

家庭におけるペット–ロボットインタラクション ——ロボットの振舞いに対する犬の行動調査

鈴木 もとこ^{1,a)} 清 雄一¹ 田原 康之¹ 大須賀 昭彦¹

受付日 2016年12月21日, 採録日 2017年7月4日

概要: 今後ロボットが家庭に普及するために, 人間とペットとロボットの3者が良い関係を築くことが大切である. 我々は人とのインタラクションを目的に作られたロボットがペットと家庭で共生するために, ロボットにペットが好む行動をさせ, ペットがロボットをより好むようにすることを目標とする. 本研究では, 犬の世話行動をするロボットに注目した. 世話行動をするケアロボットと世話行動をしないノンケアロボットの2台を用意し, ロボットが世話行動を行った後に犬がどちらのロボットをより好むか調査した. 具体的には, ロボットが行う犬の世話行動は, 飼い主へのアンケート結果をもとに餌やりとボール遊びの2種類とした. 結果, 犬は餌やりの世話行動をするケアロボットをノンケアロボットよりも有意に好むことが分かった. 一方でボール遊びの世話行動については, ロボットとボール遊びをする犬としない犬の2群に分けられ, ボール遊びをする犬はボール遊びの世話行動をするケアロボットをノンケアロボットよりも有意に好むことが明らかになった. この知見は今後, 家庭におけるロボットのペットに対する関わり方の指針となることが期待される.

キーワード: ペット, コンパニオンアニマル, 動物, ロボット, インタラクション

Pet-Robot Interaction at Home —An Observation of Behavioral Changes of Indoor Dogs in Response to Caring Behavior by Humanoid Robots

MOTOKO SUZUKI^{1,a)} YUICHI SEI¹ YASUYUKI TAHARA¹ AKIHIKO OHSUGA¹

Received: December 21, 2016, Accepted: July 4, 2017

Abstract: It is important for human beings, pets and robots to establish a good relationship in order for robots become popular to homes in the future. We are supposed to coexist between humans and robots that were made for human interaction at home. Then, let the robot take actions preferred by the pet and aim to make the robot more preferably by the pet. In this research, we focused on robots that take care of dogs. We used two robots that take care actions robot and non-care action robot, and surveyed which robot the dog likes more preferably after the robot takes care action. Specifically, the behavior of robot was two types of feeding and ball play based on the questionnaire result of the owner. As a result, it became clear that the dog significantly prefers the care robot which takes care of bait feeding than the non-care robot. On the other hand, as for the behavior of taking care of the ball play, it is divided into two groups: a dog which play ball with a robot, a dog which does not play ball with a robot. It became clear that dogs playing balls significantly prefer care robots to take care of ball playing than non-care robots. It is expected that this finding will be a guide for how robots are involved in pets at home.

Keywords: pet, companion animal, animal, robot, interaction

¹ 電気通信大学
University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan

^{a)} suzuki.motoko@ohsuga.is.uec.ac.jp

1. はじめに

近年, 人とのインタラクションを目的としたヒューマノイドロボットが一般家庭へ普及している. 従来, 家庭にお

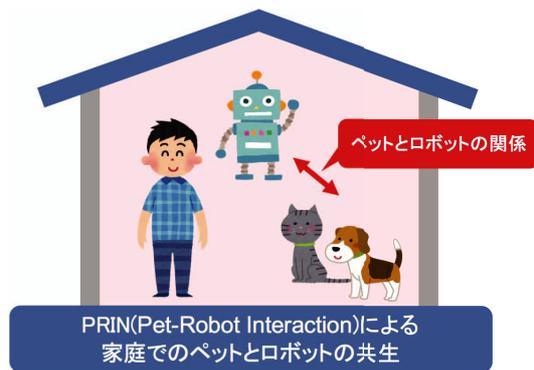


図 1 PRIN のイメージ
Fig. 1 Image of PRIN.

けるロボットと人間の関係については、ヒューマン–ロボットインタラクション (Human Robot Interaction) の分野で数多くの研究が行われている [1], [2], [3]。一方で、人間と同じ家で暮らす犬や猫等のペット (コンパニオンアニマル) とロボットの共生についての研究は少ない。ペットの飼い主が、安心してロボットを導入するためには、家庭において人間とロボットだけでなく、そのロボットがペットともより良い関係を築くことが重要である。そこで我々は、ペットとロボットとのインタラクション (PRIN: Pet-Robot Interaction) を提唱し、研究を進めている (図 1)。PRIN は「ポジティブインタラクションの促進」と「ネガティブインタラクションの防止」の 2 つの要素から構成される。ポジティブインタラクションとは、ペットとロボットの良好な関わり方のことで、例として人間の代わりにロボットがペットの遊び相手になる、ロボットがペットに餌を与える、ロボットがトレーナーとしてペットの躾を行う、ロボットが高齢のペットの介護をする等があげられる。ネガティブインタラクションとは、犬とロボットの険悪な関わり方のことで、例としてペットがロボットの動作に驚く、ペットがロボットの行動の邪魔をする等があげられる。

