

令和元年6月11日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16080

研究課題名(和文) 感性的好意度評価の変動と脳内可塑的变化との因果性の解明

研究課題名(英文) Elucidation of causality between fluctuation of kansei-preference and neuronal plasticity

研究代表者

緒方 洋輔 (Yousuke, Ogata)

東京工業大学・科学技術創成研究院・特任助教

研究者番号：60641355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では脳領域の活動をフィードバックし脳活動を変化させる際にタイミングを個人ごとに変化させることで効果の確度が増す傾向は見られ、同時にEEGを用いた計測により機械学習アルゴリズムを用いて好意度を200msから400msの事象関連電位成分から読み取ることに成功した。以上の結果から、好意度変化に関与する可能性のある脳活動情報は刺激呈示より比較的短時間の成分であり、精度の高いニューロフィードバックを行うためには、時間解像度に優れるEEGなどに由来する時間成分情報抽出やミリ秒単位でのfMRI高速撮像法による活動量の抽出が必要になることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は好感度という感性的主観評価に対し、脳活動・脳可塑性の変化を非侵襲的に誘発しその変容過程を明らかにする初めての研究であり、得られた知見から好ましさを変化させるという技術が開発されれば、外的刺激や行動に対して好ましさを誘発させる事が可能になる。その技術は心的外傷後遺症、恐怖症、強迫神経症など精神疾患の治療技術として発展する可能性があり、医療面にも貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：The results showed that the tendency of the effect of the neurofeedback seems to increase by changing the timing of the feedback for each individual. And we succeeded in predicting the degree of preference from 200 ms to 400 ms event-related potential EEG components by using a machine learning algorithm.

From these results, brain activity information that may be involved in change of preference needs a component of a relatively early part from stimulus presentation. Thus, these results suggest that to perform accurate neurofeedback in fMRI, it is necessary to use temporal component information derived from EEG or rapid imaging method of fMRI with millisecond order.

研究分野：認知神経心理学

キーワード：好意度 感性的評価 ニューロフィードバック fMRI

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

ダンスなど舞台芸術や、スポーツ選手の中でも熟練者が行う動作を見たとき、我々は美しい・好ましいと感じる時がある。しかし、動作に習熟しているということが、動作に対する主観的評価にどのような影響を与えるのかについてはほとんど研究されていない。これまでの先行研究において、動作に習熟する・手慣れることが好ましさに影響を与え、その形成には報酬関連脳領域や、動作の模倣・視覚-運動連合に関連する脳領域が関与することを明らかにした(図1)。しかし、好意度の変化の結果として脳活動が変化したのか、脳活動の変化が好意度の変化を齎したのかという因果関係は解明できていない。

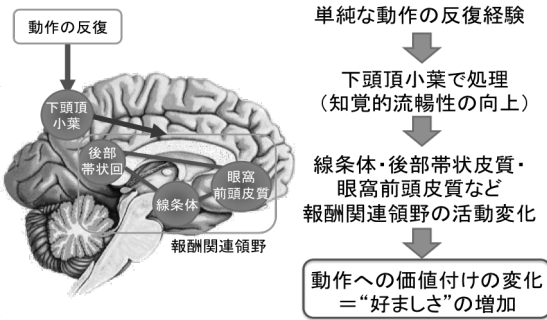


図1. 反復模倣による好意度変化モデル

これを明らかにするためには、脳活動の可塑的変化を実験的に誘導し、好意度にどのような変化があるかを検証する必要がある。脳活動の変化を誘発する革新的な手法の一つが、ニューロフィードバック法(NF法)による脳活動・脳可塑性の変容誘導である。ニューロフィードバックとは脳波や機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)を利用して解読した、脳の状態を被験者にフィードバックし、被験者は自身の脳の活動状態を変化させるトレーニングを行うことで、脳の活動変化を直接の外部刺激などに依らず変化させる方法である。しかし、好き嫌いなどの主観的評価がNF法により変化されるかを明らかにした研究は公開されていなかった。研究代表者の今までの研究と、fMRIによるNF法を組み合わせれば、脳活動の変化と好意度評価の変化の因果関係を解明することが可能である。

2. 研究の目的

本研究では、脳内可塑性変化の誘導によりもたらされた脳活動の変化が、好感度の変化を引き起こすという因果関係を functional magnetic resonance imaging (fMRI)を用いたニューロフィードバック法により明らかにすることを目的とした。実験仮説設定に関しては、研究代表者の過去の研究の知見と合わせ、単純接触効果の生起モデルとして考えられているヘドニック流暢性仮説・知覚的流暢性/誤帰属仮説の2つのモデルに着目する。

