

令和元年6月24日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01479

研究課題名（和文）生活空間におけるロボットの愛着行動とロボットの長期受容を可能にする方法論の確立

研究課題名（英文）Study on Attachment Behavior of Robot in Daily Living Environments and Establishment of Methodology for Long-Term Acceptance of Social Robot

研究代表者

新妻 実保子 (Niitsuma, Mihoko)

中央大学・理工学部・准教授

研究者番号：10548118

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ロボットの長期受容を可能にする方法論の確立を目指して、生活空間におけるロボットの愛着行動とその評価について取り組んだ。動物行動学的に獲得した犬の振る舞いをロボットへ応用し、社会的で簡便でロバスタな人とロボットの相互作用を実現するアプローチとしてEtho-roboticsを提案する。本研究では特に、犬の愛着行動に着目してモデル化し、ロボットへの導入を行った。この愛着行動に加え、ロボットを生活空間で使用することを想定して、環境に設置したセンサと協働して見守りを行う機能を追加した。愛着行動の有無が見守りをするロボット（技術）に対する人の評価に及ぼす影響について検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、動物行動学的に獲得した犬の振る舞いをロボットへ応用し、社会的で簡便でロバスタな人とロボットの相互作用を実現するアプローチとしてEtho-roboticsを提案している。人と犬のコミュニケーション様式をモデル化してロボットへ適用することに特徴がある。本研究課題では犬の愛着行動をロボットに適用した。愛着行動を通じて、ロボットの使用者は他者とロボット、自身とロボットの関係に差があることについて認識した。すなわち、ロボットは言葉で説明することなく、振る舞いを通じてロボットと人との社会的関係を表現できることを示した。ロボットの社会性の実現に向けた有効な方策、知見として位置付けられる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to establish a methodology for long-term acceptance of a social robot, studying on attachment behavior of the robot in daily living environments. We propose Etho-robotics as an approach to realize social, simple and robust human-robot interaction by applying the behavior of dogs obtained in the field of ethology to a robot. In this study, we focused on the attachment behavior of dogs as social skill, built a computational model of the attachment behavior and implemented it to a mobile robot. In addition to the attachment behavior, assuming the use of the robot in a daily living environment, we developed a monitoring function for the robot to detect and notify unusual situations by integrating with distributed sensors installed in the environment. Finally, we evaluated users' impression and acceptance of the robot based on the effect of the social skill of the robot.

研究分野：ソーシャルロボティクス

キーワード：ソーシャルロボティクス 人-ロボットコミュニケーション 愛着行動 動物行動学 空間知能化 アンビエントインテリジェンス

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景

申請者は、高齢者の見守りシステムの研究[1]を進めてきた。これは、空間に分散配置したセンサで人間を観測して人の状態（意図、行動）を推定することにより、移動ロボットを通して適切な情報提示サービスを提供するものである（図 1）。この研究を通して、人とロボットの共生が長期に渡ると、人はロボットを無視または忌避するという負の感情が生じることがあり、長期に渡り維持可能なコミュニケーション論の確立が必要との認識に至った。

現在の福祉ロボットは行動支援という物理的な作用を伴う内容が主であり、長期間ロボットを「受容できる」という心理に関わる研究は見当たらない。

ロボットを福祉用として家庭内へ導入する傾向が高まりつつある現在、人がロボットを受容する心理を生成するロボットの振る舞いを解明することは重要である。特に、日常にかつ専門家の介助なしにロボットとのインタラクションを行う際には、ロボットの振る舞いが分かりやすいことと同時にロボットに対する関心を維持する必要がある。ロボットの振る舞いが人にとって分かりやすいこと、そして、ロボットに対する関心を維持し長期的にロボットが受容されるという問題を同時に解決するアイデアとして、申請者は人に受容される犬の行動に着目した。この根拠は申請者らの研究成果 [2][3]を通して得たものであり、次のように考えた。

- ・ 犬は飼い主と他者を見分け、社会的な行動を示す
 - ・ 人は犬の振る舞いについて事前知識や特別な訓練なしに解釈できる。
 - ・ 犬は言語やジェスチャでなく、動きによってコミュニケーションを図ることができる。
 - ・ 上記 3 点の相互作用により、人は犬との間に長期間社会的関係および共生関係を維持できる。
- 特に、犬が飼い主と他者とを見分けて、飼い主を安全な場所であると認識して示す行動を愛着行動（Attachment behaviour）と呼んでいる。この愛着行動は、犬の飼い主と犬にとって見知らぬ人とが存在するある限定された空間における犬の振る舞いを観測した結果から抽出されたものである。見知らぬ人や未知な空間が犬に対する社会的ストレス要因となり、ストレス状況に応じた振る舞いを示す。申請者らは、犬の愛着行動に着想を得て、ロボットの行動に基づく心理表現の体系化とモデル化を行った。実証実験を通して、状況に応じたロボットの行動によりロボットの意思あるいは感情を使い分けることによって、被験者に対してロボットへの感情の起伏を生じさせることを確認した[3]。しかしこれまでの実験はいずれも数分間の短期的な実験であった。

