

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04476

研究課題名(和文)人間同士の協働・協調による創造的活動支援のための人間中心設計の提案

研究課題名(英文) Proposal of human-centered design for creative activity support by human collaboration and cooperation

研究代表者

矢入 郁子 (Yairi, Ikuko Eguchi)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：10358880

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)：本研究は人間同士の協働・協調による創造的活動を、IoTセンサ、脳波計測や機械学習による人間行動の分析・可視化などの最新技術を駆使して支援することを目指し、(1)問題解決、アイデアの具体化、学習などのクリエイティブなミッション下に置かれた人々の実際のコラボレーションを、IoTセンサ、脳波計測や機械学習による人間行動の分析・可視化などの技術を応用して定量的に分析すること、(2)分析結果をもとに、人々のつながりと動機の強さに着目して、コラボレーション成否メカニズムを解明すること、(3)コラボレーション参加者への状況の可視化・提示および介入方法も含めた支援設計手法の提案と評価、の3つを行いました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超少子高齢社会に突入する日本では、社会のあらゆる場面での生産性の向上が重要な社会的課題であり、本研究はその課題解決のために、従来技術では支援困難な人間同士の協働・協調による創造的活動を、IoTセンサ、脳波計測や機械学習による人間行動の分析・可視化などの最新技術を駆使して支援することを目指すものである。AIによる様々な職業の代替の予想がなされるなか、AIによる代替が困難な真に人間らしい活動として注目が高まっている職場/教育現場/家庭等でのクリエイティブなコラボレーションに焦点を当て、人間同士のコラボレーションの質を高める方法を明らかにすることは、学術においても重要な課題である。

研究成果の概要(英文)：This research aims to support creative activities based on human collaboration and cooperation by entirely using the latest technologies, such as IoT sensors, electroencephalogram measurement, and human behavior analysis and visualization by machine learning. First, by applying technologies such as analysis and visualization of human behavior using IoT sensors, electroencephalogram measurement, and machine learning, our research will realize true collaboration between people doing creative missions such as problem-solving, the materialization of ideas, and education are quantitatively analyzed. Secondly, based on the analysis results, this research focused on the strength of human connections and motivation and worked to elucidate the mechanism of success or failure of collaboration. Third, we proposed and evaluated support design methods in this research, including visualization and presentation of situations for collaboration participants and intervention methods.

研究分野：知能情報学，ヒューマンインタフェース

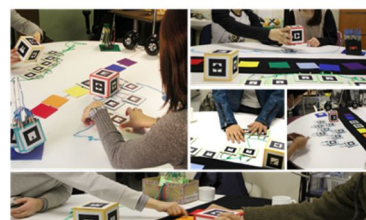
キーワード：コラボレーション 脳波計測 機械学習 AI IoT

1. 研究開始当初の背景

代表者はそれまで機械学習や脳波計測を用いた人間行動の分析・可視化の研究を行ってきた。その一環としてヒューマンコラボレーションの計測・分析を行った結果、(1)インクルーシブデザインワークショップ実施を通して、参加者のつながりと動機がブレインストーミングの成果に与える質的影響とその強化のための基礎的アイデアを、(2)視覚障害者と晴眼者の協調作曲インタフェースとシューティングゲームの研究では、発話の定量化とスコアの分析によってつながりと動機が成果に及ぼす影響の量的評価の端緒を、(3)プログラミング学習支援研究では、つながりが緊密かつ均質な30人の高校生のグループ学習の会話分析・能力テスト・アンケートを通して、グループの学習の質を左右する動機の高い人物の存在と動機の伝播が学習を成功に導く事例が、(4)クッションをセンサ・ディスプレイ化した遠隔協調学習支援システムの評価実験において、小学生・大学生ともにつながりの強さが学習に影響を及ぼすことを、それぞれ確認してきた。これらの成果を通して代表者は、参加者同士のつながりと動機に着目してヒューマンコラボレーションを分類整理することで、普遍的な人間同士のコラボレーションを数理モデルの俎上に乗せることが可能であることに気づき、構想を具体化しようとしたのが本件である。



視覚障害者と晴眼者が参加するアイデアソンの開催 (インクルーシブデザインワークショップ)



