

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32641

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760212

研究課題名(和文) 犬の行動学に基づく人とロボットの長期的かつ持続的なコミュニケーションの設計

研究課題名(英文) Design of Ethologically Inspired Robot Behavior Model for Human-Robot Communication

## 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) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、人とロボットの長期的なコミュニケーションを目指して、人と犬の関係に着目し、ロボットの行動モデルを構築した。特に、犬の人への愛着行動は人と犬の社会的関係を築く上で基礎的な振る舞いであると考え、犬の愛着行動をモデル化し、ロボットへ適用した。また、犬の行動特性の要因となるパラメータ(人へのなつき度と不安への感受性)を導入し、異なる行動特性を示すロボットの愛着行動モデルを構築した。また、人とロボットの直接的なインタラクションとしてボール遊びや誘導行動の実現に取り組んだ。人はロボットの振る舞いを適切に解釈できるか、インタラクションの頻度がどのように変化するか、という点から評価を行った。

研究成果の概要(英文)：We focus on relationships between humans and a dog to build a long-term relationship between a person and the robot, because dogs are able to build social relationships with humans and maintain the relationships for a long term. Studies on ethology of dogs clarify characteristics in human-dog communication based on the observation of their behaviors. Specifically, we focus on dogs' attachment behaviors. A dog shows attachment to a person who is the dog's owner. It is expected that the attachment relationship would be built between an owner and a dog as the basis of social relationships. We built an attachment behavior model for a social robot. To show differences of behavioral characteristics of the robot, the factors such as the attachment to the owner, the acceptance of a stranger and the sensitivity of anxiety were introduced. We evaluated human-robot communication based on the proposed ethologically-inspired robot behaviors (attachment and leading behaviors) through experiments.

研究分野：人-ロボットコミュニケーション

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 知能ロボティクス

## 1. 研究開始当初の背景

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。

人・ロボットのコミュニケーションに関する先行研究では、主に言語、ジェスチャを媒体としてのコミュニケーションに着目し、人の要求が満足されるまでの短期的プロセスを考えているものがほとんどである。また、自己とコミュニケーション対象以外の周辺環境の変化を考慮した例はほとんど見当たらない。一方、人は移動するのが自然であるから、部屋間や室内外移動に伴う環境条件の変化とこれに関連する人間状態の変化(位置、姿勢、及びそれらから推測される状況の変化)を考慮する必要がある。

以上より、長期のコミュニケーション維持、環境条件変化への対応、という問題を同時に解決するアイデアとして、申請者は犬の行動に着目した。

## 2. 研究の目的

人との共生を実現している犬の振舞いに着目し、動物行動学における知見をロボットシステム的设计へ応用することとした。具体的には以下の項目について取り組んだ。

### (1) 動物行動学の知見に基づく環境変化に対応するロボットの行動モデル的设计論

具体的には、犬の愛着行動は人と犬の社会的関係を構築するための犬の基礎的な社会的振る舞いであると考え、犬の愛着行動を工学的に実現する[1]。

犬の愛着行動において特に重要な行動要因として知られている「主人と離れる寂しさ」「未知人物、物体に対する不安」「探索欲求」の三つを内部状態パラメータとして導入する。さらに、犬には個体差があり、飼い主によっても人懐っこい犬が好きな飼い主もいれば、主人にだけ懐っこくことが好きな飼い主もいると考えられる。そこで、個体差を表すのに特徴的なパラメータである「主人へ懐いている度合い」「未知人物の許容レベル」「不安に対する感度」を新たに導入する。これらを行動モデルの外部パラメータとして用いることにより、個体差に応じた各行動表現が可能となる。

### (2) 人とロボットの双方向的な能動的インタラクション機構的设计論

犬の愛着行動を観測する実験的な環境設定に「strange situation test」がある。この環境設定内では、ボールなどのおもちゃを使って犬と遊ぶよう働きかけるといったものがある。また、長期に渡るコミュニケーションを実現するうえで双方向的な能動的インタラクションは重要な要素であると考え。

ロボットからの能動的なインタラクシ

ョンを実現するため、移動機能以外に物体を操作(押す、捕らえる)できるメカニズムを搭載する。能動的インタラクションの評価を通じて、目的に合う能動的インタラクション機構への要求仕様を明らかにし、設計論を確立する。

### (3) 人とロボットとのコミュニケーション度の評価方法

コミュニケーションそのものを人の側から評価する方法を見出す。評価項目として、ロボットの行動解釈、期待度(ロボット行動が始まる事前の気持ち)、満足度(ロボット行動を見終わった気持ち)などを予定した。