2. 研究の目的

以上の背景より、ロボットによる愛着行動の実現、行動の分かりやすさ、及び人のロボットへの関心の三つを相互に関連させて、人が長期に渡ってロボットを受容する心理を生成する方法論を確立するということが本研究課題の目的である。それを実現するため、愛着行動及び生活支援として有用な見守り支援機能を実現すること、その上で、ロボットに対する長期受容性に対する愛着行動の有無の影響を明らかにする。

3. 研究の方法

研究目的達成のため、次の三つの項目に取り組んだ。

(1) 生活空間における愛着行動のモデル化

先行研究での愛着行動[2]は、ある限定された空間において、統制されたシナリオの中で観察された犬の振る舞いを抽出し、状況に応じた犬の振る舞いを一つの行動項目として記述したものである。ロボットの長期受容性を考える上で、以下の 3 点を新たに検討、実現する。

生活空間を想定した行動要因パラメータのモデル化、人とロボットのインタラクションの経過、履歴を考慮したなつき度の導入、生活空間における機能と愛着行動との統合

ロボットの生活空間における機能が重要となる。そこで、生活空間における見守り支援を想定して、見守り支援システムを実現する。そして、見守り支援行動と愛着行動とを統合し、ロボットの行動モデルを構築する。

(2) 愛着行動における行動要因としてのストレスの表現と見守り支援のための見守り必要度の定義とモデル化

長期にわたって安定して動作するロボットの行動モデルが不可欠である。まずロボットの愛着行動の安定したモデル化のため行動要因となるストレス表現から見直しをする。さらに、見守り機能と統合するため、必要に応じて動的かつ自律的に行動モデルを切り替える必要がある。そのため、見守り行動の生成要因として見守り必要度を定義し、見守り支援行動のモデル化を

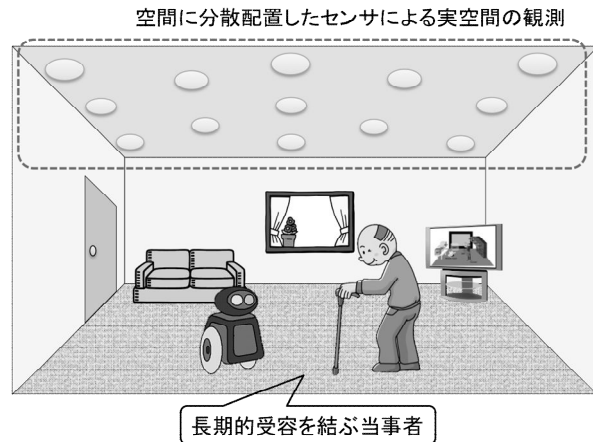


図1 観測システムとロボットによる見守り支援

行う。

(3) ロボットの長期的受容性に対する愛着行動の影響評価

ロボットの愛着行動は、人とロボットの関係を明示的にするための社会的行動と位置付けられる。この社会的行動の有無が人のロボットの機能に対する評価、印象、受容性に対してどのような影響を与えるのかを明らかにすることを通じて、ロボットの長期受容性に対する愛着行動の有無の影響を明らかにする。

[1] M. Niitsuma, et al., "Monitoring System Based on Ethologically Inspired Human-Robot Communication in Intelligent Space," in Proc. of ASCC2011, pp. 700 - 705, 2011.

[2] M. Gácsi, et al., "Attachment behavior of adult dogs (*Canis familiaris*) living at rescue centers: Forming new bonds," *Journal of Comparative Psychology*, 115: 423-431, 2001.

[3] T. Ichikawa, M. Niitsuma, et al., "Impression Evaluation for Different Behavioral Characteristics in Ethologically Inspired Human-Robot Communication," in Proc. of Ro-MAN2012, pp. 55-60, 2012.

4. 研究成果

本研究では、ロボットの長期受容を可能にする方法論の確立を目指して、生活空間におけるロボットの愛着行動とその評価について取り組んだ。動物行動学的に獲得した犬の振る舞いをロボットへ応用し、社会的で簡便でロバストな人とロボットの相互作用を実現するアプローチとして Etho-robotics を提案した。

3. (1)生活空間における愛着行動のモデル化としては以下の成果を得た。犬の愛着行動は、strange situation test と呼ばれる犬の飼い主と飼い主以外の人がいる未知環境において、様々な状況を生じさせて犬がどのように振る舞うかを観察し、動物行動学により状況と振る舞いの組み合わせとして記述されたものである。この知見に基づき、本研究課題では、状況に応じたロバストな行動生成を要件としてロボットのための愛着行動モデルを実現した。具体的には愛着行動を引き起こす環境要因を記述するため3つの行動要因を導入した。飼い主との離別状態に対するストレス、飼い主以外の存在に対する不安感、未知環境に対する探索欲求の3つである。飼い主の位置付けとしてロボットのオーナー、オーナー以外の他者、そしてロボットの位置を計測し、3つの行動要因を数値化して、行動要因となるストレスとして空間的に仮想的なポテンシャル場として表現した。そして、愛着行動はこのストレスを下げるための行動であると位置付け、もっともストレスを下げるために効果的な位置をロボットの次の時刻の位置として行動生成する手法を実装した。