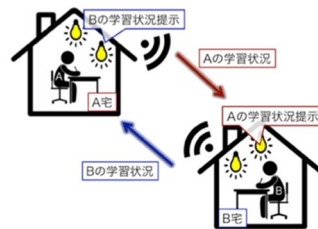
視覚障害者と晴眼者の協調作曲インタフェース



プログラミング初心者高校生を対象とした同部活の仲よし同士によるグループ学習の分析

2. 研究の目的

近年のAI技術の飛躍的進歩を背景に、医学における診断や、工学におけるシステムの故障の予兆検知などの、高度な知識を持つ専門家が従来行ってきたタスク(これらの高度な専門的タスクは膨大なデータと知識とを統合する点でAIとの親和性が高い)を自動化する研究が盛んとなっている。その一方で、少量のデータと主観とを統合して行う創発や意思決定・対人コミュニケーションなどのタスクがAIによる代替が困難な人間にしか行えない活動であることが改めて指摘され、その支援研究の重要性は従来以上に高まっている。本研究はこのような学術的背景を受け、創発と意思決定・対人コミュニケーションが組み合わされた真に人間らしい活動例として、人間が日々さりげなく行っている職場/教育現場/家庭等での問題解決、アイデアの具体化、学習などに関する人間同士の協働・協調による創造的活動(以降、単にコラボレーションと表記)の支援を通して、人間の能力と生産性の向上、ひいては人間個人および社会全体のwellbeingを高めることを目指した。コラボレーションに関連した学術研究はこれまで、経営学・教育学の分野で共同作業の効果と有効利用方法についての議論が、心理学の分野で共同作業に関わる心理を計測する心理尺度の開発が、それぞれ古くから継続的になされてきた。また工学の分野では、Computer Supported Collaborative Work(CSCW)といった専門分野が確立され、機械のテレオペレーションや対面での航空管制業務といった特定のタスクを共同で行うことを前提とした装置やグループウェアの開発に焦点が当てられてきた。画像・音声認識技術や情報提示技術が飛躍的に発展をとげるなか、本研究は人間が日々さりげなく行っているより広く一般的な創造的共同作業としてのコラボレーションを工学的システムデザイン研究の対象とし、その支援フレームワークを提案することを目的とした。



クッションをセンサ化したアンビエントシステムによる小学生・大学生の協調学習支援と評価

3. 研究の方法

(i) コラボレーションを工学的システムデザイン研究の対象とするための手法の研究

画像・音声認識技術や情報提示技術の飛躍的発展により、ジェスチャや表情解析・発話のディクテーションが容易となり、コラボレーションの観察・分析に用いることが可能となったが、これだけでは従来行われてきた文化人類学的観察・分析手法の域を超えたとはいえない。そこで本研究ではこれらの手法に加え、現在代表者と分担者とで共同開発中の脳波計を用いた集中度測定手法を応用するなど生体信号の計測技術を取り入れるとともに、代表者が開発した高プライバシーの超低解像度画像センサを用いた行動認識システムを用いるなど最新のIoTセンサ技術を応用する。さらにこのようにして得られたデータの解析に機械学習の手法を用いることで、コ

