

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04025

研究課題名(和文)ニューロフィードバック制御型の神経結合動態計測による認知過誤リスク推定の研究

研究課題名(英文) Estimation of cognitive error risk by using neurofeedback driven dynamic functional connectivity

研究代表者

中井 敏晴 (Nakai, Toshiharu)

大阪大学・歯学研究科・招へい教授

研究者番号：30344170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではNF-fMRIに小型ヒューマノイドを用いたBMIを開発し、加齢による認知機能予備能力の変化や其の頑強性を推定する指標を開発した。NF-fMRIの動態解析により加齢による脳活動領域拡大は課題遂行内容に基づく脳活動パタンの判別に有効な情報量を増やす効果が認められ高齢者でもNF訓練が有効であること、判別結果をより安定化させる事等が判明した。活動領域の拡大には再現性が認められ、学習内容に依存する神経組織動員方略が存在し、個人の特性を反映するものと考えられた。また、リアルタイムの2次元判別分析により、四肢を区別する動作想起によるロボット操作が可能である事が実証された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

NF計測に基づく学習過程で観測される脳活動の時間軸変化と行動データの相関解析から得られる諸指標は運動学習を通じた認知機能の予備能力(cognitive reserve)を推定する指標として応用が期待される。近年、高齢者を対象とした健康増進事業が盛んであるが、今後個人の認知機能の状態を考慮しながら運動処方を最適化し、日常生活リスクを推定する上で参考指標のひとつとなる。また、身体座標感覚に近似させた、より直感的なBMI操作の実現に寄与すると期待される。国際ワークショップ(BrainConnects)の運営を通してASEAN諸国との共同研究と人事交流をより一層推進出来た。

研究成果の概要(英文)：Real-time functional magnetic resonance imaging, coupled with machine learning to operate a small humanoid robot to give visual feedback of body coordinate representation, has enabled real-time classification of brain activation patterns that could represent performance of motor imagery. It was suggested that such neurofeedback (NF) training could be characterized by dynamic changes of activation patterns as the training progressed to estimate cognitive reserve (CR) in older adults. By employing updating of the used classifier every after feedback-scan to account for its temporal change, and combining with two-dimensional expansion of the classifier, 4 classes separation of the imagery movements (right/left, hand/foot) could be successfully demonstrated in both age groups. Detection and accuracy rate of imagery assignment in older subjects suggested that NF trainings are valid to evaluate CR for risk assessments in their daily life.

研究分野：神経情報学

キーワード：ニューロフィードバック fMRI BMI 運動処方 加齢 運動認知訓練 脳機能計測 神経機能動態結合

## 1. 研究開始当初の背景

少子高齢化が現実の課題として進行しつつあり、積極的な健康増進策がますます重要になりつつある。加齢による身体機能低下を遅延・軽減させ、社会参加を維持させるための方策として高齢者向け事業が各地で開催されており、運動・認知訓練としての効果を積極的に期待する健康体操教室も盛んである。其の様な介入は未だ認知機能低下が顕在化しておらず、可塑的变化 (neuro-plastic change) が期待できる段階で開始した方がより長期的に有効な神経機能の保護効果 (neuro protection) が期待できよう。しかし、認知機能の低下がまだ顕在化していない段階では必ずしも行動指標に明確な変化が現れるとは限らず、認知機能の予備能力 (cognitive reserve, CR) を潜在的な認知機能低下の指標とした評価方法が介入効果や生活リスクの予測に有効と考えられる。

神経回路のレベルでは加齢による中枢神経系の機能変化を神経結合 (Functional Connectivity, FC) の低下として捉えることができる。安静時の FC (resting state network, RSN) は具体的な作業課題を行わなくても主要な認知処理を行う神経回路は非意識的な活動を続けていることを示唆している。我々は RSN の一つである Salience Network (SN) に加齢による代償的な活動亢進が見られ (Chen et al., IEEE Proc ISMICT 2013, 218-222, 2013, ISBN 978-1-4673-5772-2/13) さらに言語訓練作業 (verbal training) を使った短期的な認知訓練や長期的な健康体操によってその活動亢進が抑制されることを見出した (Nakai et al., Human Brain Mapping #377, 2017) 。SN は運動・身体感覚を統合する神経回路と考えられており (Menon V, Brain Mapping, pp597-611, 2015) SN における FC の改善は認知機能全体への介入効果を意味すると考えられる。しかし、慢性的な RSN に対する過剰負荷状態が軽減されたとしても、直ちに CR の頑強性が向上したことを反映するとは限らない。加齢により認知機能が異なる複数作業を切り替えながら実行する能力 (Task Switching) や認知処理結果のリアルタイム (実時間) 更新能力が低下し (Kunimi et al., Neurosci Res 103, 18-26, 2016) それが生活上のリスクに繋がる危険性が指摘されているが、強い認知負荷に暴露された時の神経回路の応答を動的に捉えることが日常生活におけるリスク予測に有用と考えられる。

