

平成 28 年度 修士論文

家庭におけるペット-ロボットインタラクション
～ロボットのふるまいに対する犬の行動調査～

電気通信大学 大学院情報システム学研究科
社会知能情報学専攻

1551014 鈴木 もとこ

主任指導教員：大須賀 昭彦 教授
指導教員：田原 康之 准教授
指導教員：折原 良平 客員教授
平成 29 年 1 月 26 日(木) 提出

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。ロボットがペットと家庭で共生するために、様々な場面でロボットのふるまいに対する犬の行動傾向を調査し、ペットに好まれるロボットの行動指針につなげることを目標とする。本研究では、現在一般家庭に普及している清掃ロボット Roomba、普及しつつあるヒューマノイドロボット Pepper を用いて、犬の行動傾向を調査した。清掃ロボットを初めてみる犬の反応より、犬がロボットを怖がりネガティブインタラクションが起こる場合、犬の興味が強いおもちゃや餌を乗せることで犬が積極的に近づくポジティブインタラクションが起こる場合が観察された。また人型ロボット Pepper が飼い主へのアンケート結果より上位にあがった餌やりとボール遊びの2種類の犬の世話をする実験より、ロボットの世話の有無が犬の行動傾向に影響を与えることが観察された。これらの知見は今後、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につながることで期待される。

目次

第1章	序論	8
1.1	研究背景	8
1.2	研究目的	9
1.3	本論文の構成	9
第2章	ペット-ロボットインタラクションの提案	10
第3章	はじめて清掃ロボットを見た犬の行動調査	13
3.1	実験	13
3.1.1	犬の性質	13
3.1.2	仮説	13
3.1.3	実験設定	14
	(1) 環境	
	(2) 被験犬	
	(3) ロボットの条件	
3.1.4	結果と考察	16
3.2	追加実験	18
3.2.1	ロボットの条件	18
3.2.2	仮説	19
3.2.3	結果と考察	19
第4章	犬の世話を人型ロボットが行った際の犬の行動調査	21
4.1	ロボットによる犬の世話の必要性	21
4.2	事前調査	21
4.3	ロボットによる犬の世話	24
4.3.1	ケアロボットの実装	24

(1) ボール遊び	
(2) 餌やり	
4.4 実験環境	27
4.5 実験	27
4.5.1 ボール遊び	28
(1) 実験条件	
(2) 実験手順	
4.5.2 餌やり	31
(1) 実験条件	
(2) 実験手順	
4.6 結果	31
4.6.1 ボール遊び行動	31
4.6.2 餌やり行動	36
4.7 考察	37
4.7.1 ボール遊びする犬としない犬に対する餌やり行動の検定	37
4.7.2 ポジティブインタラクションの促進	38
4.7.3 ネガティブインタラクションの防止	39
4.8 人間によるボール遊びの世話	39
第5章 関連研究	
5.1 ヒューマン-ロボットインタラクション分野	42
5.2 動物行動学分野	42
5.3 アニマル-コンピュータインタラクション分野	42
第6章 結論および今後の課題	44

目次

1	ペット-ロボットインタラクションのイメージ	8
2	ポジティブインタラクションの促進の例	11
3	ネガティブインタラクションの防止の例	11
4	部屋の見取り図	14
5	青色の画用紙をかぶせた Roomba	15
6	黄色の画用紙をかぶせた Roomba	15
7	白色のファーをかぶせた Roomba	16
8	条件1の Roomba と部屋を走る被験犬 B	17
9	ソファーから条件2の Roomba をみる被験犬 C	17
10	条件3の Roomba をみる被験犬 D	18
11	おもちゃをのせた Roomba	19
12	おやつをのせた Roomba	19
13	条件1の Roomba に近づく被験犬 A	20
14	ロボットの設計に関する設問1への回答の割合	22
15	ロボットの設計に関する設問2への回答の割合	22
16	ロボットの設計に関する設問3への回答の割合	23
17	飼い主の選んだロボットにして欲しい犬の世話	24
18	Choregraph の開発画面	25
19	ボールを投げるロボット	25
20	紙皿に紐をつけた餌皿	26
21	餌の入った皿を置くロボット	26
22	部屋の見取り図	27
23	実験手順(ボール遊び)	30
24	被験犬 N がロボットの投げたボールを咥える様子	32
25	被験犬 M がロボットの投げたボールを無視する様子	33
26	被験犬 J がロボットの前に置かれた餌を食べる様子	34

