

令和 2 年 6 月 27 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18424

研究課題名(和文)二種類の感動によって生じる脳活動の解明

研究課題名(英文)Brain responses to two types of moved experiences

研究代表者

森 数馬 (Kazuma, Mori)

国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報工学研究室・研究員

研究者番号：70754696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：人が音楽などの芸術作品に感動するとき、脳には特有の活動が生じると考えられる。本研究では、鳥肌感と涙感という二種類の感動について脳活動を解明するとともに、そうした脳活動に関連する音楽の特徴量を解析することを目的として検討を行った。その結果、鳥肌感と涙感が報酬に関わる脳領域である尾状核と側坐核の活動とそれぞれ関連することが示された。実験に使用した音楽の時間-周波数の情報から、鳥肌感と涙感が生じる時間帯を機械学習で予測できると示された。これまでに、感動の鳥肌感に関する脳活動が示されてきたが、本研究により、涙感に関する知見が得られるとともに、音響情報から感動の種類を識別可能であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳機能計測装置の内部で音楽を聴取させる実験によって、感動が生じた時の脳活動を示した。音楽によって鳥肌を伴う感動と、涙を伴う感動が生じた時間帯の脳活動を調べた結果、尾状核や側坐核と呼ばれる脳領域がそれぞれ活動すると示された。これらの領域は、食事などの報酬を得たときに活動する脳部位であるため、鳥肌や涙の感動は異なるタイプの脳への報酬であるという新たな学術的知見が得られた。また、実験に用いた音楽の情報解析から、鳥肌や涙を喚起しやすい特徴を持った音楽の時間帯を特定できることが示された。こうした技術の開発は、感動しやすい音楽の選出や製作に貢献するものと考えられ社会的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：When people are being emotionally moved by a work of art, a specific activity is thought to occur in the brain. The present study aims to elucidate the brain activity for two types of emotional response, goosebumps and tears. Further, the aim of this study was also to analyze the musical features associated with the goosebumps and tears. The results showed that goosebumps and tears were associated with activity in the caudate nucleus and the nucleus accumbens, which are brain regions involved in reward, respectively. It was shown that from the time-frequency information of the music used in the experiment, the period of music when goosebumps and tears occur was predicted by machine learning. Although the previous studies have shown that brain activity related to the sensation of goosebumps, the present study showed that brain activity related to the sensation of goosebumps. In addition, the two type of being moved experience can be discriminated from the acoustic information.

研究分野：認知神経科学、感情情報学

キーワード：情動 感動 芸術 音楽 脳 fMRI 音楽情報処理 機械学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人の生活において感情は欠かすことのできない要素である。近年、感情の研究が盛んに行われるようになり、喜び、悲しみ、怒りなどの基本感情(Ekman et al., 1983, *Science*)の性質が検討対象とされてきた。しかし、感動という高次の感情状態についての研究は未だ手つかずの部分が多い。感動の研究は音楽と感情の領域で進められてきており(Swaminathan & Schellenberg, 2015, *Emo Rev.*)。これまでの研究では、感動反応として鳥肌が立つ、背筋がぞくぞくする感覚(鳥肌感)が検討対象とされてきた。そして、鳥肌感に伴って特定の心理生理反応や神経活動が生じることが明らかになってきている。

鳥肌感の研究は近年になって映画や詩などを対象にして行われるようになり(Wassiliwizky et al., 2017, *Soc Cog Affec Neuro.*)、音楽の場合と同様の心理学的・神経科学的な知見が蓄積されている。一方、鳥肌とは異なる感動反応として涙ぐむ、胸が締めつけられるといった感覚(涙感)にも注目が集まりつつあり(Zickfeld et al., 2019, *Emotion*)、感動についての知見を深めるためには涙感に関する検討も重要と考えられる。しかし、涙感に伴って生じる神経活動は明らかでない。また、感動がどのような場合に生じることがわかれば産業応用などに適用できる可能性があり重要である。しかしながら、鳥肌感や涙感が喚起されときの音楽が特定の特徴量を持つかについて、定性的な検討は行われてきたものの、十分な検討は行われて来なかった。

2. 研究の目的

(1) 感動の鳥肌感と涙感が喚起する神経活動について、fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging, 機能的磁気共鳴画像)装置による脳機能計測によって明らかにしていく。装置内で音楽を聴取させて鳥肌感や涙感が報告された時間帯と、快感情が報告された時間帯を比較し、感動に関する脳活動を探ることを目的とした。

(2) 鳥肌感や涙感が生じた時間帯の音楽の特徴について、音楽情報処理の手法を用いた音響解析と機械学習により明らかにした。ここで得られる知見は、ひいては楽曲選出や作曲手法などの産業応用に貢献すると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 最初にオンラインで質問紙調査を行って、音楽に対して鳥肌感や涙感を喚起されたことのある実験参加者を選出した。大学生8名に対して、個々人にとって鳥肌感もしくは涙感が喚起されやすい楽曲を回答させて、実験に用いる音楽刺激を用意した。実験では、fMRI装置内で音楽聴取中に生じた感情状態についてリアルタイムで報告を求めて、中性・快・鳥肌・涙のいずれの感情状態にあるかを常に選択させた。なお、現在より多くの参加者を募って行ったfMRI実験に関して解析を進めている。

