケート等に基づく生理心理学的評価
理工学研究科・教授	山本 倫也	健康な歩き方実現のための歩行支援	歩行動作の解析, アンケートに基づく生理心理学的評価
理工学研究科・教授	井村 誠孝	歩行の運動解析とモデリング, 健康な歩き方実現のための歩行支援	人間動作の力学的解析, ユーザビリティに優れた支援機器の設計・開発
人間福祉研究科・教授	河鱗 一彦	歩行の運動解析とモデリング	人間動作の同期計測データの解析, 歩行支援のためのバイオメカニクス解明

学外メンバー

関西医科大学 附属滝井病院・ リハビリテーション課部長	菅 俊光	医学的, 生理心理学的評価	試作機の設計仕様の検討と医学的評価
神戸大学人間発達環境 学研究科・教授	近藤 徳彦	歩行動作の特徴抽出, 歩行支援器の評価	身体内部の変化とシミュレーションとの関連評価
The University of Auckland, Professor	Shane Xie	脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発	脳活動の計測・分析, 脳波とリハビリ効果の検証
岡山大学自然科学 研究科・准教授	脇元 修一	健康な歩き方実現のための歩行支援, リハビリ機器の開発	ソフトメカニズムに基づく機器設計
龍谷大学 理工学部・講師	永瀬 純也	健康な歩き方実現のための歩行支援, リハビリ機器の開発	ソフトメカニズムに基づく機器設計と制御機器設計



研究活動)

セミナー活動

- ・2015年3月27日研究会主催講演会

「視覚と脳：眼球運動と情報処理」 講師 田中靖人（神経数理研究所）

- ・一般公開セミナー主催

「脳計測のための入門セミナー：視覚の脳神経科学」 講師 田中靖人（神経数理研究所）

他学部（総政や人福）や一般の参加者もあり、脳科学を初めて研究するセンター所属・各研究室のPD研究員や院生、卒研生の理解も進み盛況に実施した。

	日時	タイトル	概要
第1回	2015年6月5日（金） 15：10～16：50	オーバービュー： 神経系と脳：視覚 系の全体構造 と計測のための信 号伝達	<p>第一部：身体と脳～情報伝達系</p> <ul style="list-style-type: none">・視覚系：脳と神経系の構造・視覚情報処理の段階：機能局在： <p>第二部：脳計測のための神経信号、 脳神経信号と代謝</p> <ul style="list-style-type: none">・脳神経活動I：電気信号と活動電位・脳神経活動II：酸素代謝、血流
第2回	2015年7月3日（金） 15：10～16：50	電気神経活動計測 の具体的方法	<ul style="list-style-type: none">・電気神経活動計測（MEG, EEG） の原理と方法・電磁気神経活動計測とノウハウ
第3回	2015年8月7日（金） 15：10～16：50	神経代謝活動の計 測(fMRI,NIRS)と 具体的方法	<ul style="list-style-type: none">・神経代謝活動計測の具体的方法 fNIRS, fMRI・MRIの原理・代謝神経活動計測のノウハウ
第4回	2015年9月11日(金) 15：10～16：50	感覚・知覚実験の 作り方～動物生理 実験、人間計測～	<ul style="list-style-type: none">・実験：4つのポイント・タスク設計・統計 (実験条件、統制条件、ベースライン)・ノイズ処理・情報理論
第5回	2015年10月2日(金) 15：10～16：50	認知実験（知覚と 視覚的注意） ～実験パラダイム 構築の方法II～	<ul style="list-style-type: none">・信号解析 (線形 vs 非線形、周波数空間)・ノイズの信号処理的意味 (フーリエ解析、ウェーブレット解析)・統計解析と実験パラダイム (感覚統合、注意、記憶、学習)・認知課題の情報処理モデル (神経回路網と非線形フィードバック)・学習の統計モデル (ベイズ統計と カルマンフィルタ)
第6回	2015年11月6日(金) 15：10～16：50	attentionと認知情 報処理（視覚的注 意と可塑性）	<ul style="list-style-type: none">・Temporal attention (spatial)・Eye movements・Mechanism of attention・Bottom-up v.s. top-down・VisuoMotor Loop Hypothesis

第7回	2015年12月4日(金) 15：10～16：50	神経系の可塑性 (学習と記憶の認知行動学)	<ul style="list-style-type: none"> • Definition of plasticity • Behavioral plasticity: system biology • Learning (cognitive/perceptual/motor) • Memory (long-term/short-term/perceptual) • Perception, attention and plasticity • Neuronal plasticity (cellar, channel, receptor)
第8回	2015年1月8日(金) 15：10～16：50	神経系の可塑性 II 生物学的神経機構	<ul style="list-style-type: none"> • Plasticity: learning and memory • Behavioral task: n-back, Priming, Perceptual learning • Attention and plasticity
第9回	2015年2月5日(金) 15：10～16：50	神経系の可塑性 III 情動学習、運動学習、機械学習	<ul style="list-style-type: none"> • Emotinal learning, • Motor learning, • Machine learning
第10回	2015年3月4日(金) 15：10～16：50	視覚系：その役割 と機能 総まとめ	

学会活動

- ・第15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 SI2014より
「バイオロボティクスとシステムインテグレーション」 セッション立ち上げ
- ・LIFE2016 OS 「空気圧を利用した医療・福祉システムの開発」立ち上げ

歩行の動作解析および支援技術と足関節のリハビリテーションシステム

理工学研究科 嶋峨 宣彦

A. 歩行の運動解析とモデリング

A.1 高齢者の歩行

高齢者がどのような歩行特徴を示すのかを、若年者の歩行動作と比較することにより調べた。実験はモーションキャプチャ、床反力計(FP4060-05; BERTEC)を用いて行い、歩行の特徴やバランス機能を明らかにするため、歩行動作における体重心や膝関節位置の軌跡、立脚期・遊脚期における床反力波形、関節可動域などについて比較した。

実験協力者は、前章で実験協力を得た若年男性5名と、以下のような身体特徴を持つ健常高齢者5名（男性：3名、女性：2名）と20代若者5名（男性：5名）とした。

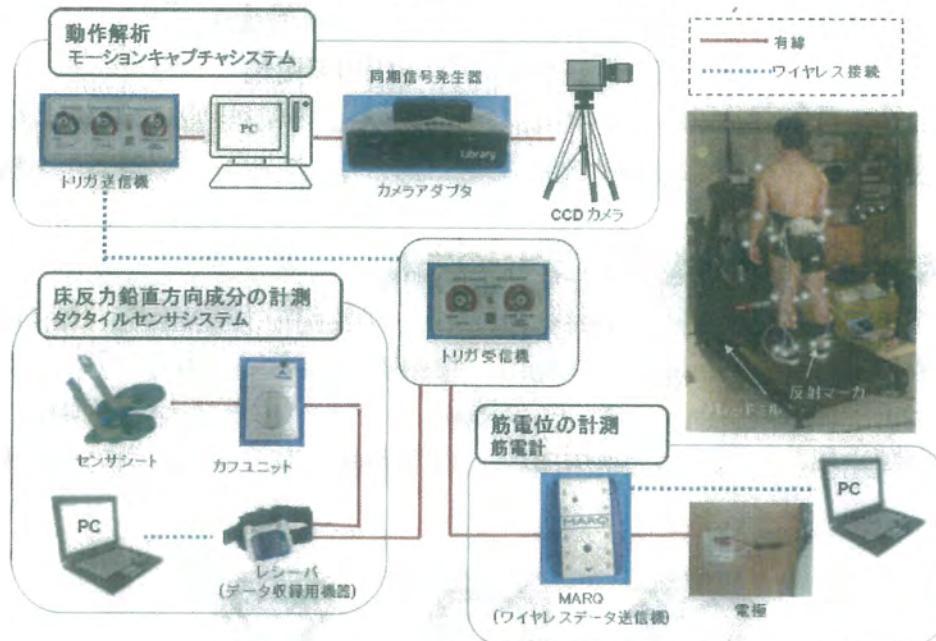


図. ワイヤレス歩行動作計測システム

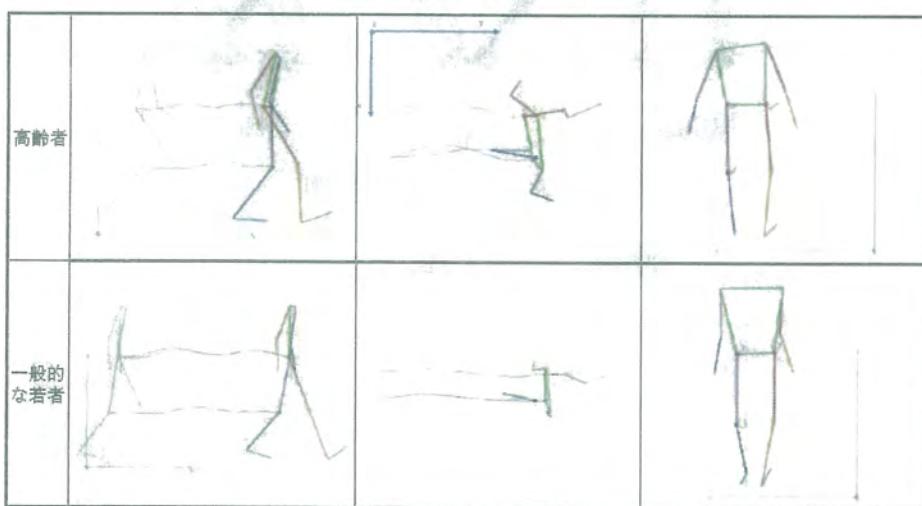
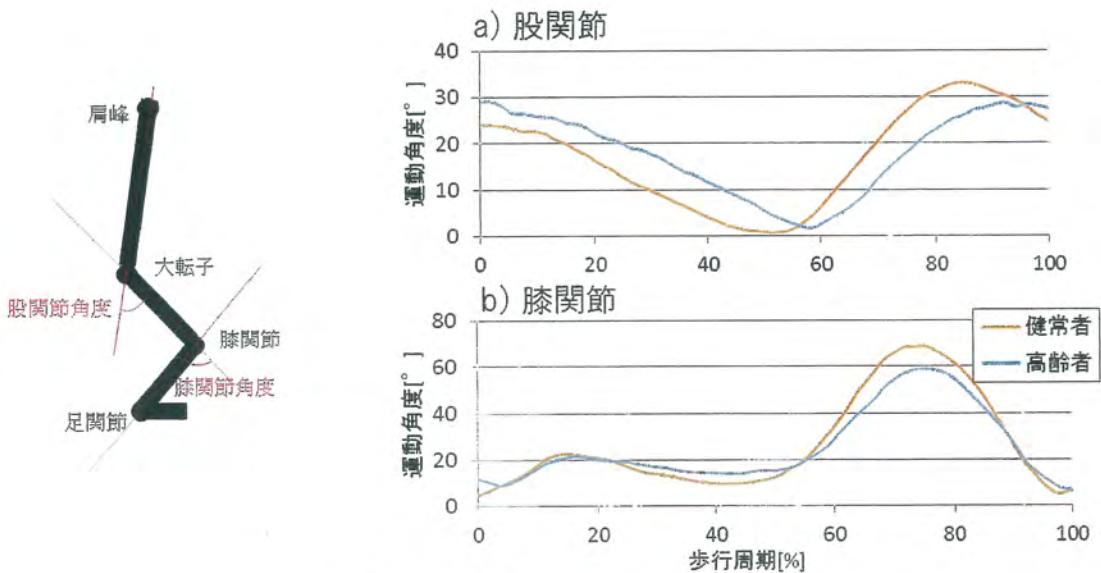


図. 高齢者と若者の歩行姿勢の比較



実験結果として、高齢者には円背、前傾の歩行姿勢と、関節可動域の制限が見受けられ、さらに、下肢アライメントは全員 O脚が顕著であったことから 膝軌跡に影響が強く現れていた。

A.2 下肢アライメントの違いによる歩行の特徴

下肢アライメントの歩行動作の影響に着目し、(a)膝関節内頸間距離、(b)足関節内頸間距離、(c)FTA(Femoro Tibial Angle)を考慮し、標準脚5名($173^\circ \leq \text{FTA} < 178^\circ$)・O脚5名($178^\circ \leq \text{FTA}$)・X脚5名($\text{FTA} < 173^\circ$)に分類し、トレッドミルを使った実験により調べた。全て左脚踵接地から次の左脚踵接地までを1重複歩とし、これに掛かる時間を100%として示した。

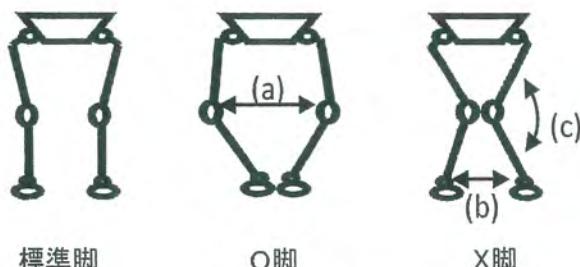


図. 下肢アライメントの分類

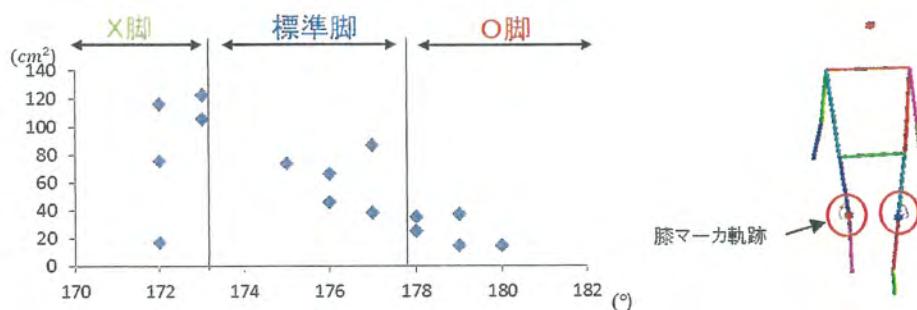


図. 下肢アライメントによる膝軌跡の違い

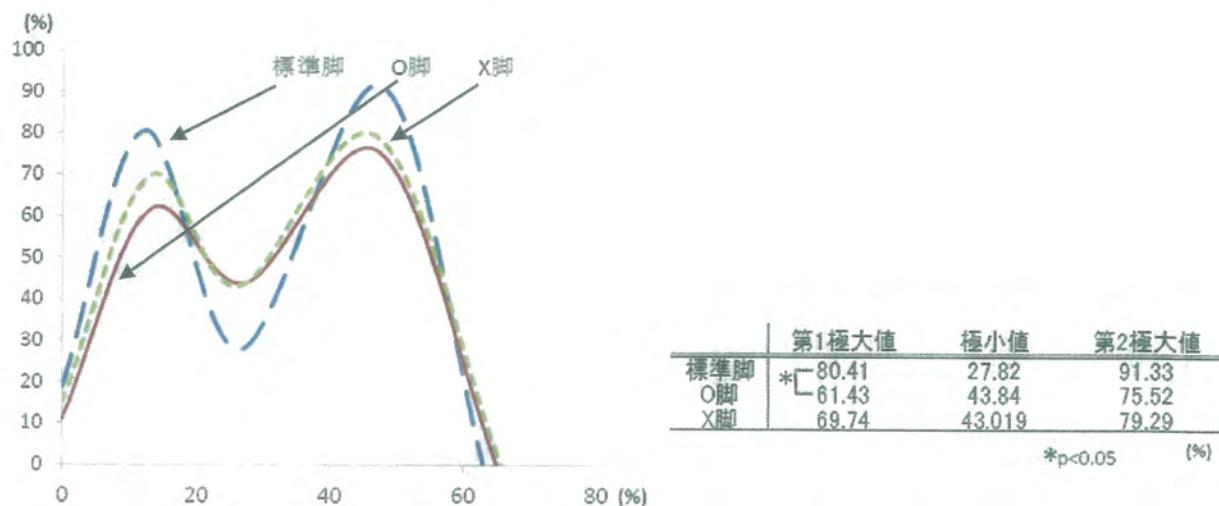


図. 下肢アライメントによる床反力の違い

実験結果から、O脚と標準脚には膝軌跡の特徴が大きく異なり、その軌跡面積には負の相関が強く現れていた。また、床反力にはO脚では二峰性が弱く、高齢者の特性と同じ特徴を示しており、蹴り出しなどの脚力などが床面に伝達されていないことが分かる。

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

B.1 筋骨格シミュレーション

人間の運動に関して、筋活動や姿勢を計測することは重要であるものの、その筋活動は表面筋電位の計測によってしか分からず、不十分である。また、動作の支援機器の開発においても、開発段階で支援効果を詳細に見積もることは難しい。そのため、モーションキャプチャによって得られた画像データを基に、筋活動をシミュレーションするソフトウェアがさまざま開発されている。

そこで、筋骨格モデリングシステム“AnyBoody”(AnyBody Technology A/S 製)により歩行動作のモデルについて検証した。筋骨格モデルでは159本の筋と6つの自由度からなるLegTLEM モデルを、筋の力学モデルでは Hill の3要素モデルを適用し、モーションキャプチャ・データから各部の位置座標、床反力計より外力を入力、足裏と床面の接触条件のモデル化をいくつか検討し、表面筋電位の計測結果より精度を検証した。



図. LegTLEM モデル

シミュレーション結果から、腓腹筋内側頭・腓腹筋外側頭・内側広筋・外側広筋・前脛骨筋では活動パターンが類似したものの、大腿直筋・大腿二頭筋では活動パターンが一致しなかった。一般に言われている他のソフトウェアのシミュレーション結果と同様に、単関節筋は精度良いが二関節筋では精度が得られていない。これは、二関節筋は逆動力学計算の関節ごとのモーメントを基に計算されているため、二関節にまたがる筋は考慮が難しいことや筋力と筋電位に相関は見られるものの完全な比例関係がないことが理由として考えられる。今回の結果は、単関節筋における筋活動パターンの類似が示せたことより、一定の妥当性を示すことができたと考えている。

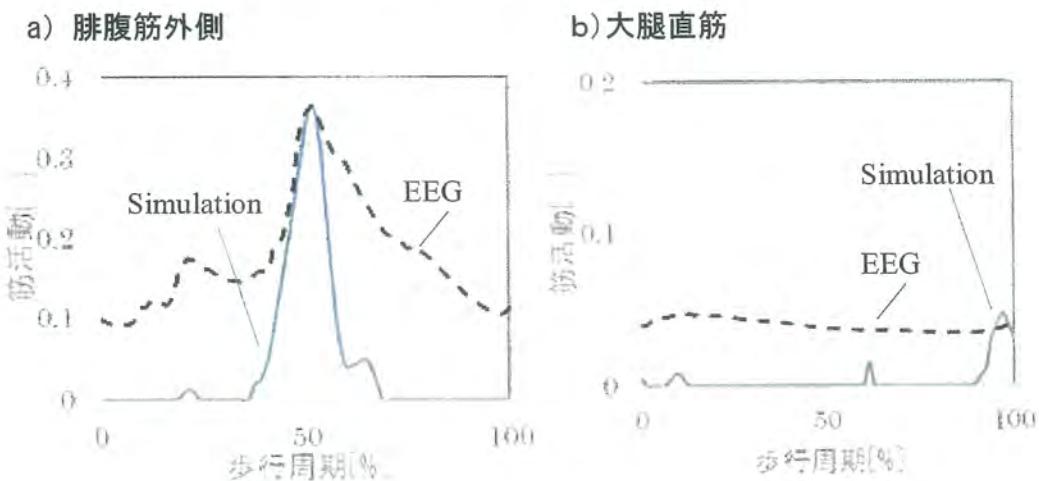


図. シミュレーション結果

B.2 歩行支援

触覚センサの開発

人間の身体動作を解析するに当たり、モーションキャプチャなどを用いた身体各部の位置座標と床反力など外部から受ける力を計測することは重要である。3軸方向の力の計測は床反力計など大掛かりな装置を用いるのが一般であり、小型化が進められているもの高額で気軽に使用できる環境はない。そこで、磁性流体と磁気粘性流体を混合したMCF (Magnetic Compound Fluid) コロイド溶液に、Ni粒子やFe粒子を磁場を印加しながら加え抽出すると磁気クラスターが形成され、これをシリコーンゴムと混合し、MCFゴムを作製すると、引張力やせん断力によって磁気特性や電気特性が変化するセンサを開発した。

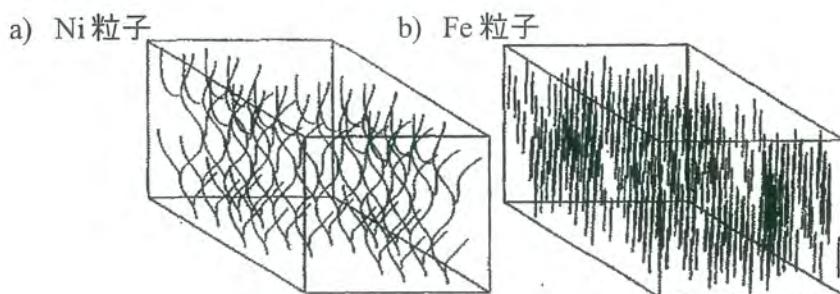


図. MCFゴムの磁気クラスター・モデル

ワイヤレス床反力計の開発

3軸方向の力を計測することができる縦10mm×横10mm×厚さ3mmと小型・薄型の3軸触覚センサ（ショッカクチップ；タッチエンス株式会社）を複数使用して、インソールに装着可能なワイヤレス床反力計を試作した。センサの配置位置をけんとうした結果、足のアーチの荷重支持点である第1中足骨頭、第5中足骨頭、踵骨の3点とつま先離地が判定できる母趾部に配置したものが床反力計と同等の精度で計測できることが確認できた。

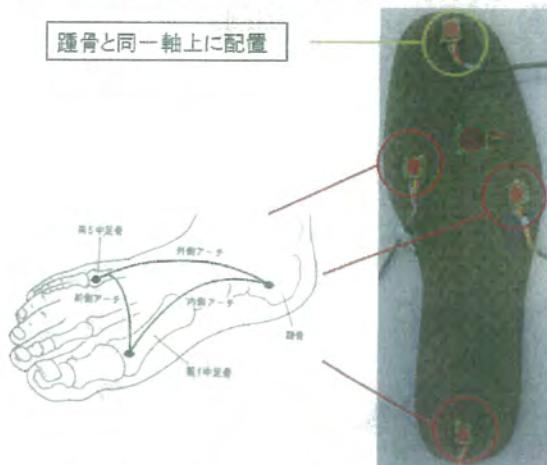


図.ワイヤレス床反力計とセンサ配置位置

アクティブサポート・システムの開発

高齢者で歩行が辛くなり始めた人を対象に、大がかりな外骨格型の支援機器ではなく、装着し易く違和感の少ない、コンパクトで軽量、安価な歩行支援システムの開発を行った。動力源は人間との親和性の高い空気圧人工筋アクチュエータとし、スポーツテーピング機能（関節可動域制限、補強効果）やキネシオテーピング機能（血流などを改善し痛みの緩和や筋肉の円滑な動きを促進する）、サポート機能（関節可動域制限、補強効果）、加齢に伴うO脚化や円背による歩行姿勢の矯正を目的とする。