(仮説1)刺激への反復接触が直接快感情を生起し、好意度評価に反映されると考えるヘドニック流暢性仮説が正しいのであれば、反復模倣・観察後のNF法介入による報酬関連領域の活動増加が好意度評価を増加させ、報酬関連領域の活動減少が好意度評価を減少させる

(仮説2)刺激への反復接触は知覚・感覚面のみの変化であり、その変化が好意度評価へと誤帰属されることで好ましきが増加すると考える知覚的流暢性/誤帰属仮説が正しいのであれば、情動を直接的に反映しない視覚-運動連合関連領域である下頭頂小葉に対して反復模倣・観察後にNF法で介入を行うと、下頭頂小葉の活動が減少した際には好意度が増加し、増加した際には好意度評価が減少する、という2つの仮説を設定し、NF法を用いた実験を行った。

3. 研究の方法

本研究では、新しい手法として着目されている「リアルタイムfMRI」を用いた(図2)。リアルタイムfMRIでは、fMRIの脳機能画像データを撮像と同時に画像処理解析を行い、被験者自身の脳活動情報を、脳活動測定と同時にフィードバックする。実験手続きとして、まず(1)好意度の事前評価・関心領域の解剖学的位置同定を行った。実験参加者に指文字刺激を提示し、「好きである⇔好きでない」のVisual analogue scaling (VAS)尺度を用いた刺激に対する好意度評価を行わせた。続いて脳構造画像を撮像し、関心領域の解剖学的位置を同定した。次に、(2)刺激の反復模倣・ニューロフィードバックをおこなった。この場面ではまず、指文字刺激の提示を行い、実験参加者に指文字刺激の形を自身の右手で模倣させる。

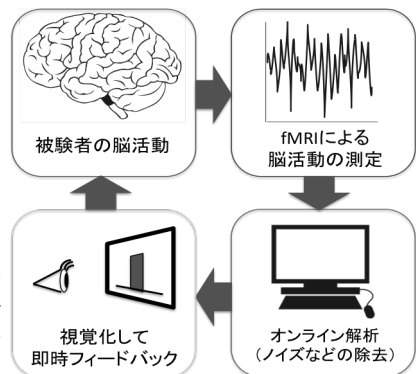


図2. リアルタイムfMRIによるニューロフィードバックの概略

刺激の提示後、画面中央に棒グラフを表示する。この棒グラフ

は、関心領域である①眼窩前頭皮質・線条体・後部帯状回の報酬関連領域②下頭頂小葉の視覚-運動連合関連領域③統制条件として目的に関連しない視覚野の活動量を表す。また、統制課題として、ランダムな値を表示する偽フィードバック条件を設定した。

参加者は、画面の指示に従って脳活動を意図的に上げ下げできるように試行錯誤するように教示された。得られた脳機能画像から関心領域の脳活動を推定し、即時にフィードバック表示を行った。最後に、(3)好意度の事後評価を(1)と同様の手続きで、指文字刺激に対する好意度評価を行った。すべての実験場面はMRI装置の中で行われ、fMRIを用いて脳活動を測定した。

4. 研究成果

まず予備検討として、本研究で用いる脳活動データと類似性のある先行研究で得られた fMRI データを用いて、関心領域である Brain valuation system とされる線条体、眼窩前頭皮質、後部帯状回と視覚-運動関連領域である下頭頂小葉の機能的結合と、好意度の変化との関係性をパス解析・因子分析を用いて因果関係性の検討を行った。検討の結果、下頭頂小葉-眼窩前頭皮質の活動量の結合と好意度の変化のパスが有意となり、間接的に好感度の変化に影響する可能性が示唆された。仮説上の関心領域である Brain valuation system の一部とされる線条体・眼窩前頭野・後部帯状回や下頭頂小葉の活動をフィードバックする予備実験を行った。実験の結果からはニューロフィードバックの効果がある、仮説で関心領域とした部位の脳活動が直接的に好感度を変化させるとはまだ言い切れない状況であった。そこで27年度からは関心領域を増やすために好感度の逆である不快感・イライラ感を評価可能とする脳部位の同定を試みた。追加実験として、トラックボールマウスによるターゲット追従課題を行い、その最中にカーソルの軌跡に対し回転変換・加速度変換や(R&A条件)難易度変更(Ns条件)を行うことによって不快感・イライラ感を誘発しその際の脳活動変化を測定した。結果、縁上回・島皮質・扁桃体や眼窩前頭野などの領域が個人の不快感・イライラ感によって活動を変化させることが明らかになった(図3)。