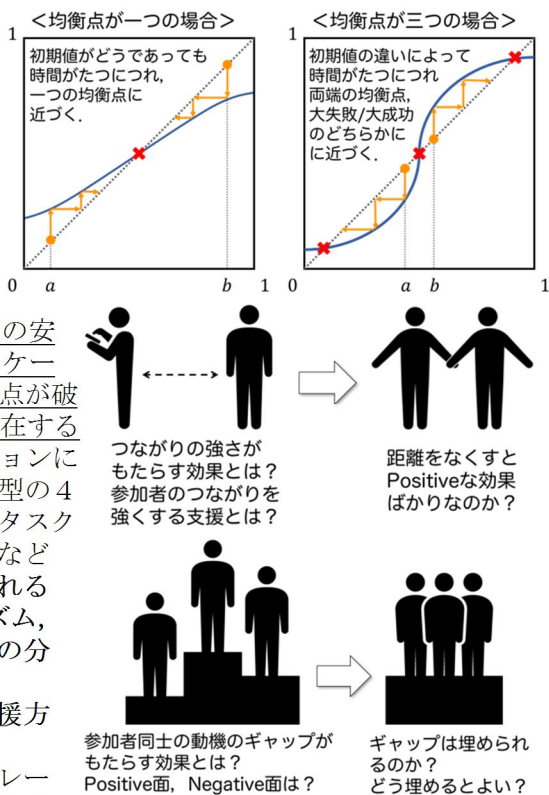
ラボレーションを定量化・可視化するための基礎技術を確立することを目指した。

(ii) コラボレーションの成否に関する研究

代表者はこれまで、ワークショップやハッカソンの主催、年間 28 回 x10 年の 2 チーム対抗のグループワークの少人数制講義、後述する視覚障害者と晴眼者とのコラボレーション研究を通して、幾多のコラボレーションとその成否を観察し、この学問的問いの重要性を噛み締めてきた。代表者のこれまでの研究成果から得られた知見は、参加者の動機の高さと参加者同士のつながりの強さが重要であることに加え、コラボレーションが時間経過とともに均衡点が 1 つの安定解の場合のように中庸の成果に収束していくケース、均衡点が 3 つの不安定解の場合のように均衡点が破られると一気に大失敗/大成功となるケースが存在することである。本研究では、複数名のコラボレーションにおいて報酬が量的/質的 x 集団還元型/個人還元型の 4 つのタイプを網羅し、それぞれのミッション及びタスクにおいて成否を定義し、参加者のつながりと動機などのパラメータによって安定解と不安定解に分かれる仕組み、均衡点が崩れて成否を左右するメカニズム、などを数理モデルも導入して説明を試み、実際の分析データから説明の妥当性を示すこととした。

(iii) コラボレーションを成功に導くための支援方法の研究

どのような支援方法が妥当であるかはコラボレーション支援の人間中心設計手法確立に向けた最も重要な問いである。参加者の発言や議論の収束を促すなどの間接的介入方法はすでに確立されているが、成否を決定づける直接的介入方法は明らかとなっていない。本研究では上記の(i)(ii)の研究を通して得られた技術と知見に基づいて、参加者の認知の拡張をうながし、創造的作業の成果の質を高めうる、参加者への状況の可視化と提示・介入方法について考察を行うことを目論んだ。

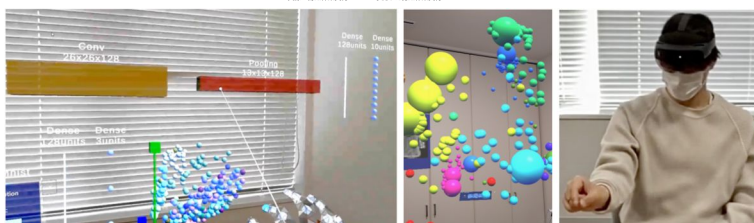
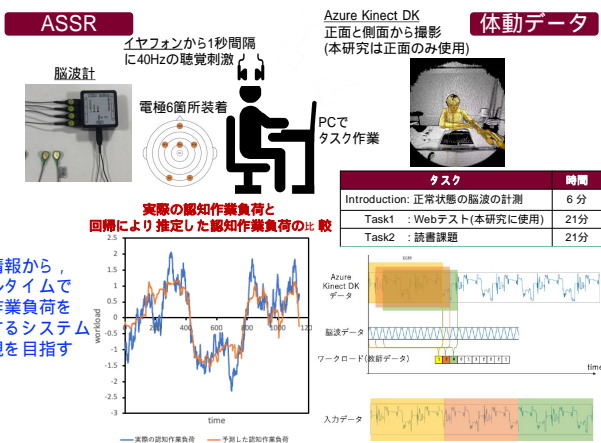


4. 研究成果

研究実施中の多くの期間がコロナ渦と重なり、学内に学生が入構することさえ禁じられた時期もあり、研究計画の再考を余儀なくされた。変更した部分は、大規模な参加者が必要となるアンケート調査や、長時間の対面での機器使用を伴う聞き取り調査といった評価方法を用いる計画を、参加者数が 20 人以下でも統計的妥当性の主張が可能な脳波計測を用いた評価方法へと切り替えた。もう一つの大きな変更は、深層学習応用やデータの統計的解析を主眼とした研究に注力したことである。その結果、期間中にインパクトファクターが 4 を超える Frontiers in Psychology を含む英語投稿論文 8 件の掲載という成果に繋がった。

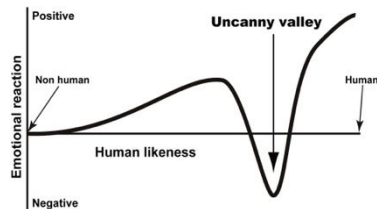
音声刺激を用いた ASSR と呼ばれる手法で脳波計を用いて計測した認知負荷値を教師データとして、画像センサによる体動から認知負荷を深層学習を用いて高精度で推定する手法に関する論文を投稿準備中である。LSTM を利用した場合に、クラス分類で Accuracy 0.878, F 値 0.878, 回帰で RMSE 0.223, 決定係数 0.947 を得ている。CNN ではより高い精度となることが確認されている。本手法が確立されれば、複数名のコラボレーションの評価が画像センサのみから可能となることが期待される。

VR/AR 環境を用いた深層学習モデル実装のためのデータ分析システムのインタフェースの試作とユーザインタビュー評価を含むレビュー論文も準備中である。今後は当システムを複数人が同時に使用で