## 2. 研究の目的

妥当な CR (認知機能の予備能力の恒常性) の推定指標を開発する事を念頭に置いて、運動・認知訓練による高齢者への介入が神経機能の保護効果を発揮して神経回路機能の可塑的な変化を反映する指標を見出すことが本研究の目的である。非侵襲的な脳機能計測方法である fMRI (functional magnetic resonance imaging) を用いて認知負荷に対する脳活動の時間応答を抽出する動態計測法 (Bagarinao et al., Neuroinformatics 6, 109-115, 2008) は連続的な時間軸を持った測定を可能とする。本研究では其の手法を応用して自らの脳活動を反映する信号を情報源として学習効率を向上させる神経フィードバック fMRI (NeuroFeedback fMRI, NF-fMRI) を開発し、自己の身体座標感覚に基づいた自律訓練により学習効率の向上を図る。高齢者向け健康体操事業と連携してその有効性を検証し、運動処方最適化方略を提案する。また、介入効果の評価手法の開発の一環として高齢者の日常行動中のリスク認知能力に関する要因分析を行なう。

## 3. 研究の方法

本研究では身体座標感覚を反映する視覚提示型の NF-fMRI により得られた時系列信号から CR をより妥当に評価できる指標を抽出出来る様にシステムの高精度化を行なった。課題遂行中の脳活動パターン判別アルゴリズムとして用いる SVM (support vector machine) や DL (deep learning) などの機械学習を脳機能計測中に実時間で行ない、その判別結果を小型ヒューマノイド (Small Humanoid Agent, SHA) の動作に反映させる自己認知表象を使った動作提示型 NF を用いて強化学習方法を確立した。SHA によるインタラクティブな動作提示型 NF は娯楽性があり、強化学習としての効果が期待出来る。

まず小型ヒューマノイドをエージェントとする視覚情報を使った NF-fMRI システム (brain-machine interface, BMI) に対して脳機能マップの類似性が高くては操作出力の精度が保たれるように判別分析を最適化する改良を行った。MI 課題としては十分な信号量が得られる手の掌握運動感覚想起 (self-pacing) を用いた。被検者には測定前に短時間の練習をさせ SMA の動作との関係を説明するが、測定前に学習してしまわない様に要領を理解する段階に止めた。判別分析の指標とする被検者の脳活動パターンを訓練学習が進むにつれて直近の学習結果を反映する様に機械学習のアルゴリズムを変更し、SHA の動作に反映される MI 上の運動側の左右弁別率や動作生成率が学習の進行によってどの様に変化するかを検証した。改良型のシステムを用いて加齢による判別精度への影響をより詳細に評価した (若年者 20 名、高齢者 20 名、男女同数)。一般的に加齢により脳活動領域は拡大傾向を示すが、其の様な脳機能マップの加齢変化が高齢者の NF 訓練に及ぼす影響を検討した。

判別分析を 2 次元に拡張し 2x2 パタン分析を行える様にアルゴリズムを考案して NF-fMRI システムに実装しプロトタイプの実験を行なった。2x2 の分類により左右の上下肢の区別が可能となる。両下肢の運動想起としてボール蹴りや片足でのペダル漕ぎ等幾つかの動作想起による脳活動を比較し、足を前後させるステップが最も安定した信号を出す事が確認出来たので、掌握運動とステップ運動の感覚想起を組み合わせた MI 課題を策定した。但し、SHA に反映される動作の視認性を考慮して、SHA が行う動作は其々の動きに近似したものとして実証実験を行なった。測定には 3T-MRI 装置 (Siemens Trio / Tim) 課題提示には E-Primve ver.2 を用いた。詳細は論文 (Front. Neurosci 14, Article 623, 1-17, 2020, doi: 10.3389/fnins.2020.00623) の通りである。

