

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03985

研究課題名（和文）重度手指麻痺患者の機能回復を促すマルチモーダル・ニューロリハビリテーションの創生

研究課題名（英文）Multi-modal neurorehabilitation for stroke patients with severe hemiplegia

研究代表者

小野 弓絵（Ono, Yumie）

明治大学・理工学部・専任教授

研究者番号：10360207

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者を対象としたニューロリハビリテーションシステムを構築した。安静時 $\mu$ 波活動を増大させる訓練が $\mu$ 波帯域パワーおよび運動関連脳活動を有意に増大させ、痙縮の緩和訓練として有効であることを示した。提案法を用いたリハビリテーションは、脳卒中患者の運動機能指標FMAの改善量を従来法と比較して有意に増加させた。運動時の患側半球内脳波結合性の増加量が大きい患者ほど機能回復が促進されていた。これらの知見をもとに自立型リハビリテーションアプリ「Rehavision」を開発し、脳波と筋電図のリアルタイム表示により患者の自主訓練を支援するシステムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中は超高齢化社会を迎えた我が国において重要な健康課題であり、特に手指の運動機能回復は患者の生活の質を大きく左右する。本研究は、新しいニューロリハビリテーションシステムの開発とその臨床適用を通じて、重度の手指麻痺患者の機能回復を促すリハビリテーションの可能性を検討した。従来の手法では利き手交換しか選択肢のなかった重度麻痺患者（Brunnstrom stage II-III）にも効果的なリハビリテーションを提供できる可能性を示した本研究は、国内外のリハビリテーション医療において大きな意義を持つと考えられる。

研究成果の概要（英文）：A neurorehabilitation system was developed for stroke patients. Training to increase resting  $\mu$ -wave activity significantly improved  $\mu$ -wave band power and motor-related cortical response, demonstrating its effectiveness as training to alleviate spasticity. Rehabilitation using the proposed method showed a better outcome in the recovery of motor function in stroke patients compared to the conventional method. After training, patients showed a greater increase in EEG connectivity within the affected hemisphere during paretic hand movement, along with the greater the functional recovery. Based on these findings, we developed a stand-alone application "Rehavision", a system to support patients' independent training by real-time display of cortical and muscle activities of the user.

研究分野：生体医工学

キーワード：ニューロフィードバック BMI 脳卒中 多感覚 適応型リハビリテーション

## 1. 研究開始当初の背景

脳卒中は日本の総医療費の第4位、高齢者医療費の第1位を占める国民病である。脳卒中患者の予後の生活の質に大きく関わるのが麻痺した手指の運動機能の回復であり、手指の部分的な随意運動が可能な軽度の片麻痺では、健側の使用を制限して麻痺側の運動を誘導するCI療法が推奨(脳卒中治療ガイドライン2015、グレードA)される一方で、CI療法の適応外となる重度麻痺では利き手交換の訓練が中心となる。

患側麻痺手の廃用や拘縮が促進されることで、結果的に本人が希望する日常生活動作(activities of daily living: ADL)や社会復帰を獲得できず、医療・介護財政を圧迫するジレンマとなっている。これは、現状で約400億円に逼迫する市場規模を持つ通所介護サービス利用者のうち43%超の対象疾病が脳卒中であることから明らかであり(平成26年厚労省・介護報酬改定検証・研究委員会)、脳卒中患者のADLを最大限に回復させる運動機能リハビリテーションの重要性がますます高まっている。

こうした重度の手指麻痺患者に対して、本人の脳活動から運動意思を検出してフィードバック(FB)を与えることで運動経路の再構築を導くブレイン・マシン・インターフェース(Brain machine interface: BMI)の利用が期待されている。申請者らも運動リハビリテーションの一手法である運動観察・運動錯覚を、BMI技術により患者の運動意図の表出と同期させて提示するDigital mirror box (DMB)を開発し(図1)、幅広い重症度の患者に対して痙縮や手指機能の改善をもたらすことを明らかにしてきた。しかし本先行研究を含め、内外のBMIリハビリテーション研究の現状は統一されていない方法論の下での機能回復の有無という結果論にとどまっている。重度麻痺患者の手の機能的回復に直結するBMIリハビリテーションの技術要素の本質は何か、FBによる大脳皮質の可塑的变化が脊髄、末梢筋に至る運動経路へどのように作用して機能的回復を導くのか、という学術的「問い」にはいまだ明確な解が存在しない。

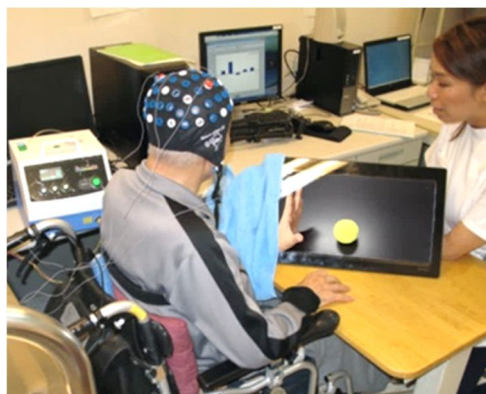


図1 BMI技術を応用したDigital mirror boxシステムによる手指麻痺患者の運動リハビリテーションの様子

## 2. 研究の目的

本研究課題の申請時における当初の研究目的は、[1] 多感覚FBを付与する新しいBMIシステムの開発と重度手指麻痺患者への適用、[2] 多感覚FBの付与が中枢から末梢に至る手指機能回復に果たす役割のシステム脳科学的な理解、さらにこれらの知見に基づく、[3] 慢性期在宅患者を対象とした効率性の高い自立型BMIシステムの構築と検証であった。