27	ボール遊びをする犬のロボット選択回数	35
28	ボール遊びをしない犬のロボット選択回数	35
29	ボール遊びをしない犬のロボット選択回数	37
30	ボール遊びをする犬のロボット選択回数	38
31	ボール遊びをしない犬のロボット選択回数	38
32	ロボットの動きに驚く被験犬 I	39
33	被験犬 N が人間の投げたボールを咥える様子	40
34	被験犬 M が人間の投げたボールを無視する様子	40

表目次

1	被験犬	1 4
2	犬の行動	1 6
3	被験犬	2 8
4	被験犬がボールを咥えた回数と餌を食べた回数	3 2
5	被験犬がロボットを選択した回数(ボール遊び後)	3 3
6	被験犬がロボットを選択した回数(餌やり後)	3 6
7	被験犬がボールを咥えた回数	4 1

第1章 序論

1.1 研究背景

近年、人とのインタラクションを目的としたが一般家庭へ普及しつつある。従来、家庭にお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。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、ペットとロボットとのインタラクション(PRIN:Pet-Robot Interaction)について研究を進める。

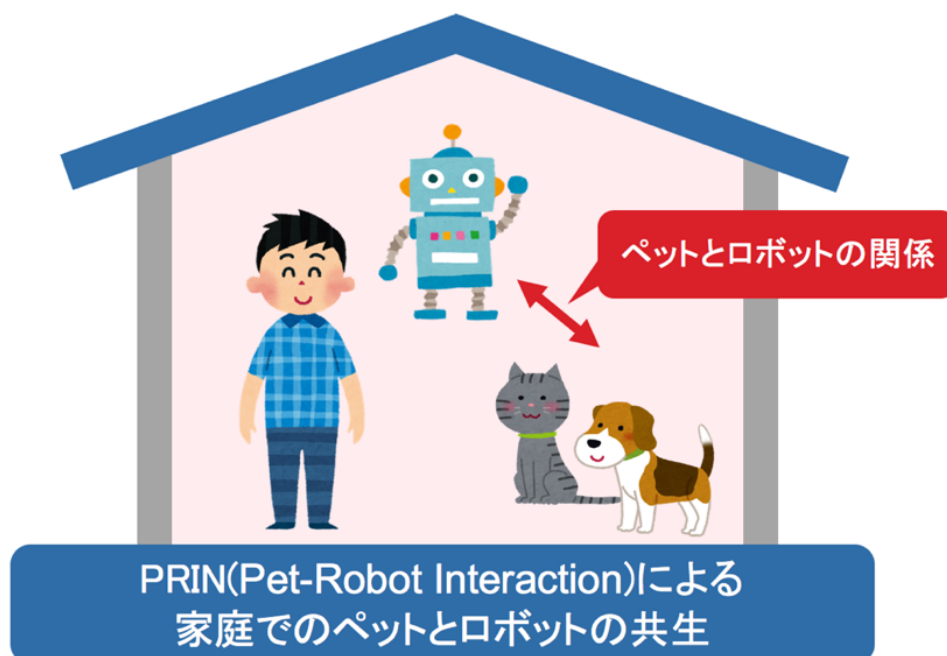


図1：ペット-ロボットインタラクションのイメージ

1.2 研究目的

研究目的は、犬と飼い主の双方の負担を減らし、ロボットの普及を進めることである。現在普及を進めているロボットの多くは大きさ、音、動き、機能などが人間向けに作られている。そのため、人間と異なった感覚を持つペットへストレスを与えてしまう恐れがある。そのため、ペットがいる家庭では導入できない場合がある。また、ペットがいるためにロボットを導入できず、飼い主の負担が増えることも考えられる。ペット-ロボットインタラクションの研究を進め、ロボットの行動指針につなげることで、ロボットの普及を進める。

