

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00366

研究課題名(和文) ロボット技術を用いた動物の「遊び」行動のモデル化

研究課題名(英文) Modeling of playing behavior of animals using robot technologies

研究代表者

石井 裕之 (Ishii, Hiroyuki)

早稲田大学・理工学術院総合研究所(理工学研究所)・准教授(任期付)

研究者番号：10398927

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ラットの「遊び行動」を研究するための実験系の構築に取り組んだ。まず、ラットと遊び行動を行う新たな小型移動ロボットを開発した。ラットとロボットの遊び行動をリアルタイムで計測するシステムと、その計測結果にもとづいてロボットの行動を制御するシステムについても構築した。これらを用いて、機械学習によって、ロボットがラットとのインタラクションを通して、適応的に遊び行動を獲得することを試みた。その結果、学習が比較的短時間で収束することが確認された。学習結果にもとづいてロボットが行動する場合、ラットの活動性を高めるなど、ラットとの間に遊び行動が成立することが確認できた。

研究成果の概要(英文)：A small mobile robot, which interacted with a rat, were developed. A system for measuring behavior of the rat and controlling that of the robot according to the measurement were also developed. A behavior generation algorithm for the robot, which enabled it to obtain behavior patterns to "play" with a rat by machine learning, was developed. An experiment to confirm validity of proposed method was then conducted. In the experiment, the robot obtained behavior pattern to play with a rat, through interactions with the rat. The robot finally succeeded to obtain optimal behavior pattern to play with the rat.

研究分野：ロボットの適応的行動獲得

キーワード：ロボット工学 インタラクション 機械学習

1. 研究開始当初の背景

人間において「遊び」は誰しもが持つ基本的な行動の1つであり、心理学における重要な研究対象である。例えば、スイスの心理学者ピアジェが乳幼児における「遊び」の重要性を指摘して以降、発達心理学や児童心理学において「遊び」に関するさまざまな研究が行われている。このように子供の「遊び」の重要性が広く認知され研究されている一方、大人の「遊び」に対する学術的関心は薄く、生産をとまなわれないネガティブな行動として捉えられることも多い。しかし成人において、娯楽やレクリエーションなどの「遊び」が、ストレス低減や生産性向上などの効果をもたらす事は経験的に明らかであり、社会的にも広く認知されている。昨今、この知見にもとづき、精神疾患の治療や予防にレクリエーションを取り入れる試みが進められているが、人間の、特に成人の「遊び行動」の科学的モデルが無いために、試行錯誤が続いている。そこで今、「遊び行動」の科学的なモデルが求められている。

心理学において行動を議論する場合、伝統的に、行動主義的立場か認知的立場のいずれの立場にたつかを明確化することが求められてきた。行動主義的立場では、個体の行動は外界からの刺激に対する反応であると考え、個体をブラックボックスと見なして観測可能な事象のみにもとづいて議論が進められる。一方、認知的立場では、個体が外界からの刺激をどのように認知するかに焦点をあてて、観測が困難な個体の内観にも踏み込んで議論が進められる。行動主義的立場で「遊び行動」を見ると、環境から個体に対する刺激とそれに対する反応としてモデル化できるが、外見上まったく同じ「遊び行動」でも、個体が主体的に遊んでいる場面と外的要因により遊ばされている場面の両方が考えられる。また、心理学辞典によれば、「それをする事自体の楽しみの内因的報酬によって動機づけられている場合は遊びであり、それが現実適応的な必用や目的の外発的報酬によって動機づけられている場合は遊びではない」とされており、認知に言及することなく「遊び行動」の数理モデルを構築することは難しい。そこで本研究では、行動主義と認知科学を融合した新たな立場である認知行動科学の立場で「遊び行動」を議論することとする。具体的には実験室実験にもとづいてモデル化を進める行動主義的手法を基軸として、先進の実験装置や計測装置、統計解析手法などを用いて認知も含めたモデルの構築を目指す。

行動主義の特長の1つは、動物と人間の間の行動原理の共通性を認め、基礎モデルの構築に積極的に動物実験を用いている点にある。例えば、オペラント条件づけや古典的条件づけなど、人間の行動に関する多くの基礎モデルは動物実験によって構築されてきた。また認知科学においては、サルやラット、マ