## 3. 研究の方法

前章に挙げた目的を達成するため、以下の3点の研究を行った。

### [1] マルチモーダル・ニューロリハビリテーションシステムの確立と検証

患側運動野(健常者の場合は対側運動野)から検出される運動意図に応じて、固有感覚・視覚・触覚のマルチモーダルFBを付与するニューロリハビリテーションシステムを構築し、健常者(32名)と脳卒中患者ボランティア(10名; 手指Brunnstrom stage III~V)に対して性能検証を行った。性能評価の指標としては訓練前後における運動想起関連脱同期(event-related desynchronization: ERD)を用いた。ERDは8~13Hzの $\mu$ 波帯域活動が運動想起に伴って減衰する割合を示す指標であり、運動野において観測される。脳卒中患者ではERD強度が低下しており、ERD強度の回復と運動機能の向上に関連性があることから(Tani et al., 2018)、BMIによるニューロリハビリテーションではERD強度をバイオマーカーとしてこれを増大させる訓練が広く行われる。本研究においてもこの方策を採用した。

さらに、安静時 $\mu$ 波帯域活動をベースラインとした減衰量というERDの性質から、算出されるERD強度は安静時の $\mu$ 波帯域パワーの揺らぎに大きな影響を受けてしまう(図2)。従って本研究で開発したDMB2.0システムでは、ユーザーの $\mu$ 波帯域パワーを逐次モニタリングし、あらかじめ設定した安静時 $\mu$ 波帯域パワー閾値を2秒間超過したときに運動想起を開始する適応型運動想起機能を実装した。この機能によりユーザーの $\mu$ 波帯域パワー変調能力を確実に評価し、計測されるERD強度も増加することを期待した。

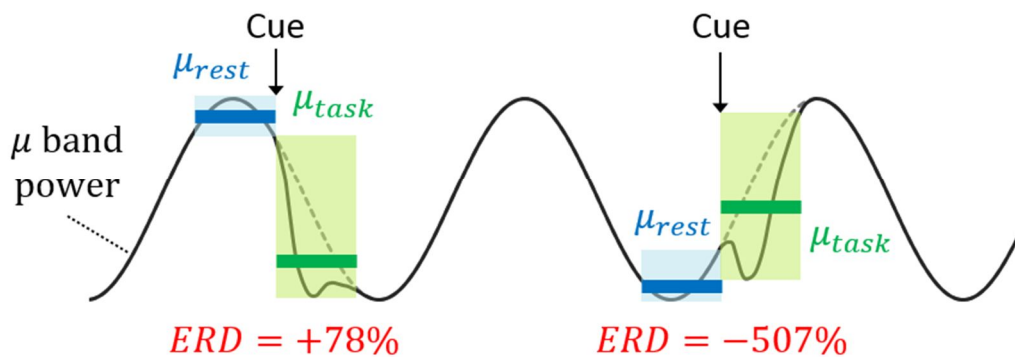


図2  $\mu$  波帯パワー値のゆらぎによる ERD 強度評価値の変化

自然に増減を繰り返す  $\mu$  波帯パワー値が高い場合（左）、低い場合（右）から運動想起が行われた場合の ERD 算出基準となる安静時 ( $\mu_{rest}$ ) および運動想起時 ( $\mu_{task}$ )  $\mu$  波帯パワーの範囲を網掛けで示す。各時間帯の  $\mu$  波帯パワーの平均値を太線の高さで示している。同等の  $\mu$  波帯パワーの減衰が生じたとしても、運動想起開始のタイミングにより ERD 強度は大きく変化しうる。

## [2] 回復期患者における手指機能回復メカニズムの解明

脳卒中回復期の手指麻痺患者 9 名（手指 Brunnstrom stage II~IV）を対象として、前項[1]で確立したリハビリテーションシステムの臨床効果をランダム化比較試験により検討した。実験群は DMB2.0 により多感覚 FB を付与する BMI 訓練群、対照群は実験群と同じ訓練を行うが ERD 強度によらず毎回 FB を受容する非 BMI 訓練群とした。訓練は 1 日 50 回の施行を 14 日間連続で行い、両群とも訓練後に療法士による 1 時間の徒手のリハビリテーションを施行した。