#### 4. 研究成果

本研究では高齢者に対する運動・認知訓練がどのような機序で神経機能の保護効果を発揮して認知機能予備能力の恒常性を保つかを明らかにし、その頑強性を推定する指標を明らかにする研究開発を行なった。fMRI を用いて認知負荷に対する神経結合の時間応答を抽出する動的神経結合を基準にして自らの脳活動を反映する信号をリアルタイムの情報源として学習効率を向上させる神経フィードバック fMRI (NF-fMRI) に負荷応答の最適化アルゴリズムを組み込んだ NF 制御型の動的神経結合計測法を検討した。

初年次 (令和元年度) は我々が開発した NF-fMRI システムを用いて被検者が上肢の運動想起 (motor imagery, MI) を行う課題を実行中にリアルタイムに得た脳機能マップに見られる脳活動パタンの判別分析を行なって運動が想起された上肢側を特定し、SHA に対応する上肢の動作を行わせてその様子を視覚フィードバックさせる 2 クラス分類の NF-fMRI 測定モデルを構築した。判別分析には support vector machine (SVM) を使用した。我々が開発を進めて来た脳機能マップのリアルタイム解析装置 (rt-fMRI) をプラットフォームとして SHA を駆動してデコーディングされた表象を動作として提示しながら被検者に学習を行わせるが、判別精度を向上させるために機械学習判定に用いる基準マップを逐次更新する方法を考案した。其の有効性を確認する性能評価実験では、訓練学習の過程で判別器として初期脳機能マップを使い続けると学習の進行に伴って判別感度 (Task Predictive Value) と判別精度 (Classification Accuracy) の何れもが低下し訓練学習の効率を下げるが、判別器の逐次更新法の導入によりこの問題を回避し、何の指標も向上することが確認された。この結果は NF 計測の国際学会である rtFIN (Oct, 2019, Maastricht) のシンポジウム演題として取り上げられ注目された。また、従来の 2 クラス判別を 2 次元化して 4 クラス分類のリアルタイム判別を行える 2 次元の判別分析アルゴリズムを考案した (24<sup>th</sup> OHBM #Th605, Roma, June 9-13, 2019)。

二年次 (令和二年度) は初年次に開発した学習データの逐次更新を行なう判別アルゴリズムを用いて収録されたデータの検討を進め、上記指標を用いて運動想起による SHA の操作性が若年群と高齢群のいずれでも改善される事を確認した (Front. Neurosci 14, Article 623, 1-17, 2020, doi: 10.3389/fnins.2020.00623)。判別分析により駆動される SHA を介してデコーディングされた運動表象を提示し学習させる判別精度を 2 クラス分類で行う場合、リアルタイム解析に用いる限られたサンプル数でも実用レベルの判別が可能である事が確認された。高

高齢者では活動する脳領域が拡大するので、想起する運動が異なっても類似したマップが生成されるが、判別精度には影響しない事が判明した。以上の結果より高齢者の神経リハビリに提案手法を応用できる可能性が示唆された。また、前述の2次元判別アルゴリズムを用いてMI課題を施行した結果得られた脳機能マップから運動が想起された四肢の脳活動を抽出する4クラス分類システムの構築を進めた。

三年次(令和三年度)はMI課題遂行中の脳機能マップから運動が想起された四肢を判別する4クラス分類のNF-fMRIシステムを完成し最終評価を行った。また、年齢群間比較を進め、MIによるSHAの操作性が両年齢群で改善される事を確認した。加齢による脳活動領域の拡大が判別分析精度を低下させる可能性を予見していたが、拡大したクラスタ分布は個人内で十分な再現性が認められ、ランダムな神経組織動員では無く一定の学習方略に依存しており、統計的には寧ろ検出力を安定させる効果があると考えられた。若年者では動員される神経回路の最適化が早く進み、学習に動員された領域の脳活動が縮退するので検定力の向上には貢献しないが動作再現率は十分保たれた。此の様に高齢者と若年者で訓練される神経活動動態に差異が認められるが、BMIとしての用途には影響し無いと考えられた。以上の結果から、SHAを介してMIを自らの身体座標感覚に視覚的にフィードバックさせる訓練は高齢者向け神経リハビリに活用可能と期待される。逐次更新アルゴリズムを2次元判別アルゴリズムと組み合わせた結果、リアルタイム解析で取得可能な限られたサンプル数でも4クラス分類が可能であり、実用化の見通しを得た。