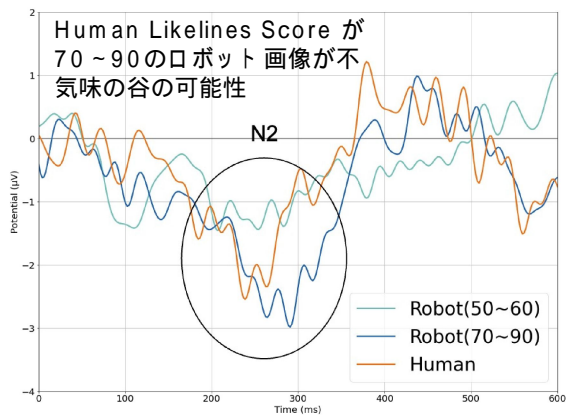


きるように改良する予定である。

Human Likeliness Score が付されたロボットの画像を刺激とした脳波計によるロボットの不気味の谷の計測研究に関する論文も投稿準備中である。今後はさらなる詳細な計測・分析を通して不気味さを回避するための外観デザインの提案を行う予定である。またロボットによる作業支援時の認知負荷が不気味の谷によってどのように影響を受けるかの調査も興味深い研究対象である。



Human-likeness score 70~100



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Masuda Nagisa, Furukawa Koichi, Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 30
2. 論文標題 Stetho Touch: Touch Action Recognition System by Deep Learning with Stethoscope Acoustic Sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 718～728
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjip.30.718	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 Sato Goh, Watanabe Takumi, Takahashi Hiroki, Yano Yojiro, Iwasawa Yusuke, Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 1357
2. 論文標題 Visualizing Road Condition Information by Applying the AutoEncoder to Wheelchair Sensing Data for Road Barrier Assessment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 13～24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-73113-7_2	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 Akimoto Kouta, Fukawa Ayako, Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 1357
2. 論文標題 Strategy and Spatial Representations for Improving Navigation Ability Without Vision Using Sensory Substitution Devices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 216～223
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-73113-7_21	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 Furukawa Koichi, Fukushima Yusuke, Nishino Saki, Eguchi Yairi Ikuko	4. 巻 28
2. 論文標題 Survey on Psychological Effects of Appreciative Communication via Voice Agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 699～710
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjip.28.699	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 Watanabe Takumi、Takahashi Hiroki、Sato Goh、Iwasawa Yusuke、Matsuo Yutaka、Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 1370
2. 論文標題 Wheelchair Behavior Recognition for Visualizing Sidewalk Accessibility by Deep Neural Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Computer and Information Science	6. 最初と最後の頁 16 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-16-0575-8_2	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 Naraha Taisei、Akimoto Kouta、Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 1423
2. 論文標題 Survey of the VR Environment for Deep Learning Model Development	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Systems and Computing	6. 最初と最後の頁 154 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-96451-1_14	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 Ogawa Jin Michel、Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 1423
2. 論文標題 Metagenome Analysis of Two River Microbial Flora for Modeling River Microbial Diversity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advances in Intelligent Systems and Computing	6. 最初と最後の頁 213 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-96451-1_19	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 Masuda Nagisa、Yairi Ikuko Eguchi	4. 巻 14
2. 論文標題 Multi-Input CNN-LSTM deep learning model for fear level classification based on EEG and peripheral physiological signals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 01 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2023.1141801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 沼田 遥・秋元 弘太・島田 径太（上智大学）・千葉 慎二（日本マイクロソフト）・矢入 郁子（上智大学）
2. 発表標題 脳波を教師とした体動からの認知作業負荷推定のための深層学習モデルの実装と評価
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム（FIT2022）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤 優花子（上智大学）・横田 悠右・成瀬 康（情報通信研究機構）・矢入 郁子（上智大学）
2. 発表標題 脳波計を用いた不気味の谷の評価に関する研究
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム（FIT2022）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jin Michel Ogawa, Tamao Saito, Ikuko Eguchi YAIRI,
2. 発表標題 Metagenome analysis of two river microbial flora for modeling river microbial diversity
3. 学会等名 JSAI2021, 35rd Annual Conference, 2021, Pages 4N3-IS-1b-03（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taisei Naraha, Kouta Akomoto, Ikuko Eguchi YAIRI
2. 発表標題 Survey of the VR environment for deep learning model development
