

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：11301  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2020～2022  
課題番号：20H04260  
研究課題名（和文）ベイズモデルベースト・リハビリテーション創成

研究課題名（英文）Bayesian Model-based Rehabilitation

## 研究代表者

大脇 大 (Owaki, Dai)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：40551908

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、脳卒中片麻痺を呈する51名の患者を対象に、3次元動作解析、床反力計を用いて歩行中の運動学、動力学解析を行った。全身角運動量に対して主成分分析（PCA）を用いることで、2つの主成分だけで全身角運動量の $95.3\% \pm 3.44$ を説明できることを解明した。共通性と個別性を抽出する解析により、PC1における第1主成分（PC1-PC1）が患者に共通する成分（健常者の主成分に類似）と、個別性を表現するPC1の第2主成分（PC1-PC2）によって表現できることが確認された。この結果は、階層ベイズモデルによる患者ごとの最適かつ帰結予測可能な介入法を提供するリハビリの実現に繋がる。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、脳卒中患者の歩行における個別性を解明し、最適なりハビリを実現するための基礎的な知見を提供することである。また、社会的意義としては、脳卒中は日本人の死因第4位、要介護になる要因の第1位であり、その治療やリハビリに関する研究は重要な社会的課題である。本研究では、階層ベイズモデルに基づく歩行診断により患者ごとの最適かつ帰結予測可能な介入法を提供することを目指しており、これにより脳卒中患者の生活の質向上や医療費削減などに繋がると期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to clarify the individuality of walking in stroke patients and achieve optimal rehabilitation for each patient. We conducted kinematic and kinetic analyses during walking using a three-dimensional motion analysis system and ground reaction force (GRF) measurement devices on 51 stroke patients with hemiplegia. As a result, principal component analysis (PCA) of the whole-body angular momentum (WBAM) revealed that only two principal components (PC1 and PC2) explained  $95.3\% \pm 3.44$  of the variance. Furthermore, an analysis that extracted commonality and individuality showed that the first PC of PC1 (PC1-PC1) of WBAM was a common component among all patients (similar to healthy subjects' PC) and the second PC of PC1 (PC1-PC2) represented individuality. Based on these results, a hierarchical Bayesian model will lead to the realization of rehabilitation providing optimal and predictable interventions for each patient.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：脳卒中 歩行 個別性 階層ベイズモデル 最適かつ帰結予測

## 1. 研究開始当初の背景

脳卒中（脳血管疾患）は、癌、心疾患、肺炎に次ぐ、日本人死因第4位、年間死亡数は11万4207人（死亡総数の9%）、総患者数117万9000人、毎年25万人以上が発症すると推測されている（平成26年厚生労働省患者調査）。要介護になる要因の第1位（21.7%）、国民医療費は癌につぐ第2位（1兆7730億円）とされ、2020年の患者数は300万人を超すと予想されている。脳卒中は脳組織に損傷を与える疾患であるため、上下肢の運動麻痺が主症状としておこり、15～30%の患者が恒久的な機能障害を呈する（Lord SE et al., Arch Phys Med Rehabil, 2004）。社会復帰のためにはリハビリが必要になる。

しかしながら、現在の標準的なトレッドミル上での訓練の効果を調査した2017年のコクランレビュー（Mehrholtz et al. Cochrane Database Syst. Rev. 2017）では、歩行速度および運動耐容能（負荷に耐えるための呼吸や心血管系機能）を改善する効果はあるが、QOL向上に大きく関与する歩行自立度（多角的指標から評価）の改善には寄与しないことが報告されている。

本研究では、標準的な介入による歩行改善を妨げる最も根源的な要因が「脳卒中患者の歩行の個別性」にあるとの着想に基づき、歩行の個別性を形成する力学的数理解構を解明することを本研究課題の核心をなす学術的「問い」に据える。この個別性を解明することで、医師、療法士の主観的診断、試行錯誤的介入法模索など、リハビリにおけるアドホック性を解消する。さらに、集中的にリハビリを行う回復期の病棟においても入院日数60～180日（対象疾患に依存）が限度、1日の介入時間も1単位20分×6単位=120分が上限という時間的制約の中でも最適かつ帰結予測可能なベイズモデルベースト・リハビリの実現を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、脳卒中患者に対する歩行リハビリテーションにおける最大の障壁「患者の歩行の個別性」の背後にある力学構造を明らかにすることを足がかりにし、患者ごとに最適かつ帰結予測可能な介入法を提供するベイズモデルベースト・リハビリを具現化するシステムを開発、実証することにある。本研究では、1. 回復期、慢性期を含む大規模の歩行データベースを活用し、階層的ベイズモデルを用いて患者ごとの個別性を明らかにする、2. 個別性を表象するベイズモデルに基づく歩行診断により患者ごとの最適かつ帰結予測可能な介入法を提供するリハビリの実現を目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 歩行の「分類」