我々は初期検討として、日本における飼育頭数が多い犬を対象とし、家庭におけるペットとロボットの関わりとして想定されるシーンの中で、特にペットの世話行動に注目した。まず、犬の飼育経験がある人を対象としたアンケートを行い、ロボットに行ってほしい世話は何かニーズを調査した。そして、その世話をロボットが行えるか調査するために、人間とロボットがそれぞれ世話行動を行い、ロボットの世話行動の有無が犬のロボットに対する好みに影響を与えるか調査した。実験の結果、ロボットの世話行動が、犬のロボットに対する好みに影響することが明らかになった。

以下に本論文の構成を示す。2 章では、飼い主が犬の世話やロボットについてどのように感じているのか調査するため、犬の飼育経験のある人にアンケートを行った結果を述べる。3 章では、その結果をもとにロボットにペットの世

話を代行させるため、ヒューノイドロボット Pepper [4] による犬の世話行動の実装と実験準備について述べる。4 章では、ロボットの世話行動が犬のロボットに対する行動にもたらす変化を調査するための実験手順について述べる。5 章では実験結果として、世話行動の有無に対する犬の行動変化について述べる。6 章では考察を述べる。7 章では、ヒューマン–ロボットインタラクション分野や動物行動学の関連研究について述べる。最後の 8 章はまとめである。

2. 事前調査

現在、犬の飼い主は、「餌やり」や「トイレ掃除」、「遊び相手」、「散歩」等、多くの時間を犬の世話に使っている。我々は、こうした世話行動をロボットに代行させることで、飼い主の負担軽減だけでなく、飼い主の留守中でも世話行動が継続することで犬の生活品質向上も実現できると考えている。

我々は犬の飼育経験がある 97 人を対象とし、犬の世話をロボットで設計と、ロボットに行ってほしい犬の世話行動についてアンケートを行った。

■ロボットの設計に関する設問

1. 「人間の世話と犬の世話は別々のロボットが行う」と「どちらも 1 台のロボットが行う」のどちらが望ましいかという設問では 45.4% が別々のロボットを選び、54.6% が 1 台のロボットを選んだ。

2. 「1 台のロボットがすべての犬の世話をすべて行う」と「世話ごとに異なるロボットが世話をを行う (餌やり、ボール投げ等)」のどちらが望ましいかという設問では 82.5% が 1 台のロボットを選択し、17.5% がそれぞれ異なるロボットを選んだ。

3. 「犬の世話をを行う人型ロボット」と「犬の世話をを行う専用の機械」のどちらが望ましいかという設問では、62.9% が人型ロボットを、37.1% が専用の機械を選んだ。

上記 3 つの設問から、Pepper のような人とのインタラクションを目的とした人型ロボット 1 台で、複数の世話行動を行うという実験設定で実験を行う。

■ロボットに行ってほしい犬の世話に関する設問

「あなたはあなたの留守時に下記の世話をロボットに行ってもらいたいと思うか」という設問について、1 から 5 の 5 段階 (とてもそう思わない、そう思わない、どちらでもない、そう思う、とてもそう思う) で評価させた。評価対象の世話行動は、「餌やり」、「トイレ掃除」、「遊び相手」、「散歩」、「ブラッシング」、「シャンプー」、「爪切り」、「毛のカット」、「しつけ」の 9 つである。その結果、平均が高い順にトイレ掃除 (平均: 4.15)、餌やり (平均: 3.82)、遊び相手 (平均: 2.93) となった (図 2)。

また、「あなたが犬と行う/行ったときに用いた遊び道具を教えてください (複数可)」という設問に対し、「ボール」、「フリスビー」、「タオル」、「その他」から選択させた。そ

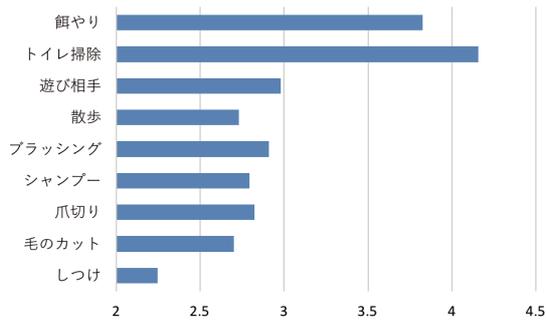


図 2 飼い主の選んだロボットにしてほしい犬の世話

Fig. 2 Take care of the dog you want by the robot think of owner.

の結果、ボールが 74.2%，タオルが 43.3%，フリスビーが 8.2%，その他が 32%選ばれた。

これらの結果から、本研究では犬とのインタラクションが生じないトイレ掃除を除いた、「餌やり」と「遊び相手」の世話をロボットに行わせる。遊び相手をする際の遊び道具としては、ボールを用いる。

3. ロボットによる犬の世話

2章で述べたアンケート結果をもとに、3章ではロボットによる犬への世話行動の実装、部屋の環境について述べる。実験では2台のロボットを用いる。世話をを行うロボットを「ケアロボット」、世話を行わないロボットを「ノンケアロボット」と定義する。3.1節ではケアロボットの実装について述べる。3.2節では実験を行う部屋の環境を述べる。

