

2023年度（第48回）学術研究振興資金 学術研究報告

学 校 名	自 治 医 科 大 学	研究所名等	
研究 課 題	侵襲的脳活動計測・介入によるヒト情動・共感の神経機序の解明 －ECOG・DBSを駆使し「いいね」を生み出す脳の仕組みに迫る－	研究分野	医 学
キーワード	①情動 ②共感 ③侵襲的脳活動計測 ④電気刺激 ⑤脳深部刺激療法		

○研究代表者

氏 名	所 属	職 名	役 割 分 担
川 合 謙 介	自治医科大学医学部	教 授	研究代表者・総括・手術

○研究分担者

氏 名	所 属	職 名	役 割 分 担
石 下 洋 平	自治医科大学医学部	准 教 授	手術・実験・論文作成
井 林 賢 志	自治医科大学医学部	講 師	手術・実験・論文作成
大 谷 啓 介	自治医科大学医学部	講 師	手術・実験・論文作成
佐 藤 信	自治医科大学医学部	助 教	手術・実験・論文作成
大 貴 良 幸	自治医科大学医学部	講 師	実験・論文作成・データ整理

侵襲的脳活動計測・介入によるヒト情動・共感の神経機序の解明 —ECOG・DBS を駆使し「いいね」を生み出す脳の仕組みに迫る—

1. 研究の目的

(1) 私達は映画や小説を鑑賞する際、登場人物の情動を理解し、自分も同じ情動が生じることがある(共感性)。また、ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)の発展により、他者から得られる共感の数(例:「いいね」やリツイート数)は社会的な報酬と等価であり、著名人の社会的地位の指標としても機能している。近年、情動や共感性が引き金となって、「いいね」やリツイートなど他者へ情報を拡散する行動(information sharing behavior)がもたらす社会的な価値が高まっている。本研究は情動や共感性による情報拡散行動を生み出す神経機序の解明を目的とする。昨年度に実施した視床下核の共感性・情動情報処理の関与の検証を今年度も継続して実施し、さらに今年度予定した「情動・共感性の変容を引き起こす電気刺激の検証実験」も実施した。

2. 研究の計画

(1) 共感性を反映する視床下核活動解析

①視床下核の共感性・情動情報処理の関与を調査した。昨年度に引き続き、他者の痛みへの共感性に焦点を当てた認知課題時の視床下核活動計測を実施し、データの解析を行った。
②他者の痛みに対する共感性の情報処理時に視床下核活動と同期している脳領域を調べるために、パーキンソン病患者と同年代の健常成人に対して、同一の認知機能課題を実施している時の脳活動を非侵襲的脳活動計測法である機能的磁気画像共鳴法(functional Magnetic Resonance Imaging)で計測した。

(2) 電気刺激法とtaVNSによる神経活動の変調による情動・共感性の変容の検証

①硬膜下電極を留置した患者に対して、昨年度検証した「他者の痛み」に対する共感性を検証する認知課題を課した。課題中、情動と共感性に対応する神経活動の周波数帯域に基づく電気刺激を提示し、一時的に神経活動を変調させ、行動の一時的な変異の有無を検証した。
②情報記憶の強化効果(Ventura-Bort et al. 2021, The Journal of Neuroscience)など情動情報処理への効果が報告されている経皮的耳介迷走刺激装置(taVNS)を健常成人に適用し、他者の痛み推定課題における他者の痛みへの共感度の変化を比較した。

3. 研究の成果

(1) 共感性を反映する視床下核活動から他者の痛みの推定

①2022年度に取得した視床下核活動データを用いて、他者の痛みへの共感性を反映する神経符号化を検証した。機械学習の一つであるサポートベクターマシンを使用し、腹側および背側領域の中-高ベータ帯域(16–30Hz)の活動から他者の手の痛みを知覚した状態を判別することが可能であることを示した。しかし、他者の顔の表情から痛みを知覚した状態については、視床下核の活動から判別することは出来なかった。さらに、この中-高ベータ帯域のパワーと患者評価した他者の痛み度合いに相関が認められたが、個人や電極位置でばらつきも観察された。

②パーキンソン病患者と同様に、他者の痛み推定課題時に視床下核と同期して賦活する大脳皮質・大脳基底核領域を検証するため、健常者を被験者としたfMRI計測も実施した。まだ目標サンプル数には達していないものの、他者の痛みを認識している時に視床下核と島皮質前部との間に同期的な活動が認められた。

