

平成 27 年 6 月 13 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730161

研究課題名(和文) ロボットを用いたラットのストレスレベルの推測および操作が可能な実験系の開発

研究課題名(英文) Development of a robot-based experimental system for the estimation and adjustment of rat stress level

研究代表者

石 青 (Shi, Qing)

早稲田大学・理工学術院・招聘研究員

研究者番号：80571330

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、動物心理学、ロボット工学の融合により、ロボット技術を用いてラットのストレスレベルを定量的に推測、操作可能な実験系の開発を目指す。そのため(1)ロボットの行動、ラットの行動、ラットのストレスレベルの関係モデル(2)ラットのストレスレベルを操作する為のロボットの動作アルゴリズムを明らかにした。また、相互作用の評価実験を行うことで、ラットのストレスレベルを変更させることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to develop a robot-based experimental system for the estimation and adjustment of rat stress level with the combination of the fields of animal psychology and robotics. Thus, we have established a relationship model between robot behavior, rat behavior and rat stress level. Furthermore, we proposed a motion generation algorithm to adjust rat stress level. Finally, we have confirmed that the stress level of a rat was able to be changed as desired after interaction test with a robotic rat.

研究分野：知能ロボットティクス

キーワード：異分野融合研究 自律システム 相互作用

1. 研究開始当初の背景

精神疾患の治療薬や治療法の開発に関する研究が数多く行われているが、発症における環境要因に焦点をあてた研究はまだ少ない。精神疾患発症における環境要因の役割を明らかにする方法としては、疫学的調査研究とモデル動物を用いた実験研究が一般的である。ヒトの精神疾患においては、ストレスが非常に重要な要素の一つであり、ストレスは環境要因によってもたらされる。そこで動物実験においても、ストレスに注目した実験が重要となる。

2. 研究の目的

本研究では、認識機能と関係モデルを備えたラット形ロボットを用いて、ラットのストレスレベルを定量的に推測、操作可能な新たな実験系の開発を目的としている。研究期間内に以下の3つの研究項目を明らかにしようとする。

- (1) ラットの行動、位置などの情報を抽出するために必要な認識モジュールの開発
- (2) ロボットの行動、ラットの行動、ラットのストレスレベルの関係モデルの導出
- (3) ラットのストレスレベルを操作する為のロボットの動作アルゴリズムの開発

3. 研究の方法

- (1) ラットの行動情報を検出するため、カメラや音声センサからなる認識モジュールを開発する。それに基づいて、学習能力を有する行動生成モジュールの構築に取り組む。
- (2) ラットとロボットの相互作用において、ロボットの行動、ラットの行動とラットのストレスレベルの複雑な関係の数理モデルを構築する。
- (3) 上記の数理モデルに基づいてロボットの行動を制御することで、ラットへのストレス暴露や友好的相互作用を行い、ラットのストレスレベルを変更させる。

上記の手順で、ロボットとラットの相互作用を行うことで、前述の目的達成を目指す。また、申請課題は多分野にまたがる複合領域的な研究課題と位置付けられる。そのため、工学者、心理学者、行動薬理学者の融合による非常にユニークな共同研究体制を組織している。