アクティブサポート・システムの概要を図に示す。アクティブサポートは既製品のサポート（Modeluno; Donjoy Co., Ltd./ DJO Global）を基に空気圧人工筋アクチュエータ（Φ5-100mm, FESTO 社）を加え、大腿直筋の表面筋電位を入力信号とし、遊脚中期から遊脚周期にかけて空気圧人工筋アクチュエータにより支援を、立脚期における支援はラケット

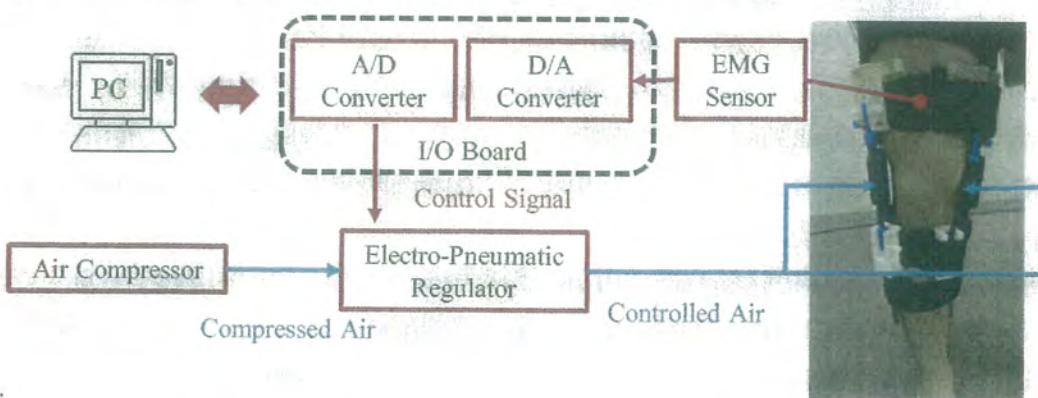


図. アクティブサポート・システムの概要

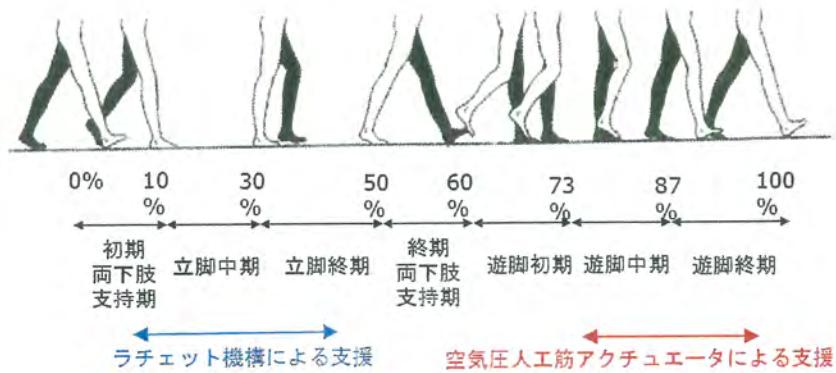


図. アクティブサポートのアシストのタイミング

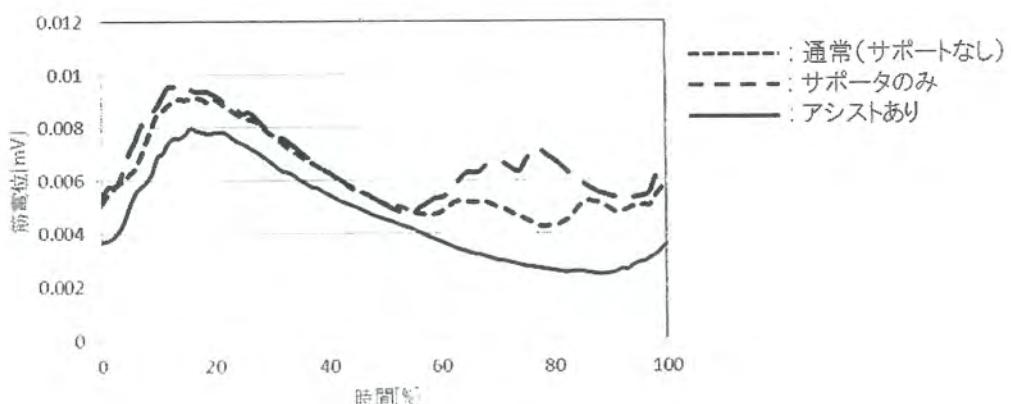


図. 外側広筋におけるアクティブサポートの効果

機構により行っている。

外側広筋における筋活動を見ると、サポートのない状態に比べ、アクティブサポートを装着したアシストありでは60%前後から筋活動が低くなり、膝が固定され無駄な軌跡を描くことなく膝の伸展が行えていることが分かる。

C. 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを用いたリハビリ機器の開発

足関節リハビリシステムによる他動反復動作時の筋・神経活動

意思として運動意図や運動イメージを検知し、それを基に装置を動作させ、他動運動をさせることで、家庭でも十分かつ簡単にニューロリハビリテーションが可能になるような足関節リハビリテーションシステムの開発を目的として、その実現のため、運動を意図して自ら動作させる自動運動時、その運動イメージなしに本装置によって動作させられる他動運動時および、運動をイメージした状態での他動運動時の脳活動と筋活動を脳波と筋電位によって比較調査した。

実験環境を図に示す。実験参加者は20代の健常男性とした。その実験参加者はできる限りリラックスさせた状態で椅子に座らせ、右脚は足関節リハビリテーション装置の足置きに置き、膝関節は軽くまげておいてもらった。また指定した関節以外はできるだけ動かさないように指示した。また、つま先付近にタイミング指示のためのLEDを配置した。

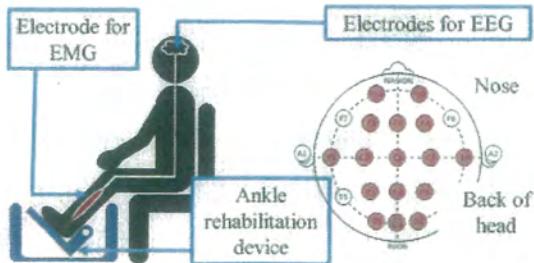


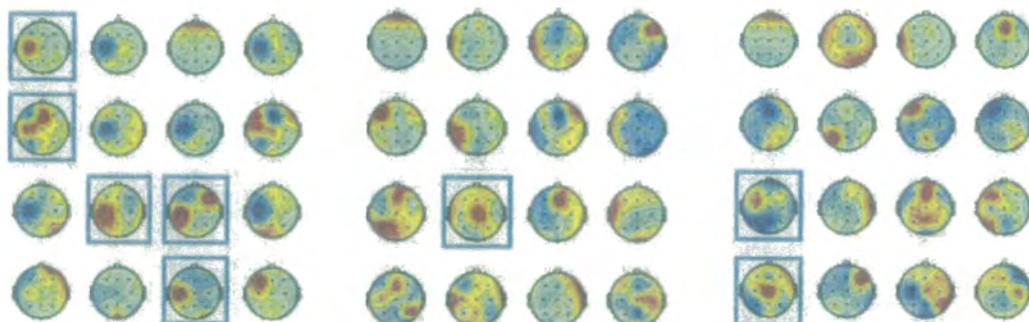
図. 実験概要

脳波計測には多チャンネルデジタル脳波計測システム (Active Two System, Biosemi 社)を用い、探査電極は拡張10-20法における Fp1, Fp2, F4, Fz, F3, T7, C3, Cz, C4, T8, P4, Pz, P3, O1, O2に計16個配置した。

各タスクの条件を表に示す。5秒周期でつま先の近くに置いたLEDを0.1秒間発光させた。タスク動作として30deg 底屈させた状態から、30deg の背屈動作をしてもらった。また川平法の足関節への適用方法を参考につま先を見てもらった。タスク2, タスク3においてシステムが実際に動き出すのは発光してから0.3秒後とした。各タスクは30回行った。

表. 各セッションのタスク

	Type of Motion	Imaging Motion
Session 1	Active	Yes
Session 2	Passive	No
Session 3	Passive	Yes



a) Session 1

b) Session 2

c) Session 3

図. 各セッションの EEG

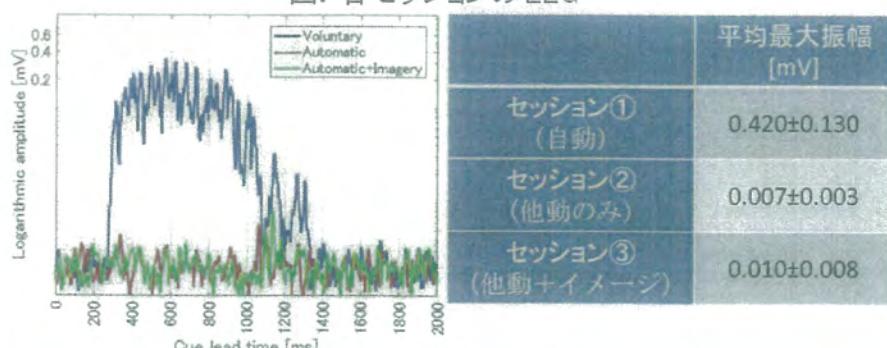


図. 各セッションの筋電位

足関節の他動反復運動により、運動野の活動が励起されているものの、他動運動時は自動運動時に比べ活動量は減少しており、他動運動時でも動作をイメージすることで活動量が上昇することが分かった。これは、他動運動時に脳への刺激が行われており、随意運動実現のための神経回路を再建・強化の可能性を示唆しているものと考える。

また、他動運動時には筋電位が検出されなかったことから、現状のように他動運動のみでは筋力強化は難しいと考えられる。

研究業績

A. 査読付き原著論文

<A.2 下肢アライメントの違いによる歩行の特徴に関する連関>

1. Norihiko Saga, Saeko Irie, Yasutaka Nakanishi, Hiroki Dobashi, Shinya Sogabe, Effects of knee alignment on human gait based on wireless sensors, *International Journal Biomechatronics and Biomedical Robotics*, Inderscience Enterprises Ltd., Vol. 2, Nos. 2/3/4, pp.118-123, 2014

<B.2 触覚センサに関する連関>

2. 島田邦夫, 鄭耀陽, 嵐嶽宣彦, ロボットの動作を利用したMCFゴムセンサによる凸型形状読み取り技術に関する実験的研究, 実験力学, Vol.14, No.2, pp.86-93, 2014
3. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Mechanical Enhancement of Sensitivity in Natural Rubber Using Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field and MCF for Application in Haptic Sensors, *Sensors*, MDPI, Vol.16, No.9, doi:10.3390/s16091521, 2016
4. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Development of a Hybrid Piezo Natural Rubber Piezoelectricity and Piezoresistivity Sensor with Magnetic Clusters Made by Electric and Magnetic Field Assistance and Filling with Magnetic Compound Fluid, *Sensors*, MDPI, Vol.17, No.2, doi:10.3390/s17020346, 2017
5. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Detailed Mechanism and Engineering Applicability of Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field in Natural Rubber by Mechanical Approach for Sensing (Part 1): The Effect of Experimental Conditions on Electrolytic Polymerization, *World Journal of Mechanics*, Vol.6 No.10, DOI: 10.4236/wjm.2016.610026, pp.1-23, 2016
6. Kunio Shimada, Norihiko Saga, Detailed Mechanism and Engineering Applicability of Electrolytic Polymerization Aided by a Magnetic Field in Natural Rubber by Mechanical Approach for Sensing (Part 2): Other and Intrinsic Effects on MCF Rubber Property, *World Journal of Mechanics*, Vol.6 No.10, DOI: 10.4236/wjm.2016.610027, pp. 1-17, 2016

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを用いたリハビリ機器の開発／制御に関する連関>

7. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiko Saga, Model predictive control for tendon-driven balloon actuator on simulation, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Volume 11, Issue S1, pp.S180-S182, DOI: 10.1002/tee.22252, 2016
8. Toshiyuki Sato, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Predictive functional control using state estimator-based internal model for ramp disturbance rejection, *International Journal of Automation and Control*, Vol.10, No.3, DOI: 10.1504, pp.267-285, 2016
9. Yusuke Hashimoto, Toshiyuki Sato, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Comparison between PFC and PID Control Systems for a Pneumatic Cylinder, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 10, Issue. 5, pp.605-607, 2015

10. 佐藤俊之, 阿部梨恵, 斎藤直樹, 永瀬純也, 嵐嶋宣彦, 外乱オブザーバ併用型モデル予測制御による2リンク・マニピュレータの制御, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.827, pp.1-17, 2015
11. Yusuke Hashimoto, Toshiyuki Sato, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Predictive Functional Control for a Pneumatic Cylinder, *Applied Mechanics and Materials*, Vols.789-790, pp.932-938, 2015
12. Toshiyuki Satoh, Hiroki Hara, Taishi Sogawa, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Predictive Functional Control of a Table Drive System Using Disturbance Observer and Preview Feedforward Controller, *Applied Mechanics and Materials*, Vols.789-790, pp.995-1005, 2015
13. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiko Saga, Model Predictive Control for Tendon-Driven Balloon Actuator under Constraints on Simulation, *Applied Mechanics and Materials*, Vols.615-620, pp.613-618, 2015
14. 永瀬純也, 濱田一貴, 佐藤俊之, 嵐嶋宣彦, バルーン型腱駆動アクチュエータを用いた手指ピンチ動作リハビリテーションデバイスの設計, 設計工学, Vol.51, No.1, pp.41-50, 2016

B. 査読付き国際会議

<B.2 アクティブサポータ・システムの開発に関する>

1. Yusuke Hashimoto, Yasutaka Nakanishi, Norihiko Saga, Jun-ya Nagase, Toshiyuki Satoh, "Development of Gait Assistive Device Using Pneumatic Artificial Muscle", *Proc. of Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2016)*, Sapporo, pp.710-713, 2016

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを用いたリハビリ機器の開発／制御に関する>

2. Toshiyuki Satoh, Rie Abe, Naoki Saito, Jun-ya Nagase, Norihiko Saga, Model Predictive Control for Mechatronic Systems Based on Disturbance Observer and Time-Variant Input Constraints, *Proc. of the 14th Mechatronics Forum Conference, Mechatronics 2014*, pp.255-262, 2014
3. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, Norihiko Saga, Design of Finger Rehabilitation Device for Pinching Motions using Pneumatic Actuator, *Proc. of the 14th Mechatronics Forum Conference, Mechatronics 2014*, pp.326-331, 2014

C. 著書

<B.2 アクティブサポータ・システムの開発に関する>

1. 嵐嶋宣彦: "空気圧人工筋アクチュエータを利用したアクティブ・サポータの開発", 油空圧技術, 日本工業出版, 2016年7月, 689, Vol.55, No.7, pp.30-34

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発／制御に関する>

2. 嵐嶋宣彦, 『実用化に向けたソフトアクチュエータの開発と応用・制御技術』第8章
低圧駆動型空気圧人工筋アクチュエータ, 株式会社シーエムシー出版, 2017

D. その他の国際会議発表

<A.2 下肢アライメントの違いによる歩行の特徴に関する>

1. Yasutaka Nakanishi1, Norihiko Saga, Narihiko Kondo, Feature Extraction Based on Difference in Knee Alignment during Walking, *Proc. of 2nd International Conference on Robotics, Mechanics and Mechatronics* (ICRMM2015), 2015

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発／制御に関する>

2. Jun-ya Nagase, Kazuki Hamada, Toshiyuki Satoh, and Norihiko Saga, Model Predictive Control for Tendon-driven Balloon Actuator under Constraints on Simulation, *Proc. of 2nd International Conference on Robotics, Mechanics and Mechatronics* (ICRMM2015), 2015

E. 国内会議発表

<A.2 下肢アライメントの違いによる歩行の特徴に関する>

1. 中西康貴, 嵩嶋宣彦, 膝アライメントの違いが歩行動作に与える影響, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014, pp.3A1-N02, 2014
2. 中西康貴, 嵩嶋宣彦, 膝アライメントの違いによる筋電図への影響, 第21回日本運動・スポーツ科学学会, pp.O-8, 2014
3. 中西康貴, 嵩嶋宣彦, 膝アライメントの違いによる歩行動作の特徴抽出, 第15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(SI2014), pp.1H4-4, 2014

<B.2 触覚センサに関する>

4. 島田邦夫, 嵩嶋宣彦, 電解重合法による MCF ゴムセンサの電気特性, ロボティクス・メカトロニクス講演会2016(ROBOMECH2016), pp.2A2-11b2, 2016

<B.2 ウエアラブル床反力計に関する>

5. 中西康貴, 嵩嶋宣彦, 河瀬一彦, 近藤徳彦, 3軸センサを用いたウエアラブルな床反力計測システムの計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-I015, 2015
6. 中西康貴, 嵩嶋宣彦, 小型3軸センサを用いたウエアラブル床反力計の開発”, 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), 2I2-1, 2015

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発／制御に関連>

7. 橋本侑亮, 佐藤俊之, 永瀬純也, 嵐嶽宣彦, PFC の空気圧シリンダへの適用, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014, pp.2A2-P01, 2014
8. 阿部梨恵, 佐藤俊之, 斎藤直樹, 永瀬純也, 嵐嶽宣彦, 外乱オブザーバと時変制約に基づくモデル予測制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014, pp.2A1-K03, 2014
9. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムの開発とその制御, 第15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(SI2014), pp.1H4-3, 2014
10. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムの構成とその制御, ロボティクス・メカトロニクス講演会2015(ROBOMECH2015), pp.2P1-I03, 2015
11. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 上肢支援システムにおける筋電信号用いた食事支援モードの開発, 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), 2I3-2, 2015
12. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 佐藤俊之, 永瀬純也, 空気圧シリンダを用いた上肢支援システムにおける食事支援モードの開発報告, ロボティクス・メカトロニクス講演会2016(ROBOMECH2016), 2A1-03b3, 2016.

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発／脳波と筋活動の相関に関連>

13. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 空気圧シリンダを用いた足関節リハビリシステムの反復動作時の脳内神経活動, LIFE2016, 3A2-E04, 2016
14. 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 足関節リハビリシステムによる他動反復動作時の筋・神経活動, 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(SI2016), 3J4-4, 2016.

F. 受賞

<C 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発／脳波と筋活動の相間に関連>

1. 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 SI2016優秀講演賞, 橋本侑亮, 嵐嶽宣彦, 田中靖人, 藤江博幸, 足関節リハビリシステムによる他動反復動作時の筋・神経活動

C. 脳活動と筋活動の新しい相関抽出とこれを利用したリハビリ機器の開発

Living Neuronal Circuit から whole Brain までのレンジにおける ダイナミクスと認知機能-BCI システム実装のための基盤研究

理工学研究科 工藤 卓

C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析

神経活動パターンを解析する手法を開発し、本研究プロジェクトで開発する BCI システムの要素技術として確立した。

脳高次機能の解明には、神経回路網における電気活動の時空間パターンを解析することが重要であるが、ノイズが混在したデジタル化電位信号データから正確に活動電位スパイクを検出する必要がある。また、ブレイン-マシンインターフェースへの応用を考えると、スパイク検出と神経信号の計測・保存とを同時に実行することが望ましい。そこで、自発性の活動電位の頻度とノイズ信号が変動する状況にあっても、スパイク検出の閾値を適切に設定し、閾値ベースで神経信号を検出するシンプルなアルゴリズムを開発した。新規手法では従来の手法と同様に電位信号の振幅の平均値を基準とし、その標準偏差の整数倍をスパイク検出の閾値としたが、解析時間窓内における全計測電位に対して振幅の平均を計算するのではなく、一定の条件を満たす部分集合についての平均値と標準偏差を算出し、これを基準とした。

$$\text{threshold} = E(N) \pm \sigma(N) \times a$$

ただし、N は以下の条件式を満たす I の部分集合とする。

$$|N - E(I)| < \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |I - E(I)|$$

この閾値設定手法は、まずベースラインノイズ検出を目的として閾値を設定し、その閾値以下の振幅の小さな電位信号をノイズとして、これを元にスパイク検出の閾値を再設定するというものである。スパイクとみられる大きな振幅の電位信号を除外した電位信号データからノイズ閾値を設定することで、解析時間窓内のスパイクの発生頻度に依存せず、安定して閾値を設定することが可能である。

従来の手法ではスパイク検出数は正解の91.8%と若干低めに検出される傾向にあったものが、本研究手法では96.4%に向上し、取りこぼされた活動電位スパイクが減少した。また、神経信号で電子機器を制御する目的を想定し、複数電極から電位信号を記録すると同時にスパイク検出を行うプログラムを開発した。

また、検出したスパイク信号もしくは脳波信号から特徴ベクトルを構成し、その空間パターンを分類する手法として、自己組織化マップ、ファジィ自己組織化マップ、ユークリッド距離比較、階層型クラスタリング、及び K-means 法を検討した。

特に、新規手法であるファジィ自己組織化マップ（F-SOM）について以下に述べる。神経電気活動を初めとする生物のデータはばらつき、曖昧性を持つ。本研究では、曖昧性を取り

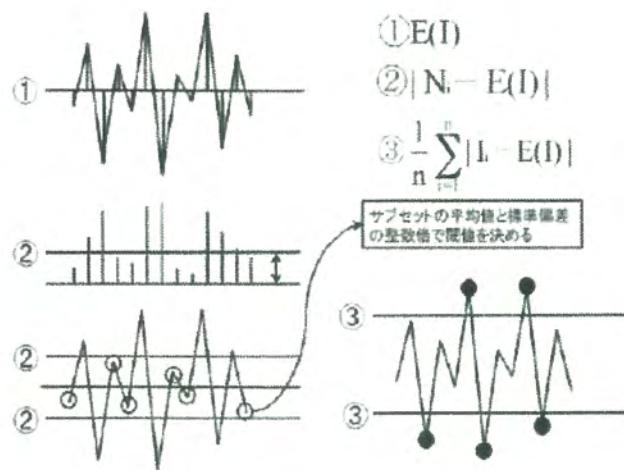


図. 新規スパイク検出手法の概念図

扱う目的で SOM をファジィ化した Fuzzy-SOM (F-SOM)を開発した。F-SOM では、入力ベクトルと参照ベクトルとの類似度の指標を三角型メンバシップ関数の適合度とし、参照ベクトルの各要素にメンバシップ関数を格納した。