脳卒中が原因である片麻痺を呈する患者51名をリクルートし、研究を実施した。東北大学病院リハビリテーション科において、3次元動作解析装置（モーションキャプチャシステム）および床反力計測装置を用いて、歩行中の運動学および動力学解析を行った。計測は、東北大学病院倫理委員会の承認のもと、被験者に十分な説明を与え同意を得た上で行った。

計測した運動学データに基づき、全身13セグメントのヒト歩行モデルを構築し、各セグメントの並進成分、回転成分の角運動量を計算することで、前額面における歩行中の重心まわりの全身角運動量を計算した[3]。得られた全身角運動量に対して、特異値分解法（Singular Value Decomposition）を用い、主

成分分析(Principal Component Analysis)を行うことで、脳卒中患者の歩行中のバランス機能に寄与する成分の抽出を試みた。

さらに、得られた主成分に対して、51名の患者における共通成分、個別性成分の抽出を試みた。さらに、得られた個別性成分に対して階層クラスタ解析を行うことで、患者に対して群分類することを試みた。

## (2) 歩行の「診断」

### ① 脳卒中後の足関節装具の使用を決定するための歩行時の足関節の硬さの診断

(i) 脳卒中後の患者の歩行パターンが QJS に基づいて分類できるかどうか、(ii)これらのグループ間の空間的・時間的パラメータ、関節運動学および運動学、Ankle Foot Orthosis (AFO) の日常使用に関する差異を明らかにすること、を目的とした。

第2ロッカー区間の足関節モーメントと足関節角度の線形回帰の傾きから麻痺側の Quasi Joint Stiffness (QJS)を算出し、先行研究のアプローチに従って Early Stance (ES)と Middle Stance (MS)に細分化した。第2ロッカー区間の ES と MS は、それぞれ先行脚(麻痺脚)の立脚時の足関節屈曲角のピークから後行脚(非麻痺脚)のトウオフまでの間隔、後行脚(非麻痺脚)の toe-off から先行脚の立脚時の最大背屈角までの間隔と定義しました。

ES と MS の QJS が均質な sub-group (SG) を特定するために、階層型クラスタ分析を用いた。クラスタ分析の準備として、2つのクラスタリング変数(すなわち、ES と MS の QJS のみで、運動学的および運動学的パラメータは含まない)を Z スコアで標準化し、次に、ウォードの連結法と二乗ユークリッド距離尺度を利用したクラスタリングアルゴリズムを適用した。SG は凝集法で形成され、各観測をそれぞれの SG として開始し、1つのグループが残るまで、ステップごとに最も近い2つの SG を対にしていった。最終的な SG の数は、停止規則(係数が大きな割合で減少し、その後プラトーになる)に基づいて選択された。SG の数は、デンドログラムの目視検査によって確認された。

### ② 片麻痺患者における歩行時の下肢の運動学的関節間協調性

脳卒中患者の歩行中における下肢の運動力学的な下肢関節間の協調の特性について診断することを目的とした。29名の片麻痺患者と12名の健常者の歩行中における運動学的および運動力学的データを測定し、主成分分析(PCA)を用いて、脳卒中患者や健常者の股関節、膝関節、足関節の運動モジュールを特定した。

## (3) 歩行の「予測」

感覚障害のある脳卒中患者において、歩行リハビリは困難となる。本研究では、聴覚バイオフィードバック装具である Auditory Foot (AF) が、前頭部の全身角運動量(Whole Body Angular Momentum: WBAM)範囲の変化に対して、2週間の歩行リハビリの前後にどのような効果があるかを予測するモデルを構築した。本研究では、ランダム化比較試験(Randomized Controlled Trial: RCT)を実施した。個人差を含むリハビリテーション効果のメカニズムを理解し、新規患者において期待される効果を予測するために、統計的階層ベイズモデリングを採用した。