3. 学会等名 JSAI2021, 35rd Annual Conference, 2021, Pages 2N3-IS-2b-04（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 3.Keita SHIMADA, Shinji CHIBA, Yusuke YOKOTA, Yasushi NARUSE, Ikuko Eguchi YAIRI
2. 発表標題 Correlation analysis between the learning concentration estimated by EEG and the body motion measured by image sensors
3. 学会等名 JSAI2021, 35rd Annual Conference, 2021, Pages 1N2-IS-5a-03 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三田稜一朗, 小川仁, 齋藤玉緒, 矢入郁子
2. 発表標題 サロベツ湿原泥炭採集地環境再生のための微生物叢メタゲノム解析
3. 学会等名 FIT2021, 2020.8
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松岡理奈子, 千葉晃一, 小森谷篤, 横田 悠右, 成瀬 康, 矢入 郁子
2. 発表標題 体性感覚誘発電位を用いた認知作業負荷推定アルゴリズムの検討
3. 学会等名 FIT2021, 2020.8
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kouta Akimoto, Ayako Fukawa, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Research on Learning Effect of Vibrotactile Stimulation to the Head in Triangle Completion Task
3. 学会等名 Proceedings of the Annual Conference of JSAI, 2020, Volume JSAI2020, 34rd Annual Conference, 2020, Pages 1G5-ES-5-03 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Goh Sato, Takumi Watanabe, Hiroki Takahashi, Yojiro Yano, Yusuke Iwasawa, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Visualizing Road Condition Information by Applying the AutoEncoder to Wheelchair Sensing Data for Road Barrier Assessment
3. 学会等名 Proceedings of the Annual Conference of JSAI, 2020, Volume JSAI2020, 34rd Annual Conference, 2020, Pages 1G3-ES-5-02 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miyuki Ogata, Shogo Murakami, Takumi Mikura, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Privacy-Preserving Monitoring System with Ultra Low-Resolution Infrared Sensor
3. 学会等名 In Proceedings of the AI4Function, co-located with the 2020 International Joint Conference on Artificial Intelligence - Pacific Rim Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-PRICAI 2020), (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 拓馬, 森 裕一, 矢入 郁子
2. 発表標題 動画像からのサッカーシュート動作の姿勢推定の精度改善
3. 学会等名 人工知能学会全国大会論文集 2020年 JSAI2020 巻 3M5-GS-12-04, 2020年
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金子 和樹, 中村 拓馬, 森 裕一, 矢入 郁子
2. 発表標題 OpenPoseを用いたサッカー熟練度の分類
3. 学会等名 人工知能学会全国大会論文集 2020年 JSAI2020 巻 3M5-GS-12-05, 2020年
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増田 凧紗, 古川 広一, 矢入 郁子
2. 発表標題 DCNN を用いた聴診器音響センシングによる タッチアクション認識
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム, J-024, FIT2020, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴田 祥太郎, 渡邊 拓実, 矢入 郁子
2. 発表標題 リモートセンシングデータから地すべりを抽出するDeep Residual U-Netモデルの精度向上
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム, 0-011, FIT2020, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 門田 流聖, 渡邊 拓実, 佐藤 剛, 岩澤 有祐, 矢入 郁子
2. 発表標題 CNNとRNNの統合モデルによる車いす加速度データを用いた路面状態の評価
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム, F-011, FIT2020, 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoji Yamashita, Yukako Ito, Haluka Numata, Nagisa Masuda, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Cognitive Workload Estimation from Raw EEG Signals using Deep Learning
3. 学会等名 JSAI2023, 37rd Annual Conference, 2023, Pages 2U4-IS-2c-04 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nao Enoki, Yukako Ito, Yusuke Yokota, Yasushi Naruse, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Investigation of a method for measuring affection and aversion by electroencephalography using images and odor stimuli
3. 学会等名 JSAI2023, 37rd Annual Conference, 2023, Pages 2U5-IS-5-01 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kousuke Arai, Yusuke Yokota, Yasushi Naruse, Ikuko Eguchi Yairi
2. 発表標題 Electroencephalography and Electrocardiogram Measurement of Flow Experience during Gameplay
3. 学会等名 JSAI2023, 37rd Annual Conference, 2023, Pages2U5-IS-5-02 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	横田 悠右 (Yokota Yusuke) (10710593)	国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・研究員 (82636)	
研究分担者	平田 均 (Hirata Hitoshi) (20266076)	上智大学・理工学部・助教 (32621)	
研究分担者	森 武俊 (Mori Taketoshi) (20272586)	東京大学・大学院医学系研究科(医学部)・特任教授 (12601)	

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
研究分担者	岩澤 有祐 (Iwasawa Yusuke) (70808336)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任助教 (12601)	
研究分担者	塩瀬 隆之 (Shiose Takayuki) (90332759)	京都大学・総合博物館・准教授 (14301)	

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