1.3 本論文の構成

以下に本論文の構成を示す。第2章でペット-ロボットインタラクションの提案について述べる。第3章では、清掃ロボット Roomba をはじめて見た犬の行動を実験より調査し、その実験の方法と結果を述べる。第4章では、ロボットが犬の世話をすることについて飼い主へアンケート調査を行い、実際に人型ロボット Pepper が犬の世話をする実験を行い、その結果を述べる。第5章では、ヒューマン-ロボットインタラクション分野、動物行動学、アニマル-コンピュータインタラクションの関連研究について述べる。最後の第6章はまとめである。

第2章 ペット-ロボットインタラクションの提案

近年、工場の生産ライン等で用いられる製品を生産する産業ロボット以外に、人間にサービスを行うサービスロボットが普及を進めている。サービスロボットには、人間の代わりに家事を自動で行う自動掃除ロボットや、人間との会話やふれあいを目的としたコミュニケーションロボット等がある。人間とロボットの良い関係づくりのための、ヒューマンインターフェイスを通じて実施するためには、ユーザとの距離を考えることが重要である。ロボットとユーザの距離を物理的・心理的の両面から縮めるための設計を導入することによって、人との関係性を深化させるとともに持続的な関係をすることができる[16]。また、人と機械のインタラクション時に作業者に精神的なストレスを与えないように、機械のインテリジェンス化やユーザビリティの改善、情報の可視化、人間の認知モデル、人間と機械の同調などいろいろな課題を考慮することが必要である[17]。人間社会へRT イノベーションを引き起こすための開発フローでは、ロボットの価値が、機能価値：機能性、安全性、保全性、耐久性、信頼性・感性価値：デザイン、こだわり、調和、共感、遊び心にある[18]。そのため、人間と機械/ロボットの関わり方は多くの場面で実験を行い、ロボットのより良い設計に生かされてきた。

しかし、ロボットが家庭や街中に進出する際には、人間とロボットの関係のみでなく、人間と同じ家に生活しているペットとロボットの関係も考えなくてはならない。ペットは人間と異なる感覚を持っているため、ペット-ロボットインタラクションでもロボットの価値を高める必要が有る。そのためにペット-ロボットインタラクションで想定される「1. ポジティブインタラクションの促進」と「2. ネガティブインタラクションの防止」の2つの要素を考慮しなくてはならない。

1. 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などが挙げられる(図2).

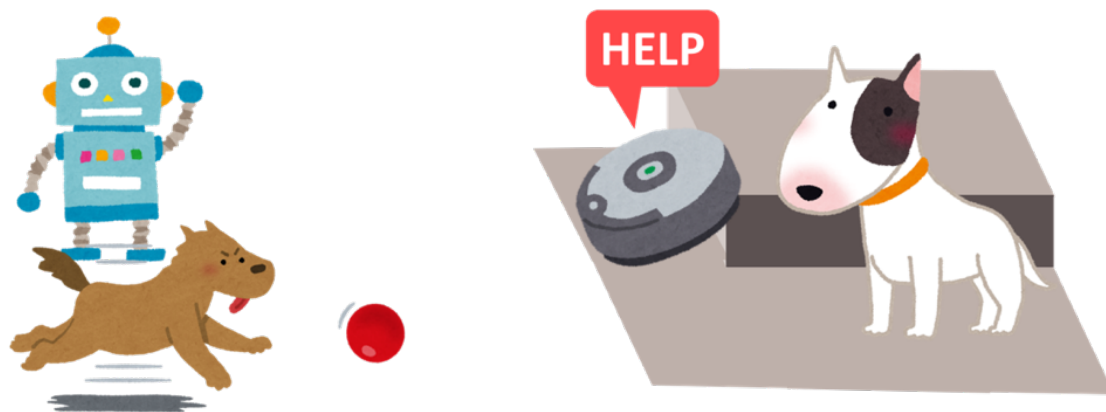


図2： ポジティブインタラクションの促進の例

2. 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、ペットがロボットを怖がる、ペットがストレスを感じるなどが挙げられる(図3).