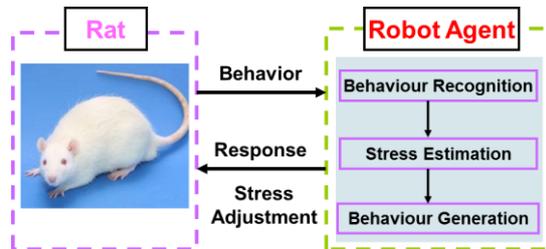


図1. 新たな研究方法論の提案

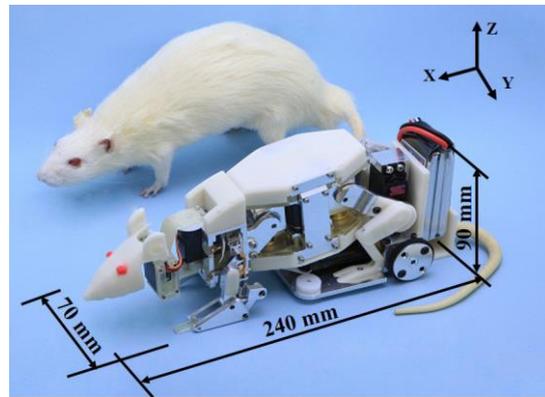


図2. ラット形ロボットWR-5

4. 研究成果

本研究では、動物のストレスを定量的に操作し、またそれを定量的に計測する方法の構築を目指す。このような考えにもとづき、図1に示すような心理学、ロボット工学の融合による新たな実験系を提案した。この実験系においてロボットは、ラットのストレスレベルを変化させる刺激としての役割と、ラットのストレスレベルを行動として表出させるための刺激としての役割をもった。実際、本研究の実行において、ラットの模様を模倣した多様なインタラクションが可能なラット形ロボットWR-5を使用した(図2)。WR-5は、ラットのような社会行動(追いかけ、立ち上がり、毛繕いなど)の再現が可能であった。

上記の提案と開発したラット形ロボットに基づいて、研究手法の仮説考案・検証に加え、研究費用や発表方法に関しても正確で効果的なマネジメントを行った。

(1) ラットのストレスレベルに関する行動変化を定量的に推測する為に、ステレオカメラや音声センサからの情報を獲得し、画像及び音声処理アルゴリズムにより、ラットの位置検出、ラットの行動認識などを行うコンポーネントをラット形ロボットに実装した。具体的に、静的なパラメータと動的なパラメータをニューラルネットワークのような識別器の入力パラメータとして、トレーニングを行い、ラットの行動認識システムを構築した。それにより、FFT 解析による音声認識の結果と融合することでラットの行動の状態や変化などを明らかにした。

(2) 認識モジュール及び行動学習のアルゴリズムを開発することで、ロボットの行動生成器を構築した。この行動生成系では、ラットとの間に3種類の異なる社会的関係を構築するロボットの行動パターンが実装されており、それを切り替えることで、ロボットはラットとの間に任意の関係性を作り出すことが可能となった。すなわち、実験ごとにロボットは任意の性格付けを行うことが可能なことを確かめた。

(3) ロボットとラットの相互作用において、ラットの行動およびラットのストレスレベルとロボットの行動の複雑な関係の数理モデルを提案した。ラットのストレスレベルは、活動量、立ち上がりや毛繕いの頻度、ロボットとの距離などの行動変数の線形結合で表わされていた。この線形モデルにおける各変数の係数は、主成分分析(PCA)を用いて導かれた。次にストレスレベルのモデルにもとづき、ロボットとラットの相互作用を数学的にモデル化していた。この相互作用モデルにもとづいて、ロボットの行動を制御することで、ラットの行動