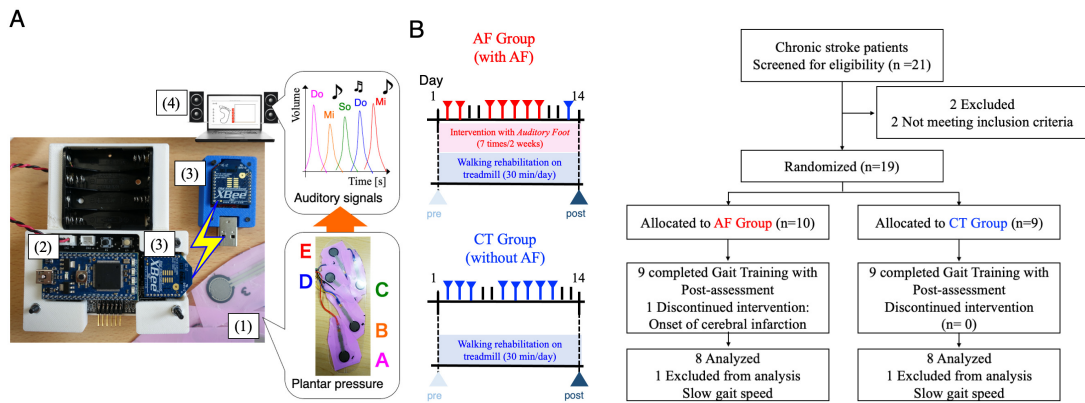


図1：聴覚フィードバック装置：Auditory Foot（左），ランダム化比較試験（RCT）（右）

#### 4. 研究成果

##### (1) 歩行の「分類」

主たる結果のポイントをまとめる（詳細は未公表のため図は掲載しない）：

1. 主成分分析の結果，51名の患者に対して，2つの主成分(PC1, PC2)のみで，全身角運動量の  $95.3\% \pm 3.44$  を説明できることが明らかとなった。
2. 51名の患者にわたる共通性，個性を抽出した結果，全進歩運動量が，PC1成分における第一主成分がすべての患者に共通する成分（さらに健常者の主成分に類似）と，個性を表現するPC1の第2主成分，PC2の第1,2主成分の3変数によって表現できることが確認された。
3. 個性を表現する3変数(PC1-PC2, PC2-PC1, PC2-PC2)を用いてクラスタ分析を行い，3群の患者群に分類可能であることが明らかになった。

##### (2) 歩行の「診断」

###### ① 脳卒中後の足関節装具の使用を決定するための歩行時の足関節の硬さの診断

72人の脳卒中患者を対象に，歩行中の足関節の硬さに基づいて歩行パターンを分類し，3つの異なるサブグループ（SG1, SG2, SG3）の存在を明らかにした。更にサブグループにより，固定式や継手式足関節装具の装着率が異なることを明らかにした。これらの結果は，脳卒中患者において足関節の硬さに基づく歩行パターンの分類が足関節装具の選択に役立つことを示している。

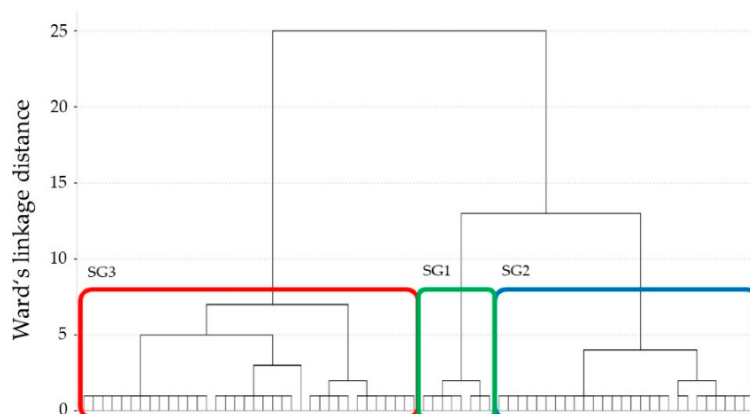


図2：階層性クラスター解析のデンドログラム

## ② 片麻痺患者における歩行時の下肢の運動学的関節間協調性

片麻痺側の第1主成分のピークタイミングは、他側よりも有意に早かった。結果は片麻痺患者の歩行中における運動力学的な下肢関節間の協調は異常な時間的構成を有することを示している。