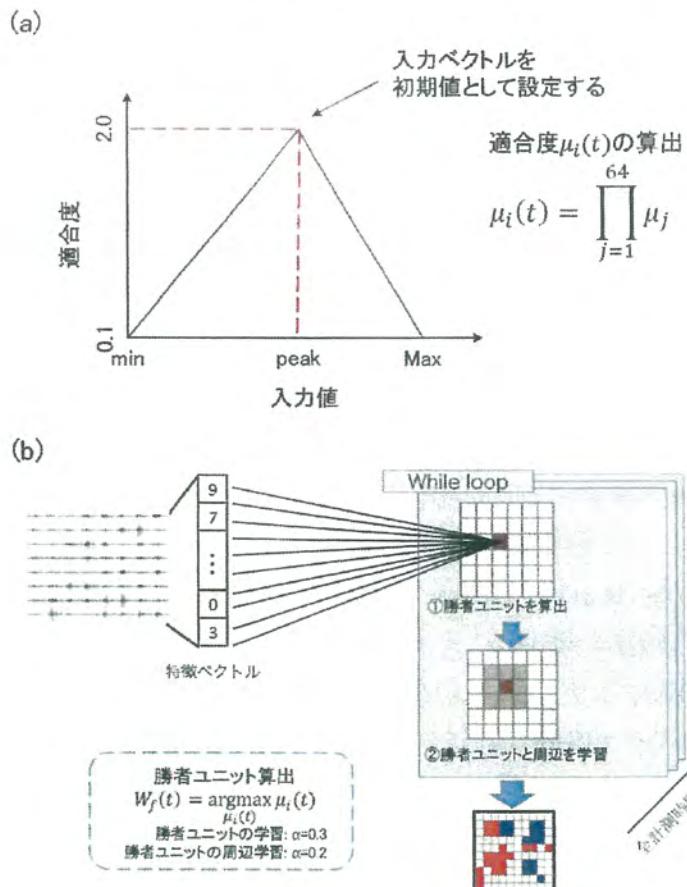


図. F-SOM の概念図

C.2 経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial magnetic stimulation, TMS) を用いた運動相關刺激法の確立

光トポグラフィにより、TMS により誘発された運動、随意運動、運動イメージ発現のそれぞれのタスク実行時における前頭葉の脳活動を計測し、比較した。その結果、TMS 誘発運動と随意運動時にはいずれも同様に、運動指示タイミング（または TMS 刺激タイミング）による前頭部脳血流量の増加が観察され、TMS によって、運動に関連する脳領域のうち前頭部位が確実に賦活されることが確認された。この結果はニューロリハビリにおいて、前頭部位の脳活動を考慮に入れる必要があることを示唆している。

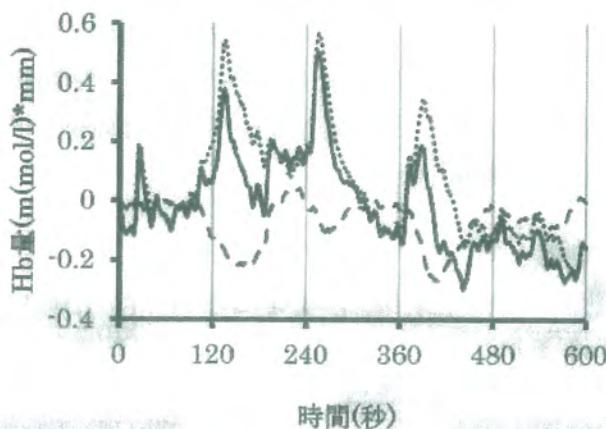


図. TMS 刺激による上肢不随意運動に伴う fNIRS 信号の例

さらに、脳活動の賦活時間に着目すると、TMS 刺激後20秒程度に渡る賦活時間の背景には末梢からのフィードバックが入力されている可能性が示唆された。これらの結果を活用することで、脳活動の賦活時間・傾向に着目して、より時間分解能、空間分解能の高いニューロモジュレーション手法の開発が可能になる。

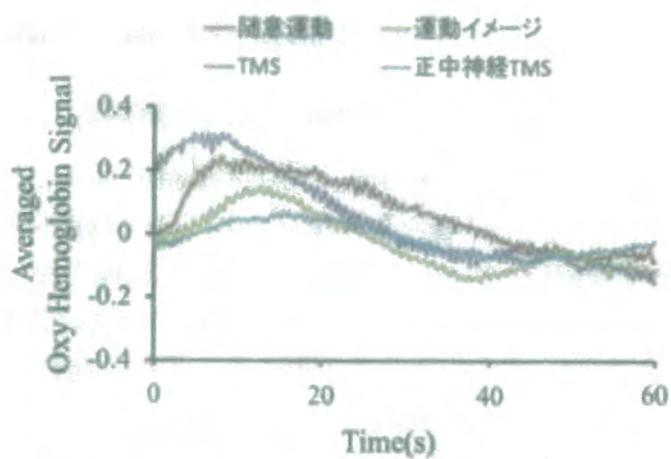


図. 隨意運動、運動イメージ、TMS、および正中神経 TMS に伴う fNIRS 信号の例

また、本研究項目の中核的な研究開発項目として、BCI システムの鶴立があるが、是に関しては、ファジィテンプレートマッチングによる探索的 BCI を開発した。

BCI に最もよく利用されているのは脳波(ElectroEncephaloGram, EEG)である。しかし、EEG は外環境の影響を受けやすく、集中力や生理的コンディションなどの実験参加者の状態によって変動し、また個人差も大きい。従って特定の周波数帯域と計測部位をあらかじめ固定してある認知的タスクを行ったときに誘発される脳波特徴を検出することを基にした BCI では、ある実験参加者には適応し、他の実験参加者には適応しないという問題が生じる可能性がある。

この問題を解決するために、特定のタスク実行時に特異的に出現する脳波パターンと計測部位を自動抽出する探索型 BCI を提案した。この開発した BCI では、よく用いられるメンバシップ関数の頂点の位置で表現したファジイテンプレートではない学習型簡略ファジイ推論を応用したファジイテンプレートマッチング(Learning Fuzzy Template Matching, L-FTM)法を実装した。ファジィルールの前件部において、特徴脳波パターンをファジィラベルによって曖昧に定義することで、検出するべき特徴脳波パターンのテンプレートをファジィルールとして柔軟に構築した。

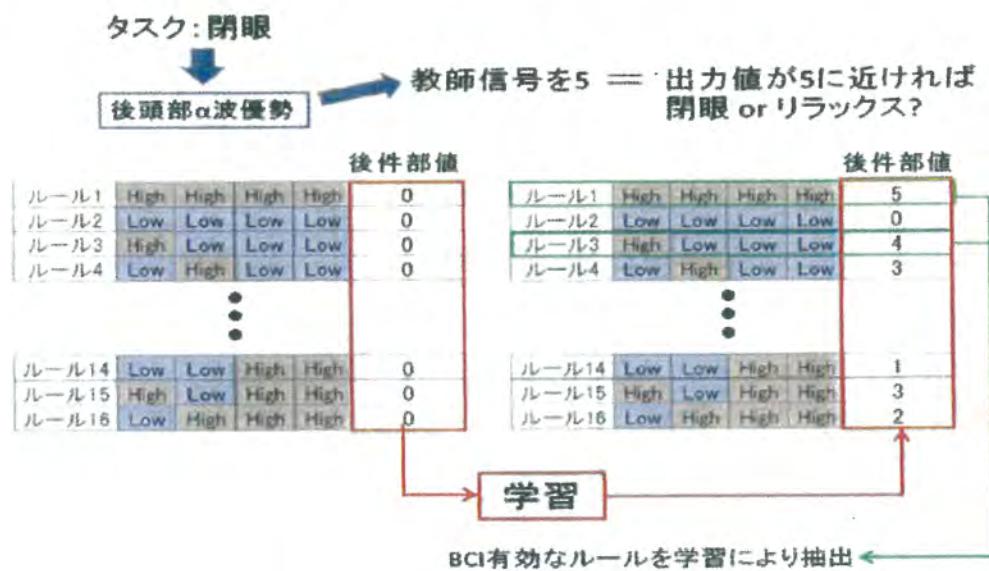


図. L-FTMによる探索型 BCI の概念図

これにより、事前の知識による解析対象脳波の限定を厳密にすることなく、探索学習によって、タスク時とノンタスク時で適合度が異なるルールを選別することにより、あるタスク実行時に特徴的な脳波のパターンを抽出することが可能となった。さらに、認知的タスク実行時(タスク状態)と非実行時(ノンタスク状態)の両方に出現する脳波特徴に対応するテンプレート(ルール)、すなわちタスク時とノンタスク時の両方の状態に適合度が高いルールを削減するプルーニングを実装した。

開発した BCI を用いて、閉眼時後頭部 α 波優勢、暗算、手の運動イメージ、足屈曲の運動イメージの4種のタスクを識別できるか検証したところ、いずれのタスクにおいても、タスク状態とノンタスク状態で出力値の平均は有意に異なり、タスク状態を脳波から検出することに成功した。また、学習によって変化した後件部値の大きなルールを抽出することで、これらのタスク時に誘導される脳波の特徴を検討した。その結果、本研究で開発

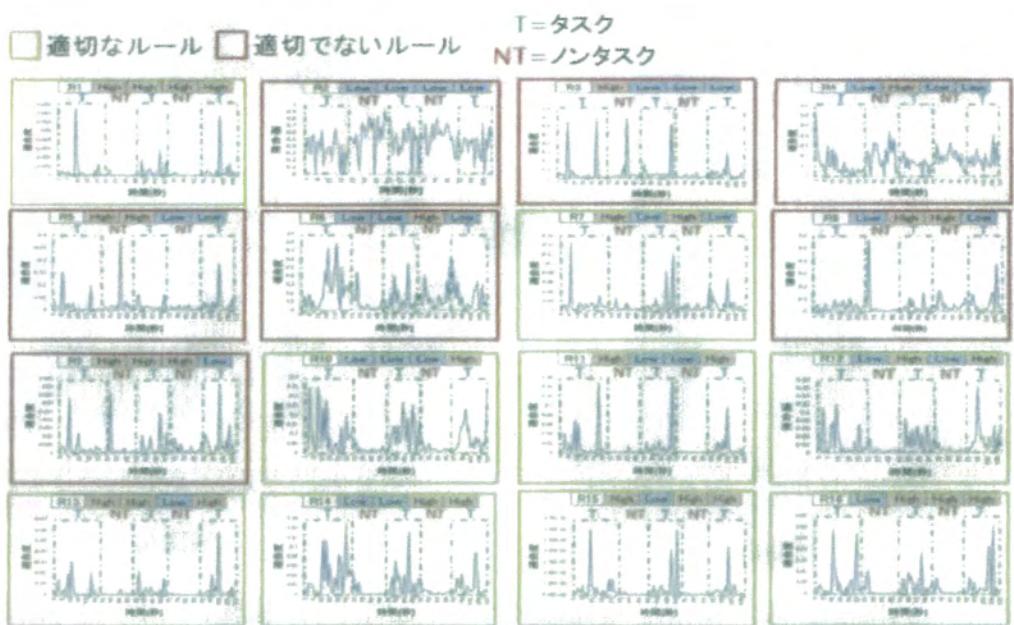


図. プルーニングの概念図

した BCI は、いくつかの脳波特徴を複合的に用いてタスク状態を判別していることが示された。これらにより、学習を行うだけで、同一の BCI システムを使用して、異なる認知的タスクを自動識別することに成功した。

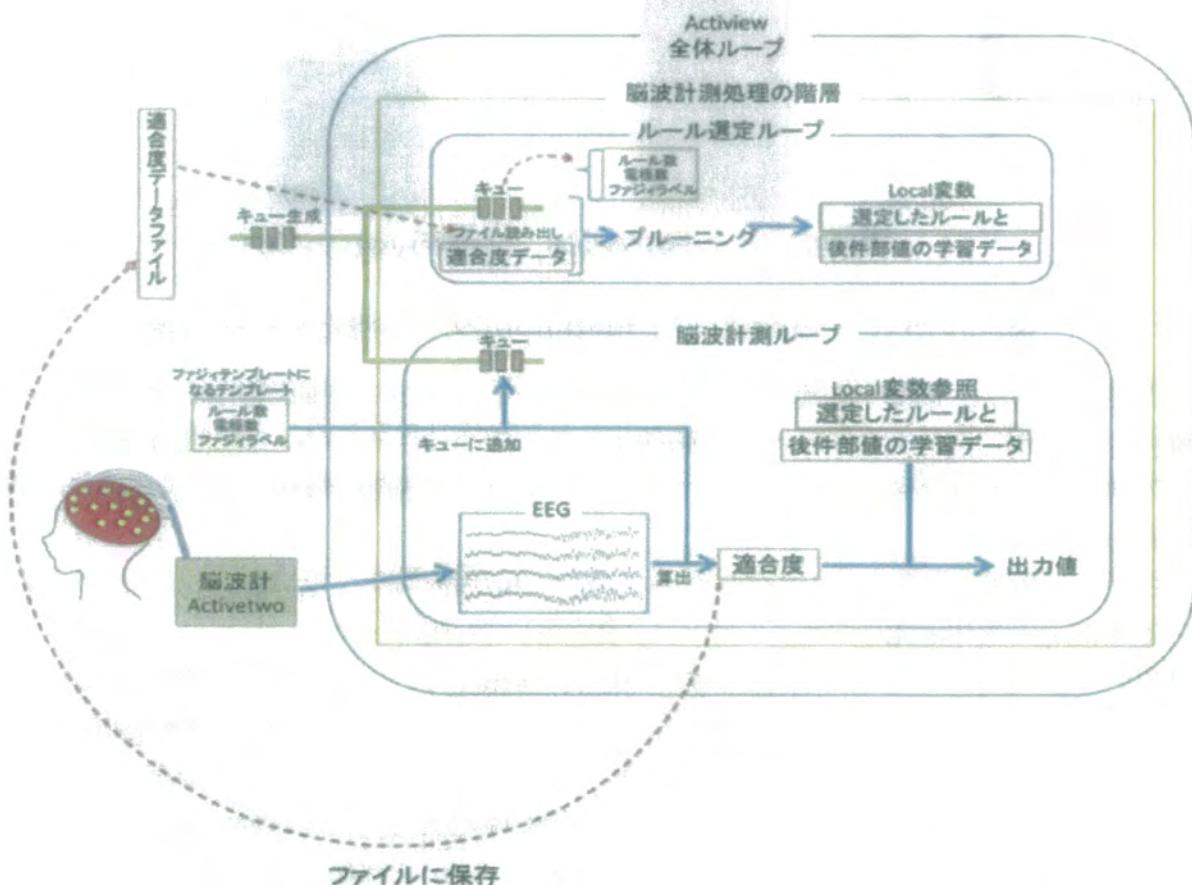
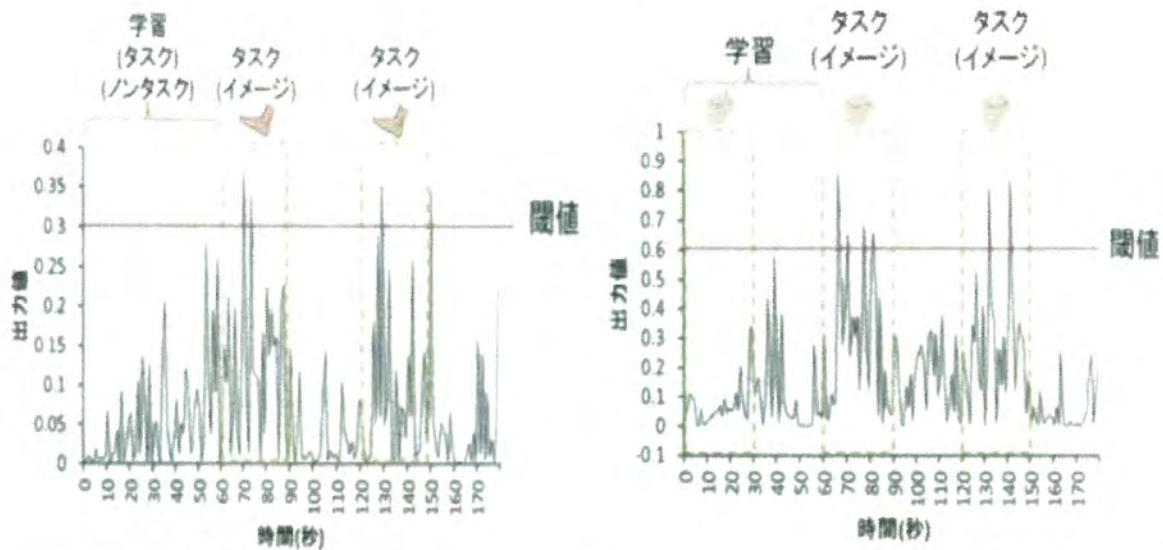


図. L-FTM による探索型 BCI の実装



L-FTMによる探索型BCIの出力:足屈曲イメージ(左)および、握掌イメージによる出力(右)

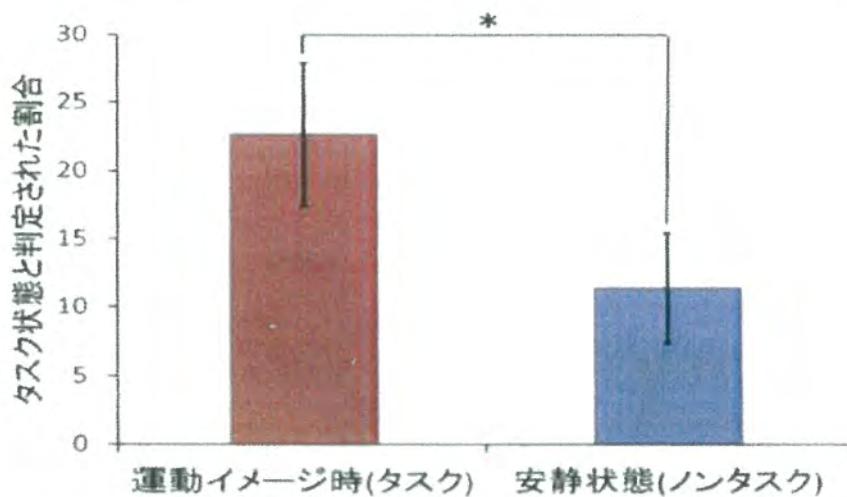


図. L-FTMによる探索型BCIの律動出力がタスク状態と判定された割合

本システムは、特定の認知的タスクを行うときに誘導される脳波特徴を探査し、それと適合度の高いファジィルールを自動抽出することができるため、ある認知的タスクに伴う未知の脳波特徴を発見することにつながり、脳の高次機能の解明にも有効であると考えられる。

さらに、BCIシステムのインターフェースへの応用を考え、ラバーハンドイルージョン(RHI)による身体感覚のプロジェクションについても検討した。RHIとは、ラバーハンドと本身の手を同期的に刺激を行い、本身の手が視界に入らないときにラバーハンドを本身の手と錯覚する現象である。これは、機械の遠隔操作や幻肢痛のリハビリなどに応用され注目されている。本実験では自作した延長可能なラバーハンドを使用して身体的感覚を延長させ、またその時の脳波(Electroencephalogram, EEG)と筋電(electromyography, EMG)の計測を行って客観的にRHIを評価した。結果として、自身の手よりも長い距離にあるラバーハンドも自身のものと感じることがあり、さらに、ラバー

ハンドと本身の手との間の距離 (RH 距離) 100 cm までは RH 距離が長い方が内観スコアも高く、線形的な関係が確認された。これは RH 距離が長い方がかえって RHI を強く自覚する傾向を示している。

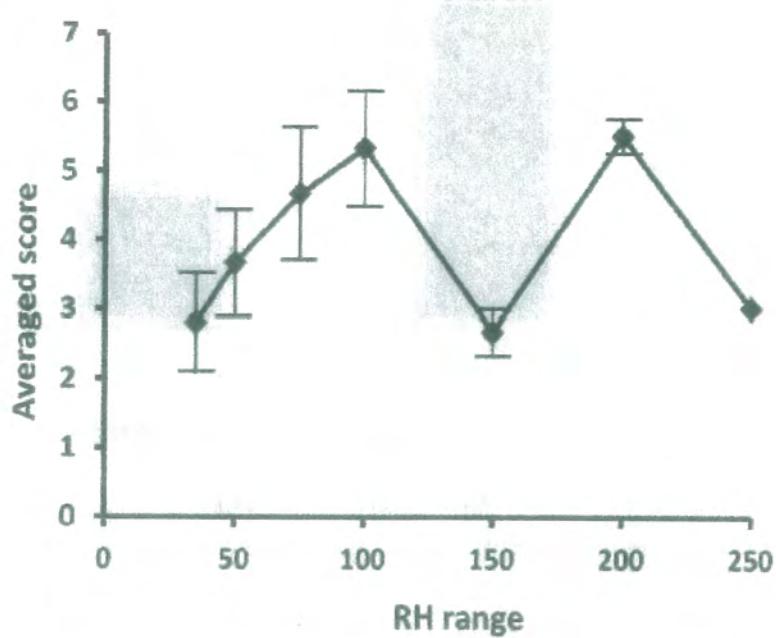


図. RH 距離別の動機タスクにおける内観報告スコアの平均値

さらに、計測部位 C3 と C4 で脳波を計測し、その同期性と RHI との関係性を解析したところ、正の相関があり、これは従来の研究と一致した。しかし、興味深いことに、内観報告では RHI を感じなかつたとする実験参加者にも C3-C4 脳波相関が認められ、ラバーハンドへのハンマー打ち下ろしに反応して逃避行動が観察されたことから、意識下の自覚と無意識の体感とが異なる場合があることが示された。