3.1 ケアロボットの実装

本実験では人型ロボット Pepper を用いた。Pepper の動きの実装には開発ツール Choregraphe2.4.3 を用いた。「ボール遊び」と、「餌やり」の2種類の世話行動を、人間の動きを参考に実装した。以下にそれぞれの行動の詳細を述べる。

(1) ボール遊び

犬とボール遊びをするために、ロボットがボールを投げる必要がある。ロボットがボールを投げる行動を以下の3つのステップに分割し、実装した。

ステップ1：手のひらを上にして、腕を曲げ指でボールを握る。

ステップ2：ボールを握ったまま、腕を振り下ろす。

ステップ3：腕を振り上げながら、指を開きボールを投げる。

図 3 にロボットによるボール投げのステップを示す。

(2) 餌やり

ロボットが餌やりをするために、紙皿に紐をつけた餌皿を用意した(図 4)。餌皿の紐の部分ロボットが持ち、床に置くことで犬に餌やりを行う。餌やり行動を以下の2つのステップに分割し、実装した。

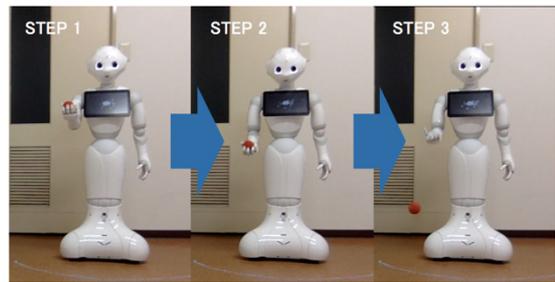


図 3 ボールを投げるロボット

Fig. 3 The robot throws a ball.



図 4 紙皿に紐をつけた餌皿

Fig. 4 Bait tray with a string to it.

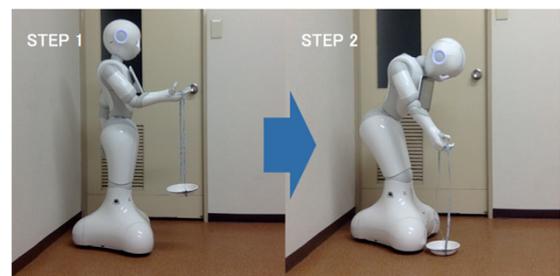


図 5 餌の入った皿を置くロボット

Fig. 5 The robot puts the tray on the floor.

ステップ1：餌皿の紐を手のひらに乗せる。

ステップ2：腰を曲げ、餌皿を床に置く。

図 5 にロボットによる餌やりのステップを示す。

3.2 実験環境

1頭の犬が自由に動くことができる部屋の中に、ケアロボットとノンケアロボットの2台を配置する。部屋には椅子やテーブル等の家具がある。図 6 は実験を行う部屋の見取り図である。斜線は家具を、顔のマークはロボットの位置を示す。2台のロボットは部屋の内側を向くよう配置する。

4. 実験

3章で実装した「ボール遊び」、「餌やり」の2種類の世話行動を行うケアロボットと、世話行動を行わないノンケアロボットについて、それぞれの世話行動後の犬の行動変化を調査する。ケアロボットが世話行動を行った後、2台のロボットの前に餌の入った皿を置き、ロボットから 2m

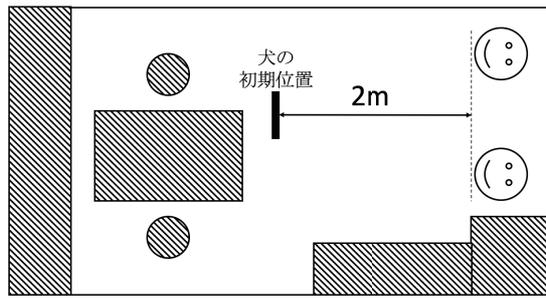


図 6 部屋の見取り図
Fig. 6 Sketch of the room.

表 1 被験犬
Table 1 Participant dogs.

被験犬	犬種	性別	年齢[才]
A	シーズー	F	9
B	ボメラニアン	F	5
C	ミックス	M	0.5
D	チワワ	M	4
E	ミックス	F	0.5
F	ミックス	F	0.5
G	ミックス	F	0.5
H	トイプードル	M	4
I	ミックス	M	3
J	ミックス	F	0.5
K	チワワ	M	6
L	ミックス	F	3
M	トイプードル	M	5
N	ミックス	M	4
O	チワワ	F	6
P	トイプードル	F	3
Q	トイプードル	F	7

離れたところから犬を放し、犬がどちらのロボットの餌を先に食べるか観察する。世話行動が犬にとって好ましいものであればケアロボットの餌を先に食べ、好ましくなければノンケアロボットの餌を先に食べると考えられる。

なお、本実験は犬に行動を強いるものではなく、犬の自然な行動を観察するものである。電気通信大学動物実験等規定に沿い、本実験は倫理的に問題のない実験であることを確認した [5]。

ケアロボットとノンケアロボットを犬に判別させるため、犬が黄色と青色を見分けることができるという知見 [6] を用いて、2 台のロボットにそれぞれ黄色と青色の服を着せる。服の色は被験犬ごとに代入替える。17 頭の被験犬 (表 1 参照) に対して、ボール遊び、餌やりの世話行動をそれぞれ犬ごとに順番を入れ替え、実験を行う。以下でそれぞれの世話行動ごとの実験手順の詳細を述べる。

4.1 ボール遊び

実験に参加した犬の詳細を表 1 に示す。以下の条件、手順で実験を行う。



図 7 実験手順 (ボール遊び)
Fig. 7 The procedures of the experiment.