評価項目は ERD 強度に加え、運動関連脳活動源推定と Phase locking value (PLV) 指標を用いた運動関連領域の機能的・因果的結合性解析、脳 - 脊髄興奮性指標(運動誘発電位)、脊髄前角細胞の興奮性(F 波)、手指の痙性(modified Ashworth scale: MAS)、脳卒中の総合的身体機能評価(上肢 Fugl-Meyer Assessment: FMA)、随意運動時の手指可動範囲とした。各項目における介入前後での変化の検討に加え、項目間の相関解析や回帰モデル分析を行い、開発したマルチモーダル・ニューロリハビリテーションシステムが大脳皮質から錐体路、脊髄運動ニューロンに至る運動経路のどの機能に対して回復をもたらしているかを検討した。

## [3] 自立型システムの開発と慢性期患者における検証

リハビリテーション目的の入院日数に制限のある我が国において、退院後も自宅または通所施設において機能回復訓練を継続する機会の確立は重要である。申請者らの予備的検討(Seki et al., 2017)では、固有感覚 FB を与える BMI の単回施行により痙性の軽減や手指関節可動範囲の増大が確認され、通所・在宅リハビリテーションに BMI 療法を取り入れる利点は大きい。研究期間の後半では、DMB2.0 システムの医用脳波計(g.tec g.USBamp)をオープンソースの簡易型脳波計(OpenBCI)に移植し、片麻痺でも操作が容易なタブレット端末を採用することで、患者自らが脳活動を確認しながら訓練可能な低コスト(50 万円以下)の自立型 BMI システムの構築を行った。研究協力者のデイサービス施設における希望者を対象として週 3 回・1 か月を単位とした介入を行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により、協力病院内における入院患者 6 名（手指 Brunnstrom stage III~V）を対象とした実験に計画を変更して行った。

## 4. 研究成果

### 4.1 研究の主な成果

[1] 脳卒中患者 10 名を対象とした性能検証実験において、DMB システムを使用して安静時  $\mu$  波活動を増大させるように教示すると、患者群においても脳活動の意識をしない場合に比べて  $\mu$  波帯域パワーを有意に増大させることができるようになった。 $\mu$  波パワーの増大は運動想起・運動実行前に筋活動を意識せずに脱力状態を保っていることを示すため、痙縮の緩和訓練としても有効であると考えられる。また、安静時  $\mu$  波帯域パワーの閾値を設けることで運動想起による  $\mu$  波帯域パワーの減衰が行いやすくなることから、連続した訓練により運動想起成功時の ERD 強度が増大し、その ERD 強度は安静時脳波活動に依らず運動想起の合図を行っていた従来版の DMB システム使用時の値と比べて有意に増大していた。本研究の成果は日本神経科学学会、日本生体医工学学会等で発表した（小川ら、NEURO2022; 第 62 回生体医工学学会; 生体医工学シンポジウム 2023）。

[2] 脳卒中回復期患者に DMB システムを適用し BMI 群と非 BMI 群を比較すると、BMI 群で

FMA の改善量が非 BMI 群に比べ有意に大きく、提案手法の有効性を示す結果となった。BMI 群について介入期間の前後で計測した運動実行時脳波の機能的結合解析を行ったところ、いくつかのチャンネル・周波数帯の組み合わせにおいて皮質間結合性(PLV)と機能回復指標 FMA との間に有意な相関が得られた(図3)。このうち、 $\theta$  帯域および  $\alpha 2$  帯域では半球間結合性の減少が機能回復と相関し、 $\alpha 1$  帯域では半球間結合性の増加が機能回復と相関するという結果となった。これらの結果は、DMB によるニューロリハビリテーションにより運動時の健側半球による代償作用の影響が少なくなり、患側の脳機能回路を用いた運動に変化したことを示唆している。本提案手法が患側半球の機能的回復を促す効果が確認できたといえる。本研究の成果は日本生体医工学学会、日本作業療法学会等で発表した(森ら、第 59 回日本生体医工学学会大会; 藤原ら、第 54 回日本作業療法学会)。

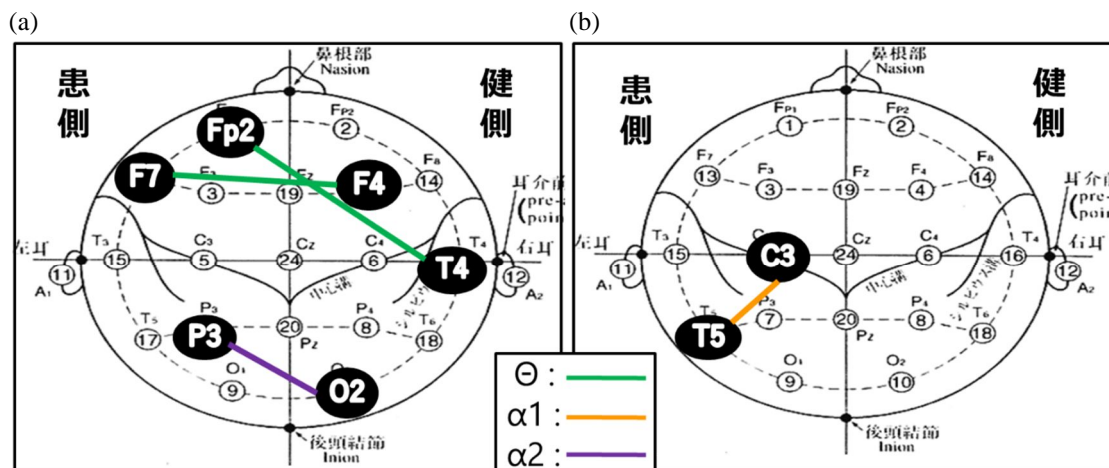


図3 DMBシステムを用いたニューロリハビリテーション施行前後での皮質間結合性の変化 (a) 半球間結合性、(b) 半球内結合性のうち、PLV の変化量と上肢 FMA の変化量に相関がみられた領域間結合を示している。