(2) 自律神経活動を計測する生理心理実験から得た大学生52名の鳥肌感と涙感の自己報告データを対象にして、音響解析研究を行った。鳥肌感が喚起された前後10秒、涙感が喚起された前後10秒、それらが生じなかった時間帯からランダムサンプルした20秒の音楽の波形について、時間-周波数解析を行うことでメルスペクトログラムを算出した。ここで得られた音響特徴量に関してリッジ回帰、サポートベクターマシーン、畳み込みニューラルネットワークなどによる機械学習を行うことで、3つの反応の分類・予測を行った。

4. 研究成果

(1) 脳機能計測実験の結果は、鳥肌感が報告された時間帯に快感情が報告された時間帯と比べて、尾状核を含んだ複数の脳領域の活動が上昇していた($p < .001$, uncorrected、図1の赤および赤黒色で示した部分)。涙感が報告された時間帯に快感情が報告された時間帯と比べて、側座核を含んだ複数の脳領域の活動が上昇していた($p < .001$, uncorrected、図1の青色で示した部分)。しかし、鳥肌感と涙感の報告された時間帯の脳活動には統計的な有意差が認められなかった。そこで、尾状核と側座核のデータを用いてマルチボクセルパターン解析を行った結果、反応が生じた8秒後に最も正答率が高く尾状核で63%、側座核で68%の精度で二つの反応を分類することができた(図2)。別の報酬系領域である被殻では分類精度が低かった。ここから、鳥肌感が尾状核と強く関連するとともに、涙感が側座核に強く関連していることが示唆された。尾状核と側座核はともに報酬に対して反応を示すと知られていることから(Secousse et al., 2013, *Neurosci Biobehav Rev.*)、二種類の感動は異なるタイプの報酬として脳にコードされていると考えられる。

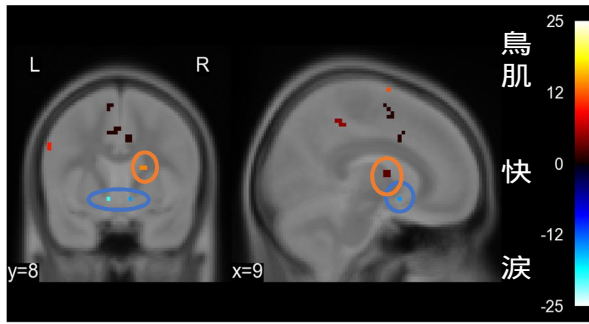


図 1. 鳥肌感と涙感の生起時に強く賦活する脳領域（橙円が尾状核、青円が側座核）

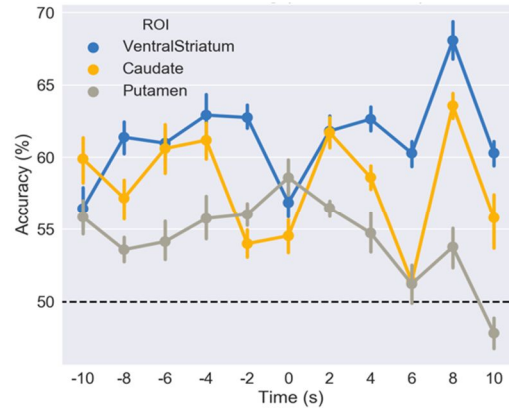


図 2. 報酬系脳活動による鳥肌と涙の分類

(2) 音響情報に基づく機械学習の結果は、複数の機械学習手法と比較して、畳み込みニューラルネットワークで最も良好な予測を行えることを示した(表 1)。この結果から、鳥肌感や涙感を喚起させやすい特定の音楽特徴量が存在するとともに、鳥肌と涙のそれぞれに異なる特徴量が関連することが示唆される。

表 1. メルスペクトログラムに基づく感動反応の予測

Classifier	Accuracy	F1(micro)
Ridge 回帰	59.4 %	59.6 %
カーネル近傍法	45.3 %	45.2 %
サポートベクターマシン	59.0 %	59.1 %
ランダムフォレスト	59.0 %	59.7 %
XGBoost	56.9 %	57.2 %
畳み込みニューラルネットワーク	66.8 %	66.9 %

本研究によって、鳥肌感と涙感という異なる種類の感動によってそれぞれ尾状核と側座核の脳活動が喚起され、二つの感動は異なる報酬であることが明らかになった。鳥肌感と涙感に特有の音響特徴量を機械学習によって分類・予測できることが示された。本研究成果は、感動の神経基盤に関する研究を従来行われてきた鳥肌感のみの研究から進展させる第一歩として、理論的、応用的に重要である。また、この研究と関連する研究を国内外の学会で発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Mori, K., & Iwanaga, M.
2. 発表標題 “Being moved” as a phasic physiological relaxation during physiological arousal
3. 学会等名 SANS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 数馬
2. 発表標題 機械学習による音楽のもたらす感情の予測
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mori, K., & Iwanaga, M.
2. 発表標題 Support vector machine decodes the two types of peak emotional responses to music
3. 学会等名 The 6th Conference of the Asia-Pacific Society for the Cognitive Sciences of Music (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森数馬
2. 発表標題 今,改めて問う「感情とは何か」(3) 研究方法からみる「感情とは何か」
3. 学会等名 日本感情心理学会第27回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本基礎心理学会監修 / 坂上貴之・河原純一郎・木村英司・三浦佳世・行場次朗・石金浩史責任編集（一部執筆 森数馬）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 608
3. 書名 基礎心理学実験法ハンドブック	

1. 著者名 大串健吾・桑野園子・難波精一郎(監修) / 小川容子・谷口高士・中島祥好・星野悦子・三浦雅展・山崎 晃男編著（一部執筆 森数馬）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 416
3. 書名 音楽知覚認知ハンドブック：音楽の不思議の解明に挑む科学	

〔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