4.1.1 実験条件

条件 1: 犬とボール遊びをする (ケアロボット)。

条件 2: 犬とボール遊びをしない (ノンケアロボット)。

ケアロボットは 3.1 節 (1) で示した動きで犬とボール遊びをする。

4.1.2 実験手順

実験を行う部屋 (3.2 節参照) に、ケアロボットとノンケアロボットの 2 台のロボットと犬 1 頭を配置する。実験は

1頭の被験犬について以下の5つのステップを行う(図7)。
 ステップ1: ケアロボットがボールを投げる。このとき、
 犬が投げられたボールを咥えるか観察する。これを10
 回繰り返す。
 ステップ2: 2台のロボットの前に餌を置く。
 ステップ3: 置かれた餌のどちらを犬が先に食べるか観察
 する。これを5回繰り返す。
 ステップ4: 犬の目の前で実験者が手動でケアロボットと
 ノンケアロボットの位置を入れ替える。
 ステップ5: 再度、2台のロボットの前に餌を置き、犬が
 どちらの餌を先に食べるか観察する。これを5回繰り返
 返す。

4.2 餌やり

実験に集中できなくなった被験犬BとEを除いた15頭
 に対し、以下の条件、手順で実験を行う。

4.2.1 条件

条件1: 犬に餌やりをする(ケアロボット)。
 条件2: 犬に餌やりをしない(ノンケアロボット)。

ケアロボットは3.1節(2)で示した動きで犬に餌やりを
 する。

4.2.2 実験手順

実験を行う部屋(3.2節参照)に、ケアロボットとノンケ
 アロボットの2台のロボットと犬1頭を配置する。実験は
 1頭の被験犬について以下の5つのステップを行う。

ステップ1: ケアロボットが犬に餌やりをする。このとき、
 犬が餌を食べるか観察する。これを10回繰り返す。
 ステップ2: 2台のロボットの前に餌を置く。
 ステップ3: 置かれた餌のどちらを犬が先に食べるか観察
 する。これを5回繰り返す。
 ステップ4: 犬の目の前で実験者が手動でケアロボットと
 ノンケアロボットの位置を入れ替える。
 ステップ5: 2台のロボットの前に餌を置き、犬がどちら
 の餌を先に食べるか観察する。これを5回繰り返す。

5. 結果

5.1 ボール遊び行動

実験手順ステップ1ではロボットがボール遊びを10回
 行った。表1の被験犬17頭のうち、10回中5回以上ボー
 ルを咥えた被験犬は、[C, E, F, G, H, J, L, N, P]の9
 頭で、平均9.88回ボールを咥えた。5回未満の被験犬8頭
 ([A, B, D, I, K, M, O, Q])は、ボールを咥えた回数
 の平均が10回中0.375回であった(表2参照)。以下では、
 ボールを咥えた回数が5回以上であった9頭を「ロボット
 とボール遊びをする犬」群、5回未満であった8頭を「ロ
 ボットとボール遊びをしない犬」群とする。犬や猿を用い
 た動物行動学の既存研究にならい、犬の餌を食べる回数を
 従属変数として用いる[7], [8], [9]。

表2 被験犬がボールを咥えた回数と餌を食べた回数
 Table 2 Number of times participant ball was held and num
 ber of times participant ate.

被験犬	犬種	ボール	餌
A	シーズー	0	9
B	ボメラニアン	0	-
C	ミックス	10	8
D	チワワ	0	10
E	ミックス	9	-
F	ミックス	10	9
G	ミックス	10	6
H	トイプードル	10	9
I	ミックス	0	7
J	ミックス	10	10
K	チワワ	0	10
L	ミックス	10	7
M	トイプードル	0	10
N	ミックス	10	9
O	チワワ	0	3
P	トイプードル	10	0
Q	トイプードル	3	9

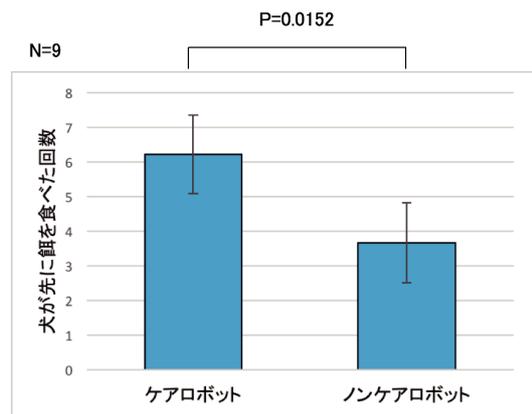


図8 ボール遊びをする犬のロボット選択回数
 Fig. 8 The number of times “dogs that play ball with robots”
 first ate the bait in front of each robot after playing
 ball.