[3] 脳波計の PC 端末と市販のタブレット端末を接続し、患者が在宅やデイサービス施設でニューロリハビリテーションを実施可能にする自立型リハビリテーションアプリ「Rehavision」を開発した(図4)。利用者は脳波計・筋電図電極を装着し、タブレット端末には運動野の  $\mu$  波帯パワー値および筋活動がリアルタイムに表示される。合図とともに運動実行または運動想起を行い、ERD 発出の成功・失敗がフィードバックされる仕組みになっている。利用者が自らの脳波および筋電図を確認しながらリハビリテーションを施行できるため、手指が完全に弛緩している重度麻痺の患者でも脳活動の変化に応じてポジティブなフィードバックが生じ、回復を実感できるようになっている。健常者での予備実験および患者を対象とした本実験のいずれにおいても、訓練に伴う安静時パワー値や閾値の達成回数の増加が確認できた。機能訓練の時間外や在宅でも患者だけで訓練を行うことができる自律型リハビリテーションシステムの実現に向け、Rehavision の有用性が確認できたと言える。本研究の成果は EMBC2021 にて発表した (Churei et al.)



図4 「Rehavision」アプリによるニューロリハビリテーション実施中の様子

#### 4.2 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

脳卒中は超高齢化社会を迎えた我が国において重要な健康問題であり、特に手指の運動機能回復は患者の生活の質を大きく左右する。本研究は、新しいニューロリハビリテーションシステム Digital Mirror Box (DMB)の開発とその臨床適用を通じて、重度の手指麻痺患者に対するリハビリテーションの可能性を検討した。従来の手法では利き手交換しか選択肢のなかった重度麻痺患者 (Brunnstrom stage II~III) にも効果的なリハビリテーションを提供できる可能性を示した本研究は、国内外のリハビリテーション医療において大きな意義を持つと考えられる。

本研究の成果は、中枢神経系から末梢神経系に至る手指機能の回復における多感覚 FB-BMI の作用の一端を解明した。ERD 強度の回復や皮質間結合性の変化が運動機能の回復と関連したことから、脳 - 脊髄 - 筋の連携した回復がもたらされたといえる。またウェアラブル脳波計とタブレット端末による自立型リハビリテーションシステムの開発にも成功し、在宅リハビリテーション、セルフリハビリテーションへの可能性を開いた。本研究の実施期間に限っても、本研究内

容について研究代表者に 5 件の国際会議の招待講演（CME2020, ICMMA2020, IEEE-NEMS2022, 2024 IVSP 等）の依頼があったことから、これらの知見に対する学术界の注目の強さは明らかである。