さらに生活空間に対応するため、ストレス要因を人だけでなくモノ（おもちゃやおやつ）へも拡張できるモデル化を行なった。

次に、3. (2) 愛着行動における行動要因としてのストレスの表現と見守り支援のための見守り必要度の定義とモデル化に取り組んだ。この前半部分は(1)で示したストレスをポテンシャル場として表現する。このとき、このストレスの発生には、人とロボットの関係性にも依存すると考え、人との関係を表す「なつき度」を導入した。なつき度は、人とロボットが共に過ごした時間、及びインタラクションの履歴によって変わるものであり、人とロボットの familiarity を示す値と位置付けられる。これにより、よく知った人とよく知らない人という区別が可能であり、ロボットの人に対する行動特性を変えることができる。

愛着行動の改良により、長時間安定して動作できることを確認し、愛着行動の有無によるロボットとのコミュニケーション実験を通じて、新しく改良した行動モデルによって、適切に愛着行動が示され、さらにロボットやロボットの振る舞いについて事前知識のない被験者であっても、ロボットが誰に対して懐いているかといった愛着行動の特徴を適切に理解していることを確認した。

また、(2)の課題の後半にあたる、生活空間でのロボットの利用を考え、ロボットの愛着行動に加え、見守り機能を実装した。3次元測域センサによる人の位置、姿勢の計測、及びカメラとの統合による人の視野推定を新たに実現し、環境の構成と人、ものなどの動物体の移動履歴を表した環境地図を生成し、不審者、不審物、人の危険などを検出し、ロボットが人へ伝達する。この機能は、生活空間でのロボットの長期利用を想定しやすくするものと位置付けられる。さらに、不審物の存在などを非言語情報で伝達できることを確認し、また愛着行動をベースとして見守り行動を導入した際も被験者はロボットの愛着行動を理解していることを確認した。

最後に3. (3)ロボットの長期的受容性に対する愛着行動の影響評価に取り組んだ。愛着行動の有無が見守りをするロボット（技術）に対して人の評価がどのように異なるかを評価することにより、愛着行動の有無がロボットの受容性に及ぼす影響を評価した。その結果、愛着行動がある場合の方が、ない場合に比べて、見守り行動の情報伝達率が高く、またロボットの機能に対して好意的に評価する傾向が認められ、技術に対する受容性が高まる傾向が認められた。この成果については現在論文発表準備中である。ただし、長期的にこの受容性が維持されるかについてはさらなる研究が必要である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Peter Korondi, Beata Korcsok, Szilveszter Kovacs, Mihoko Niitsuma, “Etho-robotics: What kind of behaviour can we learn from the animals?,” IFAC-PaperOnLine, vol. 48, pp. 244-255, 2015. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.12.041 (査読有)

〔学会発表〕(計 8 件)

Soh Takahashi, Marta Gacsi, Peter Korondi and Mihoko Niitsuma, “Design of Legible Autonomous Leading Behavior Based on Dogs’ Approach,” 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2015 (査読有)

Yohei Takahashi and Mihoko Niitsuma, “Enhancement of Attachment Behavior Model for Social Robot to Adapt in Daily Living Environments,” 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2015 (査読有)

Honoka Kanai, Mihoko Niitsuma, “Update of Human-Robot Relationship Based on Ethologically Inspired Human-Robot Communication History,” the 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2016 (査読有)

Kaito Tsukada, Mihoko Niitsuma, “Impression on Human-Robot Communication Affected by Inconsistency in Expected Robot Perception,” the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, 2016 (査読有)

Mihoko Niitsuma, “Can a robot show the relationship between a person and the robot through its behavior?,” 1st International Symposium on Small-scale Intelligent Manufacturing Systems, 2016 (招待講演 Invited talk)

市川 夏樹, 新妻実保子, “動物体の活動履歴に基づく見守り支援とロボットのふるまいによる情報通知”, 第 36 回日本ロボット学会学術講演会, 2018

Natsuki Ichikawa, Kaito Tsukada, Mihoko Niitsuma, “Nonverbal Human-Robot Communication for Ambient Assisted Living Applications Based on Ethologically Inspired Social Behavior Model,” the 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2018 (査読有)

Mihoko Niitsuma, “Ethologically inspired robot behavior in social environment,” 12th IFAC Symposium on Robot Control, 2018 (招待講演 Plenary talk)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：ペーター・コロンディ（ブダペスト工科経済大学）

ローマ字氏名：Peter Korondi（Budapest University of Technology and Economics）

研究協力者氏名：マルタ・ガチ（エトヴェシュ・ロラード大学）

ローマ字氏名：Marta Gacsi（Eotvos Lorand University）

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。