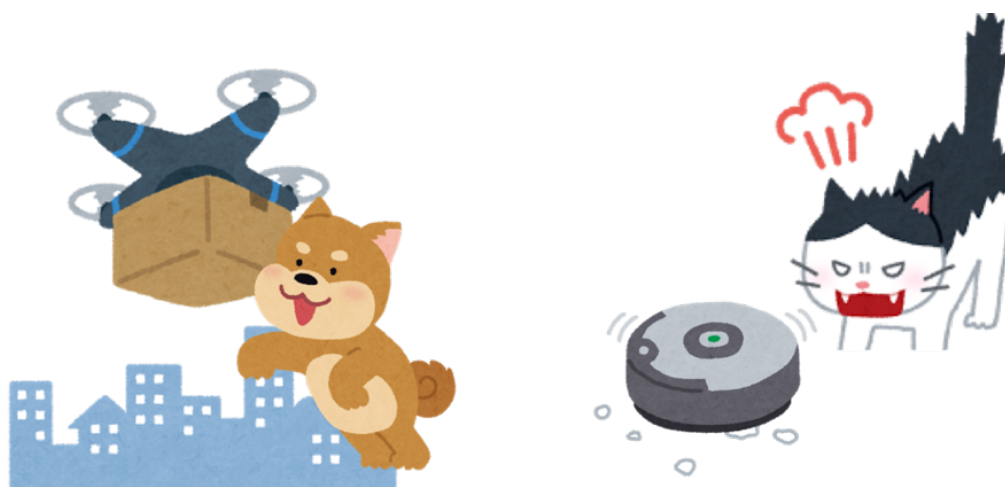


図3： ネガティブインタラクションの防止の例

実際にロボットが家庭へ進出した際に、想定される場面設定で、ロボットに対するペットの反応を観察する必要がある、実験から得た知見をロボット、エージェントの行動指針とし設計に活かすことで、ポジティブインタラクションの促進し、ネガティブインタラクションの防止するロボットのつくることことができる。それにより、ペットを飼い主がロボットの導入へ興味を持ち、ロボットの更なる普及へとつながる。

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する。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、はじめて清掃ロボットを見た犬の行動、犬の世話を人型ロボットが行った際の犬の行動の調査を行う。

第3章 はじめて清掃ロボットを見た犬の行動調査

3.1 実験

本稿では、初期検討として日本においてペットの中で最も飼育世帯と飼育頭数の多い犬を対象とし、自動清掃ロボット Roomba をはじめて見る犬のネガティブインタラクションの観察を行う。

3.1.1 犬の性質

犬は見たことがない移動物体に対して恐怖心を抱く場合がある。犬は人間と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[1]。犬の毛色は、黒、グレー、茶、薄茶、白が大部分である。それらの色は黄色系に属している。そのため、普段犬は青い色の移動物体を見慣れない。犬の片側の平均視野角は120度であるため、後方から近づいて来る物体を視覚で認識することはできない。

3.1.2 仮説

以下の3つの仮説を立てた。

仮説1：Roombaを怖がる犬がいる。

初めてみる動くRoombaに対し怖がる犬がいるのではないか。

仮説2：犬は色や質感が異なるRoombaに対して別の行動をする。

見分けが可能である黄色と青色のRoombaに対して、異なる反応を示すのではないか。普段見慣れていない青色のRoombaに対して、黄色のRoombaよりも怖がるのではないか。また、床の白いカーペットと同じ色である白色のファーをかぶせたRoombaには、画用紙をかぶせたRoombaと異なる反応を示すのではないか。

仮説3：Roombaが後方から近づく場合と前方から近づく場合で犬の反応が異なる。

る.

犬は、視覚に入る前方から近づく Roomba よりも、死角である後方から近づく Roomba に驚くのではないか.

3.1.3 実験設定

(1) 環境

1頭の犬を配置した部屋の中で、1台のRoomba500をCLEANモードで使用し実験を行った. 実験を行った部屋は犬カフェのスペースで、部屋の広さは7畳である. 実験を行った部屋(図4)にはソファーとテーブルやテレビなどの家具がある. 斜線部はその他の家具を表す.