#### 4.3 今後の展望

本研究の実施期間中の 2020 年から 2022 年にかけては、新型コロナウイルスの感染症拡大により研究協力者の院内における臨床研究自体を行うことができなかった。症例を多く確保することが難しかったため、重症度別、病巣部位、高次脳機能障害の有無などによる詳細な症例検討には至らなかった。今後も研究を進め、長期的なリハビリテーション効果、および患者の退院後もリハビリテーションを続けた場合の持続的な回復について評価を行うことで、DMB システムや Rehavision アプリが著効する症例やより詳しい機能回復メカニズムについて検証していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Kanaizuka Yuma, Manabe Takahiro, Huang Jian-Jia, Hung Jen-Wen, Ono Yumie	4. 巻 2023
2. 論文標題 Directional Neural Connectivity during Robot Mirror Therapy in Patients with Stroke	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. 2023 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	6. 最初と最後の頁 199 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APSIPAASC58517.2023.10317207	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 Nojima Ippei, Horiba Mitsuya, Sahashi Kento, Koganemaru Satoko, Murakami Satona, Aoyama Kiminori, Matsukawa Noriyuki, Ono Yumie, Mima Tatsuya, Ueki Yoshino	4. 巻 94
2. 論文標題 Gait-combined closed-loop brain stimulation can improve walking dynamics in Parkinsonian gait disturbances: a randomised-control trial	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry	6. 最初と最後の頁 938 ~ 944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/jnnp-2022-329966	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 Hakim U, De Felice S, Pinti P, Zhang X, Noah J. A, Ono Y, Burgess P.W., Hamilton A, Hirsch J, Tachtsidis I	4. 巻 280
2. 論文標題 Quantification of inter-brain coupling: A review of current methods used in haemodynamic and electrophysiological hyperscanning studies	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 120354 ~ 120354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2023.120354	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 Shima Atsushi, Tanaka Kazuki, Ogawa Akari, Omae Erika, Miyake Tomoaki, Nagamori Yui, Miyata Yusuke, Ohata Koji, Ono Yumie, Mima Tatsuya, Takahashi Ryosuke, Koganemaru Satoko	4. 巻 17
2. 論文標題 Case report: Backward gait training combined with gait-synchronized cerebellar transcranial alternating current stimulation in progressive supranuclear palsy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1082555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2023.1082555	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 Shima Atsushi, Miyake Tomoaki, Tanaka Kazuki, Ogawa Akari, Omae Erika, Nagamori Yui, Miyata Yusuke, Ohata Koji, Maki Takakuni, Ono Yumie, Mima Tatsuya, Takahashi Ryosuke, Koganemaru Satoko	4. 巻 17
2. 論文標題 Case report: A novel approach of closed-loop brain stimulation combined with robot gait training in post-stroke gait disturbance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1082556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2023.1082556	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 Zhang Sinan, Ito Daigo, Ogura Ryo, Tominaga Takanori, Ono Yumie	4. 巻 11
2. 論文標題 Acute Effect of Treadmill Walking under Optic Flow Stimulation on Gait Function in Individuals with Stroke and Healthy Controls	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 179 ~ 185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.11.179	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 Ono Yumie, Zhang Xian, Noah J. Adam, Dravida Swethasri, Hirsch Joy	4. 巻 12
2. 論文標題 Bidirectional Connectivity Between Broca's Area and Wernicke's Area During Interactive Verbal Communication	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Connectivity	6. 最初と最後の頁 210 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/brain.2020.0790	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 Nagashima Yuya, Ito Daigo, Ogura Ryo, Tominaga Takanori, Ono Yumie	4. 巻 10
2. 論文標題 Gait Training in Virtual Reality Home Environment for Stroke Patients: A Case Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 150 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.10.150	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 Takayanagi Yuki, Takayama Yutaro, Iijima Keiya, Iwasaki Masaki, Ono Yumie	4. 巻 10
2. 論文標題 Efficient Detection of High-frequency Biomarker Signals of Epilepsy by a Transfer-learning-based Convolutional Neural Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 158 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.10.158	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 Ogawa Ryo, Kageyama Kaito, Nakatani Yasushi, Ono Yumie, Murakami Shingo	4. 巻 11
2. 論文標題 Event-related Potentials-based Evaluation of Attention Allocation while Watching Virtual Reality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.11.1	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 Nagashima Yuya, Ito Daigo, Ogura Ryo, Tominaga Takanori, Ono Yumie	4. 巻 2021
2. 論文標題 Development of Virtual Reality-based Gait Training System Simulating Personal Home Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'21)	6. 最初と最後の頁 5764-5867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC46164.2021.9631077	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 Yang Xinyi, Hong Jing-Chen, Yasuda Kazuhiro, Ono Yumie, Iwata Hiroyasu	4. 巻 2022