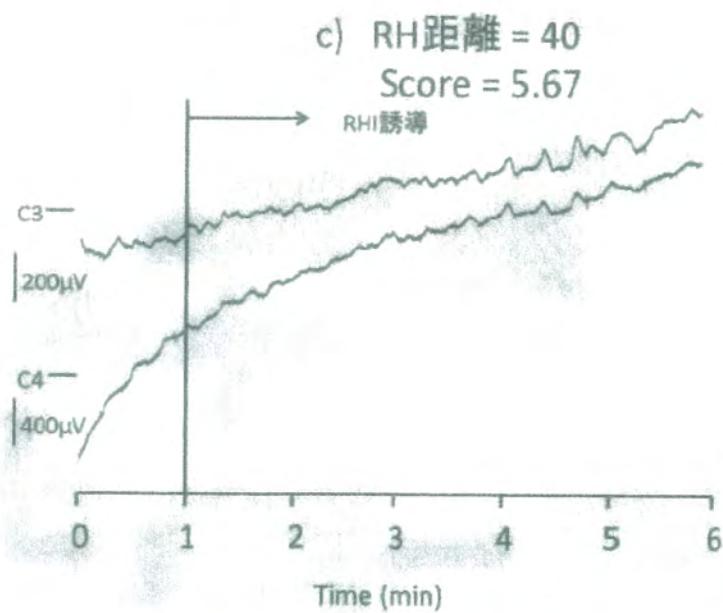


図. RHI 発現時における C3-C4 脳波相関

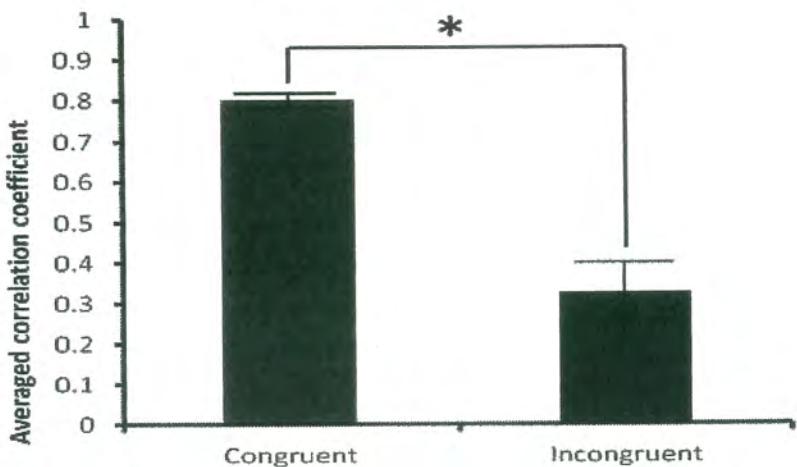


図. C3-C4脳波相関係数と RHI 発現との関係性

もう一つの BCI 要素技術として、簡便に制作できる脳波テレメトリシステムを開発した。さらにこのウェアラブル脳波遠隔計測システム Air Brain を用いた BCI システムを開発した。本システムの最大の特徴は、いつでも・どこでも・誰でも、安価かつ容易に脳波と人間行動の遠隔計測が可能になる点である。本研究では、開発した AirBrain を用いて、記号を默読したときの事象関連電位を判別する BCI を検討した。

スマートフォンのモニターに表示した記号を默読したとき、矢印の方向に依存した ERP 極性が右前頭葉付近で観察された。記号提示後、400ms から 700ms あたりで、上矢印の記号を提示した場合に正の極性を持つ事象関連電位が、下矢印の記号提示した場合に負の極性を持つ事象関連電位が発現した。提示された記号を默読した場合、記号の方向の判別率は9割に達した。この結果は、従来の知見と一致し、ウェアラブル脳波遠隔計測システム Air Brain を用いた BCI の実現可能性が示唆された。このシステムは簡便に脳波を遠隔計測出来るので、本研究プロジェクトで開発する BCI ニューロリハビリシステムの要素技術となる。



図. Air Brain の概念図

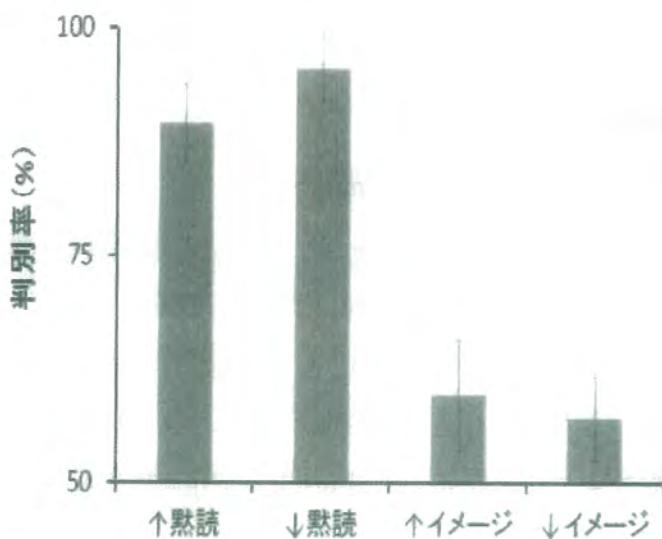


図. Air Brain を用いた BCI による矢印黙読／イメージの判別

C.2 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築

培養神経回路網に外界との入出力系を付加した「小さな脳」のモデル系を開発し、培養神経回路網ダイナミクスを解析する複数の研究を同時に遂行した。主な成果としては、以下の通りである。

1. 神経回路網への刺激の時系列パターンに依存して応答発火パターンが変化する現象を発見した。本研究成果は神経回路網を短期的メモリーとして利用することを示唆しているとともに、神経活動に刺激を印加した場合の影響を推定することを可能とする。
2. ニューロロボット走行時、神経回路網における自発性活動と誘発応答で共通する活動パターンが発生し、また両者は分離していくことが確認された。
- この結果から、神経回路網の誘発応答は、入力によって神経回路網が有する自発活動パターンのうち、特定の活動パターンが誘発される確率が上昇することで発現するという神経回路網入出力のルーズカップリング仮説を提唱した。
3. 神経回路網自発性活動は細胞外グルコース濃度が培養時と同じ濃度であるときに神経活動が最も活性化することを明らかにした。
4. 神経回路網に於ける自発性活動を一過性に停止したとき、活動を再開した場合に神経活動パターンが変更される現象について報告した。これは、ニューロリハビリにおいて、一過性の刺激を印加して神経活動を調整する際に考慮すべき要素である。
5. 神経活動パターンを階層型クラスタリングにより識別する手法について報告した。ニューロリハビリシステムに於ける BCI 部分の信号識別手法として応用できる技術である。

研究業績

A. 査読付き原著論文

<C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析に関する>

1. 大機 悠斗, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 一過性神経電気活動阻害による神経回路網電気活動 ダイナミクスに与える影響, 知能と情報, Vol.28-3, pp.666-674, 2016
2. 箕嶋 渉, 妙中 徹平, 伊東 嗣功, 工藤 卓, 変動的な神経活動パターン抽出のためのオンラインスペイク検出システム, 知能と情報, Vol.28-3, pp.655-665, 2016

<C.2 経頭蓋磁気刺激法(Transcranial magnetic stimulation, TMS)を用いた運動相関刺激法の確立>

3. 伊東 嗣功, 箕嶋渉, 本多慶大, 工藤 卓, ウェアラブル脳波遠隔計測システム Air Brain の記号識別機能の検証, 知能と情報 Vol.28-3, pp.647-654, 2016

<C.3 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築>

4. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito and Suguru N. Kudoh, The Glucose Concentration-Dependency of Spontaneous Activity in a Cultured Neuronal Network, Electronics and Communications in Japan Volume 97, Issue 9, pages 35-41, 2014

B. 査読付き国際会議 proceedings

<C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析に関する>

1. Eri Shibata, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Does representation of outer objects in living neuronal network synthesize “the concept”, Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), pp.576-577
2. Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Relationships between stimulus interval and changes of firing properties, Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), pp. 722-723
3. Yuto Ooki, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, The effects of transient abolishment of electrical activity on dynamics in a dissociated neuronal network., SCIS&ISIS 2014.
4. Yasunori Fukui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Validation of long-term changes of evoked response with Self-Organization Map, SCIS&ISIS 2014.

<C.2 経頭蓋磁気刺激法(Transcranial magnetic stimulation, TMS)を用いた運動相関刺激法の確立>

5. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, Comparison of prefrontal activity evoked by limbic movement, motor imagery and Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), Proc. Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) 2016 and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), pp.720-721

<C.3 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築>

6. Ito, Hidekatsu, Minoshima, Wataru, Kudoh, Suguru, Relationship between Inter-Stimulus-Intervals and Intervals of Autonomous Activities in a Neuronal Network, proc. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE, pp.1536-1539, 2015
7. Yuto Ooki, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, The effects of transient abolishment of electrical activity on dynamics in a dissociated neuronal network., SCIS&ISIS 2014, 2014.
8. Yoshinori Matsui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Stability of neuronal electrical activity pattern evoked by two inputs stimulation., SCIS&ISIS 2014, 2014
9. Yasunori Fukui, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, Validation of long-term changes of evoked response with Self-Organization Map, SCIS&ISIS 2014, 2014

C. 著書

<C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析に関連>

1. 工藤卓, 本多慶大, "ウェアラブル脳波計とスマートフォンで構成した脳波遠隔計測システム", 『ヒト装着エレクトロニクス』株式会社エヌ・ティー・エス, pp.185-197, 2014

D. その他の国際会議発表

<C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析に関連>

1. Minoshima, Wataru, Ito, Hidekatsu, Kudoh, Suguru, Discriminating Patterns of Neuronal Activity by Self Organization Map with Fuzzy Sets, EMBC 2015, 2015
2. Oda, Teruo, Kudoh, Suguru, Heuristic BCI using Learning-Based Fuzzy Label Template, EMBC 2015, 2015

<C.2 経頭蓋磁気刺激法(Transcranial magnetic stimulation, TMS)を用いた運動相関刺激法の確立>

3. Oda, Teruo, Kudoh, Suguru, Heuristic BCI using Learning-Based Fuzzy Label Template, EMBC 2015, 2015
4. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N Kudoh, fNIRS analysis of prefrontal activity evoked by upper-limb-motion or transcranial magnetic stimulation, EMBC 2015, 2015

<C.3 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築>

5. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito and Suguru N Kudoh, Relationship between patterns of autonomous activity and external glucose concentration of culture medium, MEA meeting 2016, 2016
6. Suguru N Kudoh, Ryuto Hamada, Wataru Minoshima and Hidekatsu Ito, 2-D mapped neuronal-activity-patterns for generating behaviors of Neurorobot Vitroid, MEA meeting 2016, 2016
7. Nanami Hirata, Wataru Minosima, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, The graph structure of functional connections in cultured neuronal network, 10th FENS Forum of Neuroscience, 2016
8. Takumi Okada, Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru. N Kudoh, Analysis of the transition of electrical activity patterns in cultured neuronal networks, 10th FENS Forum of Neuroscience, 2016
9. Kudoh, Suguru , Minoshima, Wataru , Ito, Hidekatsu, , Neurorobot System "Vitroid" as a Model for Small Brain Circuit, EMBC 2015, 2015
10. Minoshima, Wataru, Ito, Hidekatsu, Kudoh, Suguru, Discriminating Patterns of Neuronal Activity by Self Organization Map with Fuzzy Sets, EMBC 2015, 2015
11. Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, Short ISI stimulation modifies firing property of a cultured neuronal network, MEA Meeting 2014, 9th International Meeting on Substrate-Integrated Microelectrode Arrays, 2014
12. S. Kudoh, H. Ito, W. Minoshima, Y. Fukui, STABILITY OF EVOKED ACTIVITY IN A CULTURED NEURONAL CIRCUIT- ANALYZED BY SELF-ORGANIZATION MAP (SOM), 9th FENS Forum of Neuroscience in Milan, 2014
13. Wataru Minsohima, Hidekatsu Ito, Alice Shuta, and Suguru N Kudoh, Spontaneous Electrical Activity in Rat Hippocampal Neuronal Network Depends

on Extracellular Glucose Concentration, 9th FENS Forum of Neuroscience in Milan, 2014

E. 国内会議発表

<C.1 筋電と脳活動部位の相関性解析に関する>

1. 小田 輝王, 工藤 卓, 戻り込み付きファジィ-テンプレートマッチング法による探索型脳-機械インターフェース, 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, 2016
2. Takuya Ueda, Suguru N. Kudoh, ラバーハンドイルージョンによる身体性の拡張と脳活動 ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
3. Oda, Teruo, Kudoh, N. Suguru, 学習型ファジィテンプレートマッチング法による複数のタスクにおける脳波特徴の識別, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
4. 小田 載王, 志水 沙織, 工藤 卓, 探索型 Fuzzy テンプレートマッチング手法を応用した柔軟な BCI システム, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
5. 本多慶大, 工藤卓, Air Brain を利用した脳波 BCI システム, 第30回ファジィシステムシンポジウム, 2014

<C.2 経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial magnetic stimulation, TMS) を用いた運動相関刺激法の確立>

6. 森下 彩郁, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 運動認知による TMS 誘発 fNIRS 信号への影響, 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, 2016
7. Sayaka Morishita, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, 経頭蓋磁気刺激により誘発された脳活動と自発的運動に伴う脳活動との比較 ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
8. 伊東 嗣功, 森下 彩郁, 小田 載王, 箕嶋 渉, 工藤 卓, TMS 刺激・随意運動に対する脳機能信号の動態, 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, 2015
9. 森下彩郁, 小田輝王, 工藤卓, 経頭蓋磁気刺激に伴う脳活動, 第31回ファジィシステムシンポジウム, 2015

<C.3 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築>

10. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru, N. Kudoh, 胞外グルコースと神経電気活動の関係性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016

11. Hidekatsu ITO, SAYAKA Morishita, Suguru N. Kudoh, 動画視聴時の脳活動について, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
12. Haruka Hisauchi, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, パターン化連続入力による分散培養系における神経誘発応答の変化, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
13. Kohei Ebisui, Suguru N. Kudoh, 時系列運動の習得に伴う脳活動, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
14. Okada, Takumi, Minoshima, Wataru, Ito, Hidekatsu, Kudoh, Suguru, N., 神経回路網における自発性電気活動パターンの時間変遷の解析, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2016, 2016
15. Nanami Hirata, Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru Kudoh, 培養神経回路網におけるネットワークグラフ構造の培養日数依存的变化, 第54回日本生物物理学会年会, 2016
16. Haruka Hisauchi, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, パターン化連続入力による分散培養系における神経誘発応答の変化, 第54回日本生物物理学会年会, 2016
17. Yuma Taura, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, ニューロ・ロボット vitroid の行動に伴う神経活動パターンの独立性の変化, 第54回日本生物物理学会年会, 2016
18. Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima, Suguru N. Kudoh, 第39回日本神経科学大会, パシフィコ横浜, 2016
19. Wataru Minoshima, Hidekatsu Ito, Suguru N. Kudoh, Relationship between patterns of spontaneous activity in the cultured neuronal network and glucose concentration of culture medium, 第39回日本神経科学大会, 2016
20. 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 電気刺激によって発現する生体神経回路網のメモリー現象, 第30回人工知能学会全国大会, 2016
21. 工藤卓, 濱田竜人, 芝田恵理, 伊東嗣功, 箕嶋渉, ニューロロボットの生体神経回路網への入力と応答～半人工の神経回路網と電気刺激で“対話”する, 第30回人工知能学会全国大会, 2016
22. 福井 康弘, 箕嶋 渉, 伊東 嗣功, 工藤 卓, 生体神経回路網と小型移動ロボットによる半人工の知能, 第29回人工知能学会全国大会, 2015
23. 箕嶋渉, 伊東嗣功, 工藤卓, 神経回路網活動と培養時グルコース濃度の関連性について, 第38回日本神経科学大会, 2015

24. H. Ito, W. Minoshima, S. N. Kudoh, 培養神経ネットワークが保持する時間情報について, 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2015, 2015
25. Y. Ooki, H. Ito, W. Minoshima, S. N. Kudoh, Spontaneous activity pattern modified by transient inhibition of electrical spike activity in a cultured living neuronal network, 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2015, 2015
26. 松井嘉徳, 伊東嗣功, 箕嶋渉, 工藤卓, 入力に誘導された神経電気活動パターンに顯れる神経回路網内部状態の安定性, 第31回ファジィシステムシンポジウム, 2015
27. 山ノ井高洋, 豊島恒, 工藤卓, 大西真一, 山崎敏正, 菅野道夫, トランプカード画像想起時の脳波を用いたBCI, 第31回ファジィシステムシンポジウム, 2015
28. 平田 菜々美, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 培養神経回路網における機能的結合のグラフ構造, 第53回日本生物物理学会年会, 2015
29. 岡田 卓巳, 泉谷 圭祐, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 培養神経回路網における神経活動パターンの時間遷移の解析, 第53回日本生物物理学会年会, 2015
30. 福井 康弘, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 周田ありす, 工藤 卓, 自己組織化マップにより生成されたニューロ・ロボットの行動と神経活動との関係性, 第30回ファジィシステムシンポジウム, 2014
31. 箕嶋 渉, 伊東 嗣功, 周田ありす, 福井 康弘, 工藤 卓, ファジイ論理と自己組織化マップを用いた生体神経回路網における状態遷移の分類, 第30回ファジィシステムシンポジウム, 2014
32. 泉谷 圭祐, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 周田ありす, 工藤 卓, 神経回路網活動パターン・レパートリーの安定性とその識別, 第30回ファジィシステムシンポジウム, 2014
33. 箕嶋 渉, 伊東 嗣功, 周田 ありす, 工藤 卓, 神経回路網の自発的な活動は細胞外ブドウ糖濃度変化により変調する, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
34. 本多慶大, 工藤卓, Air Brain を利用したカメラ制御 BCI システム, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
35. 泉谷 圭祐, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 周田 ありす, 工藤 卓, 培養神経回路網における電気活動パターンの再現性について, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
36. 大機 悠斗, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 一過性神経活動阻害が神経回路ダイナミクスに与える影響, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
37. 宮内 康平, 田和 圭子, 工藤 卓, 田口 隆久, 細川 千絵, 神経細胞表面分子の局所光操作に向けたプラズモン光ピンセット手法の開発, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014

38. 福井 康弘, 伊東 嗣功, 箕嶋 渉, 工藤 卓, 刺激誘発神経活動の安定性の検証-自己組織化マップを用いた解析, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
39. Yoshinori Matsui, Keisuke Izutani, Hidekatsu Ito, Wataru Minoshima and Suguru N. Kudoh, Stability of neuronal electrical activity pattern evoked by input stimulation depends on culture days., 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
40. 伊東 嗣功, 工藤 卓, 神経回路網の活動間隔と刺激間隔の関係について, 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2014
41. W. Minoshima, H. Ito, A. Shuta, S.N. Kudoh, The relationship between neuronal activity and extracellular energy sources, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2014, 2014
42. A. Shuta, H. Ito, W. Minoshima, S.N. Kudoh, Relationship between pattern of bursting spontaneous activity and intracellular Ca²⁺ transients 局所ネットワーク内 Ca²⁺変動とネットワークバースト活動との関係性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2014, 2014
43. K. Izutani, H. Ito, W. Minoshima, A. Shuta, S.N. Kudoh, ラット海馬培養神経回路網における電気活動パターンの周期性と安定性, ライフエンジニアリング部門シンポジウム2014, 2014
44. 工藤卓, 培養神経回路網における情報表現, 第52回日本生物物理学会年会, 2014
45. 箕嶋 渉, 伊東 嗣功, 工藤 卓, 海馬分散培養神経回路網における自発性神経活動頻度の細胞外ブドウ糖濃度による変化, 第37回日本神経科学大会, 2014
46. 伊東 嗣功, 工藤 卓, 培養神経回路網の活動間隔は電気刺激によって記録される, 第37回日本神経科学大会, 2014

F. 受賞

<C.2 経頭蓋磁気刺激法(Transcranial magnetic stimulation, TMS)を用いた運動相関刺激法の確立>

1. 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, 伊東 嗣功, 森下 彩郁, 小田 輝王, 箕嶋 渉, 工藤 卓 「TMS 刺激・随意運動に対する脳機能信号の動態」

<C.3 歩行に関する脳活動への電気刺激効果を検証する細胞生物学的モデルの構築>

2. 平成26年電気学会電子・情報・システム部門大会 企画賞, 企画セッション「神経工学」

E. 医学的、生理心理学的評価

リハビリテーションのための生理心理学的評価に関する基礎的検討

理工学研究科 長田 典子

はじめに

リハビリテーションは、一定期間に渡り継続的に実施されてはじめて十分な効果を発揮する。そのためには実施者のリハビリテーションに対する継続的な取り組みが必要であり、実施者の心理的側面が重要である。土肥(2008)は、リハビリテーションの実施には、実施者の内発的動機が必要であると指摘している。たとえリハビリテーション手法や器具が高い効果を持っていても、リハビリテーションに対する実施者のモチベーションが低ければ継続的な実施は期待できず、十分に効果を発揮することは難しい。また江藤ら(2005)は、リハビリテーションは個人の持つ潜在能力に働きかける発達概念に立脚する、と考察している。すなわちリハビリテーションを行う個人の能力が変化し続けることを前提としており、その変化に応じて心理・生理状態もまた変化すると考えられる。そのため、リハビリテーションの実施者が、各時点でどのような状態にあり、それが変化する発達段階のどの位置なのかを主観的側面と客観的側面の双方から評価し、さらに経時的に理解することが、効率的なリハビリテーションを行うために必要不可欠である。これまでにもリハビリテーションに関する複数の指標とその測定方法に関して様々な研究が行われており、福祉用具(PIADS, QUEST), リハビリテーション実施者の満足度や動機(CSSNS, mGES, 達成動機尺度, 高齢者用運動動機尺度), QOL(SF-36, LSIA), 感情(POMS, PANAS)などが提案してきた。しかしながら主観的、客観的かつ経時的な評価方法は確立されていない。

そこで新たな医療・福祉機器への評価手法の提案を目標として、これまでに生理計測(脳活動、筋活動、心拍等), 心理計測(主観評価), 行動計測(顔表情、視線等)による心的状態の主観的、客観的評価手法に関して基礎的検討を行ってきた。本稿では以下の3つの研究について報告する。フロービークス(集中した状態)[1]を主観的、客観的にリアルタイムで計測する生理学的手法に関する研究(研究1), フローの心的状態を経時的に測定し、モデルを構築する研究(研究2), さらに快一不快など基本情動を測定するための心理学的手法(研究3)の3つである。

研究1. フロービークスに相關する脳活動

効果・効率の高いリハビリテーションを継続的に行うためには、実施者が集中した状態でリハビリテーションに取り組むことが必要である。そこでリハビリテーション中に実施者がどの程度集中しているか(フロー, Csikszentmihalyi, 1991)をリアルタイムで測定することを目的として、生理計測を用いた実験を行った。フローとは、Csikszentmihalyiにより提唱された概念であり、極度の集中により高いパフォーマンスの発揮する状態である。フローは人生の質に関わる心理資源として関心が持たれており、リハビリテーションへの応用も検討されている。しかしながらフローの客観的な評価手法は確立されていない。

平成26年度は、生理的側面からフローの客観的評価を実現するため、フロー状態における脳活動について検討した。Ulrichらの先行研究(2014)[2]によって、フロー状態の主観評価とfMRIによる脳活動とが相関することが示されている。これを脳波で計測可能にして簡便で安価なフローのリアルタイム計測を実現することを目的とする。