(1) にて検討するロボットの行動特性の違いを人はどう解釈するのか、行動特性が変わっても愛着行動を正しく認識できるかについて検証した。さらに、双方向的な能動的インタラクションを通じて、人とロボットのインタラクションの頻度がどのように変化するかを観測し、人とロボットのコミュニケーション度を評価した。またこのとき、人のロボットへの印象がどのように変わるのかについて検証し、双方向的な能動的なインタラクションの意義について検討した。

## 3. 研究の方法

(1) 犬の愛着行動において「忠誠心が高い」、あるいは「友好的である」、「気まぐれな」というような異なる行動特性を示す要因として、「飼い主に対するなつき度」「他者の許容度」「不安への感度」という三つの要因があると示されている[2]。そのため、本課題においてもその三つの要素を行動特性パラメータとしてロボットの行動モデルに導入することとした。

ロボットの行動解釈としては、ロボットの振る舞いが愛着行動として適切であれば、それを見た第三者は正しくロボットと実験中の人々との関係を推測できるだろうと考え、strange situation test における飼い主役の人、及び他者役の人は誰かを推測させる実験を行った。

(2) 人とロボットの双方向的な能動的インタラクションとしてスポンジ製のボールを用いたボール遊びと、擬似的なおやつを介した人からロボットへの能動的なインタラクションの2つを考えた。ボール遊びを実現するため、ボールを保持・放出する機構を製作した。また擬似的なおやつとして、加速度センサと3色LEDを搭載し、無線通信可能なたまご型のデバイスを製作した。たまごデバイスの振り方によって色が変わり、色によってロボットの反応が変わるようにした。

ボール遊びを導入した場合、及びおやつ遊びを導入した場合とで、人とロボットのコミュニケーションがどのように行われたか、及びロボットへの印象について検証した。

さらに、ロボットから人への能動的な振る

舞いとして、ある場所に人を誘導することに試みた。犬の誘導行動をモデル化し、ロボットに注意を向けていない人の注意を獲得し、設定した目的地まで自律的に誘導するものである。

(3) 人とロボットのコミュニケーションに関する評価は(1)及び(2)に示したように、愛着行動として正しく解釈されているか、ロボットの愛着行動(行動特性の違い)に対してどのような印象を抱くか、ロボットそのものへの印象がどのように変わったか、ロボットとのインタラクション回数はどのように変化するかについて検証した。

誘導行動に関する評価としては、ロボットが人の注意を獲得でき、目的地へ誘導するという意図を伝達できたかという点について、人が誘導されたかどうかに基づき評価を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 「飼い主に対するなつき度」「他者の許容度」「不安への感度」をロボットの愛着行動モデルに導入し、異なる行動特性を示す自律的な愛着行動モデルを実現した。

ここで大事なことは、異なる行動特性を示しても、いずれも愛着行動と矛盾することなく行動することである。それについて検証するため、異なる行動特性を示す愛着行動モデルを用いて strange situation test を実施し、その様子をビデオ録画したものを第三者が見たときに、どちらの人間がロボットの主人であるかを判別する実験を行った。すなわち、ロボットの社会的な振る舞いを通じて、ロボットと人の関係性を正しく推測できるかを検証することにより、愛着行動の妥当性を評価した。

その結果、愛着行動を示した場合は行動特性が異なる場合も 90%以上の正解率で主人と他者を見分けることができ、ロボットが愛着行動を示さないときには正解率は約 50%となり愛着行動の妥当性が示された。また、ロボットの愛着行動に対する印象評価より、行動特性パラメータの設定から予測される印象と被験者が実際に回答した印象が一致していることを確認した。

ただし、行動特性パラメータは事前に定数を与えたものである。人とロボットのインタラクションに基づき行動特性を更新して行くことが今後の課題として挙げられる。

(2) ロボットから人への能動的インタラクションとして、犬のボール遊びを想定し、ボール操作機構としてローラ型の機構を実装した。しかし操作可能なボールの材質及び大きさが特定のものに限定され、また十分な操作精度が得られなく課題が残った。ただし、ロボットがボール遊びを介して人へ能動的に働きかけることは、人に対してポジティブな印

象を与えることが確認された。

擬似的なおやつを導入した人とロボットのコミュニケーションでは、人とロボットのインタラクションの頻度が増加することが確認された。今後の課題として、どの程度インタラクションの増加が持続するのか、どの程度ロボットに対する人の関心が持続するのかについて取り組みたい。