2. 論文標題 EEG based analysis of lower limb exercise for neurorehabilitation according to the linkage between motor execution and visual feedback in immersive VR: A feasibility study with healthy adults	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (SII 2022)	6. 最初と最後の頁 921-925
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII52469.2022.9708744	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 Kataoka Kanako, Tamaki Katsushi, Ono Yumie, Hoshi Keika, Ikuta Ryuhei, Fujiwara Motoki	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of the position of the palatal bar on brain activity during speech	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Japan Prosthodontic Society	6. 最初と最後の頁 135 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2186/ajps.13.135	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 S Nagashima, K Kimoto, Y Ono, N Hoshi, A Ohno, K Fuchigami, Y Manabe	4. 巻 20
2. 論文標題 The effect of masticatory behavior on generalized attention in healthy volunteers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychogeriatrics	6. 最初と最後の頁 254-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyg.12493	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 S Kuriki, S Higuchi, H Nakayama, S Mihara, Y Okazaki, Y Ono, H Kobayashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Neurobiological influence of comorbid conditions in young patients diagnosed with gaming disorder: a whole-brain functional connectivity study based on a data driven method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0233780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0233780	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 Sakimoto Y, Mizuno J, Kida H, Kamiya Y, Ono Y, Mitsushima D	4. 巻 29
2. 論文標題 Learning Promotes Subfield-Specific Synaptic Diversity in Hippocampal CA1 Neurons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 2183 ~ 2195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhz022	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 Ozana Nisan, Noah Jack Adam, Zhang Xian, Ono Yumie, Hirsch Joy, Zalevsky Zeev	4. 巻 13
2. 論文標題 Remote photonic sensing of cerebral hemodynamic changes via temporal spatial analysis of acoustic vibrations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biophotonics	6. 最初と最後の頁 e201900201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbio.201900201	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 Dravida Swethasri, Ono Yumie, Noah J. Adam, Zhang Xian, Hirsch Joy	4. 巻 6
2. 論文標題 Co-localization of theta-band activity and hemodynamic responses during face perception: simultaneous electroencephalography and functional near-infrared spectroscopy recordings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neurophotonics	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.NPh.6.4.045002	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 Tachibana Atsumichi, Noah J. Adam, Ono Yumie, Taguchi Daisuke, Ueda Shuichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Prefrontal activation related to spontaneous creativity with rock music improvisation: A functional near-infrared spectroscopy study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-52348-6	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 Nagashima Shintaro, Kimoto Katsuhiko, Ono Yumie, Ohno Akinori, Hoshi Noriyuki, Fuchigami Kei, Manabe Yuta	4. 巻 -
2. 論文標題 The effect of masticatory behaviour on generalized attention in healthy volunteers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Psychogeriatrics	6. 最初と最後の頁 12493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyg.12493	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 Noah J. Adam, Zhang Xian, Dravida Swethasri, Ono Yumie, Naples Adam, McPartland James C., Hirsch Joy	4. 巻 14
2. 論文標題 Real-Time Eye-to-Eye Contact Is Associated With Cross-Brain Neural Coupling in Angular Gyrus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2020.00019	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 小野 弓絵	4. 巻 57
2. 論文標題 いまさら聞けない信号処理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 75 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.57.75	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 Ikuta Ryuhei, Tamaki Katsushi, Ono Yumie, Kataoka Kanako, Fujiwara Motoki	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of the position of the palatal bar on brain activity during swallowing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annals of Japan Prosthodontic Society	6. 最初と最後の頁 245 ~ 254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2186/ajps.11.245	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 小野 弓絵	4. 巻 31
2. 論文標題 歯痛と口腔違和感の脳機能イメージング・診断・治療	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本顎関節学会雑誌	6. 最初と最後の頁 100 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11246/gakukansetsu.31.100	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 -