(2) 侵襲的脳電気刺激による共感性を反映する視床下核活動の変調

①昨年、他者の痛みの共感性を検証するのに使用した「他者の痛み推定課題」を用いて、電気刺激による共感性の変化を検証した。脳深部刺激療法のために視床下核へ深部電極を

埋め込んだパーキンソン病患者群に対して、130Hzもしくは30Hzの周波数の電気刺激を視床下核へ提示した。その結果、目標サンプル数までにはまだ達していないものの、30Hzの周波数で電気刺激を提示した患者群では、他者の手の痛みに対する共感性の度合いが低下する傾向が認められた。また、この検査のため、電気刺激提示の際に最大16chまで電極を組み合わせて、電気刺激の提示が可能な電極選択装置を作成した。

②パーキンソン病患者と同年代の健常成人を対象に、他者の痛み推定課題を実施した。実験は2日にわたり行い、1回目と2回目の実験日の間には1日を空けてウォッシュアウト期間を設けた。2日間のいずれかの日に、taVNSを使用した状態で同一の課題を行い、他者の手の痛みおよび他者の痛みの表情に対する共感度を測定した。その結果、目標サンプル数には達していないものの、taVNS使用中は他者の痛みの表情が強いほど共感度が低下する傾向が認められた。

4. 研究の反省・考察

(1) 共感性を反映する視床下核活動から他者の痛みの推定

①昨年度は、他者が痛みを感じ始めた時に視床下核の β 帯域の活動が上昇することを示すことが出来た。今年度はさらに機械学習により視床下核の β 帯域活動から他者の手の痛みを知覚した状態を判別することが出来た。これは、視床下核が他者の痛みに対する共感性を客観的に評価する指標となる脳領域の候補となる可能性を示唆する。来年度は本研究成果の論文化を目指す。

②視床下核は島皮質から投射を受けているだけでなく (Emmi et al. 2020, *Frontier in Neuroanatomy*)、島皮質が他者の痛みを符号化していることから (Soyman et al. 2022, *eLife*, 研究分担者・大貫も共著者)、他者の痛み推定課題時に視床下核と島皮質の同期活動を示した本研究結果は、島皮質と共に視床下核が他者の痛みの共感の情報表現を担う可能性を予想した昨年の考察結果を支持している。

(2) 侵襲的脳電気刺激による共感性を反映する視床下核活動の変調

①目標サンプル数には達していないため、結果の一般性はまだ担保されていない点に注意が必要であるが、本研究結果は視床下核の神経活動、特に30Hzの周波数帯域において、他者の手の痛みに対する共感性を符号化している可能性が示唆される。これは、上記に記載した腹側・背側領域の中-高ベータ帯域(16–30Hz)の活動から、他者の手の痛みを生じるタイミングを判別出来た結果からも支持される。この結果をもとに、来年度は共感情報がソーシャルネットワークで見られる情報拡散行動を促すか検証を行う予定である。

②迷走神経刺激は、痛みの調整・抑制機能を持つ縫線核や青斑核を賦活させることが知られており (久保 & 角田, 2022, *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*; Suárez-Pereira, Irene, et al. 2022, *Biological Psychiatry*; Wang & Nakai, 1994, *Brain Research Bulletin*)、他者の痛みに対する共感度にも抑制効果が生じる可能性がある。本研究では、他者の痛みの表情が強いほど共感度が低下する傾向が見られ、この結果は上記のメカニズムと一致している。ただし、上記の結果と同様、目標サンプル数には達していないため、結果の一般性はまだ担保されていない点に注意が必要である。

5. 研究発表

(1) 学会誌等

なし

(2) 口頭発表

Yoshiyuki Onuki, Lkhagvasuren Amarsanaa, Keisuke Otani, Takeshi Nakajima, Efe Soyman, Rune Bruls, Valeria Gazzola, Christian Keysers, Kensuke Kawai. Association of beta activity in the human subthalamic nucleus with the pain perception of others. Asian-Australasian Society of Stereotactic and Functional Neurosurgery (AASSFN 2023), Osaka, April 24, 2023. (ポスター発表)

(3) 出版物

なし