ウスなどを用いた動物実験により、脳の機能が徐々に解明されてきている。

申請者は、人間の行動を理解する上で動物実験は今後もますます重要になると考え、より多様で複雑な実験を可能とすべく、動物実験へのロボット技術の導入を提案している。また、これまでに申請者らは、刺激提示デバイスとしてロボットを用いて、ラットの行動の数理モデルを構築する試みを進めている。具体的には、小型移動ロボットを用いてラットの心理状態を操作し、うつ病モデル動物を作成することに成功している。本研究では、小型移動ロボットとラットを用いて動物の行動の数理モデル構築を目指す手法を「遊び行動」の研究に応用する。

この考えにもとづき申請者は、本申請に先立ち予備実験を実施した。この実験ではラットを、ラットに対して「遊び行動」を行うロボット、または、ラットの一般的遊具である回し車のそれぞれに対面させた。その後、各ラットに対して強制遊泳試験を行い、うつ傾向の評価を行った。その結果、ロボットと対面したラットは、対照群のラットとの比較においてうつ傾向が優位に低かった。一方、回し車と対面したラットには、対照群との間に有意差はみられなかった。うつ傾向の低下は、ロボットとの「遊び行動」の効果であり、この実験結果は、申請者らの提案する方法論の妥当性を支持するものである。またこの結果は、能動的に働きかける術がない回し車に対して、能動的働きかけが可能なロボットは、「遊び行動」を研究するためのツールとして優位であることを示唆している。

2. 研究の目的

本研究は、動物における「遊び行動」を科学的に検証し、「遊び行動」のモデルを構築することを目的とする。具体的には、以下の3項目の達成を目指す。

- ・ 「遊び行動」を研究するための実験系の構築
- ・ 構造方程式モデルを用いた「遊び行動」の静的モデルの構築
- ・ 制御工学モデル(ブロック線図)を用いた動的モデルの提案

3. 研究の方法

まず、ラットの「遊び行動」を研究するための実験系の構築に取り組んだ。申請者はこれまでさまざまな機能と形態を有する小型移動ロボットを開発しており、それらの技術を用いて、新たなロボットを開発した。新たなロボットには、以下の要件を設定した。

- (1) ラットと同程度の大きさ
- (2) ラットと同程度の運動能力

ラットとロボットの遊び行動をリアルタイムで計測するシステムと、その計測結果にもとづいてロボットの行動を制御するシステムについても構築した。このシステムは、ラ

ットとロボットがインタラクションを行うオープンフィールドと、そこに取り付けられた各種センサ、センサの計測値を受け取り、データの記録とロボットの制御を行うPCからなる。インタラクションを計測するためのセンサとしては、ラットが活発となる低照度環境でもラットおよびロボットの位置を計測可能な高感度カメラを用いることとした。また、快情動にあるラットは特定の周波数の超音波を発するとの先行研究を参考に、超音波を計測可能な高感度マイクもあわせて用いることとした。それらのデータは、前述のPCに送られ、そこに実装されたロボットの制御ソフトウェアにおいて処理される。また同時に、実験データとして保存される。

研究開始当初は、構造方程式によって「遊び行動」の静的モデルを構築することを想定していたが、実際の複数ラットの遊び行動の観察を行った結果、構造方程式によって表現される静的モデルは、動的モデルへの拡張が難しいことが判明した。そこで、静的モデルを構築せずに、動的モデルの構築を目指すこととし、機械学習によって、ロボットがラットとのインタラクションを通して、適応的に遊び行動を獲得することを試みた。具体的には、強化学習にもとづくロボットの行動生成アルゴリズムを構築し、制御ソフトウェアに実装した。

上記のシステムを用いて、実証実験を行い提案する手法の妥当性を検証した。実験では、行動実験に適した行動の多様性をもつLong-Evansラットを用いることとした。強化学習における強化子については、情動の快水準や活動性など、複数のものを用いて、比較検討した。

4. 研究成果

強化学習にもとづくロボットの行動生成アルゴリズムを実装して、ロボットとラットによるインタラクション実験を実施したところ、強化学習が成立し、比較的短時間で収束することが確認された。学習結果にもとづいてロボットが行動する場合、ラットの活動性を高めるなど、ラットとの間に遊び行動が成立することが確認できた。また、学習により獲得されたロボットの行動パターンは、ラットの各個体に応じて、異なることが判明した。これは、学習によってラットの個性に対応した行動パターンが獲得されたことを示唆している。この結果から、「遊び行動」の制御工学モデルを用いた動的モデルが構築できたと考えている。

今後は、学習収束の条件、学習結果がラットとロボットの関係性へ及ぼす影響等について、行動分析と生理学的または薬理的解析によって解明することを目指す。

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7件)

石井裕之, 田中克明, 高西淳夫, 自律移動型環境モニタリング・ロボット, 日本ロボット学会誌, 査読有, 36巻(1) 2018, pp.23-26.