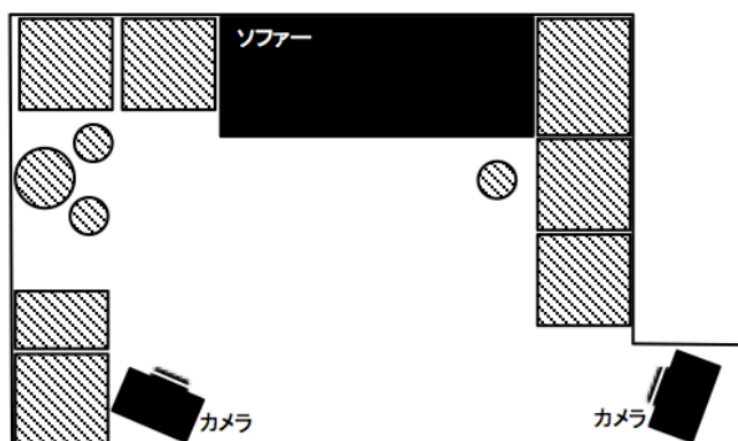


図4：部屋の見取り図

(2) 被験犬

Roombaを見たことがない5頭の犬に対して実験を行った. 被験犬は部屋に十分慣れている. また犬カフェで初めて会う客と触れ合う機会が多いため、実験者が部屋へ来たことによって、普段と様子は変わることはなかった. 被験犬の詳細を表1に表す.

表1：被験犬

被験犬	犬種	性別	年齢[才]
A	カニーヘンダックスフンド	F	7
B	ボストンテリア	M	1

C	トイプードル	F	1
D	トイプードル	M	0.5
E	トイプードル	F	6

(3) ロボットの条件

Roomba の条件として以下の3つがある.

条件 1 : 青色の画用紙をかぶせる.

条件 2 : 黄色の画用紙をかぶせる.

条件 3 : 白色のフェーをかぶせる.

同時期に稼働させる Roomba は 1 台のみとする.

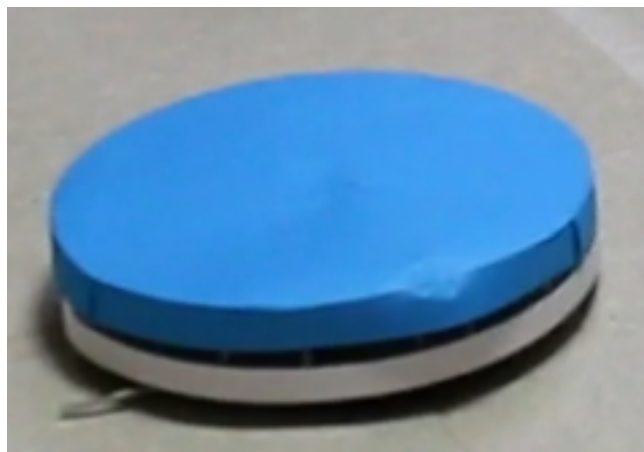


図5 : 青色の画用紙をかぶせたRoomba



図6 : 黄色の画用紙をかぶせたRoomba



図7：白色のファーをかぶせたRoomba

3.1.4 結果と考察

A～Eの5頭の犬に対して、条件1, 2, 3の3つのRoombaで実験を行った。以下の3つの行動が犬により異なったが、同一犬内では条件1, 2, 3の違いによる差は見られなかった。そのため、仮説2の「犬は色や質感が異なるRoombaに対して別の行動をする。」は成立しない。

本実験から観察したことは、以下の3つである。

1. 犬のRoombaへの恐怖心の有無
2. 犬が自らRoombaへ近づく行動をするかの有無
3. Roombaとの最短距離

Roombaへの恐怖心の有無は、飼い主に判定してもらった。また、Roombaとの最短距離は目視で計測した。各犬での結果を表2にまとめる。

表2：犬の行動

被験犬	1. 恐怖心	2. 近づく	3. 距離[cm]
A	なし	あり	0
B	なし	なし	10
C	あり	なし	100以上
D	あり	なし	30
E	あり	なし	100以上