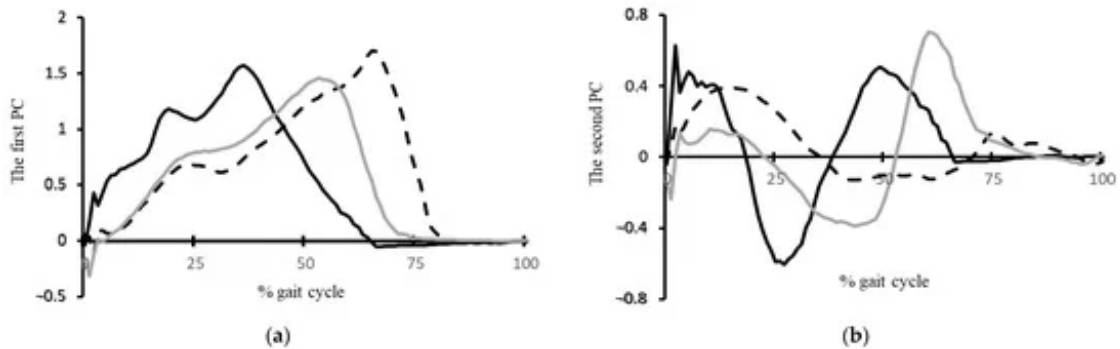


図3：第1主成分（左図）と第2主成分（右図）の時系列データ。

黒線：脳卒中患者の麻痺側，灰色線：脳卒中患者の非麻痺側，点線：健常者

## (3) 歩行の「予測」

個人差の予測も可能な最も予測精度の高い階層モデルでは、AF群では前頭部のWBAM範囲が12.9～28.7%減少することが示された。このことから、歩行リハビリテーションにおける足底圧バイオフィードバックの活用は、前頭部WBAMの抑制に寄与し、脳卒中患者の歩行バランス機能の改善をもたらすことが示唆された。この結果は、個別性を表象するベイズモデルに基づく歩行診断により患者ごとの最適かつ帰結予測可能な介入法の提案に繋がる。