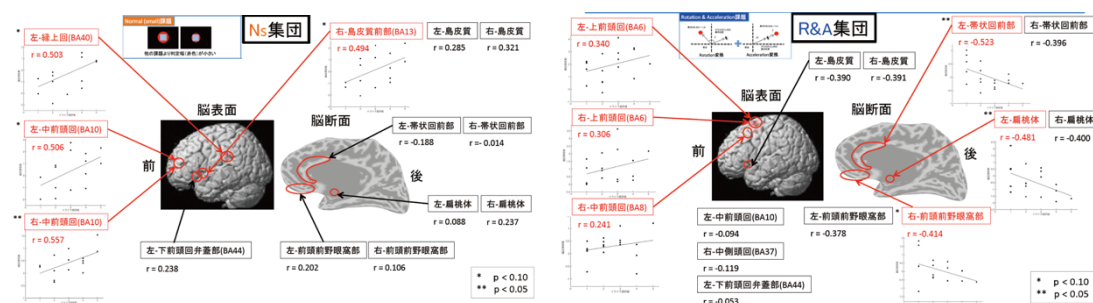


図3 逆好意度としての不快感・イライラ感と関連した脳活動変化

これらの領域から不快感・イライラ感の評定を行える可能性が示唆され、これらの脳領域もフィードバック実験に加えてさらに追加実験を行った。結果、残念ながらニューロフィードバックによる好感度変化には有意な効果が見られなかったものの、実験の前半・後半で効果量にやや違いがあったことからフィードバックのタイミングを個人々人で変動させる事が必要になる可能性が示唆された。

そこで次にフィードバックのタイミングを個人別に变化させ、まず仮説上の脳内関心領域である線条体・眼窩前頭野・後部帯状回の活動をフィードバックすることによる脳内可塑的变化と好意度の変化の関連性を調べた。実験の結果からは、上記の関心領域の活動をフィードバックさせた場合に確実に好意度変化を引き起こすとは言い切れないという結果であったが、前年度の結果に比べ、ニューロフィードバックによる効果の確度は増す傾向は見られた。

同時に発展研究として、脳波による時間解像度の高いニューロフィードバックを行うために、EEGを用いた好意度のデコーディング実験も行った。結果として、精度はまだ低いものの機械学習アルゴリズムを用いて好意度をある程度脳波から読み取ること成功した。特にデコーディングに寄与したのは200msから400msの事象関連電位成分であった。

以上の結果から、好意度変化に関与する可能性のある脳活動情報は刺激呈示より比較的短時間の成分であり、時間解像度の比較的低いfMRIにて精度の高いニューロフィードバックを行うためには、時間解像度に優れるEEGなどに由来する時間成分情報の使用や、近年発展しているミリ秒単位でのfMRI高速撮像法による活動量の抽出が必要になることが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

1. 緒方 洋輔, “感性に基づくヒューリスティクスの判断の脳科学 : 感性認知脳科学専攻での学位論文研究を通じて”, 2018, 感性工学, 16(4), 231-233 (査読なし)
2. N Yoshimura, O Koga, Y Katsui, Y Ogata, H Kambara, Y Koike, Acta IMEKO, vol. 6, no. 2, article 17, “Decoding of emotional responses to user-unfriendly computer interfaces via electro-encephalography signals” (査読あり)

[学会発表] (計 4 件)

1. 丸山 裕恒, 緒方 洋輔, 神原 裕行, 小池 康晴, 吉村 奈津江, 2018, “脳波を用いた感情の回帰予測法の検討”, 第41回日本神経科学学会大会
2. 緒方 洋輔, 2017, “感情を脳情報から表現する: 脳内感性表現の脳機能デコーディング”, 第19回日本感性工学会大会

3. Y. OGATA, Y KATSUI, N YOSHIMURA, Y KOIKE, 2017, Evaluation of unpleasant emotions during cursor control from fMRI brain activity signals, Annual meeting of Society for Neuroscience
4. Y. Ogata , A. Ozaki, M. Ota, N. Nishida, H. Tabu, N. Sato, T Hanakawa, 2015, Abnormal resting-state functional connectivity in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus, 第38回日本神経科学大会

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：勝井 優、丸山裕恒、辻 将太、宮本靖貴、吉村 奈津江、小池 康晴

ローマ字氏名：Yu Katsui, Yasuhisa Maruyama, Shota Tsuji, Yasutaka Miyamoto, Natsue Yoshimura, Yasuharu Koike

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。