暗算課題の難易度により3つの条件(Boredom:退屈, Flow:フロー, Overload:過負荷)を作成し、16名の実験協力者（男性10名、女性8名、 21.86 ± 1.06 歳）を対象に、それぞれの条件下における主観的評価と脳波計測を実施した。主観指標を用いた予備実験の結果により、Flow状態およびOverload状態で、Boredom状態よりもポジティブ情動、ネガティブ情動の両方が強く喚起されることが明らかになっている(図1)。本研究ではそれぞれの難易度においてどのような心理状態が喚起されているのかを、主観指標と生理指標を組み合わせて、より正確に検討した。

主観的評価の結果(図2)、Flow条件において増加すると考えられる図中赤枠の項目がFlow条件において実際に増加しており、暗算課題によりフロー状態を構築できていることを確認した。

その上で、脳波を空間・周波数領域毎に多重比較し、(1)前頭θ波についてBoredomとその他2条件間で有意差、(2)右中心部α波において3条件間で有意差、があることを確認した(図3)。また、SVM(Support Vector Machine)を用い条件毎の分類を試み、左前頭δ波、右前頭θ波、右中心α波の情報を用いることで81.25%の精度でFlowとOverloadを分離できることを確認した。さらに、各領域間の相関も検討し、Flow条件において、右前頭θ波と右後頭β波の相関係数が、Overload間に有意差、Boredom間で有意傾向、を示すことを確認した。

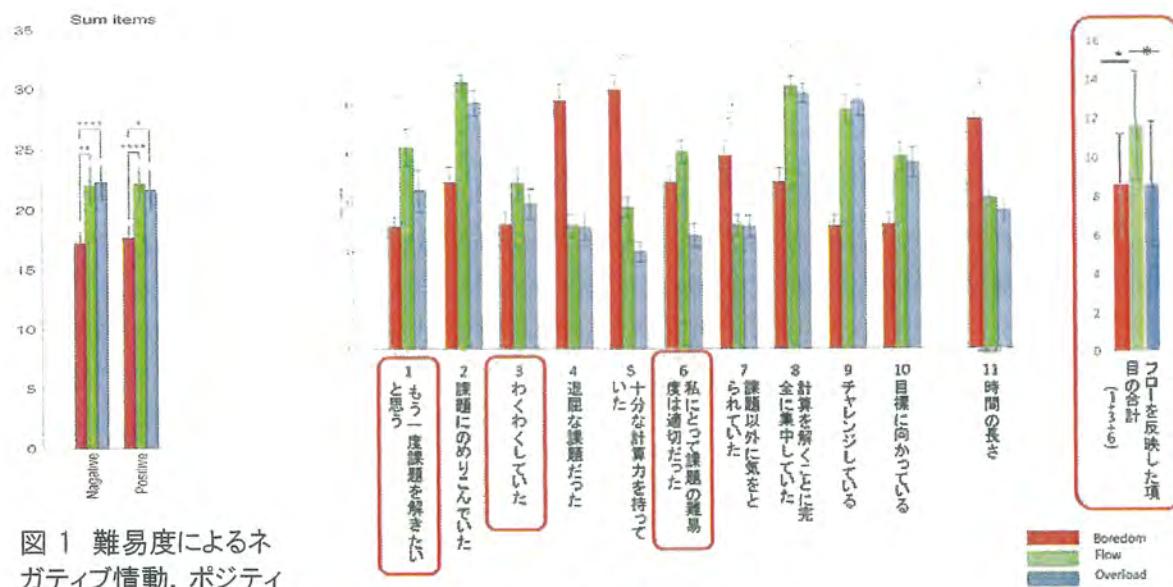


図1 難易度によるネガティブ情動、ポジティブ情動の変化

図2 主観評価結果

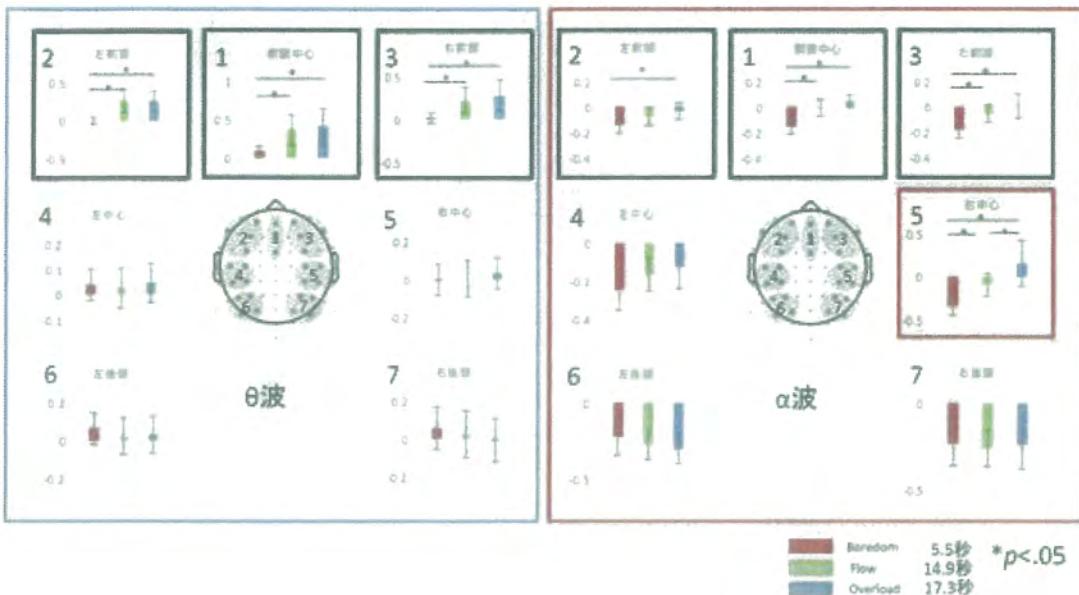


図 3 脳波の空間・周波数領域間の多重比較結果

研究2. フローアクティビティと興味価値、情動、モチベーションとの関係のモデル化

平成27年度には、技能熟達中のポジティブ・ネガティブ情動やフロー状態を継続して測定し、また興味価値とフローの関連性について検討した。具体的には、課題の繰り返しによるポジティブ、ネガティブ情動の変化(研究2.1)、フローが熟達において果たす役割(研究2.2)や、どのような活動がフローアクティビティを生じさせやすいのか(研究2.3)について検討した。リハビリテーションの目的は、いったん失った日常動作を回復することであり、そのためには動作の熟達メカニズム中の情動やフローの変化を解明することが必要である。したがって研究2では、手指を用いた日常動作の熟達メカニズムを対象としてモデル構築を行った。

研究2.1. 日常課題の繰り返しによる気分とフローの変化

研究2では、日常課題（ここではピアノ演奏課題）を繰り返す中でフローがどのように変化するかを明らかにするための実験を実施した。7名の参加者が5日間にわたって日常課題の訓練に取り組み、訓練の前後でそれぞれ PANAS(Positive and Negative Affect Schedule)[3] を用いたポジティブ情動とネガティブ情動の測定を行った。

課題前後のポジティブ情動、ネガティブ情動の変化量(課題後 - 課題前)を測定したところ、結果は図4のようになった。ポジティブ情動、ネガティブ情動とともに、訓練を繰り返すにつれて減少することが明らかになった。

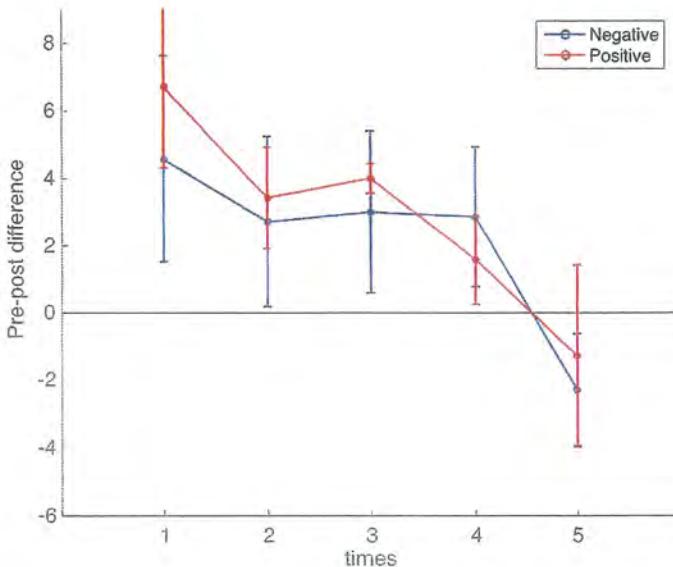


図4 課題前後のポジティブ情動, ネガティブ情動の変化量

研究2.2. 動機づけの指標としてのフローと日常課題成績の関連

例えば熟達したピアニストは非音楽家と比べ、脳や筋活動、指の独立性など効率の良い演奏姿勢を獲得されていることが報告されている(Aoki, Furuya & Kinoshita, 2005; Furuya, Goda, Katayose, Miwa & Nagata, 2011[4]). しかし運動技能の熟達過程や、そのための効率的な訓練の支援方法についてはいまだ明らかにされていない。

効率的な熟達のためには、適切な訓練課題に加え、訓練者の心理的要因に注目するアプローチが必要である。人が物事に取り組む際に作用する動機付け(モチベーション)は、外発的動機付けと内発的動機付けの2つに分割できる。外発的動機付けは賞や罰による動機づけであり、行動は目標に到達するための手段として定義される。その一方、内発的動機付けは、行動それ自体が目標となるものであり、より自律的であるため、外発的動機付けよりも高い効果が期待できる。

本研究では、内発的動機付けを、訓練を促進する心理的要因と位置づけ、さらに内発的動機付けとの関連が指摘されているフロート体験を指標として、動機づけと熟達の関連を検討した。内発的動機付けが動作の熟達を促進するという仮定の下、非エキスパートの動作熟達過程において、内発的動機付けと動作熟達がどのように関連するのかを明らかにした。

28名の参加者(男性22名、女性6名、平均年齢 22.5 ± 0.7 歳、全員右利き)を対象とし、手指に関する日常動作の訓練を1回1時間、合計20回行った。その際に、訓練を正確に遂行するように教示する課題(正確性課題)、訓練をなるべく速く遂行するように教示する課題(最速課題)、各手指を独立させて課題を遂行するように教示する課題(独立性課題)の3種類を行わせた。訓練前と訓練終了後に、運動機能テスト(中村・古屋・合田・巳波・長田, 2013)を行い、動作の熟達度合を測定した。また各回の訓練実施後に、フロート状態に関するアンケートを行い、訓練ごとのフロート体験得点を算出した。

各参加者に対して20回のフロー得点の平均値を算出し、そのデータに基づいて Ward 法によるクラスター分析を行った。その結果、フロー得点の高いフロー高群(19名)と、フロー得点の低いフロー低群(9名)に参加者を分割することができた。この2群に対して運動機能テストの結果を訓練前後で比較したところ、フロー高群の正確性、速度、独立性がフロー低群と比べて、練習によって大きく向上することが明らかになった。

さらにフロー高群の19名に対し、練習回数を説明変数、練習回毎のフロー得点を目的変数とした回帰分析を行い、回帰係数の符号による分類を行った。その結果、19名のフロー高群を、フロー得点が向上した10名(フロー向上群)とフロー得点が低下した9名(フロー低下群)に分類できた。フロー向上群とフロー低下群の2群のフロー得点について、群(フロー向上群/フロー低下群)×練習回数(1～5回目/6～10回目/11～15回目/16～20回目)の分散分析を行った。その結果、群×練習回数の交互作用がみられ、フロー向上群と比較して、フロー低下群は16～20回目の練習においてフロー得点が低下することが明らかになった(図5)。

また運動技能テストの結果について、群(フロー向上群/フロー低下群)×測定タイミング(実験前/実験後)分散分析を行ったところ、一部のテストにおいて交互作用がみられ、フロー低下群の方がフロー向上群に比べて、練習開始時に高いスキルを持っていたことが明らかになった。

これらの結果、フロー得点が高く、フローを体験しやすい参加者と、フロー得点が低く、フローを体験しにくい参加者が存在することが明らかになった。さらにフローを体験しやすい参加者は、体験しにくい参加者に比べて多くのスキルを獲得した。

またフローを体験しやすい参加者は、訓練全体を通してフローを感じ続けるフロー向上群と、訓練終盤にはフローを感じにくいフロー低下群が存在することが明らかになった。さらに、フロー向上群とフロー低下群の比較によって、フロー低下群はフロー向上群と比較して、実験開始前に高いスキルを持っていることが明らかになった。このことは、フローの前提である、課題の難易度と能力との適切なバランス(図6)を支持していると考えられる。

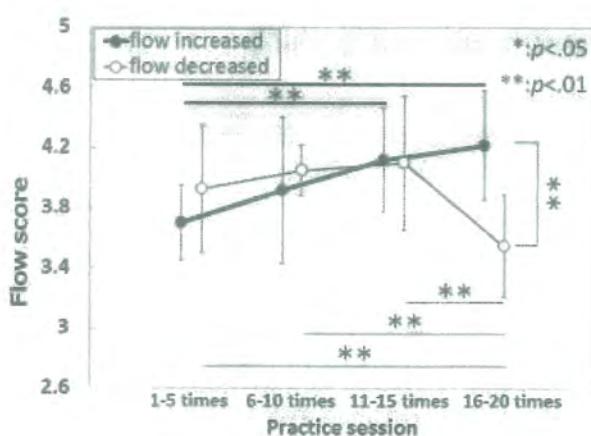


図 5 訓練中のフロー得点の変化の平均

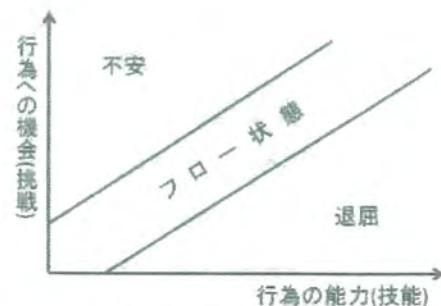


図 6 フローモデル
(Csikszentmihalyi, 1975をもとに作成)

これらの結果は技能熟達において、フロー状態を強く感じることや、適切な難易度の課題に取り組むことが、技能熟達にポジティブな役割を果たすことを示している。翻ってこのことは、リハビリテーションの効果を測定、予測する際に、フロー状態や課題の主観的な難易度といった、心理的な要素を測定することの意義を示唆している。

研究2.3. 興味価値とフローフラクスの関連性

フローフラクスに関する多くの研究が、スポーツ分野や芸術分野におけるエキスパートを対象として行われている。しかしフローを体験することは、日常生活の中でも起こりうることであり、また「愉しさ」への転換が可能であるとされている。そのためフローフラクスによって愉しさを感じることは、リハビリテーションのような場面においても、活動を継続させるためのポジティブな効果を生じさせると考えられる。したがって本研究では日常行為に焦点を当て、興味価値と、フローフラクスの関連性について検討した。

参加者5名（男性3、女性2、平均年齢23.2±0.5歳）を対象として実験を行った。

参加者は毎回1時間の日常課題に計5回取り組んだ。課題実施前には、課題に取り組むことが充実感や満足感を喚起しているかを確認するために、評価価値評定尺度(伊田, 2001)の5因子のうち、3因子(興味価値、私的獲得価値、公的獲得価値)の18項目に対して回答を求めた。次に参加者は、あらかじめ用意した日常課題を1時間行った。課題終了後には石村(2008)[5]のフローフラクスチェックリスト10項目に対して回答を求めた。また内省報告を聴取した。

課題価値評定尺度の3因子と、フローフラクスチェックリストの3因子との間の相関係数を算出したところ(表1)、課題価値測定尺度の興味価値とフローフラクスの各因子について有意な相関があった。具体的には興味価値と、「能力への自信」、「肯定感情と没入による意識経験」、「目標への挑戦」の3つとの間に正の相関があった。興味価値と能力への自信との間の相関は、興味をもって課題に取り組むことで技能が上達していると感じることを示している。興味価値と、肯定感情と没入による意識経験との間の相関は、課題に対して興味を持つことで、より課題に対して没頭するようになり、高い集中を発揮することを示している。興味価値と目標への挑戦との間の相関は、興味を持つことで、目標により積極的に取り組む可能性を示唆していると考えられる。

表1 フロー経験チェックリストと課題価値測定尺度間の相関

Measure	1	2	3	4	5	6
1. Confidence in skills	—	.532**	.626**	.546**	.223	.326
2. Positive emotions and total involvement		—	.363	.581**	.362	.119
3. Challenge to goals			—	.685**	.034	.040
4. Interest value				—	.389	.454*
5. Private attainment value					—	.729**
6. Public attainment value						—

Note. 1-3 is factors that constitute the Flow Experience Checklist

4-6 is factors that constitute the Academic Task-Value Evaluation Scale

* $p < .01$, ** $p < .05$.

先行研究(Csikszentmihalyi, 1988)では「課題の練習を始めた直後には単純なフローを感じかもしれないが、すぐに目新しさを求めたり、飽きたりする」と述べられている。しかし本研究の結果は、興味をもって内発的に課題に取り組むことで、課題に対して高い集中をもって没頭し、課題をうまくこなしていると感じるようになる、ということを意味している。このように非エキスパートが日常課題に取り組む際にもフローフィードバックは生じており、また興味価値がフローフィードバックを生じさせることが明らかになった。

研究3. Core affect 理論に基づく情動推定とタイプ分類

本研究では様々な情動の快/不快の程度を明らかにするために、core affect 理論に基づき2つの実験を行った。core affect 理論とは、人間の感情を快/不快の軸と覚醒/眠気の軸の2つによって説明しようとするものである(Russell & Barrett, 1999, 図7)[6]。リハビリテーションにおいて、参加者がどのような情動を領域固有のものとして感じており、それが快/不快の次元に関してどの位置に付置されるのかを明らかにすることが、リハビリテーションを対象とした評価を行うために必要であると考え、領域固有の情動的指標を構成する手法を開発した。

研究3.1. 評価グリッド法による情動の抽出

評価グリッド法(讀井, 2003)に基づき、参加者が特定の実場面で感じる様々な情動を収集することを目的に、参加者に対してインタビューを行った。その結果、参加者がポジティブ/ネガティブだと感じる場面においてどのような情動が生じるかについて、情動語とその関係性(上位/下位)によって抽出することができた。

研究3.2. クラスター分析による情動的指標の構成

次に研究3.1で明らかにした情動が、core affect 理論においてどのような位置に付置されるかを特定するための実験を行った。具体的には研究3.1で出現した単語と、実際場面において行った追加実験から得られた合計26単語のリストを行い、参加者23名(20-56歳、平均31.5歳、SD = 10.5)に、それぞれの単語に対して快/不快と覚醒/眠気をどの程度感じるかを5件法で評定させた。

その結果、各情動語が core affect 理論においてどのような位置にあるかを定位し、それぞれの情動がどの程度の快/不快、覚醒/眠気を持っているかを明らかにした。さらに各情動語の快/不快得点と覚醒/眠気得点に対してクラスター分析を行い、これらの情動を快・覚醒、快・眠気、不快・覚醒、不快・眠気の4つに分割できることを明らかにした。

以上の評価グリッド法とクラスター分析を用いた方法によって、リハビリテーションにおいて生じる情動を core affect のモデルに従って表現し、情動的指標とすることができる。また各情動の快/不快得点と覚醒/眠気得点を算出することで、リハビリテーション実施者の心的状態を発達段階に基づき経時的に評価することや、それをリハビリ機器の定量的評価に利用することも可能になる。

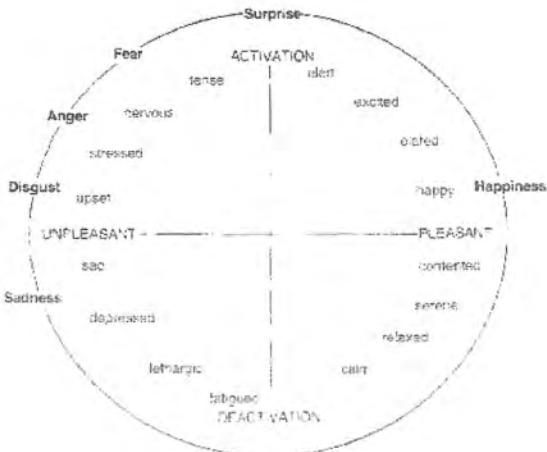


図 7 Russell &Barrett (1999)での core affect の概念図

まとめ

新たな医療・福祉機器への評価手法の提案を目標として、生理心理学的評価方法に関する基礎的検討を行ってきた。研究1では、情動の主観評定、フロー状態の主観評定、フロー状態の生理測定を用い、時系列データの収集と分析を行った。研究2では技能熟達中のフローを継続して測定し、評価モデルの構築を行った。研究3では領域固有の情動的指標を構成する手法を開発した。

これらの研究によって、生理計測と心理計測の有効性を確認し、リハビリテーションにおいて、参加者が体験する情動やフローを評価する手法を確立した。さらに、特定の場面で生じる情動の性質を明らかにし、指標化する手法を開発したことによって、リハビリテーションの最中に感じている、領域固有の情動を明らかにすることが可能になった。これらの研究によって、リハビリテーションに影響を与えると考えられる心理的・生理的因素を特定し、それがどのようにリハビリテーションの効果に影響を与えるのかを明らかにすることが可能になった。

参考文献

- [1] M. チクセントミハイ. フローフローの現象学 喜びの現象学 世界思想社. pp. 194-202, 1996.
- [2] M.Ulrich et al. Neural correlates of experimentally induced flow experiences. NeuroImage, Vol. 86, pp. 194-202, 2014.
- [3] Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A., Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. Journal of Personality and Social Psychology, 54, pp.1063-1070, 1988.
- [4] Furuya, S., Goda, T., Katayose, H., Miwa, H., & Nagata, N., Distinct inter-joint coordination during fast alternate keystrokes in pianists with superior skill, Frontiers in human neuroscience, 5, 50, 2011.
- [5] Ishimura, I. & Kodama, M. Flow experiences in everyday activities of Japanese college students: Autotelic people and time management. Japanese Psychological Research, 51(1), pp.47-54, 2009.