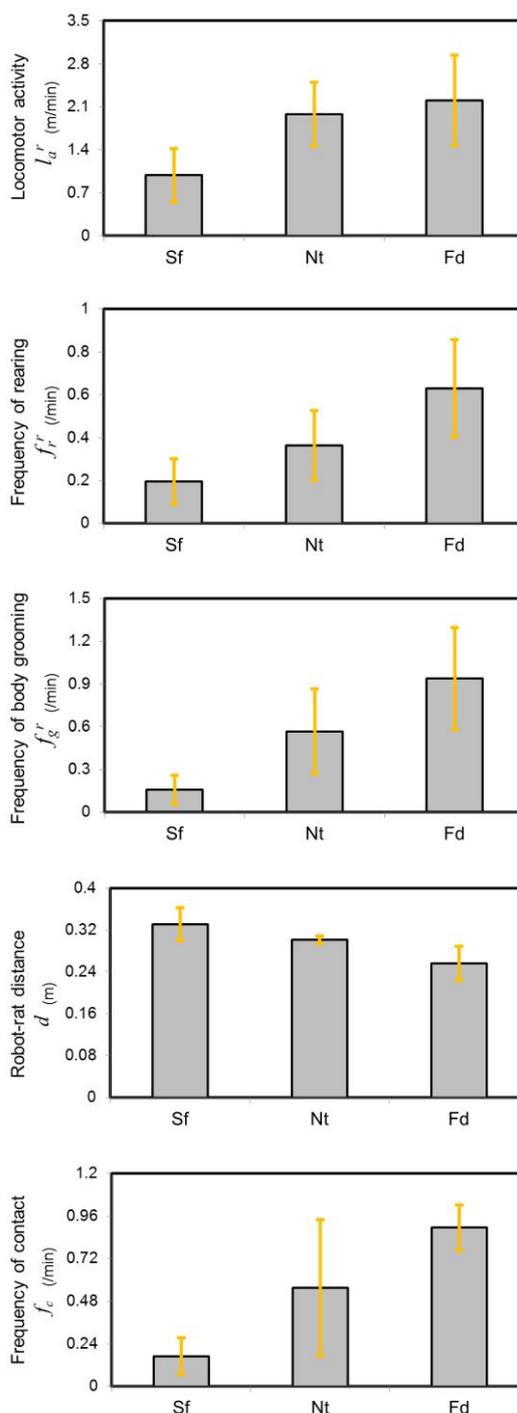


図3. ラットの行動変数

を制御することが可能となった。

(4) これまで開発した認識モジュール、行動生成モジュール、関係モデルを実際にラット形ロボット WR-5 に実装し、敵対や中立や友好的相互作用実験を行った。図3に示すように、ラットのストレスレベルに関する活動量 (Locomotor activity)、立ち上がり (Frequency of rearing) や毛繕い

(Frequency of body grooming)の頻度、ロボットとの距離(Robot-rat distance)、接触頻度(Frequency of contact)の行動変数を計測した。敵対的相互作用実験(図3のSf)を行った後、ラットの活動性は低くなることを確認した。そして、実験の結果に基づいて、線形数学モデルにおける各変数の係数を導いた。一方で、友好的相互作用実験(図3のFd)を行うことで、ラットの活動性は高くなった。また、前述の線形数学モデルを用いた計算結果より、ロボットとの友好的な相互作用を通して、ラットのストレスレベルが減少する傾向が示された。

本研究の成果は、動物の行動を調査の対象とする諸分野に新しい実験手法を提供するものであり、同時に、それらの実験における社会行動の再現性や実験条件の統制の向上に資するものである。また、これを応用することで、より妥当性の高い精神疾患モデル動物の作成が可能となり、精神疾患のメカニズム解明や治療薬の開発に貢献できると期待される。さらには、将来の動物行動研究に新たな知見や改革をもたらすと期待できる。よって、ロボット工学、動物行動学、心理学のみならず、薬理学、医学など幅広い分野の発展に大きく貢献するものである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- [1] Qing Shi, Hiroyuki Ishii, Yusuke Sugahara, Hikaru Sugita, Atsuo Takanishi, Qiang Huang, Toshio Fukuda. Design and Control of a Biomimetic Robotic Rat for Interaction with Laboratory Rats. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2015. (査読有)
- [2] Qing Shi, Hiroyuki Ishii, Shinichi Kinoshita, Shinichiro Konno, Atsuo Takanishi, Satoshi

Okabayashi, Naritoshi Iida, Hiroshi Kimura, Shigenobu Shibata. Modulation of Rat Behaviour by Using a Rat-like Robot. Bioinspiration & Biomimetics, vol. 8, no. 4, 046002, 2013. (査読有)

- [3] Qing Shi, Hiroyuki Ishii, Shinichi Kinoshita, Shinichiro Konno, Atsuo Takanishi, Satoshi Okabayashi, Naritoshi Iida, Hiroshi Kimura. A Rat-like Robot for Interacting with Real Rats. Robotica, vol. 31, no. 8, pp.1337-1350, 2013. (査読有)

[学会発表] (計 2 件)

- [4] Qing Shi, Hiroyuki Ishii, Yusuke Sugahara, Hikaru Sugita, Atsuo Takanishi, Qiang Huang, Toshio Fukuda. Control of Posture and Trajectory for a Rat-like Robot Interacting with Multiple Real Rats. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.975-980, HongKong, China, 2014. (査読有、**Best Cognitive Robotics Paper Finalist**)
- [5] Yongbo Song, Qing Shi, Qiang Huang, Toshio Fukuda. Development of an Omnidirectional Vision System for Environment Perception, International Conference on Robotics and Biomimetics, pp.695-700, Bali, Indonesia, 2014. (査読有、**Best Conference Paper Finalist**)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石青 (SHI Qing)

早稲田大学・理工学術院・招聘研究員
研究者番号：80571330

(2) 連携研究者

高西 淳夫 (TAKANISHI Atsuo)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：50179462

石井 裕之 (ISHII Hiroyuki)
早稲田大学・理工学術院・講師
研究者番号：10398927