〔学会発表〕 計58件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 17件）

1. 発表者名 Y Ono
2. 発表標題 Neuroengineering Innovations for Personalized Brain Health and Resilience
3. 学会等名 2024 6th International Conference on Image, Video and Signal Processing (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中本 健一, 笹川 真実子, 伊藤 大剛, 富永 孝紀, 小野 弓絵
2. 発表標題 Virtual Reality(VR)を用いた股関節屈曲運動が歩行及び脳波に及ぼす影響
3. 学会等名 第21回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉山海理, 小野弓絵
2. 発表標題 VR運動訓練中の多感覚フィードバックが運動関連脳活動に与える影響の検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宇賀田麗衣, 中林実輝絵, 一之瀬真志, 小野弓絵
2. 発表標題 運動への意識が活動筋酸素代謝率に与える効果の検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川紗也香、寺田萌、藤原瑠平、小野弓絵
2. 発表標題 適応的な運動想起指示による脳卒中患者の運動関連脳活動評価法の改善
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宇賀田麗衣、中林美輝絵、一之瀬真志、小野弓絵
2. 発表標題 筋を意識した運動が脳活動と筋活動に与える影響の検討
3. 学会等名 第62回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川紗也香、小野弓絵
2. 発表標題 脳卒中ニューロリハビリテーションの高効率な運動訓練法の検討
3. 学会等名 第62回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉 司威、金 柱亨、横澤 宏一、小野 弓絵
2. 発表標題 ディープラーニングを用いたMEGからの手のジェスチャーの識別
3. 学会等名 第25回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 間邊剛太, 金井塚雄真, Jian-Jia Huang, Jen-Wen Hung, 小野弓絵
2. 発表標題 脳卒中患者のリハビリテーション方法の違いが運動野有向性ネットワークに与える影響
3. 学会等名 第35回実社会におけるマルチモーダル脳情報応用技術研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y Ono
2. 発表標題 Sensing your mind by wearable devices: a challenge of Neuroengineering for human well-being
3. 学会等名 IEEE-NEMS2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉山海理, 小野弓絵, 章斯楠
2. 発表標題 異なるVR再生デバイスで惹起される運動関連脳活動の特性変化
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 生体機能計測による脳・筋機能の可視化
3. 学会等名 MIMS共同研究集会「幾何学・連続体力学・情報科学の交差領域の探索( ) - 可視化力 - (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sinan Zhang, Daigo Ito, Ryo Ogura, Takanori Tominaga, Yumie Ono
2. 発表標題 Effect of treadmill training with virtual-reality optic-flow stimulation on the gait function in individuals with stroke
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野鳥一平、堀場充哉、松井佑介、宇野光平、小野弓絵、植木美乃、美馬達哉
2. 発表標題 パーキンソン病患者に対するClosed-loop脳刺激介入の即時的効果
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 言語コミュニケーションにおける複数脳の機能的・因果的ネットワーク解析
3. 学会等名 第24回日本光脳機能イメージング学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S Ogawa, A Churei, Y Ono
2. 発表標題 A study of motor training methods to improve the efficiency of stroke neurorehabilitation
3. 学会等名 Neuro2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 章斯楠, 笹川真実子, 伊藤大剛, 小倉亮, 小野弓絵
2. 発表標題 VRオプティックフロー刺激による脳卒中患者の歩行機能改善効果の検討
3. 学会等名 第49回日本バイオフィードバック学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹川真実子, 章斯楠, 伊藤大剛, 富永孝紀, 小野弓絵
2. 発表標題 脳卒中麻痺患者を対象とするVR下肢リハビリテーションゲームの開発
3. 学会等名 第49回日本バイオフィードバック学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y Nagashima, D Ito, R Ogura, T Tominaga, Y Ono
2. 発表標題 Improvement of Gait Parameters in VR home environment training system for stroke patients: a case report
3. 学会等名 EMBC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A Churei, Y Ono, Y Fujiwara, M Terada, M Kono
2. 発表標題 Robust detection method of motor imagery activity for neurorehabilitation: a preliminary study in healthy participants and hemiplegic stroke patients
3. 学会等名 EMBC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 A Mori, Y Ono, WY Lin
2. 発表標題 Increased default-mode network connectivity in cancer patients with chronic pain
3. 学会等名 EMBC2021 ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Ono, X Zhang, JA Noah, S Dravida, J Hirsch
2. 発表標題 Detection of Hemodynamic Directional Connectivity with fNIRS: Simulation and Application to Verbal Communication Network
3. 学会等名 SfNIRS2021: Society for Functional Near Infrared (SfNIRS) 6th Biennial Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A Tachibana, JA Noah, Y Ono
2. 発表標題 Prefrontal activation and deactivation related to spontaneous creativity with rock music improvisation
3. 学会等名 SfNIRS2021: Society for Functional Near Infrared (SfNIRS) 6th Biennial Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Ono, X Zhang, JA Noah, S Dravida, J Hirsch
2. 発表標題 Bidirectional Connectivity Between Broca and Wernicke ' s Areas During Interactive Listening
3. 学会等名 Neuroscience 2021 (SfN) ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 日常的空間における言語・非言語コミュニケーション中の脳機能ネットワーク
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会・第36回日本生体磁気学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野弓絵
2. 発表標題 言語・非言語コミュニケーションにおける脳領域の因果的結合性ネットワーク
3. 学会等名 第117回日本精神神経学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田萌，藤原揺平，河野正志，市村幸盛，小野弓絵
2. 発表標題 Brain-Machin Interfaceを用いたDigital Mirror Boxによる神経リハビリテーションの臨床効果
3. 学会等名 第55回日本作業療法学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Nagashima, Daigo Ito, Ryo Ogura, Takanori Tominaga, Yumie Ono
2. 発表標題 Gait training in Virtual Reality home environment for stroke patients
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S Liu, Y Ono
2. 発表標題 EEG-based eye state classification using convolutional neural network
3. 学会等名 第32回実社会におけるマルチモーダル脳情報応用技術研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森明子, 小野弓絵, 伊藤麻帆, 水口茉理菜, 河野正志, 富永孝紀
2. 発表標題 脳卒中リハビリテーション前後の運動野半球間結合性の変化と機能回復との関連
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 章斯楠, 小野弓絵
2. 発表標題 VR視聴時の主観的不快感に関連する生体活動の検出
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永嶋 裕也, 伊藤 大剛, 小倉 亮, 富永 孝紀, 小野 弓絵