研究業績

<E. 医学的、生理心理学的評価>

A. 査読付き原著論文

1. 和氣早苗・今井将太・西崎敦美・光本恵・長田典子, タッチパネル操作における反応音の有効性～視覚フィードバック有無の観点から～. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 19(1), pp. 61-68, 2017.
2. 白岩史・片平建史・饗庭絵里子・飛谷謙介・長田典子・藤巻志保・吉田功・小村規夫, 環境配慮行動のためのモチベータイプ・コミュニケーションモデルにおける動機の内在化. 電子情報通信学会論文誌 D, J98-D(2), pp. 300-308, 2015.
3. 有賀治樹・西山乗・橋本学・長田典子, 5指の指先の同時追跡に基づくピアノ運指認識手法. 電子情報通信学会論文誌 D, J98-D(2), pp. 328-330, 2015.
4. 服部由季夫・長田典子, 手指の左右非対称動作における局所脳内酸素化動態. 運動とスポーツの科学, 20(1), pp.41-48, 2014.
5. Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N., Acquisition of individuated finger movements through musical practice. Neuroscience, 06/2014: DOI: 10.1016/j.neuroscience.2014.06.031, 2014.
6. Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N., Extraction of practice-dependent and practice-independent finger movement patterns, Neuroscience letters, 577(C) pp.38-44, 2014.

B. 査読付き国際会議 proceedings

1. Nakajima, et al. , Modeling of “High-Class Feeling” on a cosmetic package design. Proc. 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), pp.319-324, 2016.
2. Sasaki, K., Watanabe, R., Hashimoto, M., & Nagata, N., Person-independent classification of subtle facial expressions using ‘Movement direction code of keypoints’. The Korea-Japan joint workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV), pp.309-313, 2016.
3. Imai, S., Wake, S., Mitsumoto, M., Noguchi, M., Uchida, Y., & Nagata, N., Timbre image scale for designing feedback sound on button operation. HCI International 2016 - Posters' Extended Abstracts, Proceedings(Part I), pp.334-339, 2016.
4. Hattori, Y., Nagata, N., & Nakagawa, S. , Changes in cerebral oxygenation during asymmetric motion of the arms in Hip-Hop dance. The 6th International Conference on Nutrition and Physical Activity (NAPA 2015), C5-33, 2015.

5. Aruga, H., Hashimoto, M., Nagata, N., Piano Fingering Recognition based on Simultaneous Tracking of Fingertips using Particle Filter, Proceedings of Joint Conference of the International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) and the International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA), OS. 23, 2015.
6. Nakagawa, S., Miyake, Y., Kazai, K., Katahira, K., Nagata, N. , The relevance of the interest value as intrinsic motivation and flow experience during piano playing. Proc. the 7th European Conference on Positive Psychology (ECPP), 55, 2014.

E. 国内会議発表

1. 杉本匡史・今井将太・片平建史・山崎陽一・長田典子・益田綾子・岩田小笛・内山一(発表予定). 画像評価に基づく二輪ユーザの情動推定とタイプ分類. 第23回画像センシングシンポジウム, 2017.
2. 山崎陽一・尾崎宏晃・杉本匡史・片平建史・長田典子(発表予定). 暗算課題におけるフロービークス時脳波活動. 電子通信情報学会全国大会, 2017.
3. 佐々木康輔・橋本学・長田典子, 個人差の影響を軽減した移動方向コード特徴量による喜び度合い推定, フォーラム顔学2016, 日本顔学会誌, 16(1), p. 70, 2016.
4. 小笠真輝・古屋晋一・長田典子, Reinforcement learning but not feedback error learning co-enhances fine motor control and physiological efficiency in musical performance, 第10回 MotorControl 研究会抄録集, B-16, 2016.
5. 川口雅浩・佐々木康輔・佐藤吉将・橋本学・長田典子. 満足度推定を実現するための注目度・笑顔度センシング手法の開発. 映像情報メディア学会技術報告2016, 40(28), pp. 55-58, 2016.
6. 中川小耶加・中島加恵・藤原綾子・中島大典・饗庭絵里子・中川誠司・白岩史・長田典子, 色聴共感覚における色の見えと脳磁界反応の関係. 第31回日本生体磁気学会大会論文集, 29(1), pp. 78-79, 2016.
7. 中川小耶加・三宅祐美・片平建史・長田典子, ピアノ演奏における興味価値とフロー体験の関連性. 情報処理学会第77回全国大会講演論文集, 4G-06, 2016.
8. 中川小耶加・三宅祐美・片平建史・長田典子, ピアノ演奏学習における動機づけ要因の影響. 情報処理学会第77回全国大会, 講演論文集, 4G-07, 2015.
9. 三宅祐美, 中村あゆみ, 片平建史, 中川小耶加, 長田典子, ピアノ演奏学習における動機づけ要因の影響. 第30回ファジイシステムシンポジウム講演論文集, pp. 268-273, 2014.
10. 中川小耶加・三宅祐美・風井浩志・片平建史・長田典子, ピアノ演奏課題における興味価値とフロー体験の関連性. 日本認知心理学会第12回大会発表論文集, pp. 123, 2014.

A. 歩行の運動解析とモデリング

歩行時EMGの時系列解析

理工学研究科 岡留 剛

はじめに

本研究では筋肉の状態が弛緩状態と緊張状態の2状態であることを反映させた、2種類の時系列モデルの切り替えを行うモデルの構築を行い、その特徴を比較検討する。なお、筋電の高周波の成分は一般的には取り除くことが多いが、本研究では取り除かずに解析を行う。

スイッチングモデル

レジームスイッチングモデルは、時系列の平均や分散といった、パラメータが時間ごとに変化するときにモデリングを行う上で有効な手法である。レジームと呼ばれる「状態」があると仮定することで、時系列の確率過程の変化に適応する。ここでは、動的線型モデルと組み合わせたモデルを扱う。

状態空間モデルは、観測値の他に、観測されない状態ベクトルがあると仮定したモデルである。動的線型モデル(DLM)はその状態空間モデルの中で、線形でノイズがガウス分布に従う特別な場合とされている。このモデルは、観測方程式と状態方程式の2つで表される。観測方程式は p 次元の状態ベクトル x_t と q 次元の観測ベクトル y_t を用いて次のように定義される。

$$y_t = A_t x_t + v_t \quad (1)$$

ここで、 v_t は平均0のホワイトノイズでその共分散行列は R である。 A_t は観測行列と呼ばれる。状態ベクトルは現在と1時刻前の状態ベクトルを用いて次の式で表される。

$$x_t = \phi x_{t-1} + w_t \quad (2)$$

式中の w_t は平均0のホワイトノイズでその共分散行列は Q で、 ϕ は遷移行列である。

線型動的システムにレジームスイッチングの考えを持ち込むにあたり、 m 種類の状態をもつとして時変事前確率を定義する。

$$\pi_j(t) = \Pr(A_t = M_j) \quad (3)$$

ただし, $j=1, \dots, m$ と $t=1, \dots, n$ を満たす. この確率は過去の状態行列 A_1, \dots, A_{t-1} と過去のデータ y_1, \dots, y_{t-1} とは独立に決まるものとする. これとは別に現在の状態に基づいた状態確率を定義する.

$$\pi_j(t | t) = \Pr(A_t = M_j | Y_t) \quad (4)$$

ここで, Y_s は時刻 s までの観測値 y_1, \dots, y_s を表す. この確率は今までの情報が与えられたもとで時刻 t の状態が j である確率を示す.

モデルパラメータは, カルマンフィルターを援用し尤度最大化により推定する.

区間逐次決定モデル

全部の候補点を用いて計算すると, 組合せ爆発が起こるため, 候補点を 2 つずつ扱う手法を提案する. 以降, 変化の激しくない区間を A 区間, 激しい区間を B 区間と呼ぶ. 閾値で候補点を先に求めていることを前提とする. まず, 最初の A 区間の両側に B 区間が 2 個入るような窓を考え, その変わり目となる 2 点を候補点の周辺の点の組み合わせの中から情報量基準を元に最適な組み合わせを求める. 窓の中で A 区間と B 区間にまとめて, それぞれにモデルをあてはめ情報量基準が小さくなる次数を求め, さらにそれらの情報量基準の和が最も小さくなるような候補点の位置を全ての組み合わせの中から決定する. 窓を次の A 区間とその両側の B 区間が入るようずらし, 同様に区間の決定を行う. これを窓が最後の A 区間に到達するまで繰り返す. 候補点が決まると, A 区間だけと B 区間だけに分けることができる. 図1にそれぞれの区間をまとめたときの様子を示す.

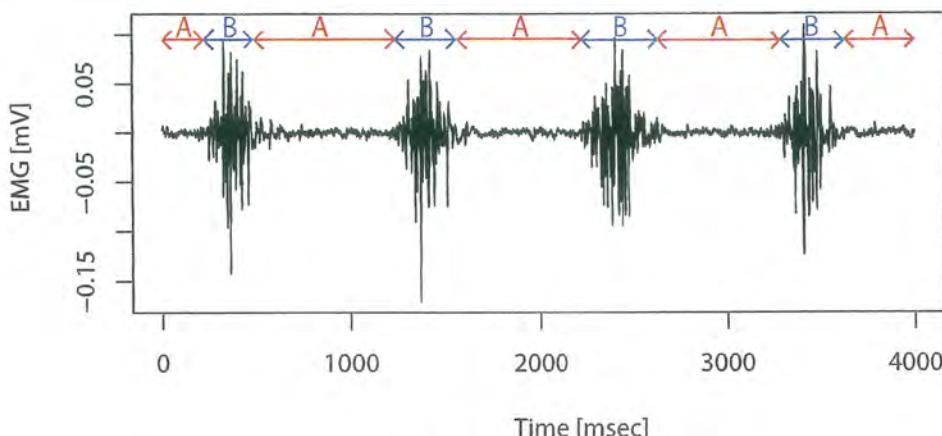


図1. 筋電の「2状態」区間.

分けられたものに対してそれぞれにモデルをあてはめるが, このときのモデルは情報量基準が最も小さくなる次数とする. 次数が求まった後, 再び窓を考え, 求めた次数のモデルをあてはめ情報量基準が最小の区間を決めなおす. このように点の組み合わせの逐次決

定と A 区間や B 区間にまとめた上でモデルの決定を繰り返すことにより、情報量基準の和は必ず小さくなり続け、下に有界と仮定することによりこの手法は必ず収束する。収束したときのパラメータが最適なモデルのパラメータとなる。

具体例として、あてはめるモデルが ARMA モデルで情報量基準が AIC の場合を挙げる。A 区間にモデル 1 を、B 区間にモデル 2 をあてはめるとする。このとき、あてはめるモデルの次数は p_1 と p_2 , q_1 と q_2 は同じとは限らない。

$$\text{モデル1} : X_{t,1} = \sum_{i=1}^{p_1} a_{i,1} X_{t-i,1} + w_{t,1} - \sum_{i=1}^{q_1} b_{i,1} w_{t-i,1}$$

$$\text{モデル2} : X_{t,2} = \sum_{i=1}^{p_2} a_{i,2} X_{t-i,2} + w_{t,2} - \sum_{i=1}^{q_2} b_{i,2} w_{t-i,2}$$

区間の決定が終わった段階で、複数あるモデル 1, モデル 2 は同じ区間内 A 区間や B 区間にあってもそれぞれすべて次数 p_1, q_1 や p_2, q_2 が異なる。A 区間と B 区間にまとめてそれぞれにモデル 1 とモデル 2 をあてはめ、AIC が最小になる次数 p_1, p_2, q_1, q_2 を決定する。決定した次数 p_1, p_2, q_1, q_2 の下で区間を決定しなおし、これを繰り返す。AIC は区間を決定すると小さくなり、次数を決める際にさらに小さくなるため、下界があるとすると必ず収束する。区間に変化がなくなったときの次数 p_1, q_1 や p_2, q_2 やパラメータ $a_{i,1}, b_{i,1}$ や $a_{i,2}, b_{i,2}$ が最適なモデルの次数やパラメータや次数となる。

実験

健康な実験参加者にトレッドミル上で、マーカーと電極をつけたまま数十秒歩行をしてもらい、歩行時の部位の位置および筋電を測定した。筋電の測定は左足のみで、サンプリング周波数は 1000[Hz] とする。測定部位は内側広筋、外側広筋、大腿直筋、長内転筋、大腿二頭筋、腓腹筋内側、腓腹筋外側、前脛骨筋の 8 部位で、使用するのは内側広筋の 8 秒間のデータである。

次の 3 種類のモデルを扱う。データを解析するにあたって、解析ソフト R を用いた。

[モデル 1]

通常の AR モデル。このモデルは後の 2 つのモデルのリファレンスとして用いる。次数は 10 次までとし、情報量基準は赤池情報量基準(AIC)を選択する。stats パッケージの arima 関数により各次数の AIC を求め、それが最小のものを最適な次数とする。arima 関数の最適化手法は CSS 法で初期値を求めた後、最尤推定を行う手法とする。

[モデル 2]

区間逐次決定 AR モデル。切り替えるモデルは AR モデルとし、モデル 1 つあたりの次数は 5 次までとする。最初の閾値は 0.015, 0.02, 0.025, 0.03 の 4 つとし、その中でモデル 2 つの AIC の和が最小のものを選択する。AIC は stats パッケージの arima 関数により求める。arima 関数の最適化手法はモデル 1 と同じである。

[モデル3]

スイッチング AR モデル. 切り替えるモデルは AR モデルでレジーム数は 2 とし, モデル 1つあたりの次数は 5 次までとする. 負の対数尤度を返す関数をつくり, その戻り値が小さくなるパラメータを最適化により求める. 最適化は optim 関数で行い, 手法は準ニュートン法とする. section モデルの評価前節で定義した3 つのモデルについて評価を行う. 実験参加者 A から F の筋電に対して, 各時間のモデルの値と実際の値の誤差の絶対値の和を計算する. 図2に, 各モデルにおける誤差を示す.

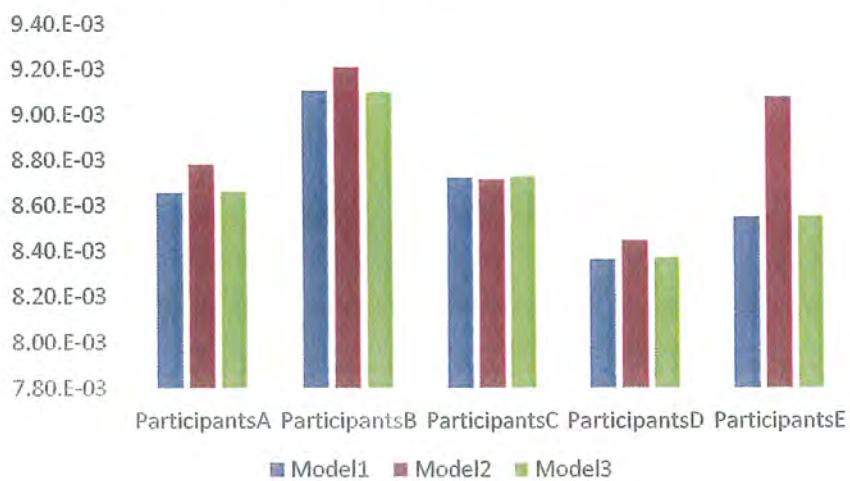


図2. 各モデルにおける誤差.

1つの AR モデルであるモデル1 に比べて, モデルを2つ用いているモデル2 とモデル3 の誤差が小さくなった. モデル2 とモデル3 では実験参加者によって大小があるが, モデル3 の方が誤差が小さくなかった.

続いて, 一人の実験参加者の筋電の波形とモデル2 と3 の各時刻での切り替え(赤線)を図3と図4に示す. 図3がモデル2, 図4がモデル3 である. モデル2 の A 区間に含まれる時刻を0, B 区間に含まれる時刻を1 で表している. モデル3 は激しい区間をレジーム1, 他方をレジーム2 とするとき, $\pi_1(t|t-1)=\pi_2(t|t-1)$ となる時刻のときに1 とした. どの実験協力者の筋電も, モデル2 よりモデル3 の方が切り替え回数が少ない.

まとめ

本論文では, 筋電を筋肉の状態が2 状態と仮定した上でモデリングする手法を提案した. 筋電をモデリングする際の問題として, 筋電が定常でないために, AR モデルといったモデルで表現しきれないことがある. 今回の提案手法であるレジームスイッチングモデルと区間逐次決定モデルは, どちらも筋電を2 つのモデルで表現する手法である.

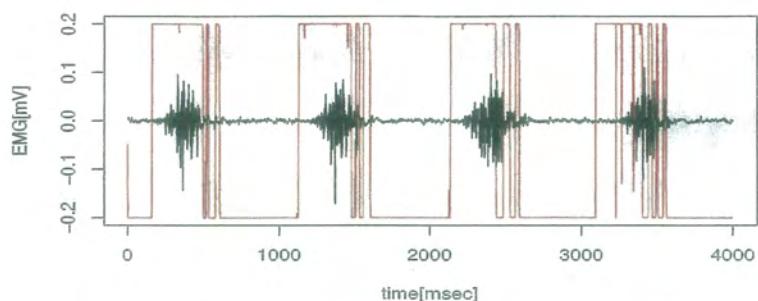


図3. スイッチングモデルにおけるモード切り替え.

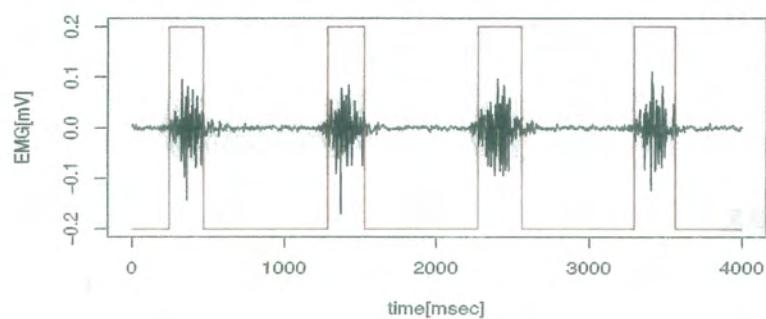


図4. 区分定常 AR におけるモード切り替え.

参考文献

1. Graupe, D. and W. K. Cline (1975). Functional separation of EMG signals via ARMA identification methods for prosthesis control purposes, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-5, 2, pp.252-259.
2. Doerschuk, P. C. and D. E. Gustafson (1983). Upper extremity limb function discrimination using EMG signal analysis, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, BME-30, 1, pp.18-38.

研究業績

<A. 歩行の運動解析とモデリング／時系列データ解析に関する>

A. 査読付き原著論文

1. Uchiyama, H. and T. Okadome, Time series analysis for EMG signals in human gait, *Applied Bionics and Biomechanics*, Submitted.
2. 菅野 隼・岡留 剛. センサデータによる行動認識のための時系列分類手法. 情報処理学会論文誌. 投稿中.

B. 査読付き国際会議 proceedings

1. Matsushige, R., K. Kakusho, and T. Okadome (2015). Semi-supervised learning based activity recognition from sensor data. *Proceedings of IEEE 4th Global Conference of Consumer Electronics*, (GCCE2015), 106-107, 2015.
2. Kitagawa M. and T. Okadome (2015). Recovering missing data in three dimensional gait measurement, *Proceedings of IEEE TENCON*, 20151-6, 2015.

E. 国内会議発表

1. Uchiyama, H. and T. Okadome, A feasible model for stochastic EMG signals in human gait, 第31回生体・生理工学シンポジウム論文集, 2A1-2. 2016.

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

Visual SLAM を用いた脚部装着カメラ端末の

位置・姿勢推定に基づく歩行運動の認識

理工学研究科 河野 恒之

はじめに

本稿ではユーザの脚部に装着したカメラ端末の3次元位置・姿勢を推定することによりユーザの歩行運動を認識するシステムを提案する。近年、社会の高齢化に伴い高齢者の健康な生活をサポートする様々なハビリテーション技術が注目されている。高齢者の介護が必要になる原因に転倒による骨折や関節疾患などが挙げられるが、これらは加齢による身体機能の悪化や歩行能力の低下によるものであることが多い。高齢者にとって歩行能力の低下を防ぐための歩行トレーニングは、健康状態の維持やQOL（生活の質）の向上のために必要不可欠である。しかし適切な歩行トレーニングを行うためには専門医による指導やトレーニング施設などの特別な環境が必要である。そこで本研究では、特別な環境を必要としない歩行トレーニング支援システムの開発を目指す。システム全体の大まかな処理の流れを図1に示す。本研究ではユーザの歩行運動を認識するために、ユーザの脚の各部位にカメラ端末を装着し、Visual SLAMによりそれぞれのカメラで撮影されるカメラ画像からカメラ端末の自己位置・姿勢を推定する。なお、本稿ではユーザの歩行運動の認識手法について主に述べる。



図1 システム全体の流れ

関連研究

カメラ画像からカメラの自己位置・姿勢を推定する手法は数多く提案されている。濱田ら[1]は、環境カメラで撮影した画像から抽出した特徴点とモバイルカメラにより撮影した画像から抽出される特徴点のマッチングを行い、モバイルカメラの3次元位置・姿勢を推定する手法を提案している。この手法では計測範囲を撮影する環境カメラを用意する必要があり、モバイルカメラの自己位置・姿勢推定は環境カメラにより撮影可能な範囲の空間内でのみ行われる。本研究ではユーザの周囲の環境を記録する環境カメラを用いず、ユーザに付随したカメラのみを用いることでより容易な歩行認識の実現を目的とする。また加速度センサの出力値を積分することで端末の変位を推定する手法があるが、計測する時間と共に推定位置の誤差が蓄積されるという問題がある。さらに、本研究の手法では脚の

各部位に取り付けた端末の姿勢が脚の動きに合わせて変化するため、加速度センサの出力値により端末の変位を推定するためには、端末を基準とする座標系から世界座標系への座標変換を行ったうえで各座標軸の加速度センサの出力値を積分する必要があり、これにより更なる誤差の増大が懸念される。太田ら[2]は加速度センサの出力値に対してハイパスフィルタとローパスフィルタによるフィルタリング処理を施したうえで端末を基準とする座標系から世界座標系への座標変換を行うことによりこの誤差の軽減に成功したが、この手法により室内での歩行運動を認識可能な範囲まで誤差を補正することは困難である。そこで本研究では端末の位置・姿勢の推定に Visual SLAM を用いることで、高精度でロバストな歩行運動認識を実現する。

提案システム

本研究ではシステムが要求するハードウェア要件を比較的容易に実現可能であるという理由から、ユーザの歩行運動の認識を行うための端末に Android スマートフォン (ASUSZenFone2 ZE551ML)を使用する。このスマートフォンは最大1,920×1,080 (Full HD) の解像度の動画を撮影することが可能で、加速度センサや地磁気センサ、ジャイロセンサを搭載している。脚の各部位に装着された各々のスマートフォンのカメラにより撮影されるカメラ画像からスマートフォンの3次元位置と姿勢を推定することでユーザの歩行運動を認識する。提案するシステムの装着イメージを図2に示す。