得られた主要な知見は以下の通りである。1)加齢による脳活動領域拡大は其のパタンの判別に有効な情報量を増やす効果があり、高齢者でもSHAを使ったNF訓練が有効である事が示唆された。2)加齢による脳活動領域拡大の結果、判別分析の情報となる脳活動パタンの左右差はNFの有無や実際の動作実行の有無(課題依存性)への依存性が低下し、判別結果がより安定化すると考えられる。3)高齢者でもNF訓練の繰り返しにより手掛かりとなる脳活動領域は縮退するが、学習サンプルの最適化により判別精度は維持できる。若年者の方がより速く学習効率の天井効果が見られる。4)リアルタイムの2次元判別分析(左右、手足)により、四肢を区別する動作イメージによるロボット操作が可能である事を実証した。しかし、動作生成率は2分類のレベルには及ばなかったため、今後の改良が必要である。

分担研究では介入効果の評価手法開発の一環として高齢者の日常行動中のリスク認知能力に関する要因分析を行なった。信頼できる人物と信頼できない人物を顔から判断する能力(顔信頼性判断の正確さ)を60-70代の高齢者と20-30代の若年者間で比較を行った結果、顔信頼性判断の正確さに二つの年齢群間で有意な差は認められず、人相学的信念(顔からあらゆる特性を判断できると信じる程度)が高い人ほどステレオタイプの顔信頼性判断をしやすい傾向が高齢者でも若年者でも存在することが示唆された。本研究結果を日本心理学会第83回大会で学術大会優秀発表賞を受賞した。また、高齢者向け健康体操教室への参加者を対象としたフィールド調査を実施し、簡易体力測定による指標(PPD)と特定高齢者基本チェックリストによる自己の体力に関する主観(SRD)との関連性を調査し、SRDはPPD4項目の中で歩行速度と有意な関連を示し、特に転倒経験や転倒に対する不安が予測因子となる事を見出した(Tanaka et al., Int J Gerontol 14, 99-103, 2020, doi.org/10.6890/IJGE.202005\_14(2).0002)。質問紙による主観的な自己体力評価が実際の測定結果を有意に予測出来る事は確認されたが、歩行速度以外の体力指標を予測出来る指標の開発が今後の課題となる。

国際共同研究ではASEAN諸国との共同研究や若手研究者養成を推進する国際ワークショップ「BrainConnects」(第6~8回)を開催し、脳機能計測を用いた高齢者への運動・認知訓練による介入効果の評価研究を中心とした分野横断的な取り組みを続けて来た。令和元年度(Oct, 2019)はフィリピンとベトナムの2国が初参加を得てSt. Luke's Medical Center(Manila, Philippines)に於いて開催し、「Bridging Brains - Enriching Minds」をテーマに臨床研究への応用や加齢研究への神経工学の応用について討議した(登録数120名、7カ国)。令和2年度(2020)は「Neuroimaging and Informatics for Successful Aging」をテーマとしてFrontiers in Human Neuroscienceを中心とした誌上開催とし、BrainConnects参加機関の共同研究報告も含めて分野横断的に合計16論文(115著者、11カ国、査読者18カ国)を収録し研究成果の普及

に努めた (<https://www.frontiersin.org/research-topics/17022/>)。令和3年度(2021)は香港中文大學が主管するオンライン会議とし、「Advanced Neurotechnology and Personalized Modeling for Brain Diseases」をテーマに開催された(登録数100名)。neuro-intervention (DBS等)の臨床応用や「Mindfulness」の指標を求める介入研究等を中心に討議が行われた。