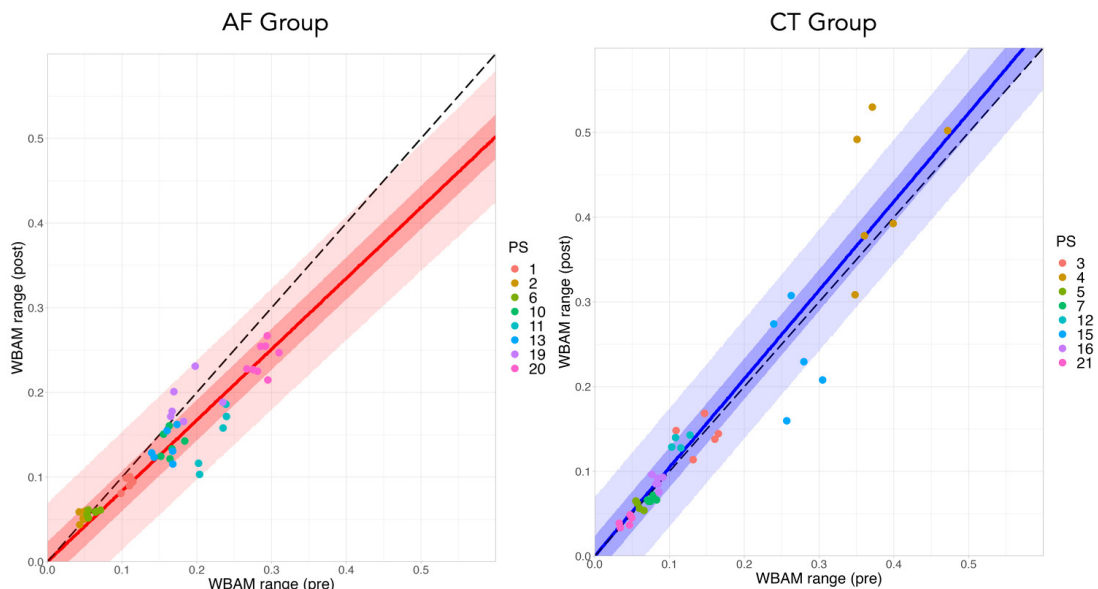


図4：WBAM範囲の事前・事後プロットにおけるベイズ予測分布。事後分布の平均値（線）、50%予測区間（濃い色）、95%予測区間（薄い色）。AF群（左）、CT群（右）。点の色の違いは、異なる患者のデータ（凡例参照）を示す。同色の点群は試行の違いを示す。黒点線は、 $L_{post} = L_{pre}$  であり、介入前後で変化がない状態を示す。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Zhu Wei、Guo Xian、Owaki Dai、Kutsuzawa Kyo、Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Survey of Sim-to-Real Transfer Techniques Applied to Reinforcement Learning for Bioinspired Robots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	6. 最初と最後の頁 1~16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/tnnls.2021.3112718	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sun Tao、Xiong Xiaofeng、Dai Zhendong、Owaki Dai、Manoonpong Poramate	4. 巻 8
2. 論文標題 A Comparative Study of Adaptive Interlimb Coordination Mechanisms for Self-Organized Robot Locomotion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 638684
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/frobt.2021.638684	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Zamboni Riccardo、Owaki Dai、Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Adaptive and Energy-Efficient Optimal Control in CPGs Through Tegotae-Based Feedback	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 632804
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/frobt.2021.632804	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Hutabarat Yonatan、Owaki Dai、Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 21
2. 論文標題 Recent Advances in Quantitative Gait Analysis Using Wearable Sensors: A Review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 26470~26487
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/jsen.2021.3119658	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugiyama Taku, Kutsuzawa Kyo, Owaki Dai, Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Individual deformability compensation of soft hydraulic actuators through iterative learning-based neural network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioinspiration & Biomimetics	6. 最初と最後の頁 056016 ~ 056016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-3190/ac1b6f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naya Katsumi, Kutsuzawa Kyo, Owaki Dai, Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Spiking Neural Network Discovers Energy-Efficient Hexapod Motion in Deep Reinforcement Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 150345 ~ 150354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/access.2021.3126311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sekiguchi Yusuke, Honda Keita, Owaki Dai, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Classification of Ankle Joint Stiffness during Walking to Determine the Use of Ankle Foot Orthosis after Stroke	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 1512 ~ 1512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci11111512	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Owaki Dai, Sekiguchi Yusuke, Honda Keita, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Two-Week Rehabilitation with Auditory Biofeedback Prosthesis Reduces Whole Body Angular Momentum Range during Walking in Stroke Patients with Hemiplegia: A Randomized Controlled Trial	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 1461 ~ 1461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci11111461	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Owaki Dai, Manoonpong Poramate, Ayali Amir	4. 巻 9
2. 論文標題 Editorial: Biological and Robotic Inter-Limb Coordination	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 875493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frobt.2022.875493	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sekiguchi Yusuke, Honda Keita, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 15
2. 論文標題 Effect of Walking Adaptability on an Uneven Surface by a Stepping Pattern on Walking Activity After Stroke	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 762223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.762223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 D. Owaki, S. Horikiri, J. Nishii, A. Ishiguro	4. 巻 15
2. 論文標題 Tegotae-Based Control Produces Adaptive Inter- and Intra-Limb Coordination in Bipedal Walking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurorobotics	6. 最初と最後の頁 629595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbot.2021.629595	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大脇大	4. 巻 23
2. 論文標題 医工学連携を通じたロボティクス装具開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 48-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Yonatan Hutabarat, Dai Owaki, Mitsuhiro Hayashibe	4. 巻 2
2. 論文標題 Quantitative Gait Assessment with Feature-Rich Diversity Using Two IMU Sensors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics	6. 最初と最後の頁 639-648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMRB.2020.3021132	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yusuke Sekiguchi, Dai Owaki, Keita Honda, Kenichiro Fukushi, Noriyoshi Hiroi, Takeo Nozaki, Shin-ichi Izumi	4. 巻 81
2. 論文標題 Ankle foot orthosis with dorsiflexion resistance using spring-cam mechanism increases knee flexion in the swing phase during walking in stroke patients with hemiplegia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 27-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2020.06.029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yusuke Sekiguchi, Dai Owaki, Keita Honda, Shin-Ichi Izumi	4. 巻 2