5頭中3頭がRoombaに対して恐怖心を抱いたため、仮説1の「Roombaを怖がる

犬がいる。」は成立する。実験中の犬の様子として、被験犬A, Bは部屋を走り回っていた。(図8)一方で、図9のようにC, EはRoombaの行動範囲外であるソファの上やRoombaから距離をとった床にいた。Dは図10の様にカメラの下に隠れて動かなかった。また、全ての犬が後方からRoombaが近づいた時には、慌てるように逃げる事が観察された。そのため、仮説3の「Roombaが後方から近づく場合と前方から近づく場合で犬の反応が異なる。」は成立する。



図8：条件1のRoombaと部屋を走る被験犬B



図9：ソファから条件2のRoombaをみる被験犬C



図10：条件3のRoombaをみる被験犬D

これらの観察の結果から，Roomba に対する犬の行動は以下の 3 つのパターンに分類できる．

パターン1 興味：近づいて匂いを嗅ぐ，追いかける．

パターン2 恐怖：明らかに避ける，逃げる，震える．

パターン3 無関心：無視する．

パターン1 には被験犬 A，パターン2 には被験犬 C と D と E，パターン C には被験犬 B が属する．

3.2 追加実験

犬とロボットのポジティブインタラクションの構築のために，Roomba に対する恐怖心を抱いておらず，自ら 0cm まで近づき，興味を抱いた被験犬 A で追加実験を行った．

3.2.1 ロボットの条件

犬が強い関心を持つおもちゃとおやつをそれぞれ Roomba にのせた．

条件1：おもちゃをのせる．

条件2：おやつをのせる．



図11：おもちゃをのせたRoomba



図12：おやつをのせたRoomba

3.2.2 仮説

以下の2つの仮説を立てた。

仮説1：Roombaに恐怖心を抱いていない犬は、おもちゃをのせたRoombaにより積極的に近づいていく。

仮説2：Roombaに恐怖心を抱いていない犬は、おやつをのせたRoombaにより積極的に近づいていく犬が強い関心を持つおもちゃとおやつをRoombaにのせることで、ポジティブインタラクションの構築ができるのではないか。

3.2.3 結果と考察

Roombaに対する恐怖心を抱いておらず、自ら0cmまで近づいた被験犬Aに、ポジティブインタラクションの構築のための実験を行った。おもちゃ、おやつど

ちらを Roomba にのせた場合も、のせなかった場合よりも Roomba により積極的に近づいた。(図 13) によって、仮説 1 の「Roomba に恐怖心を抱いていない犬は、おもちゃをのせた Roomba により積極的に近づいていく。」と、仮説 2 の「Roomba に恐怖心を抱いていない犬は、おやつをのせた Roomba により積極的に近づいていく。」は成立する。



図13：条件1のRoombaに近づく被験犬A

第4章 犬の世話を人型ロボットが行った際の犬の行動調査

4.1 ロボットによる犬の世話の必要性

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。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。

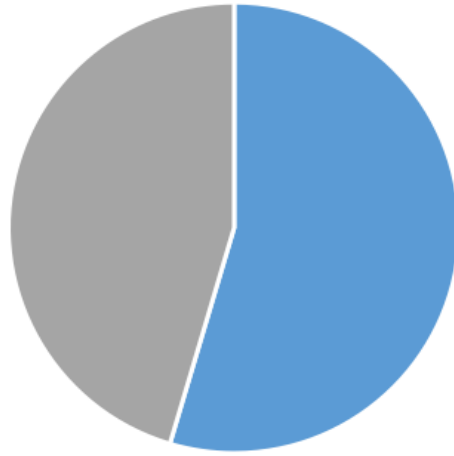
4.2 事前調査

犬の飼育経験がある97人を対象とし、犬の世話をするロボットの設計と、ロボットに行って欲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