南洋理工大(Singapore)との共同研究では、音のピッチ変化による意味認知は自然言語よりもより加齢に対する頑強性が高く、高齢者支援の手法として妥当である事を見出した(Aging, Neuropsychol Cogn 29, 213-236, 2022, doi: 10.1080/13825585.2020.186120)。ピッチコントラスト(tone contrast, TC)を持つ音は様々な機器の動作結果を知らせたり、警告を発する時に用いられる。行動データでは高齢群でもTC弁別機能は良く保持されており、脳機能マップ上も有意の変化は認められなかったが、高齢群ではFCの低下が認められた。さらに、FCの変化は自然言語による単語の意味判断成績を予測した。この結果はTCによる意味処理は自然言語よりもより加齢に対する頑強性が高く、高齢者の生活支援の手法としてTCを用いる妥当性を裏付けたと考えられた。NF訓練を使った計測で更に検証を進める予定である。

國立精華大學(台湾)との共同研究で高齢者を対象とした4週間の言語訓練(verbal training)により、前頭葉 側頭葉、側頭葉 視覚野 小脳、海馬の神経結合が亢進する事が確認された(Front Hum Neurosci 16, #786853, 2022, doi: 10.3389/fnhum.2022.786853)。また、Diffusion Imagingを用いたStructural Connectivity解析で訓練後に脳梁部や帯状回を中心とした広範なFA値の亢進を検出し、運動感覚統合の回復が示唆された。今後は言語訓練課題等による神経結合の改善がMIによる身体座標感覚・運動変換訓練の短期的学習効果への影響を評価する介入効果評価モデルを構築し、運動・認知訓練処方の相互作用を検討する計画である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Bagarinao Epifanio, Yoshida Akihiro, Terabe Kazunori, Kato Shohei, Nakai Toshiharu	4. 巻 14
2. 論文標題 Improving Real-Time Brain State Classification of Motor Imagery Tasks During Neurofeedback Training	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 #623, 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnins.2020.00623	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 Tanakka Ayuko, Nakai Toshiharu	4. 巻 14
2. 論文標題 Effect of screening tool as subjective measure to identify older adults at risk of dependency in Japan: Multivariate regression analysis between objective and subjective measures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Gerontology	6. 最初と最後の頁 99-103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.6890/IJGE.202005_14(2).0002	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 Liu HengSheng, Miyakoshi Makoto, Nakai Toshiharu, Chen SH Annabel	4. 巻 28
2. 論文標題 Aging Patterns of Japanese Auditory Semantic Processing: An fMRI Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aging, Neuropsychology and Cognition	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13825585.2020.186120	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 Chen S.H. Annabel, Suzuki Atsunobu	4. 巻 2 Eds, vol 3
2. 論文標題 Trust	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Encyclopedia of behavioural neuroscience	6. 最初と最後の頁 532-539
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/B978-0-12-819641-0.00064-5	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 Yang Fan-Pei Gloria, Liu Tzu-Yu, Liu Chih-Hsuan, Murakami Shumei, Nakai Toshiharu	4. 巻 16
2. 論文標題 Verbal Training Induces Enhanced Functional Connectivity in Japanese Healthy Elderly Population	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2022.786853	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 Yamaguchi Sekino Sachiko, Iwakiri Kazuyuki, Sekino Masaki, Nakai Toshiharu	4. 巻 17
2. 論文標題 Evaluation of the Effects of Magnetic Field Exposure on Body Sway	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 981 ~ 985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23587	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 Bagarinao E, Watanabe H, Maesawa S, Mori D, Hara K, Kawabata K et al.	4. 巻 9
2. 論文標題 Reorganization of brain networks and its association with general cognitive performance over the adult lifespan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 - 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-47922-x	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 Bagarinao Epifanio, Watanabe Hirohisa, Maesawa Satoshi, Kawabata Kazuya, Hara Kazuhiro, Ohdake Reiko et al.	4. 巻 9
2. 論文標題 Reserve and Maintenance in the Aging Brain: A Longitudinal Study of Healthy Older Adults	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 eneuro	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/ENEURO.0455-21.2022	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 Childs Michael Jeanne, Jones Alex, Thwaites Peter, Zdravkovic Suncica, Thorley Craig, Suzuki Atsunobu, Shen Rachel, Ding Qi, Burns Edwin, Xu Hong, Tree Jeremy J.	4. 巻 47
2. 論文標題 Do individual differences in face recognition ability moderate the other ethnicity effect?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance	6. 最初と最後の頁 893 ~ 907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1037/xhp0000762	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

