

令和元年6月13日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01845

研究課題名(和文) マルチモーダル計測による共感情動発生・維持機構の解明

研究課題名(英文) Multimodal analysis of mechanisms of empathic behavior

研究代表者

向井 秀夫 (Mukai, Hideo)

明治大学・理工学部・専任講師

研究者番号：20534358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では動物を用いて特に近年著しい発達を遂げつつある機械学習(人工知能)を取り入れ、共感行動の解析手法を開発適用した。手法の面でSemantic Segmentationを行う深層学習構造を採用し、その結果2つの個体が寄り添う行動(consolation(慰め行動))が新たに共感の発生を強く示唆するものとして捉えられた。これは共感行動の新たなモードとして大きな意義をもつ。また不動状態と立ち上がり行動に加え、sniffing(匂い探索行動)を分類基準として見出し解析対象に加えた。以上の結果は共感行動の解明に寄与するものであり、かつ神経科学への機械学習の適用例としても重要な意義をもつ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

共感情動は近年注目されている情動のモードであり、対人関係等の困難などが社会的な問題となっている中、その実態を明らかにすることは社会的に重要な課題であると考えられる。本研究では2つの動物個体が寄り添う行動(consolation(慰め行動))が新たに共感の発生を強く示唆する行動として捉えられた。また、新たな行動モードの検出にも成功した。本研究は近年発展著しい機械学習(人工知能)の先進的な手法である画像検出(Semantic Segmentation)の適用例になっており、今後の神経科学その他画像を用いる科学研究への適用の基盤となる重要な成果を挙げた。

研究成果の概要(英文)：In current study we developed a method of analysis for empathic behavior in rodents using machine learning, which has achieved remarkable development in recent years. For machine learning technique, the semantic segmentation neural network with convolutional neural network (CNN) structure was adopted. We obtained the result that animals demonstrated the action of "consolation" between two individuals, strongly suggesting the occurrence of empathy. The behavior could have a great significance as a new mode of empathic behavior. We also found that sniffing (smell seeking behavior) is a frequent mode of behavior in addition to freezing (immobile) and rearing (rising) behavior intermittently seen during empathic behavior. The above results contribute to the elucidation of empathic behavior and also have important significance as an application example of machine learning to neuroscience.

研究分野：神経科学、機械学習

キーワード：行動解析 機械学習 共感行動 情動

1. 研究開始当初の背景

(1) 共感情動は、さまざまに価値観の多様化した現代に生きる我々が平和に共存して持続的な社会をつくるための極めて重要な基盤であると考えられる。近年報じられる社会的問題の多くにおいても周囲の共感が重要な役割を果たしていると推察される。そのため、共感行動の解析を進めることは社会的にも重要な課題である。

しかし、人間を対象にした研究は、要因の複雑さ、操作可能性の倫理的および科学的難しさなどから必ずしも容易でない。一方で、従来共感行動の研究の対象になってこなかったげっ歯類(初期にはラット、さらにその後はマウス)にも共感行動が見られることが近年複数の研究によって報告されている。よって近年利用可能になった手段を用いて共感情動を動物で探求するのに良い状況であった。

(2) 本研究の計画から開始時には、ちょうど機械学習(人工知能)の分野において、ニューラルネットワークの多層化されたものであるディープラーニング(深層学習)が画像セットに対してよい成績を収めることが判明し、ニューラルネットワークが大々的な復活を遂げつつあった時期であった。

最近でこそ人工知能の名のもとでニューラルネットワークは脚光を浴びているが、この直前までは停滞した状況が続いており、他分野の科学研究でも利用は低調であった。以上のことから、本研究のような行動研究においても、先行研究では深層学習として再登場したニューラルネットワークを利用した研究は未だ少ない状態であり、新規な結果が期待できる状況であった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では新たな共感時の指標となる行動を見出すことを目的とした。共感行動を解析するには、詳しくは手法の項で述べるように、shocker-observer モデルという、動物の組を用意し freezing (不動)行動を観察し定量する方法が一般的であった。しかしこの現象のみでは共感行動の全体を捉えきれていない可能性があった。そのためには行動全体を解析の対象にする必要がある。しかし、従来の目視を主とした方法では、時間が膨大に必要であること、かつ解析者個人の熟練度や傾向に依存すること、などが避けられなかった。本研究ではこの過程を改善することにより解析の詳細度を上げ、新たな行動のモード(複数のモード)を見出すことに努めた。