2群に対して、実験手順ステップ3と5で、ケアロボット
 とノンケアロボットの2台のロボットの前に置かれた餌の
 どちらを先に食べるか10回観察した結果をそれぞれ図8
 と図9に示す。ロボットとボール遊びをする犬9頭は、平
 均6.22回ケアロボットを、平均3.66回ノンケアロボッ
 トを先に選んだ(図8)。ボール遊びをしない犬は、ケア
 ロボットが平均4.125回、ノンケアロボットが平均5.75回
 であった(図9)。被験犬D(ロボットとボール遊びをしない
 犬)は、どちらのロボットの餌も食べないことが10回中1
 回あったが他の9回は餌を食べた。

ボール遊び行動後に、犬がケアロボットとノンケア
 ロボットのどちらのロボットを選んだかをカイ二乗検定
 ($\alpha = 0.05$)した。結果、ロボットとボール遊びをする犬で

は $P = 0.0152$ となり、ボール遊びをする犬は、ボール遊びの世話をするロボット（ケアロボット）を有意に好むことが明らかになった。このことから、ボール遊びをする犬に対しボール遊びをロボットが行うことで、犬がロボットを好むようになると考えられる。また、ロボットとボール遊びをしない犬は $P = 0.145$ となり、ボール遊びをしない犬は、ボール遊びの世話をするロボット（ケアロボット）とボール遊びの世話をしないロボット（ノンケアロボット）への好みには有意な差はみられなかったものの、ボール遊びをする犬の場合とは逆に、ノンケアロボットを選択する回数の方が多かった。

5.2 餌やり行動

実験手順ステップ1で、15頭にロボットが餌やりを10回行った。ロボットが置いた餌皿から餌を食べた回数は15頭の被験犬で平均7.73回であった（表2参照）。実験ステップ3と5で、ケアロボットとノンケアロボットの2台のロボットの前に置かれた餌のどちらを先に食べるかを

10回観察した。平均6回ケアロボットを、平均4回ノンケアロボットを先に選んだ（図10）。餌やり行動後に、犬がケアロボットとノンケアロボットのどちらのロボットを選んだかをカイ二乗検定 ($\alpha = 0.05$) した。結果 $P = 0.0143$ となり、犬は餌やりの世話をするロボット（ケアロボット）を有意に好むことが明らかになった。

6. 考察

6.1 ボール遊びをする犬としない犬に対する餌やり行動の検定

ロボットによる餌やり行動が、ボール遊びをする犬としない犬に対してどのような影響を与えるのか検定を行った。餌やり行動の実験において、ボール遊び行動の際にロボットとボール遊びをする犬群 [C, F, G, H, J, L, N, P] の8頭は、平均5.875回ケアロボット、4.125回ノンケアロボットを選んだ（図11）。また、ボール遊びをしない犬 [A, D, I, K, M, O, Q] の7頭は、平均6.142回ケアロボットを、3.857回ノンケアロボットを選んだ（図12）。こ

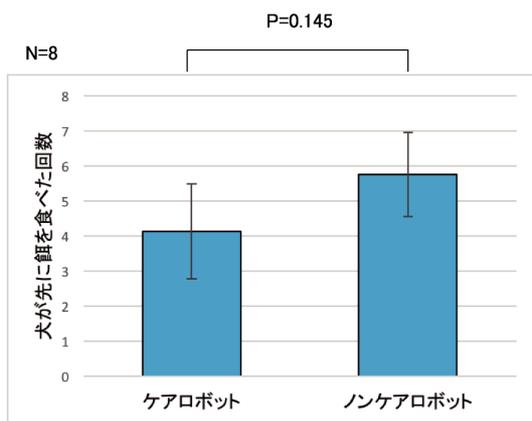


図9 ボール遊びをしない犬のロボット選択回数

Fig. 9 The number of selected times “dogs that do not play ball with robots” first ate the bait in front of each robot after playing ball.

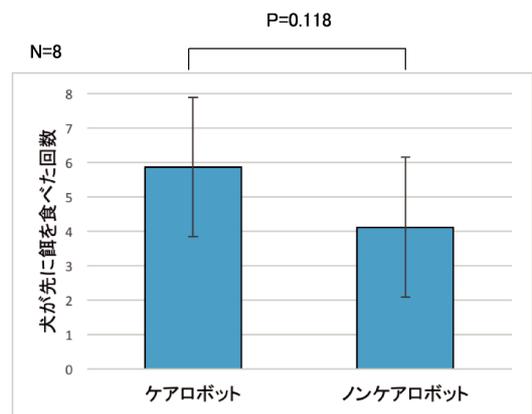


図11 ボール遊びをする犬のロボット選択回数

Fig. 11 The number of times “dogs that play ball with robots” first ate the bait in front of each robot after feeding.