図2 システムの装着イメージ

1) スマートフォンの装着

ユーザの片脚に4台、両脚で計8台のスマートフォンを装着する。それぞれのスマートフォンをユーザの身体に固定するために、専用の装着ベルトを作成した。この装着ベルトはナイロン素材のベルトとスマートフォンを固定するフリップカバーで構成される。ベルト部に取り付けたアジャスタによりユーザの脚の直径や装着部位によってベルトの長さを調整可能である。スマートフォンと装着ベルトにより構成されるユニットを以下では「計測ユニット」と呼ぶ。計測ユニットとその装着例を図3に示す。



図3 計測ユニットとその装着例

2) 歩行運動の認識手法

本研究ではユーザの脚の各部位に取り付けたカメラ端末でユーザの周囲を撮影することで、端末の3次元位置・姿勢を推定する。撮影されるカメラ画像によりカメラの自己位置・姿勢を推定するためにVisual SLAM[3]を用いる。SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)とは環境地図作成と自己位置更新を同時にを行うことで高精度な自己位置推定を実現する技術の総称であり、その中でもカメラなどから得られる画像情報を用いるものをVisual SLAMと呼ぶ。Visual SLAMの例にはKleinらによるPTAM[4]やEngelらによるLSD-SLAM[5]などが挙げられる。本研究ではカメラの自己位置・姿勢推定に、Mur-ArtalらによるORB-SLAM[6](図4)を利用する。ORB-SLAMは単眼カメラで動作する特徴点ベースのVisual SLAMであり、画像内の特徴点検出にはORB特徴量検出を採用している。ORB-SLAMにより、ユーザの脚の各部位に装着したカメラ端末で撮影されるカメラ画像から各端末の自己位置・姿勢を推定する。それぞれの端末の自己位置・姿勢推定結果とともにユーザの脚の動きを推定し、歩行運動として復元する。



図4 ORB-SLAM

3) 歩行運動認識システムの実装

本研究では、ORB-SLAMによりユーザの脚の各部位に装着した端末の位置と姿勢を推定する(図5)。各カメラ端末はAndroid OSを搭載しており、ORB-SLAMはAndroidアプリケーションとして各端末にインストールする。ORB-SLAMによりカメラ画像から推定される端末の位置・姿勢情報をWi-Fi経由でPCに送信し、PC上で各端末の位置・姿勢情



図 5 計測システムの概略図

報をもとにユーザの脚の動きを復元することでユーザの歩行運動を認識する。このとき、片側の4台のカメラ端末において共通して撮影される特徴点群をランドマークに設定し、これを基準とした座標系における各端末の位置・姿勢をPC上で算出することで脚の動きを復元する。なお、送信される端末の位置・姿勢にはタイムスタンプが付与され、PC上で計測時刻の同期を行う。

おわりに

本研究ではユーザの歩行トレーニングを支援するシステムにおける歩行運動の認識の処理を行うために、カメラ端末により撮影される画像を用いて脚の各部位の3次元位置・姿勢を推定する。各端末の自己位置・姿勢の推定結果をもとにユーザの脚の動きを推定し、歩行運動として復元する。今後は本研究で提案するシステムを用いてユーザの歩行運動を認識し、ユーザに歩行運動の指導を行うことでユーザの歩行トレーニングを支援するシステムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 濱田修平, 北原格, 亀田能成, 大田友一. “環境カメラ画像情報を用いたモバイルカメラの位置・姿勢推定”. 情報処理学会第70回全国大会, “2-315” - “2-316”, 2008.
- [2] 太田麗二郎, 廣津登志夫. “高機能携帯端末の加速度センサを利用した移動推定手法”. 情報処理学会第74回全国大会, “1-193” - “1-194”, 2012.
- [3] Andrew J. Davison. “Real-Time Simultaneous Localization and Mapping with a Single Camera”. Ninth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'03), pp. 1403-1410, October 13-16, 2003.
- [4] Georg Klein, David Murray. “Parallel tracking and mapping for small AR workspaces”. Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'07), pp. 1-10, November 2007.
- [5] J. Engel, T. Schöps, D. Cremers. “LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM”. In European Conference on Computer Vision (ECCV), 2014.

- [6] Raúl Mur-Artal, J. M. M. Montiel, Juan D. Tardós. “ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System” . IEEE Transactions on Robotics, vol. 31, no. 5, pp. 1147-1163, October 2015.

研究業績

E. 国内会議発表

<B. 健康な歩き方実現のための歩行支援>

1. 田井克典, 河野恭之. 脚部装着カメラ端末の3次元位置・姿勢推定による歩行運動認識手法の検討. 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 (SI2016), 3J2-6, Dec. 2016.
2. 田井克典, 河野恭之. Visual SLAM を用いた脚部装着カメラ端末の位置・姿勢推定による歩行運動認識システム. 情報処理学会インタラクション2017, , 1-409-70, 2017.

広視野角 HMD を用いた身体的インタラクション支援技術

理工学研究科 山本 優也

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

健康維持促進やリハビリテーションの支援に向けて、近年普及してきた広視野角 HMD の利用が期待される。従来と比べてはるかに広い、人の視野のほぼ全てをカバーできる視覚刺激表示が可能になったためである。

本研究では、広視野角 HMD に表示する視覚情報と、体性感覚を伴う身体動作との関係性を明らかにしながら、健康維持促進やリハビリテーション支援を行うための基礎的知見を明らかにしていく。現段階では、(1)リハビリシステムにおける仮想の肢の視覚情報が使用者に与える影響の解明、(2)ペースキージャンプ体験システムの開発を通じた繰り返し体験の仕掛けづくりの2テーマで、研究開発を進めている。

B.1 リハビリシステムにおける仮想の肢の視覚情報が使用者に与える影響の解明

B.1.1 背景

Gallager は自己を定義する最小の要素として身体所有感と運動主体感で構成される minimal-self を唱えた [2]。このうち身体所有感は、視覚情報と体性感覚というふたつの情報によって生じることが知られている。加瀬らは、実際のヒトの視野に近い一人称的な視覚刺激による仮想の肢の視覚像と実際の肢の体性感覚との空間的な一致度とヒトの身体知覚の関係について、両者の空間的な位置のずれが小さいほどヒトは仮想の肢の視覚像が実際の肢と重なっているように感じることを示唆した[1]。本研究では、このふたつの情報の一致・不一致が身体所有感という身体知覚に与える影響を、参加者の内観やずれの大きさから調査するための実験を行った。

B.1.2 視覚情報と体性感覚の身体知覚への影響調査実験

実験環境

寝台に仰向けになった参加者が HMD を通してヒトの右上肢を模した3D モデルを見ることができるよう実験環境を構築した。Fig. 1左図は本実験環境であり、Fig. 1右図は参加者が実験中に見る映像である。実験参加者は右利きの男女16人（男性:8、女性:8）で平均年齢は22.2歳であった。



Fig. 1: Experimental environment and VR image.

実験方法

実験は3段階で行われた。第1段階では、参加者は目を閉じて右腕をあげ、自分の右腕があると感じる位置を左手で指さした。実験者は指さされた位置を寝台の横に取り付けられたメジャーで測定した。次に参加者は右腕をおろしてHMDを装着した。その後、自分の右腕をあげた時と同じ位置に配置された仮想の肢の視覚像を見ながら、推定される仮想の肢の位置を左手で指さした。実験者は指差された位置を同様にメジャーで測定した。この一連の行為を1試行とし、計25試行を参加者に課した。

第2段階では、Fig. 1右図のような実際の視野に近い広視野角条件の他に、映像の周囲に黒い縁を追加して視野を狭めた狭視野角条件を用意し、この両条件のあいだで、参加者の仮想の肢に対する一致の感覚に差があるかどうかを、Table 1の項目からなる質問紙を用いて調査した。参加者は右腕を上げた状態でそれぞれの条件の映像を2度ずつ見た。また、各映像提示後に質問紙にVAS方式で計4回回答した。各項目の参加者の評価値は0-100の101段階で採点された。

第3段階では、仮想の肢を実際の肢の位置からずらして参加者に提示し、参加者は右腕を上げた状態でこの両者が重なっていると感じるかどうかを、はい、またはいいえで答えた。ずらし方として、実際の肢の位置から水平方向に-90 mm, -60 mm, -30 mm, 0 mm, 30 mm, 60 mm, 90 mmの7パターン、垂直方向も同様に7パターンの合計14パターンの映像を用意し、ランダムな順番で提示した。この14試行を1セットとし3セット42試行を課した。

結果

第1段階の結果をFig. 2に示す。第2段階における内観調査の結果、t検定(有意水準5%)により項目1-3で差が見られた。また、第3段階における参加者の一致の回答の割合を、仮想の肢のずれの方向別にまとめたものをFig. 3に示す。

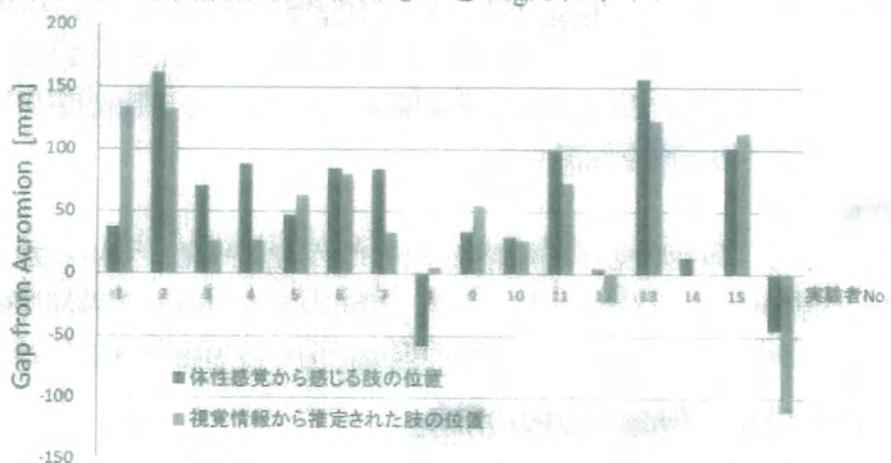


Fig. 2: Predicted positions by somatic sensation and VR image.

Table 1: Questionnaires.

No	Item
1	私の手を見ていたかのように感じた。
2	仮想の右腕が私の身体の一部のように感じた。
3	仮想の右腕が私の右腕かのように感じた。
4	右腕がもう一つあるように感じた。
5	私の右腕が消えてなくなってしまったかのように感じた。

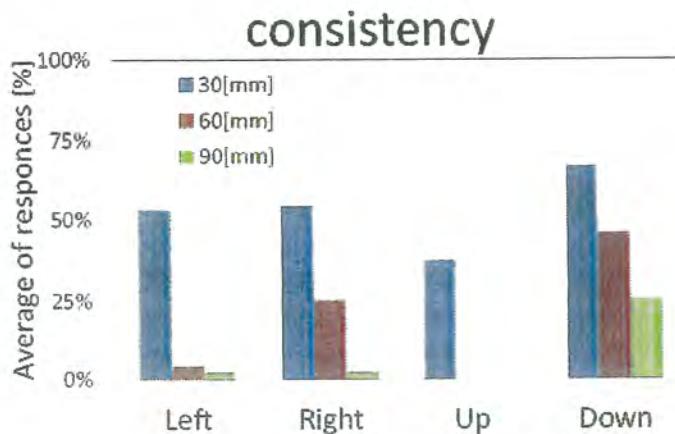


Fig.3 Consistency divided by gap.

考察

質問紙の各項目への回答の分析結果から、狭視野角条件による視覚刺激に比べて、広視野角条件による視覚刺激では仮想の肢を自分の肢であるかのように感じる度合いが増すことが明らかとなった。次に Fig. 2を見ると、視覚像から推定した仮想の肢の位置が、体性感觉から感じる実際の肢の位置と30 mm以上離れている参加者が散見されるため、この両者の位置は必ずしも一致しないことが示唆された。また参加者16人のこの差の平均距離は35.4 mmであった。第3段階で仮想の肢がずれて提示された時でも参加者が重なっていると感じる場合があったが、これは視覚情報から推定される仮想の肢の位置と体性感觉から感じる実際の肢の位置の不一致によって、身体知覚が視覚像のある側にずれたことが原因ではないかと推察できる。また Fig. 3を見ると、仮想の肢のずれが60 mmの時に比べて、30 mmでは一致の回答の割合が高い。そこでずれの方向毎にこの両者についてt検定(有意水準5%)を行ったところ、Right, Left, Upで有意差が見られた。4方向中3方向で差が見られたことから、視覚情報による身体知覚のずれは、30 mm以上60 mm以下の距離で起こりやすいと考えられる。体性感觉と視覚情報の肢に対する予測位置のずれが平均35.4 mmであったこともこの仮説を強調する。

まとめと課題

調査実験によって、体性感觉と視覚情報の不一致が身体知覚にずれを生じさせる可能性を示唆し、その原因について考察した。また、視野の広さの違いと仮想の肢への錯覚度との関係についても言及した。今後は、下肢や運動に関わる知見を明らかにしたい。

B.2 ペASKIジャンプ体験システムの開発

背景

今後、高い臨場感を味わえる広視野角HMDの普及が期待されるが、このようなデバイスで行為のリアリティや共有感をもたらすことが重要である。本研究室ではこれに着目し、現実世界では難しく2人いなければ出来ない行為を遠隔地で協力して行う、ペASKIジャンプシステムの開発を目指している。本研究では、安全性とリアリティを両立させつつ、VRによるスキージャンプ体験にいかに没入させるべきか、1人用スキージャンプシステムを開発し、公開デモンストレーションとその改良を通して検討を行った。

システム開発

システムは広視野角 HMD (Oculus VR 社, Oculus Rift DK2), 距離画像センサ (Microsoft 社, Kinect v1 あるいは Kinect v2), PC で構成した (Fig. 4). 広視野角 HMD を用いて、スキージャンプの CG 映像を提示した。ヘッドトラッキングカメラとセンサを利用してジャンプのタイミングを検出し、飛距離を変化させた。距離画像センサは、ユーザーのポーズの CG キャラクタへの反映に用いた。ジャンプ台の CG は北海道札幌市「大倉山ジャンプ競技場」をモデルに、実物の大きさで再現した (Fig. 5). 公開デモでの検討から、行為のリアリティと安全性の両立には、ジャンプの際に屈伸運動させればよいことが分かった。また、ジャンプの物理シミュレーションを行い、滑走時は等加速度運動とした。飛距離は加速度の大きさではなく、ジャンプをするタイミングで決定した。また滑空中の軌道は放物線にし、途中は実際より高い軌道を飛び、着地がわかりやすいようにした。

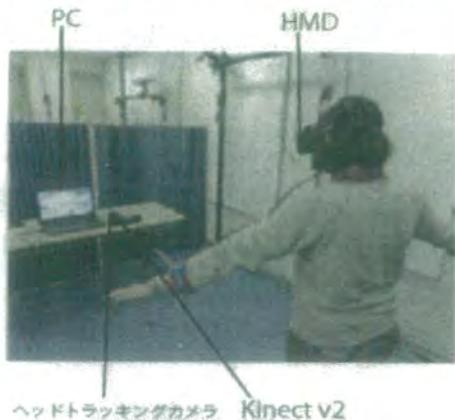


Fig. 4: System configuration.



Fig. 5: CG model for ski jump.

公開デモンストレーション

2015年12月19日と20日の2日間、札幌駅前地下歩行空間で開催された札幌テレビ株式会社主催のイベントにおいて、「STV カップ in チ・カ・ホ～バーチャルスキージャンプ大会～」と題し、公開用システムの公開デモンストレーションを行った (Fig.6). デモは大会形式で行い、参加者には名前と年齢、エリア、性別を記入してもらい、CG の作画システムに登録した。次に、安全面に配慮し注意事項を説明のうえ、ジャンプを体験させた。この際、アナウンサーによる生実況をつけ、登録時に記入してもらったコメントなどで場を盛り上げた。ジャンプ終了後は、飛距離に応じてランキング形式で体験者の名前を表示した。145 m 前後の記録が出た場合は別角度のリプレイ映像を大画面に映し出しインタビューするなどして、他の来場者を楽しませた。なお、システムを2セット用意し、HMD の装着等の時間による空き時間がないようにした。公開デモには9歳から83歳までの男女合計376人が参加した。体験者は Fig.7 のように年齢に関わらず長い距離を飛ぶことができた。体験者からは、「すごいリアルだった」、「気持ちいい、爽快だった」、「自分が入り込んだ感じがした」といった感想が得られ、スキー競技の一つであるモーグル経験者にも好評だった。また、ランディングバーンを滑り終えたとき、CG キャラクタは自動で停止するようになっているが、自分で止める動作を行った体験者もいた。このことから、風景の作

り込みによって映像のリアルさが増し、臨場感と没入感のどちらも増加させることができた。また没入感が高い場合には、転倒防止などの安全面に注意が必要であることが分かった。一方で、数十人に1人程度、ジャンプ中の映像を見てふらつく参加者がいたほか、HMD装着時に気持ち悪さを訴える参加者もいた。



Fig.6: A scene in public demo.

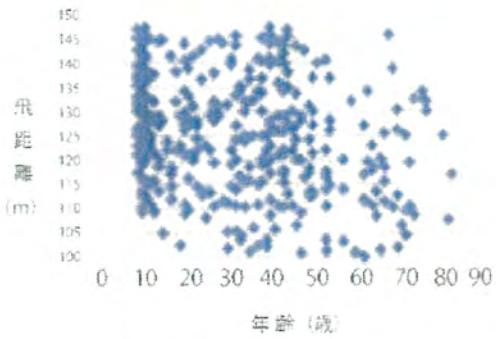


Fig.7: Scores by age.

まとめと課題

1人用スキージャンプシステムを開発し、VRによるスキージャンプ体験にいかに没入させるか、安全性とリアリティの両立から検討した。現在、2人用のシステム開発を進め、レベルの違う参加者同士にどのような繰り返し体験の仕掛けづくりを行うべきかを検討している。

おわりに

本稿では、身体的インタラクション支援のアプローチで進めている研究開発について紹介した。今後は、基礎的知見の応用展開を視野に進めたい。

研究業績

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

E. 国内会議発表

<B.1 リハビリシステムにおける仮想の肢の視覚情報が使用者に与える影響の解明>

1. 加瀬 雄哉, 福森 聰, 山本 優也: 広視野角 HMD を用いたリハビリシステムにおける仮想の肢の視覚情報が使用者に与える影響, 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講演論文集, pp.1596-1597, 2015.

<B.2 ペアスキージャンプ体験システムの開発>

2. 橋本 絵梨, 山本 優也, 茂野 裕介, 青柳 西藏: 広視野角ヘッドマウントディスプレイを用いたペアスキージャンプ体験システムの開発, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, pp.4-595-4-596, 2016. <学生奨励賞>

公開展示

1. 橋本 絵梨, 山本 優也, 茂野 裕介: STV カップ in チ・カ・ホ 一バーチャルスキージャンプ大会-, チ・カ・ホ de XMAS みる・みる・みらいデー 2015, 2015.
2. 南出 健, 山本 優也: VR スキージャンプ体験, グランフロント大阪「K. G. Month ~人と人, 人とシステムが「わかりあう」ための情報科学技術」, 2016.

F. 受賞

1. 札幌テレビ放送株式会社 所記念賞, 1. 橋本 絵梨, 山本 優也, 茂野 裕介: STV カップ in チ・カ・ホ 一バーチャルスキージャンプ大会-, チ・カ・ホ de XMAS みる・みる・みらいデー 2015
2. 情報処理学会第 78 回全国大会 学生奨励賞, 2. 橋本 絵梨, 山本 優也, 茂野 裕介, 青柳 西藏: 広視野角ヘッドマウントディスプレイを用いたペアスキージャンプ体験システムの開発

スポーツ動作の定量的分析に基づく初心者の技術向上支援

理学研究科 井村 誠孝

A. 歩行の運動解析とモデリング

ボルダリング登攀支援のための最適姿勢推定

ボルダリングとは、ロープや保用具を使わず、人工壁に取り付けられているブロック型のホールドを使って壁面を登攀していくロッククライミングの一形である。登攀のルートとしてホールドに手をかける順序が定められており、ルートの難易度はホールドの配置や形状によって決まる。登攀時には手の位置に応じて足をかけるホールドを適切に選択する必要がある。ボルダリング登攀支援に関する従来の研究[1]ではモーションキャプチャ等の計測機器を用いており、一般的なボルダリングジムへの導入が容易ではない。本研究では、初心者のボルダリング登攀技術の向上を支援するために、特別な機器を使用せずに、足をかける最適なホールドを姿勢の負荷に基づいて推定する手法を提案する。

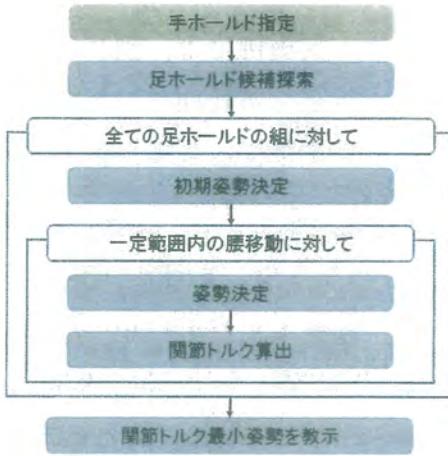
画像処理によるホールド位置の取得

手をかけるホールド（以下、手ホールド）位置の指定と、負荷のかからない姿勢となつたときの足をかけるホールド（以下、足ホールド）の提示のためには、ボルダリング壁面におけるホールドの位置座標が必要となる。本研究では垂直なボルダリング壁面を対象とし、画像処理によってホールド位置を自動的に求める。

ホールド位置を取得する過程は以下の通りである。ボルダリング壁面を撮影した画像に対して、最初にエッジ抽出処理を行う。エッジ抽出フィルタとして Canny オペレータを用いる。次にエッジ検出された画像に対して輪郭抽出処理を施す。輪郭線追跡により得られた個々の輪郭に対して外接する矩形を求め、矩形の中心をホールドの位置とする。また壁面画像には壁面にホールドを固定するためのボルト穴やルートを示すためのマーカーなどが含まれるため、これらとホールドを区別する必要がある。膨張の後に収縮を行うクロージング処理によりノイズを除去した上で、各輪郭がある一定の面積以上の時にのみホールドであると判別する。