(2) 解析をかなりの部分自動化して省力化と解析者の個人差の解決を実行するには、先行研究が利用していなかったディープラーニングを適用することが適当であると考えられる。そこで本研究のもう一つの目的としては、まだ適用例の少ない神経科学分野にディープラーニングを採用して解析を行いつつ、共感行動以外にも使用可能なスキームを作成することとした。

3. 研究の方法

(1) 今回動物にはアルビノマウスである ICR マウスの雄個体を用いた。一般に遺伝子組み換えマウスなどに用いられている C57BL6 マウスではなく ICR マウスを用いた理由としては、C57BL6 マウスは基本的な行動がやや攻撃的(特にストレス時)であるのに対し、ICR マウスは性格が比較的温和で共感行動の研究に適していると考えられたからである。

共感行動を誘発する基本的なスキームは以下の通りである。まず軽い電氣的ショックを受ける shocker (ショッカー) 役のマウスをごく弱い通電(0.1 秒程度)が可能な条件づけ箱に入れる。一方、observer (観察者) と呼ばれる別個体のマウスを、透明な仕切りを介してショックを受けるマウスが見えるように状態にして観察を行わせる。一定時間をおいたあと、箱の中に戻し動物の行動を測定する。一

連の過程をすべて動画で記録し、解析の対象とした。なお、本研究での実験手続きについては研究代表者の所属機関の動物実験倫理委員会の審査と承認を受けた上で実行した。

(2) 行動を解析するためには、まず深層学習のネットワークを学習させる必要がある。教師信号のための画像としては、一連の行動中から、はっきり個体の分類を行うための行動を静止画から抽出した。ディープラーニングのネットワークとしては、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)をベースに用いた手法を利用した。まず(研究成果と直接つながりがあるため次項で述べるが)一つ目として、YOLOという検出領域をボックス(矩形状)で取り出す CNN の一種を用いた。さらに、研究を進める過程で矩形よりも個体の形状に沿ったかたちを検出することが必要になったので、それを可能とした Semantic Segmentation を使ったネットワークである PSPnet を使い、学習を行った上で動画全体を解析した。

4. 研究成果

(1) Consolation(慰め)行動の発見

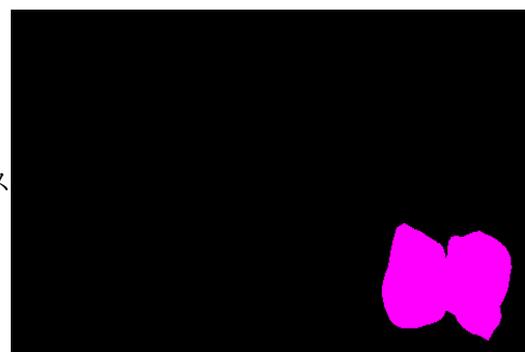
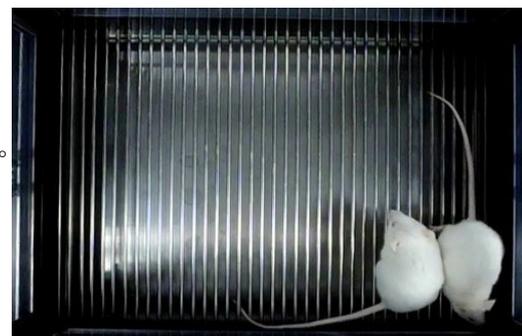
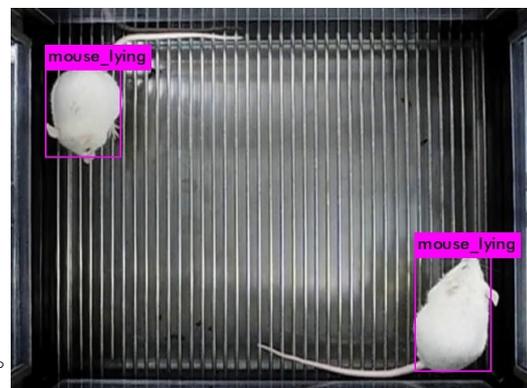
本研究で行動として見出されたもののうち最も興味深い結果は、弱いショックを受けた個体と観察者個体の2個体をショック後に同時にショックを受けた場所に戻した際に、2個体が寄り添う行動がしばしば見られたことである。動物行動の解釈には慎重であるべきであるが、便宜上この行動を consolation (慰め行動)と名付けた。

結果について実際の実験画像を用いて説明する。右上図はショックを受けていない通常時によく見られる状態である。マウスは一般に開けた広い場所よりは隅にいることを好むが、その場合はしばしば1個体ずつ別の場所を占めることが多い。