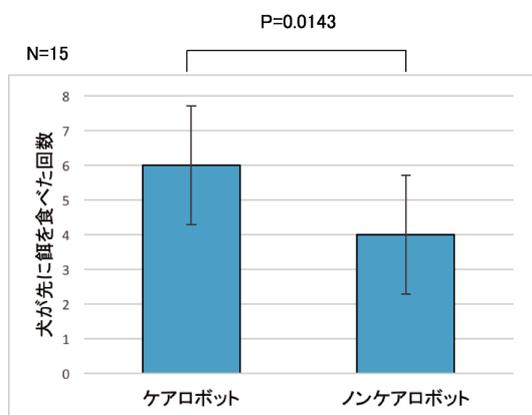


図10 餌やりの世話後の犬のロボット選択回数

Fig. 10 The number of times a dog first selected each robot after the first feeding.

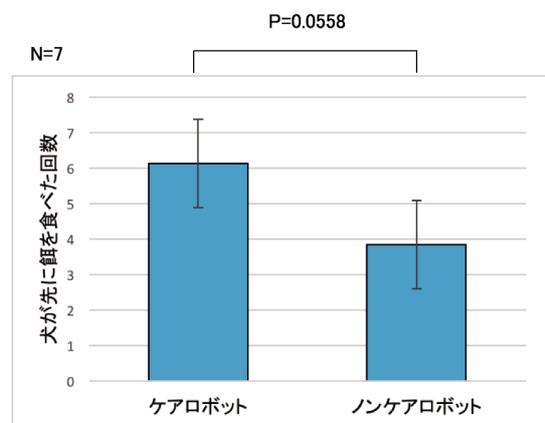


図12 ボール遊びをしない犬のロボット選択回数

Fig. 12 The number of selected times “dogs that do not play ball with robots” first ate the bait in front of each robot after feeding.



図 13 ロボットの動きに驚く被験犬 I

Fig. 13 Dog I was surprised and ran away from robot.

のことから、ボールで遊びしない犬に対し餌やりをロボットが行うことで、犬がロボットを好むようになると考えられる。

6.2 ポジティブインタラクションの促進

上記より、犬とロボットのポジティブインタラクションを促進するためには、

- (1) ボール遊びをする犬には、ロボットがボール遊びの世話をを行う、
 - (2) ボール遊びをしない犬には、ロボットが餌やりの世話をを行う、
- ことが有効であると考えられる。

6.3 ネガティブインタラクションの防止

ボール遊び行動において、ボール遊びをしない犬はノンケアロボットを選んだことから、ロボットとボール遊びをしなかった犬にとってボール遊び行動を行うケアロボットはネガティブな印象を与えたと考えられる。このことから同じロボットの行動に対しても、犬の個体によってポジティブインタラクションとネガティブインタラクションが変化することが明らかになった。

また、餌やり行動においても、ロボットが急に動くとき、犬が驚きロボットから1度離れる(図 13)というネガティブインタラクションが観察された。このネガティブインタラクションを解消するためには、犬が近くにいる場合はロボットの動作をゆっくりにするといった動作設計も有効と考えられる。

6.4 人間によるボール遊びの世話

ロボットがボール遊びの世話行動を行った場合と、人間がボール遊びの世話行動を行った場合を比較するために、表 1 の 17 頭の犬に対して人間がボールを投げ、犬がボールを咥えたかどうか観察した。これを 5 回繰り返した。その結果、9 匹の犬 [C, E, F, G, H, J, L, N, P] が 5 回ボールを咥えた。しかし、7 匹の犬は 1 度もボールを咥えず、1 匹の犬は 1 回ボールを咥えた。このことから、人間が

ボール遊びの世話を行った場合にも、ロボットがボール遊びの世話を行った場合と同様に「ロボットとボール遊びをする犬」群と「ロボットとボール遊びをしない犬」に分類でき、同じ被験犬が同じ群に属することが分かった。このことから、今回ロボットのボール遊びがネガティブインタラクションとなった犬はボール遊び自体に興味がなく、世話行動の主体がロボットであったことが直接的なネガティブインタラクションの主要因である可能性は低いと考えられる。実際、ボール遊びをしない犬群も餌やりの世話行動に対してはケアロボットを有意に好んでいるため、ロボットの行動次第でポジティブインタラクションにつなげることができると考えられる。

7. 関連研究

ロボットの家庭への普及に向けたヒューマン-ロボットインタラクションの研究として、ロボットの動機付けで高齢者が体操を行う [1]、ロボットと子供の英語の学習を行う [2]、アンドロイドが百貨店の販売員をする [3]、家庭での高齢者の投薬管理 [10]、聴導犬の動きを模したロボットが音の発信源まで人間を誘導する [11]、ロボットの社会性の有無が子供の学習効果に影響を与える [12] 等の研究が行われている。

人間と犬の関係では主に動物行動学分野で研究が進められている。例として、犬は飼い主の救援を拒否する人間を嫌う [7] という知見があり、犬は自分自身の利害に関係がない場合でも飼い主の不利益になる人間を選択しないとされている。また、犬は気前の良い人間を好むという知見 [13] や、飼い主と犬が見つめ合うと、両者ともオキシトシンが放出される [14] という知見も報告されている。