誘導行動に関しては、頭部動作を用いて人への関心を明示的に示した場合と、状況判断の際に時間的条件を考慮するか考慮しないかという実験条件で、実際に被験者を目的地へ誘導できるかについて実験を行い、ロボットの行動解釈についての評価を行った。その結果、実験条件に関わらず 90%の被験者を自律的に目的地まで誘導することができることが確認された。また、頭部動作を用いて明示的にロボットの関心を明示的に示した場合は、目的地までの到達時間が短い結果となった。

#### 参考文献

- [1] Gácsi, M., et al., "Attachment behaviour of adult dogs (*Canis familiaris*) living at rescue centres: Forming new bonds", *Journal of Comparative Psychology*, 115: 423-431, 2001.
- [2] J. Topál, A. Miklósi, V. Csányi, and A. Dóka, "Attachment behavior in dogs (*Canis familiaris*): A new application of Ainsworth's (1969) Strange Situation test," *Journal of Comparative Psychology*, Vol. 112, No. 3, pp.219-229, 1998.

#### 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 0 件)

〔学会発表〕(計 13 件)

Soh Takahashi, Gacsi Marta, Peter Korondi, Hideki Hashimoto, Mihoko Niitsuma, "Leading a Person Using Ethologically Inspired Autonomous Robot Behavior", The 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2015年03月02日~2015年03月04日,アメリカ(ポートランド)

柴田佳幸, 新妻実保子, 「コサイン類似度を用いた日常動作認識のためのテンプレート作成および動作認識 RT コンポーネント群」, 第15回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2014年12月15日, 東京ビッグサイト(東京都・江東区)

上野山直貴, 新妻実保子, 「道案内ロボットの自律的な目的地設定のための人の歩行状態の識別-人の活動度合と歩行経路に基づく手法を組み合わせた方法の提案-」, 第15回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2014年12月16日, 東京

ビッグサイト（東京都・江東区）

Mihoko Niitsuma, Yohei Takahashi, and So Takahashi, “Improvement in mutual interaction between robot and person for attachment behavior of robot”, Proc. of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2014年11月01日, ダラス(アメリカ)

Yohei Takahashi, Mihoko Niitsuma, “Dogs’ Attachment Behavior Inspired Human-Robot Communication Using a Communication Tool”, Proc. of SICE Annual Conference 2014, 2014年09月11日, 北海道大学（北海道・札幌市）

沼宮内隆一, 新妻実保子, 「行動特性を考慮した犬の愛着行動の人・ロボットコミュニケーションへの適用」, 第14回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, 2013年12月18日, 神戸国際会議場（兵庫県・神戸市）

小野寺明, 新妻実保子, 「行動特性を導入した動物行動学に基づく人・ロボットコミュニケーションの見守り支援システムへの適用」, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2013年05月24日, つくば国際会議場（茨城県・つくば市）

新妻実保子, 沼宮内隆一, 小野寺明, 「犬の行動学に基づくロボットの社会的コミュニケーションモデル」, 第57回システム制御情報学会研究発表講演会, 2013年05月15日, 兵庫県民会館（兵庫県・神戸市）

市川 拓也, 新妻 実保子, 「犬の動物行動学に基づくロボットの振る舞いによる情報伝達」, 第13回公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2012年12月18日, 福岡国際会議場（福岡県, 福岡市）

新妻実保子, 「動物行動学に基づく人とロボットのコミュニケーション」, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会, 2012年09月20日, 札幌コンベンションセンター（北海道・札幌市）

Mihoko Niitsuma, Takuya Ichikawa, Ryuichi Numakunai, Akira Onodera, Peter Korondi, Hideki Hashimoto, “Design of Social Behavior of Physical Agent in Intelligent Space”, The 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2012年10月27日, モントリオール（カナダ）

Takuya Ichikawa, Mina Yuki, Peter Korondi, Hideki Hashimoto, Marta Gacsi, and Mihoko Niitsuma, “Impression Evaluation for Different Behavioral Characteristics in Ethologically

Inspired Human-Robot Communication”, 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2012年09月10日, パリ（フランス）

Takuya Ichikawa, Wataru Beppu, Szilveszter Kovacs, Peter Korondi, Hideki Hashimoto, Mihoko Niitsuma, “Ethologically Inspired Human-Robot Communication for Monitoring Support System in Intelligent Space”, The 10th IFAC Symposium on Robot Control, 2012年09月05日, ドブロボニク（クロアチア）

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

新妻 実保子 (NIITSUMA, Mihoko)  
中央大学・理工学部精密工学科・准教授  
研究者番号：10548118