2. 論文標題 Kinetic Interjoint Coordination in Lower Limbs during Gait in Patients with Hemiparesis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomechanics	6. 最初と最後の頁 466-477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biomechanics2030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakamoto Sei-ichi, Hutabarat Yonatan, Owaki Dai, Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Ground Reaction Force and Moment Estimation through EMG Sensing Using Long Short-Term Memory Network during Posture Coordination	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cyborg and Bionic Systems	6. 最初と最後の頁 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34133/cbsystems.0016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shunsuke Koseki , Kyo Kutsuzawa , Dai Owaki , Mitsuhiro Hayashibe	4. 巻 9
2. 論文標題 Multimodal bipedal locomotion generation with passive dynamics via deep reinforcement learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurorobotics	6. 最初と最後の頁 e13138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbot.2022.105423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Truong Minh Tat Nhat, Ali Amged Elsheikh Abdelgadir, Owaki Dai, Hayashibe Mitsuhiro	4. 巻 23
2. 論文標題 EMG-Based Estimation of Lower Limb Joint Angles and Moments Using Long Short-Term Memory Network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3331 ~ 3331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s23063331	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Yuchen, Hayashibe Mitsuhiro, Owaki Dai	4. 巻 7
2. 論文標題 Prediction of Whole-Body Velocity and Direction From Local Leg Joint Movements in Insect Walking via LSTM Neural Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 9389 ~ 9396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/lra.2022.3191850	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Owaki Dai	4. 巻 41
2. 論文標題 手応え制御から創発される多様な脚式ロコモーション	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 241 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.41.241	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Wenyu, Sekiguchi Yusuke, Honda Keita, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Postural adjustment in standing position when catching a ball under unpredictable conditions of the direction to be caught	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e13138 ~ e13138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2023.e13138	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yaguchi Haruki, Sekiguchi Yusuke, Honda Keita, Fukushi Kenichiro, Huang Chenhui, Nakahara Kentaro, Zhenzhao Cheng, Izumi Shin-Ichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Biomechanical Characteristics of Long Stair Climbing in Healthy Young Individuals in a Real-World Study Using a Wearable Motion Analysis System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomechanics	6. 最初と最後の頁 601 ~ 612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biomechanics2040047	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Dai Owaki
2. 発表標題 Robotic and Biological Interlimb Coordination
3. 学会等名 Dynamic Walking 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口 雄介
2. 発表標題 脳卒中片麻痺歩行の運動学的・運動力学的理解に基づく足関節装具の開発
3. 学会等名 第51回日本臨床神経生理学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口 雄介
2. 発表標題 歩行障害の臨床症状とメカニズム 運動制御編-
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大脇大
2. 発表標題 片麻痺患者の歩行の運動学的理解に基づくモデルベースト・リハビリテーション
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会学術大会 第50回記念大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大脇大
2. 発表標題 脳卒中患者の歩行の「個性」を克服するモデルベースト・リハビリテーション
3. 学会等名 生理研研究会2020「幼・小児の成長期における脳機能と運動の発達に関する多領域共同研究」（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関口雄介
2. 発表標題 関節の硬さから考える片麻痺患者の歩行再建
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会学術大会 第50回記念大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大脇大
2. 発表標題 脳卒中患者のデータ駆動型AI歩行診断システムの開発と展望
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口雄介
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者の歩行リハビリテーション変革
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口雄介
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者の歩行速度に影響する運動力学的因子の損傷側間の違い
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Tada
2. 発表標題 Quantifying Motor and Cognitive Function of the Upper Limb Using Mixed Reality Smartglasses
3. 学会等名 44th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Kojima
2. 発表標題 Game-Based Evaluation of Whole-Body Movement Functions with CoM Stability and Motion Smoothness
3. 学会等名 44th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Furuhata
2. 発表標題 Systematic Motion Integration with Multiple Depth Cameras Allowing Sensor Movement for Stable Skeleton Tracking
3. 学会等名 44th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Hutabarat
2. 発表標題 Temporal Variation Quantification During Cognitive Dual-Task Gait Using Two IMU Sensors
3. 学会等名 44th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 分析装置、分析方法、分析プログラム、及び、生成装置	発明者 大脇大, 関口雄介, 本田啓太, 出江紳一	権利者 東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、PJ21TU-014	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Dai Owaki (personal)  
<http://oscilllex.org/>  
 Dai Owaki (researchmap)  
<https://researchmap.jp/embodiment2004/>  
 Neuro-robotics Lab., Tohoku University  
<http://neuro.mech.tohoku.ac.jp>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	関口 雄介  (Sekiguchi Yusuke)  (60535095)	東北大学・大学病院・理学療法士   (11301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	本田 啓太  (Honda Keita)		
研究協力者	出江 紳一  (Izumi Shin-Ichi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関