動物とコンピュータの相互作用を研究する分野として、Animal-Computer Interaction がある。Zeagler らは犬用のタッチパネルを提案している [15]。この研究では、犬は人間と同様に色の明暗を区別することができるが、人間とは異なる色覚を持っており、赤色と緑色を区別することが難しい。しかし、黄色と青色を見分けることができる [6] という犬の性質を用いて、タッチパネルに映された黄色と青色の円を犬が鼻を使って選択することができるインタフェースを提案している。また、Mancini らも癌検出犬をサポートするインタフェースを提案している [16] ほか、Baskin らは犬とタブレットの相互作用の観察を行っている [17]。また、犬は人間やロボットの指さしを理解できるか [18] といった研究も行われている。これらの研究は、コンピュータシステムへの動物の取り込みや、コンピュータシステムに対する動物の反応を調査している。また、動物の認知能力をコンピュータの代わりに用いるアニマルクラウドも提案されている [19]。

これらの研究との違いとして、PRIN では人間とロボットのインタラクションのみでなく、ペットとロボットのイ

インタラクションに着目し、ペットに特化した専用の機械・インタフェースではなく、人とのインタラクションを想定したロボットの行動変化で、ペットとロボットとのポジティブインタラクションを作り出すことに着目している。

8. おわりに

本研究は、ペットとロボットの家庭での共生に向けて、犬の世話をするロボットであるケアロボットと犬の世話をしないノンケアロボットに対する犬の行動変化を調査し、ロボットの世話行動が犬のロボットに対する好みに影響を与えること明らかにした。アンケート結果より、人型ロボットが複数の世話をを行うという設定で、需要の高いボール遊びと餌やりの世話を犬に対して調査を行った。実験では、ケアロボットとノンケアロボットの2台を用意し、両者の前に餌を置き、犬がどちらの餌を先に食べるか観察した。ボール遊びを行う実験では、ロボットとボール遊びをする犬とロボットとボール遊びをしない犬の2グループに分けられ、ボールを投げる世話をを行うケアロボットと行わないノンケアロボットに対する犬の行動が異なることを明らかにした。また、犬とロボットのより良いポジティブインタラクションの促進のためには、ボール遊びをする犬にロボットはボール遊びの世話をを行った方が良いことが明らかになった。餌やりを行う実験では、餌やりの世話をを行うケアロボットと行わないノンケアロボットに対する犬の行動が異なることが観察された。犬とロボットのより良いポジティブインタラクションの促進のためには、ロボットは餌やりの世話をを行った方が良いことが明らかになった。実験中の犬の行動から、ネガティブインタラクションの防止のために、犬が近くにいるときにはロボットはゆっくりと動くべきである。

今後は本実験の被験犬を増やすとともに、ロボットと犬のインタラクションを通じた犬の学習やしつけ、飼い主とロボットの関係性の違いによる犬のロボットへの行動変化、長期的にロボットが犬の世話をを行った際の犬の行動変化等の実験を行いたい。また、本研究では餌を先に食べた回数で犬の好みを明らかにしたが、犬により餌への関心が異なる可能性があるため、今後は別の方法も検討していく必要がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 26330081, 26870201, 16K1241, 17H04705 の助成を受けたものです。本研究を遂行するにあたり、研究の機会と議論・研鑽の場を提供していただき、ご指導いただいた国立情報学研究所/東京大学本位田真一教授、神奈川工科大学一色正男教授、杉村博准教授、山崎洋一准教授をはじめ、活発な議論と貴重なご意見をいただいた研究グループの皆様へ感謝いたします。実験にご協力いただいた西村一彦氏、谷沢智史氏をはじめとする株式会社ボイスリサーチの皆様へ深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 小野彩佳, 禹 珍碩, 松尾優成, 日下純也, 和田一義, 久保田直行: ロボットパートナーを用いた動機づけ発話に基づく健康づくり支援システム, システム制御情報学会論文誌, Vol.28, No.4, pp.161–171 (2015).
- [2] 松添静子, 田中文英: 教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語学習に及ぼす影響, 人工知能学会論文誌, Vol.28, No.2, pp.170–178 (2013).
- [3] 渡辺美紀, 小川浩平, 石黒 浩: ミナミちゃん: 販売を通じたアンドロイドの実社会への応用と検証, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.4, pp.1251–1261 (2016).
- [4] SoftBank ロボット, 入手先 (<http://www.softbank.jp/robot/>) (参照 2016-11-28).
- [5] 電気通信大学 法定公開情報 動物実験に関する情報, 入手先 (<http://www.uec.ac.jp/about/publicinfo/animal.html>) (参照 2017-7-10).
- [6] Neitz, J., Geist, T. and Jacobs, G.H.: Color vision in the dog, *Visual Neuroscience*, Vol.3, pp.119–125 (1989).
- [7] Chijiwa, H., Kuroshima, H., Hori, Y., Anderson, J.R. and Fujita, K.: Dogs avoid people who behave negatively to their owner: Third-party affective evaluation, *Animal Behaviour*, Vol.106, pp.123–127 (2015).
- [8] Anderson, J.R., Kuroshima, H., Takimoto, A. and Fujita, K.: Third-party social evaluation of humans by monkeys, *Nature Communications*, Vol.4, Article No.1561 (2013).
- [9] Kunderly, S.M.A., De Los Reyes, A., Royer, E., Molina, S., Monnier, B., German, R. and Coshun, A.: Reputation-like inference in domestic dogs (*Canis familiaris*), *Animal Cognition*, Vol.14, No.2, pp.291–302 (2011).
- [10] Prakash, A., Beer, J.M., Deyle, T., Smarr, C.-A., Chen, T.L., Mitzner, T.L., Kemp, C.C. and Rogers, W.A.: Older adults' medication management in the home: How can robots help?, *Human-Robot Interaction (HRI), ACM/IEEE International Conference*, pp.283–290 (2013).
- [11] Koay, K.L., Lakatos, G., Syrdal, D.S., Gácsi, M., Bereczky, B., Dautenhahn, K., Miklósi, A. and Walters, M.L.: Hey! There is someone at your door. A Hearing Robot using Visual Communication Signals of Hearing Dogs to Communicate Intent, *Artificial Life (ALIFE), IEEE Symposium*, pp.90–97 (2013).
- [12] Kennedy, J., Baxter, P. and Belpaeme, T.: The Robot Who Tried Too Hard: Social Behaviour of a Robot Tutor Can Negatively Affect Child Learning, *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp.67–74 (2015).
- [13] Kunderly, S.M., De Los Reyes, A., Royer, E., Molina, S., Monnier, B., German, R. and Coshun, A.: Reputation like inference in domestic dogs (*Canis familiaris*), *Animal Cognition*, pp.291–302 (2011).
- [14] Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., Onaka, T., Mogi, K. and Kikusui, T.: Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds, *Science*, Vol.17, pp.333–336 (2015).
- [15] Zeagler, C., Gilliland, S., Freil, L., Starner, T. and Jackson, M.M.: Going to the Dogs: Towards an Interactive Touchscreen Interface for Working Dogs, *27th ACM User Interface Software and Technology Symposium (UIST)*, pp.497–507 (2014).
- [16] Mancini, C., Harris, R., Aengenheister, B. and Guest, C.: Re-Centering Multispecies Practices: A Canine Interface for Cancer Detection Dogs, *CHI*, pp.2673–2682 (2015).
- [17] Baskin, S. and Zamansky, A.: The Player is Chewing the