右中図は consolation 行動中の2個体である。ショックを受けた個体と受けていない個体では、観察者個体と寄り添う頻度に差が見られた。通常個体間では距離が近づき過ぎると攻撃行動が誘発されることもしばしばあるが、ショックを受けた個体と観察者の間ではむしろこのような consolation 行動がしばらくの間見られることが多かった。

右下図は、右中図の画像に対して Semantic Segmentation (PSP net)を用いた解析を示したものである。右上図で用いた検出方法は、ボックス状の領域内の画像を識別するネットワーク(YOLO3)であったが、ボックスで検出するという解析の性質上、離れた個体の検出には問題なく使用できるが、consolation のような画像上の重なりが生ずる状況には適用に問題がある。

(次頁に続く)



(前頁から続く)

そこで用いたのが、ボックス状領域ではなく物体の概形を検出することのできるSemantic Segmentation である。その結果、前頁右下図に見られるように2個体が寄り添って重なっているような場合でも問題なく検出を行うことが可能になった。

(2) Sniffing (匂い嗅ぎ)行動の分類

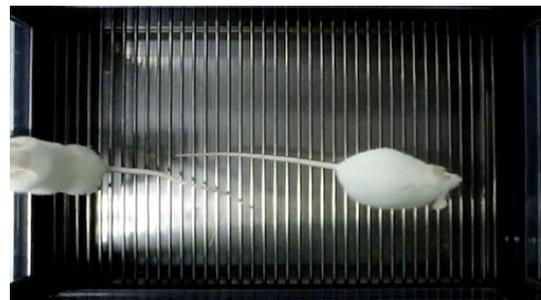
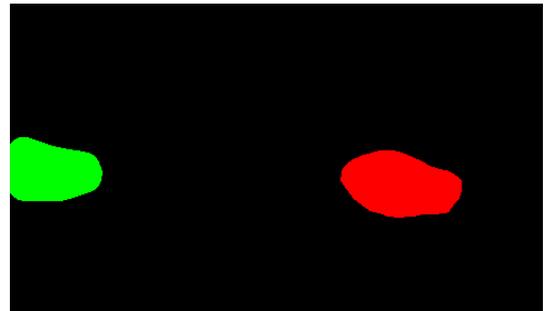
本研究では、1個体での行動も共感行動を誘発する要因になるのではないかと考え、ショックを受けた後に、ショックを受けた場所に戻った状態の1個体における行動の種類についても新たなものを探索した。従来ショックを受けた動物の行動はショックを受けた記憶によって不動状態(immobility)が増加することが知られていたが、不動状態は全体の行動の一部を占めるのみであり、その他の状態に関してはあまり注意が払われて来なかった。前述のようにSemantic Segmentationで個体の形状に沿った解析が可能になったので、ボックス状領域検出では識別できなかった右上図のような上向き状態を分類することができた。検討の結果これは Sniffing (匂い嗅ぎ)行動であることが判明した(右下図の青い部分が右上図での鼻先を含む顔に対応した検出)。この結果により、既に見られていた立ち上がり行動を含め、共感行動につながる可能性のある行動は従来考えられていたよりも多様であることが示唆された。



(3) 機械学習手法の神経科学分野への新しい適用方法の開発

深層学習をはじめとする機械学習は、従来一部の研究者を除いては神経科学に近い研究領域ではなく、使いこなすことが必ずしも簡単ではない学際的な知識を必要としていた。

本研究で開発した手法は、しかるべき量の学習データが確保できさえすればネットワークの学習が行える。さらに右図に示したように解析の際の表示で連続的に個体識別・追跡を行うことで、動物種もマウスに限定されず、また原理的に何個体でも使用可能である。以上の点で、本研究のみにとどまらず今後の他の研究にも波及可能な汎用的な方法としての開発成果も得ることに成功した。



5. 主な発表論文等

[学会発表](計 2件)

(1) MUKAI Hideo, TAKEMOTO Kenji, and INOUE Takuya

Development of Deep Convolutional Neural Network for Automated Detection of Rodent Social Behavior

11th FENS Forum of Neuroscience, Berlin(国際学会), 2018 年

(2) Hideo Mukai, Ippei Yabe, Yoshiki Okada, and Inoue Takuya

Detection of rodent social behavior using machine learning based method with convolutional neural network

Society for Neuroscience (Neuroscience2017), Washington DC (国際学会), 2017年

6.研究組織

研究代表者のみ

※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。