Yujiro Mizumura, Keitaro Ishibashi, Soichi Yamada, Atsuo Takanishi, Hiroyuki Ishii, Mechanical Design of a Jumping and Rolling Spherical Robot for Children with Developmental Disorders, Proceeding of the 2017 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 査読有, 2017.

Chang Li, Qing Shi, Kang Li, Mingjie Zou, Hiroyuki Ishii, Atsuo Takanishi, Qiang Huang, and Toshio Fukuda, Motion Evaluation of a Modified Multi-link Robotic Rat, Proceeding of the IEEE International Conference on Robots and Systems, 査読有, 2017.

Gabriele Trovato, Josue G. Ramos, Helio Azevedo, Artemis Moroni, Silvia Magossi, Reid Simmons, Hiroyuki Ishii, and Atsuo Takanishi, A receptionist robot for Brazilian people: study on interaction involving illiterates, Paladyn Journal of Behavioral Robotics, 査読有, 8, 2017, pp. 1-17.

Katsuaki Tanaka, Hiroyuki Ishii, Daisuke Kuroiwa, Yuya Okamoto, Eric Mossor, Hikaru Sugita, Qing Shi, Satoshi Okabayashi, Yusuke Sugahara, and Atsuo Takanishi, A Novel Approach to Increase the Locomotion Performance of Mobile Robots in Fields With Tall Grasses, IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, 査読有, VOL. 1, NO. 1, JANUARY 2016, pp. 122-129.

Katsuaki Tanaka, Hiroyuki Ishii, Yuya Okamoto, Daisuke Kuroiwa, Yusaku Miura, Daiki Endo, Junko Mitsuzuka, Qing Shi, Satoshi Okabayashi, Yusuke Sugahara, and Atsuo Takanishi, Novel Method of Estimating Surface Condition for Tiny Mobile Robot to Improve Locomotion Performance, Proceeding of the 2015 IEEE International Conference on Robots and Systems, 査読有, 2015.

Qing Shi, Hiroyuki Ishii, Yusuke Sugahara, Atsuo Takanishi, Qiang Huang, and Toshio Fukuda, Design and Control of a Biomimetic Robotic Rat for Interaction With Laboratory Rats, IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, 査読有, VOL. 20, NO. 4, 2015, pp.1832-1842.

〔学会発表〕(計5件)

Yujiro Mizumura, Keitaro Ishibashi, Soichi Yamada, Atsuo Takanishi, Hiroyuki Ishii, Development of a Spherical, Jumping and Rolling Robot for Children with Developmental Disorder, IROS 2017, September, 2017, Vancouver, Canada.

石井裕之, 椎名恵, 高西淳夫, 洪沢, 片山保, シミュレーション医学教育における機械学習を用いた手技評価の試み, 第49回医学教育学会大会, 2017年8月, 札幌.

石井裕之, 三塚純子, 横山裕也, 堀越麗沙子, 高西淳夫, 小型移動ロボットを用いたラットの遊び行動に関する研究, Koudo2017, 2017年8月, 東京.

石井裕之, 田中克明, 石青, 高西淳夫, 小型移動ロボットとの遊びがラットにもたらす効果の検討, 日本ロボット学会第34回学術講演会, 2016年9月, 山形.

H. Ishii, et al., A Mobile Robot Plays with a Rat, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2017), August 2016, Orland, USA.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

www.ishii.mmech.waseda.ac.jp

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井裕之 (ISHII, Hiroyuki)

早稲田大学・理工学術院・准教授

研究者番号: 10398927

(2) 研究分担者

なし

(3) 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

(4) 研究協力者

石青 (Shi Qing)

北京理工大学・准教授