最適姿勢推定手法

提案する最適姿勢推定手法は、手ホールドの位置を入力とし、最適な足ホールドを出力とする。推定の流れを図1に示す。推定は以下の手順により行う。

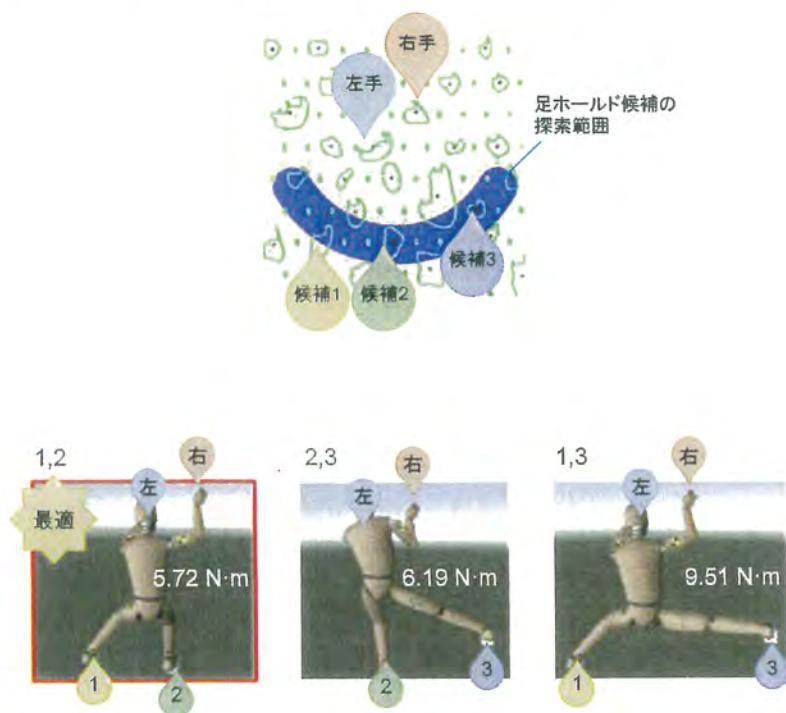


まず、手ホールドの位置と登攀者の身体サイズに基づいて、壁面のホールドの中から、足ホールドの候補を全て選び出す。提案手法では簡易的に、両手の中間点からの距離が一定範囲内にあり、かつ下方に一定角度範囲内にあるホールドを、足ホールドの候補とする。足ホールドの候補群が得られたら、候補群から左足および右足を置く足ホールドの組み合わせを全て考える。足ホールド候補が決まると、手足の末端位置が定まるため、人体モデルを導入し逆運動学を用いて登攀者が取り得る姿勢を一つ求める。求めた姿勢を初期状態とし、腰の位置を一定範囲内で変化させ、手足の末端および腰の位置を固定点として逆運動学により姿勢を求める。求められたそれぞれの姿勢に対し、その姿勢を静的に維持するための関節トルクを算出する。関節トルクの算出には手足末端にかかる力を知る必要があるが、ホールドに力センサを埋め込むなどの特別な設備を必要とするため、本研究では登攀者の体重が手足に一定比率で分散しているものとした推定値を用いる。また人体モデルの各セグメントの質量は、文献[2]に基づいて登攀者の体重から推定する。関節トルクの総和を評価値として評価値が最小となる姿勢を求め、ある足ホールドの組における最も負荷のかからない姿勢とする。最後に各足ホールドの組み合せ間で比較を行い、関節トルクの総和が最小となる姿勢が得られている際の足ホールドの組を最適な足ホールドとする。登攀者には、最適な足ホールドと、その際の登攀者の姿勢を提示する。

実装と推定結果

提案手法に基づいた支援システムを実装した。ホールド抽出のための画像処理には画像処理ライブラリ OpenCV を用いた。登攀者への結果提示には、統合ゲーム開発環境である Unity を用い、最適姿勢推定の計算処理も Unity 上で行った。人体モデルの姿勢決定には Unity のプラグインとして提供されている逆運動学ソルバ FINAL IK を用いた。実装環境の OS には Windows 10 を用い、OpenCV による画像処理部を DLL 化し、Unity からスレッド化して呼び出すことで最適姿勢推定部と連携した。

以下では実行結果の一例を示す。実施例では、図2に示すように左手と右手位置を指定したところ、半円状の足ホールド候補探索範囲が設定された。範囲中には足ホールドが3個存在し、足ホールドの組み合わせ候補は、左足は右足よりも左側にあるという制約の下で3組となった。各足ホールドの組み合わせに対応した人体モデルの姿勢を逆運動学により決定し、以後行う探索の際の初期姿勢とした。計算には人体モデルの体重と両手足の各ホールドにかかる力の値が必要であるため、登攀者の体重を60 kg、手ホールドと足ホールドにかかる力の比を1:2とした。関節トルクの総和が最小となる姿勢を求めた結果を図3に示す。関節トルクの総和は順に5.72 Nm, 6.19 Nm, 9.51 Nmとなり、足ホールドとして左足が候補1、右足が候補2の組み合わせが最適であると推定された。



推定結果の妥当性を検証するために、初心者用のルートをボルダリング経験者に登攀してもらい、手ホールドに対して経験者が選択した足ホールドと提案手法の推定結果を比較した。2組の手ホールドに対して実施したが、提案手法と経験者のそれぞれが選択した足ホールドの組はいずれの事例でも一致しなかった。提案手法により選択された足ホールドはホールド間の水平方向距離が短くなる傾向があり、関節トルクを得るための筋力をモデルに導入すべきであると考えられる。またホールドの形状により把持する難易度が異なるため、今後はホールドの把持のバイオメカニクスをモデリングする必要がある。

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

足底圧分布に基づくダンス技能評価

ダンスは文部科学省の指導により保健体育の授業で必修化されるなど、一過性の流行を脱して現代文化に定着している。本研究では、工学的な側面からストリートダンスの技術を定量的に評価する手法を提案し、効率的な練習を実現することで、初心者のダンス上達の支援を目指す。ダンスや舞踊に関する従来研究では、モーションキャプチャを用いる[3,4]など見た目を重視した支援が中心であるが、見た目の良し悪しのみを意識した練習では本質的な技術の向上につながらない。足腰の使い方を意識することを重視した練習が基礎や応用の技術の効率的な習得につながると考え、足腰の動きが反映される足底圧分布からダンス技術の評価を行う。

計測装置

足底圧分布の計測にはタクタイルセンサ F-スキャン（ニッタ株式会社製）を使用した。本センサは厚さ0.15mmのシート状であり、靴底に敷いて使用する。センサシートには加わる力の大きさに応じて電気抵抗値が変化するインクで薄膜が生成されている。センサシートは横21×縦60のセンサセルから構成されており、センサセル間のピッチは縦横とも

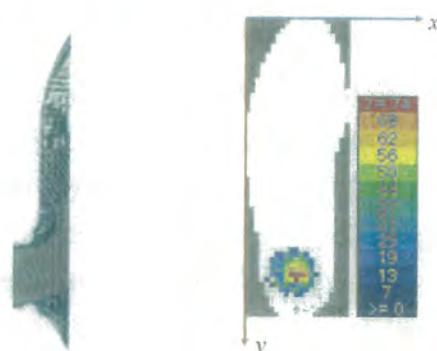


Fig. 4 Sensor sheet (left) and typical result of measurement

5.08mm である。各セルの電気抵抗は8ビットで量子化される。サンプリングレートは 50Hz とした。センサシートを図4左に、計測例と座標系を図4右に示す。

足底圧変化計測実験

様々なダンスの基礎的な動作を、重心移動の特徴から分類した際に、各群を代表すると想定される動作を3種類選出し、得られた初心者と経験者のデータを比較して差異を検証する。実験協力者はダンス歴5年以上の経験者3名（男性）とダンス歴3ヶ月未満の初心者3名（男性）で、センサを装着する靴はサイズのみが異なる同じ型のものを用意し、協力者の足のサイズに合わせて選択した。実験動作は10秒間繰り返し行うものとした。

対象としたステップは以下の3種類である。一つ目は、4歩で矩形を描くように動く「ボックスステップ」で、左足と右足に交互に荷重がかかることが特徴である。二つ目は、かかととつま先を交互に動かして左右に移動する「クラブステップ」で、接地状態のまま水

平方向に移動するため、一つの足にかかる荷重の位置が変わるという特徴がある。三つ目は、かかととつま先を入れ替えながら回転する「ターン」という動作で、回転運動の軸になっている点に荷重がかかるため、足底圧分布から軸の安定性が評価できる。

計測結果

実験協力者が行った3種類のステップそれぞれについて、計測された足底圧分布の時系列データから、重心の位置、荷重の最大値、荷重が最大となる位置を算出した。各データについて、10秒間の変化の様子をグラフ化し、初心者と経験者の特徴を比較した。以下では、初心者と経験者が行った3種類の動作のうち、最も顕著な差が見られたボックスステップの比較結果について述べる。

ボックスステップは、左右の足を肩幅程度に開いて立った初期状態から、以下の順序で左右の足を交互に移動させる。

1. 左足を右前方に移動させ、右足の前で接地する。
2. 右足を左足右側からまわり込むように移動させ、左足の左方に接地する。
3. 左足を左後方に移動させ、右足の後ろに接地する。
4. 右足を右後方に移動させ、初期状態に戻る。

一方の足を移動している間、他方の足の接地位置は変わらず、全体重を支える。したがって、一方の足の運動に従って、重心位置がゆるやかに変化すると予想される。足の移動が前後に生じることから、特に重心位置のy座標の変化に着目する。重心位置のx, y座標の変化について、図5に経験者のグラフを、図6に初心者のグラフを示す。座標値が負となっている部分は、荷重がかかっていないことを示す。経験者のグラフからは、予想される通りのゆるやかな変化が見て取れる。一方で、初心者のグラフを経験者のグラフと比較すると、初心者の重心位置は経験者と比較すると細かく変動し安定していないことがわかる。

重心運動に基づく定量的評価指標

観察された初心者と経験者の相違を定量化するために、重心位置のy軸方向の運動について、変化の滑らかさを反映すると考えられる速度と加速度に関連する指標を計算する。

重心位置のy座標について、時刻での値をとする。ただしはサンプリング周期である。荷重が計測されていない区間を除き、時間的に連続するサンプルの差分の絶対値の平均を計算した結果を表1に示す。表1から、初心者の値は経験者の値の約3倍となっており、初心者の重心位置のy座標の変化が急激であると考えられる。これは初心者が荷重を滑らかに移動させるように足を使えていないことを示している。

また加速度と関連する指標として、2回差分の絶対値の平均を算出した結果も表1に併せて示す。加速度の点からも、初心者の重心位置変化には急激な加減速があることが示さ

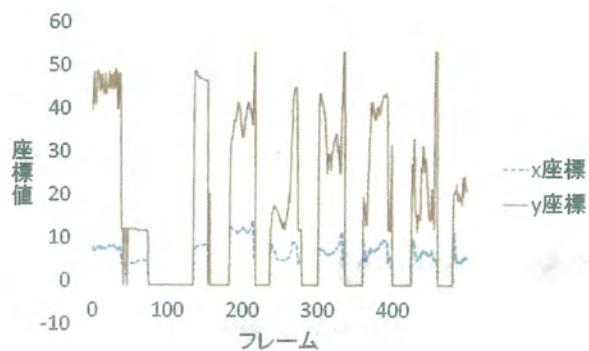
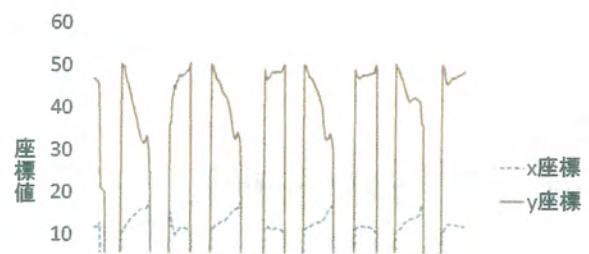


Table 1 Quantitative indices of dance skill

実験協力者	差分の絶対値	2回差分の絶対値
経験者	0.574	0.521
初心者	1.461	1.445

れており、いずれの指標も重心運動の滑らかさという観点からのダンス技術評価に使用できる可能性があることがわかった。

参考文献

1. Aladdin, R., Kry, P., "Static Pose Reconstruction with an Instrumented Boulder Wall," 18th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp.177-184, 2012.
2. Winter, D. A., "バイオメカニクス 人体運動の力学と制御", ラウンドフラット, 2010.
3. 柴田傑, 玉本英夫, 海賀孝明, 横山洋之, "身体動作の3次元計測によるリアルタイム舞踊学習支援システム", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.17-4, pp.353-360, 2012.
4. 飯野友里恵, 森谷友昭, 高橋時市郎, "ストリートダンス動作の分析とダンス指導への応用", 映像情報メディア学会技術報告, vol.35-14, pp.49-52, 2011.

研究業績

A. 査読付き原著論文

<A. 歩行の運動解析とモデリング／姿勢推定に関連>

1. Shunsuke Yoshimoto, Yoshihiro Kuroda, Masataka Imura, Osamu Oshiro, Kazunori Nozaki, Yoshiaki Taga, Hiroyuki Machi, Hiroo Tamagawa: Electrotactile Augmentation for Carving Guidance, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 9, No. 1, pp. 43-53, 2016
2. 川口純輝, 吉元俊輔, 井村誠孝, 大城理: 手首形状に応じた電気接触抵抗からの指角度推定, 電気学会論文誌 C, Vol. 135, No. 11, pp. 1314-1321, 2015
3. Shunsuke Yoshimoto, Yoshihiro Kuroda, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Material Roughness Modulation via Electrotactile Augmentation, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 8, No. 2, pp. 199-208, 2015

B. 査読付き国際会議 proceedings

<A. 歩行の運動解析とモデリング／姿勢推定に関連>

1. Masataka Imura, Noriko Nagata: Development of Finger-Surface Contact Simulation for Tactile Feeling of Fabricated Products, Proceedings of International Conference on Digital Fabrication, Posters, 33, 2016
2. Shunsuke Yoshimoto, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Unobtrusive Tactile Sensing based on Electromechanical Boundary Estimation, International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 4375-4378, 2015
3. Shunsuke Yoshimoto, Junki Kawaguchi, Masataka Imura, Osamu Oshiro: Finger Motion Capture from Wrist-Electrode Contact Resistance, International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 3185-3188, 2015

E. 国内会議発表

<A. 歩行の運動解析とモデリング／姿勢推定に関連>

1. 豊本敬四郎, 井村誠孝: ボルダリング登攀支援のための最適姿勢推定手法, 生体医工学シンポジウム2016 講演予稿・抄録集, p. 132, 2016
2. 豊本敬四郎, 井村誠孝: 姿勢推定に基づくボルダリング登攀支援システム, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016年 基礎・境界, p. 290, 2016
3. 川口純輝, 吉元俊輔, 井村誠孝, 大城理: 手首と電極の接触抵抗による指の関節角度推定, 第54回日本生体医工学会大会抄録集, p. 257, 2015

<B. 健康な歩き方実現のための歩行支援／技能評価に関連>

4. 佐藤正隆, 井村誠孝: 足底圧分布に基づくダンス技術評価手法, 第79回情報処理学会全国大会, 2017 (発表予定)

5. 田中勇祐, 井村誠孝: 効果音付与による持続的筋力トレーニングシステムの検証, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016年 基礎・境界, p. 281, 2016
6. 高田大樹, 井村誠孝: 足への触覚提示のための動作判定とその評価, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016年 基礎・境界, p. 311, 2016
7. 上田宗平, 井村誠孝: ランニングによる筋疲労推定に向けた足底圧分布の計測, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2016年 情報・システム(1), p. 92, 2016
8. 田中勇祐, 井村誠孝: 持続的筋力トレーニングのための運動に同期した効果音提示, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 475-476, 2015

B. 健康な歩き方実現のための歩行支援

個人適合型起立歩行支援機の開発

理工学研究科 中後 大輔

研究概要

本研究は図1に示すように、起立支援動作を実施しながら使用者の身体の動きを計測し、実時間で使用者の身体能力推定手法を開発すること、推定結果を用いて個々人の身体能力に応じて残存体力活用する起立支援法を実現することである。



図1 研究の概要

進捗報告

本年度までに、A. 低コスト・実時間身体能力推定法の開発を実施し、A-1) パッド組込型起立動作計測システムを開発した。さらに、B. 個々人の身体能力に応じた残存体力活用起立支援法の開発にも取り組み、使用者の身体状況に合わせて身体負荷軽減と姿勢安定化を両立する支援アルゴリズムを開発した。

今後の予定

次年度以降は、A-2) 姿勢調整、姿勢反射能力の推定手法の実現を目指す予定である。申請者の基礎研究にて身体能力（筋力と姿勢調整、姿勢反射能力）は、起立動作時の特定の姿勢・動作において、重心やZero Moment Point（以下ZMPと称す）の移動パターンに顕著に表れることがわかっている。そこでこれらの成果を利用し、身体能力を推定しやすい起立支援動作を設計、これを用いた起立支援動作によって使用者の身体能力を実時間で定量的に評価するシステムを開発する予定である。

研究業績

<B. 健康な歩き方実現のための歩行支援>

B. 査読付き国際会議 proceedings

1. Shohei Kawazoe, Daisuke Chugo, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Atsushi Koujina, Takahiro Katayama and Yasuhide Mizuta, "Development of Standing Assistive Walker for Domestic Use," Proceedings on the Annual IEEE Industrial Electronics Society's 18th International Conf. on Industrial Technology, 2016 年 2 月採択決定
2. Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Standing Assistance considering a Voluntary Movement and a Postural Adjustment," Proceedings of 14th International Workshop on Advanced Motion Control, pp.494-499, 2016.
3. Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "Robotic Seating Assistance to Prevent Pressure Sores on Wheelchair Patients," Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 5(8), pp.1610-1621, 2015
4. Daisuke Chugo, Kenji Shiotani, Yu Sakamoto, Yuki Sakaida, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "An Automatic Depressurization Assistance based on an Unconscious Body Motion of a Seated Patient on a Wheelchair," Proc. of 7th International Conference on Human System Interaction, pp.38-43, 2014
5. Daisuke Chugo, Zhaoyu Liu, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "A Driving Assistance for a Powerd Wheelchair on a Pedestrian Flows," Proc. of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp.3982-3987, 2014
6. Shinpei Nakamoto, Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, "The guidance method of a mobile robot in consideration of human walking characteristics -1st report: Investigation of human walking characteristics-", Proc. of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp.4067-4073, 2014
7. Daisuke Chugo, Takahiro Yamada, Satoshi Muramatsu, Yuki Sakaida, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "A Standing Assistance based on a Load Estimation considering with a Muscle Arrangements at the Human Leg," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.1517-1522, 2014
8. Etsuki Nakashima, Satoshi Muramatsu, Daisuke Chugo, Sho Yokota, and Hiroshi Hashimoto, "Error revision of pictographs detection by removing feature points from the background," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.837-842, 2014
9. Takuma Masuhige, Saki Higashi, Satoshi Muramatsu, Daisuke Chugo, Sho Yokota

and Hiroshi Hashimoto, "Analysis of a Design Index for the Service Robot in a Human-Coexistence Environment," Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.1921-1926, 2014

D. その他の国際会議発表

10. Daisuke Chugo, Takahiro Yamada, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Assistive Robot for Standing with Physical Activity Estimation based on Muscle Arrangements of Human Legs," Proc. of 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, pp.21-23, 2015.
11. Daisuke Chugo, Kenji Shiotani, Masaaki Yoshida, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "Active Seating Support which reduces the Pressure and Share Stress for a Wheelchair User," Proc. of 8th International Conference on Human System Interaction, pp.27-32, 2015
12. Daisuke Chugo, Sota Aburatani, Takuma Masushige, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota and Hiroshi Hashimoto, "A Hand Movement which shows the Intention of a Robotic Guide for Safe Walking," Proc. of the 24th International Symposium on Industrial Electronics, pp.940-945, 2015

E. 国内会議発表

13. 高島 泉, 中後 大輔, 村松 聰, 横田 祥, 橋本 洋志, "使用者の足運びを考慮した歩行器の開発," 電気学会次世代産業システム研究会, pp.11-13, 2016
14. 松本 裕哉, 中後 大輔, 村松 聰, 横田 祥, 橋本 洋志, "車椅子使用者の動サイトを考慮した停止装置の開発," 電気学会次世代産業システム研究会, pp.1-3, 2016
15. 後藤 誠裕, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "サーボブレーキを用いたパッシブ支援車椅子の開発 第6報 : 車椅子の駆動を考慮した手動車椅子の制御切替," 計測自動制御学会第16回システムインテグレーション部門講演会, pp.2079-2081, 2015.
16. 益重 拓馬, 東沙紀, 村松 聰, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "人間共存環境における親しみやすさを考慮したロボットデザイン法の検討 第1報 : サービスロボットの心理的評価に必要な評価基準の検討," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.2718-2720, 2014
17. 仲本 慎平, 村松 聰, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "人間の歩行特性を考慮した移動ロボット誘導法 第2報 : 歩行者の進路予測モデルの構築," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.100-103, 2014.
18. 山田 貴博, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "起立/着座支援とリハビリ機能を有する歩行器の研究 第14報 : 使用者姿勢推定センサ用位置調整機構の性能評価," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.111-115, 2014
19. 西村 謙, 山田 貴博, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "起立/着座支援とリハビリ機能を有する歩行器の研究 第13報 : 筋電信号に基づく被介護者の筋力を用いた起立支援システムの制御," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.111-115, 2014
20. 後藤 誠裕, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "サーボブレーキを用いたパッシブ支援車椅子の開発 第5報 : 潜ぎ動作予測による使用者負担軽減手法の検討," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.125-127, 2014

21. 小林 司, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "介護者と協調した走行を実現するロボット車椅子誘導法 第1報：介護者の操作特性に基づく誘導基準の決定," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.134-137, 2014.
22. 塩谷 健仁, 阪本 雄, 中後 大輔, 境田 右軌, 橋本 洋志, "適切な着座姿勢保持による車椅子褥瘡防止システム 第4報：健常者における除圧動作の解析と除圧支援タイミングの検討," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.138-141, 2014.
23. 中島 閑己, 村松 聰, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, "ピクトサイン認識を用いた自己位置推定精度向上のための外れ値除去," 計測自動制御学会第15回システムインテグレーション部門講演会, pp.1148-1153, 2014.
24. 小林 司, 中後 大輔, 村松 聰, 横田 祥, 橋本 洋志, "介護者との相対的位置関係を考慮した車椅子誘導法," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14, 2A1-T01, 2014
25. 後藤 誠裕, 中後 大輔, 横田 祥, 橋本 洋志, 高瀬 國克, "サーボブレーキを用いたパッシブ支援車椅子の開発," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14, 1P1-C02, 2014

G. 外部資金

1. 平成26年度兵庫県科学技術振興助成金, 車椅子使用者の動作意図に基づく転倒防止装置, 研究代表者・中後大輔