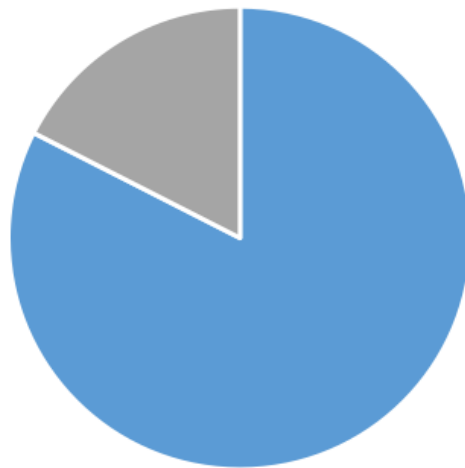
1. 「人間の世話と犬の世話は別々のロボットが行う」と「どちらも1台のロボットが行う」のどちらが望ましいかという設問では45.4%が別々のロボットを選び、54.6%が1台のロボットを選んだ。
2. 「1台のロボットが全ての犬の世話を全て行う」と「世話ごとに異なるロボットが世話を行う(餌やり、ボール投げなど)」のどちらが望ましいかという設問では82.5%が1台のロボットを選択し、17.5%がそれぞれ異なるロボットを選んだ。
3. 「犬の世話を行う人型ロボット」と「犬の世話を行う専用の機械」のどちらが望ましいかという設問では、62.9%が人型ロボットを、37.1%が専用の機械を選んだ。

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。



- 人間の世話と犬の世話はどちらも1台のロボットが行う
- 人間の世話と犬の世話は別々のロボットが行う

図14：ロボットの設計に関する設問1への回答の割合



- 1台のロボットが全ての犬の世話を全て行う
- 世話ごとに異なるロボットが世話をを行う(餌やり, ポール投げなど)