Tablet!: Towards a Systematic Analysis of User Behavior in Animal-Computer Interaction, *CHI PLAY*, pp.463-468 (2015).

- [18] Lakatos, G., Janiak, M., Malek, L., Muszynski, R., Konok, V., Tchon, K. and Miklosi, A.: Sensing sociality in dogs: what may make an interactive robot social?, *Animal Cognition*, Vol.17, No.2, pp.387-397 (2014).
- [19] Makiguchi, M., Namikawa, D., Nakashima, S., Yoshida, T., Yokoyama, M. and Takano, Y.: Proposal and Initial Study for Animal Crowdsourcing, *AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing* (2014).



鈴木 もとこ (正会員)

電気通信大学. 1992年生. 2017年電気通信大学情報システム学研究科博士前期課程修了. 同年(株)NTTドコモ入社. インタラクションやコミュニケーション支援システムに興味を持つ.



清 雄一 (正会員)

電気通信大学. 2009年東京大学大学院情報理工学系研究科博士後期課程修了. 同年(株)三菱総合研究所入社. 同社情報技術研究センター, 金融ソリューション本部等に所属. 2013年電気通信大学. 現在, 同大学大学院情報理工学研究科助教. 博士(情報理工学). エージェント, ソフトウェア工学, プライバシ保護技術等の研究に従事. 2016年度土木学会水工学論文賞, 情報処理学会論文賞受賞. 電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会, IEEE Computer Society 各会員.



田原 康之 (正会員)

電気通信大学. 1966年生. 1991年東京大学大学院理学系研究科数学専攻修士課程修了. 同年(株)東芝入社. 1993~1996年情報処理振興事業協会に出向. 1996~1997年英国City大学客員研究員. 1997~1998年英国Imperial College 客員研究員. 2003年国立情報学研究所着任. 2008年より電気通信大学准教授. 博士(情報科学)(早稲田大学). エージェント技術, およびソフトウェア工学等の研究に従事. 日本ソフトウェア科学会会員.



大須賀 昭彦 (正会員)

電気通信大学. 1958年生. 1981年上智大学理工学部数学科卒業. 同年(株)東芝入社. 同社研究開発センター, ソフトウェア技術センター等に所属. 1985~1989年(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)出向. 2007年より電気通信大学. 現在, 同大学院情報理工学研究科教授. 2017年より同大学大学院情報システム学研究科研究科長兼任. 2012年より国立情報学研究所客員教授兼任. 工学博士(早稲田大学). 情報処理学会フェロー. ソフトウェア工学, エージェント, 人工知能の研究に従事. 1986年度および2016年度情報処理学会論文賞, 2013年度人工知能学会研究会優秀賞, 2014年度同学会功労賞受賞. IEEE Computer Society Japan Chapter Chair, 人工知能学会理事, 日本ソフトウェア科学会理事, 同学会監事等を歴任. 電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, 電気学会, IEEE Computer Society 各会員.