2. 発表標題 多感覚フィードバックを付与する家庭内自由歩行訓練用VRの開発
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中禮周, 小野弓絵
2. 発表標題 安静時 $\mu$ 波強度に着目した運動想起脳活動の検出方法の検討
3. 学会等名 第59回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 章斯楠, 小野弓絵
2. 発表標題 VR視聴時の主観的不快感に関わる脳活動の検出
3. 学会等名 第22回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M Hoshino, Y Ono
2. 発表標題 EEG Classification of Grasp and Pinch Movements by Transfer Learning of Image-based CNN
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y Nakyama, Y Ono
2. 発表標題 Improvement of binary subband CCA for steady-state visual evoked potentials-based BCI
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K Tanaka, Y Ono, S Dravida, JA Noah, X Zhang, J Hirsch
2. 発表標題 Detection of cortical hemodynamic network associated with EEG oscillatory activity
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y Takayanagi, Y Takayama, K Iijima, M Iwasaki, Y Ono
2. 発表標題 Efficient Detection of High-Frequency Oscillations in Epilepsy Based on Transfer Learning of Deep Neural Network
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田喜之, 小野弓絵
2. 発表標題 皮質血流信号を用いた音楽の好感度の3クラス判別
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原揺平, 寺田萌, 河野正志, 市村幸盛, 小野弓絵
2. 発表標題 Brain-Machine Interfaceを用いたDigital Mirror Boxによる神経リハビリテーション:-システム改良後の臨床効果-
3. 学会等名 第54回日本作業療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 章斯楠, 小野弓絵
2. 発表標題 VR視聴時の主観的不快感に関連する自律神経指標の検討
3. 学会等名 第73回日本自律神経学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 楊 馨逸, 洪 境晨, 安田 和弘, 小野 弓絵, 岩田 浩康
2. 発表標題 両脚協調デバイスにおける没入型VRによる視覚FB付与に関する研究
3. 学会等名 第41回バイオメカニズム学術講演会(SOBIM2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中恵太, S Dravida, JA Noah, X Zhang, J Hirsch, 小野弓絵
2. 発表標題 脳波活動に伴うfNIRS代謝活動の皮質ネットワーク解析法の開発
3. 学会等名 第29回実社会におけるマルチモーダル脳情報応用技術研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田喜之, 小野弓絵
2. 発表標題 kNN法を用いた脳血流信号からの音楽の好感度判別の検討
3. 学会等名 第23回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯尾 恵俊, 美馬 達哉, 小野 弓絵
2. 発表標題 最適な極性の経頭蓋直流電気刺激が運動想起時脳活動に与える効果の検討
3. 学会等名 第98回日本生理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 恵太 <sup>1</sup> , Dravida Swethasri <sup>2, 3</sup> , Noah Jack Adam <sup>3</sup> , Zhang Xian <sup>3</sup> , Hirsch Joy <sup>3</sup> , 小野 弓絵
2. 発表標題 脳波活動と関連するfNIRS代謝活動の皮質ネットワークの同定
3. 学会等名 第98回日本生理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Ono
2. 発表標題 Functional recovery and brain network changes in stroke motor rehabilitation using brain machine interface
3. 学会等名 International Joint Meeting 2020 in Kansai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Ono
2. 発表標題 Brain machine interface for personalized stroke motor rehabilitation
3. 学会等名 ICMMA 2020 International Conference on "Design of Comfortable Life using Mathematical Sciences" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y Yamada, Y Ono
2. 発表標題 Detection of Music Preferences using Cerebral Blood Flow Signals
3. 学会等名 The 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S Kuriki, S Higuchi, Y Okazaki, Y Ono, H Kobayashi
2. 発表標題 Alteration of functional connectivity in patients with gaming disorder comorbid with other psychiatric disorders
3. 学会等名 ICBA 2019 (6th International Conference on Behavioral Addictions) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野 真輝, 小野 弓絵
2. 発表標題 「握る」と「つまむ」動作を補助するウェアラブルBMIロボットの開発
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山裕貴, 小野弓絵, 諸田翔平
2. 発表標題 定常状態視覚誘発電位を用いた文字入力装置における最適な脳波入力時間の検討
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 飯尾 恵俊, 小野 弓絵
2. 発表標題 経頭蓋直流電気刺激が運動想起時脳活動に与える変調効果の検討
3. 学会等名 第58回 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野弓絵, 横澤宏一, 大塚明香, 西本博則
2. 発表標題 SPMソフトウェアを用いたMEG信号源解析の検討
3. 学会等名 第34回日本生体磁気学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野慧, 柴田真帆子, 石山敦士, 小野弓絵
2. 発表標題 ペダリング運動の回転数の違いによる脚の運動想起時の脳波事象関連脱同期の影響
3. 学会等名 第26回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田真帆子, 星野慧, 石山敦士, 小野弓絵
2. 発表標題 運動への親和性と自己身体の見えやすさが運動観察想起時の脳活動に与える影響
3. 学会等名 第26回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野鷹一平, 堀場充哉, 美馬達哉, 松橋眞生, 小野弓絵, 和田郁雄, 植木美乃
2. 発表標題 閉ループ制御機能脳刺激法によるパーキンソン病患者への歩行介入
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯尾 恵俊, 小野 弓絵
2. 発表標題 経頭蓋直流電気刺激による運動想起脳活動の促進効果の検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>明治大学 健康医工学研究室  <a href="https://www.isc.meiji.ac.jp/~yumie/index.html">https://www.isc.meiji.ac.jp/~yumie/index.html</a>          Meiji Now 【理工学部】小野弓絵研究室  <a href="https://meijinow.jp/study/seminar/78051">https://meijinow.jp/study/seminar/78051</a>          脳の信号を読み取って機械を動かす「BMI」が開く未来  <a href="https://yumenavi.info/vue/lecture.html?gnkcd=g012001&amp;University=V&amp;SerKbn=6">https://yumenavi.info/vue/lecture.html?gnkcd=g012001&amp;University=V&amp;SerKbn=6</a>          明治大学模擬授業「考えるだけで動くロボットをつくる」  <a href="https://youtu.be/QnQEJsnqx2M">https://youtu.be/QnQEJsnqx2M</a></p>
---

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
研究協力者	富永 孝紀  (Tominaga Takanori)	明治大学・研究・知財戦略機構・研究推進員  (32682)	

6. 研究組織（つづき）

	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	伊藤 大剛  (Ito Daigo)	医療法人穂翔会 村田病院・リハビリテーション部・理学療法士	
研究協力者	藤原 揺平  (Fujiwara Yohei)	医療法人穂翔会 村田病院・リハビリテーション部・作業療法士	
研究協力者	寺田 萌  (Terada Moe)	医療法人穂翔会 村田病院・リハビリテーション部・作業療法士	

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			
	米国	Yale School of Medicine		
その他の国・地域	Chang Gung University	Chang Gung Memorial Hospital-Kaohsiung		