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Nakai T, Yoshida A, Ueno M, Kato S, Bagarinao E
2. 発表標題 Age Related Change of Brain Activation during NF-fMRI Training Using a Small Humanoid Robot Agent
3. 学会等名 Human Brain Mapping 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki A
2. 発表標題 Perception and learning of others' trustworthiness in healthy older adults.
3. 学会等名 Online Workshop 2020 on Sustainable Development, Karolinska Institutet, KTH Royal Institute of Technology, and Stockholm University (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakai T, Bagarinao E, Yoshida Y, Terabe K, Kato S
2. 発表標題 Improving SVM's Classification Performance during Real-Time Neurofeedback Training
3. 学会等名 Real-time Functional Imaging and Neurofeedback Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki A, Ueno M, Ishikawa K, Kobayashi A, Okubo M, Nakai T
2. 発表標題 Limited Metacognitive Awareness to the Accuracy of Face-Based Trait Inference
3. 学会等名 60th Annual Meeting of Psychonomic Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakai T
2. 発表標題 Overview of functional neuroimaging and the principles of fMRI
3. 学会等名 BrainConnects 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakai T
2. 発表標題 Functional Changes of Aging Brain and Brain Reserve
3. 学会等名 BrainConnects 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshida A, Isoda H, Nakai T
2. 発表標題 The Activation in the DLPFC as the Marker of Cognitive Reserve for Attentional Processing During Task Switching in Older Adults
3. 学会等名 BrainConnects 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki, A
2. 発表標題 Age-related differences in emotion and social cognition
3. 学会等名 Brainconnects 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Liu H, Miyakoshi M, Nakai T, Chen SHA
2. 発表標題 Aging patterns of Japanese auditory semantic processing: an fMRI study
3. 学会等名 Eleventh Annual Meeting of the Society for the Neurobiology of Language (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakano T, Kato S, Bagarinao E, Yoshida A, Ueno M, Nakai T
2. 発表標題 Multi-ROI 3D-CNNs: a Generalized Discriminator of Motor Imagery from a Functional Brain Image
3. 学会等名 The 24th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bagarinao E, Yoshida A, Terabe K, Kato S, Nakai T
2. 発表標題 Incremental SVM training improves real-time neurofeedback brain state classification
3. 学会等名 The 24th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木敦命, 江見美果, 石川健太, 小林晃洋, 大久保街亜, 中井敏晴.
2. 発表標題 顔で人柄がわかると信じる人の顔特性推論は実際に正確か
3. 学会等名 日本心理学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki A, Ueno M, Ishikawa K, Kobayashi A, Okubo M, Nakai T
2. 発表標題 Bias towards trusting others is associated with insular activity before distrusting others
3. 学会等名 The 62nd annual meeting of Psychonomic Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中井敏晴	4. 発行年 2021年
2. 出版社 学研メディカル秀潤社	5. 総ページ数 327
3. 書名 MRI安全性の考え方 第3版 第一章 MRIの安全性 総論 pp.16-26	

〔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	B a g a r i n a o E .  (Bagarinao Epifanio)  (00443218)	名古屋大学・医学系研究科(保健)・准教授   (13901)	

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	加藤 昇平  (Kato Shohei)  (70311032)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授   (13903)	
研究分担者	鈴木 敦命  (Suzuki Atsunobu)  (80547498)	東京大学・大学院人文社会系研究科(文学部)・准教授   (12601)	

	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	江見 美果  (Emi Mika)  (00779697)	同志社大学・こころの科学研究センター・研究員	
研究協力者	田中 あゆ子  (Tanaka Ayuko)  (50463203)	神戸松蔭女子学院大学・人間科学部 食物栄養学科・准教授   (34513)	

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3件

国際研究集会 BrainConnects 2019, St. Luke's Medical Center, Manila, Philippines	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 BrainConnects 2020, Journal Meeting @ Frontiers	開催年 2020年～2022年
国際研究集会 BrainConnects 2021, Chinese University of Hog Kong, Hong Kong	開催年 2021年～2021年

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		
シンガポール	Nanyang Technological University	National Institute of Education	
米国	University of California San Diego		

共同研究相手国	相手方研究機関			
台湾	國立精華大學			
ベトナム	Vietnam National University			
マレーシア	Universiti Teknologi PETRONAS			
フィリピン	University of the Philippines Diliman			
Hong Kong	The Chinese University of Hong Kong			