図15：ロボットの設計に関する設問2への回答の割合

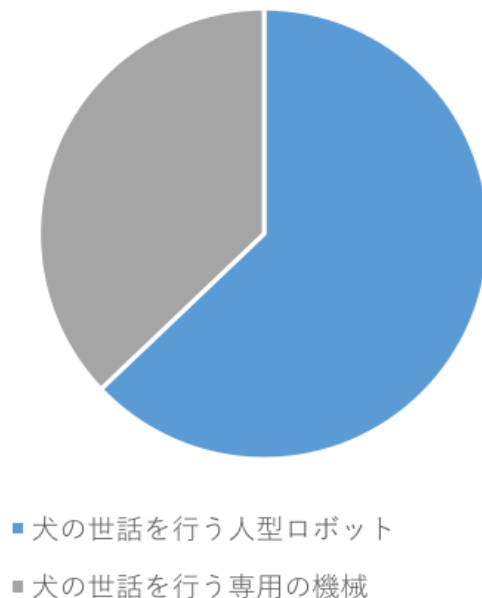


図16：ロボットの設計に関する設問3への回答の割合

■ロボットに行って欲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17)。

また、「あなたが犬と行う/行った時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。

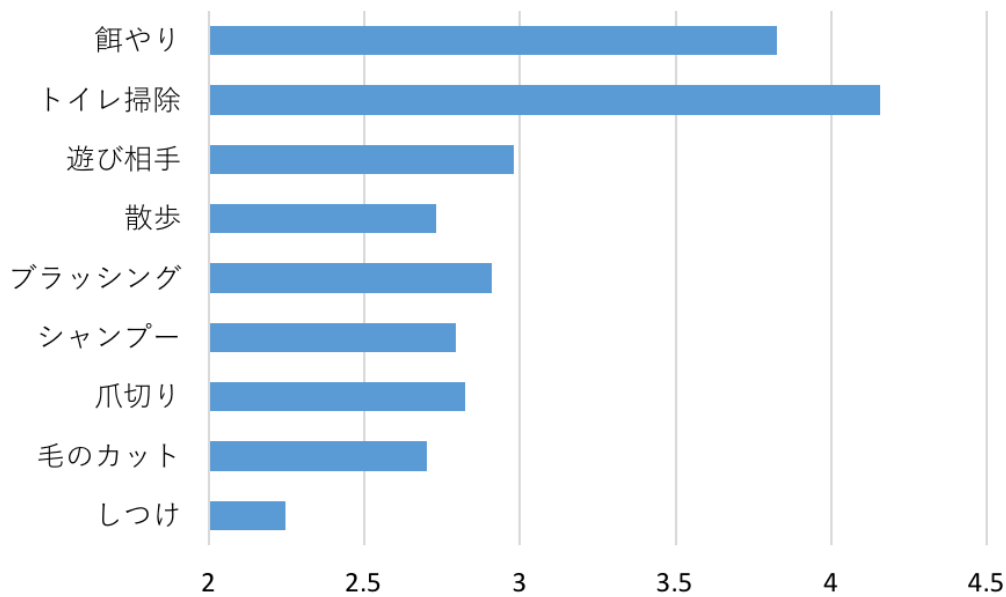


図17：飼い主の選んだロボットにして欲しい犬の世話

4.3 ロボットによる犬の世話の必要性

4.2 で述べたアンケート結果をもとに、4.3 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。4.3.1 ではケアロボットの実装について述べる。

4.3.1 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。Choregraph では Pepper のモーションを作るために動きの調整を行う。開発画面を図 18 に示す。「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。

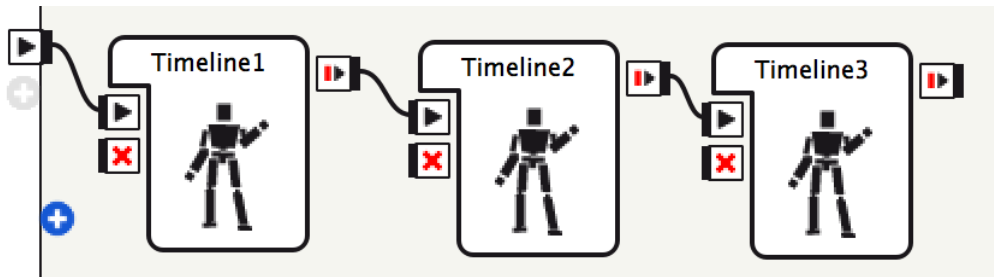


図18 : Choreographの開発画面

(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19にロボットによるボール投げのステップを示す。

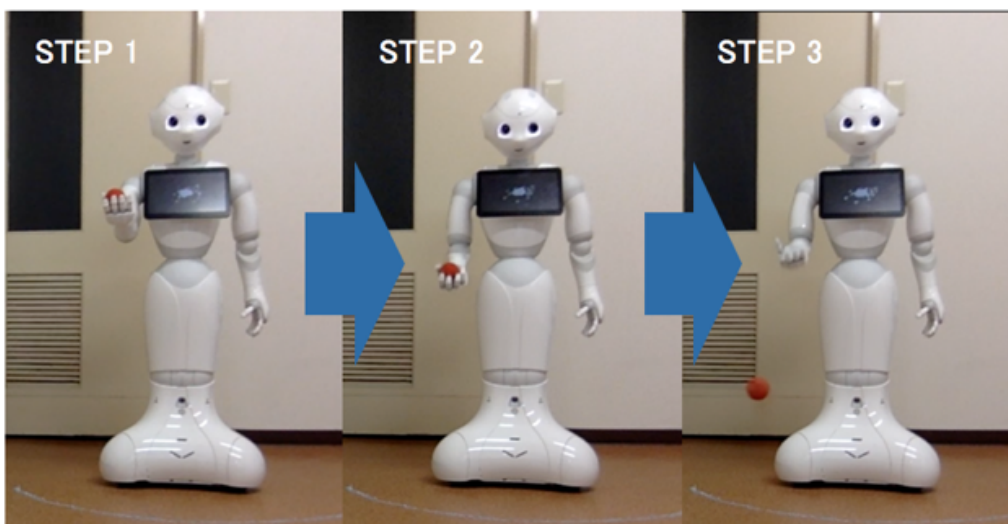


図19 : ボールを投げるロボット

(2) ボール遊び

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20)。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20：紙皿に紐をつけた餌皿

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21にロボットによる餌やりのステップを示す。

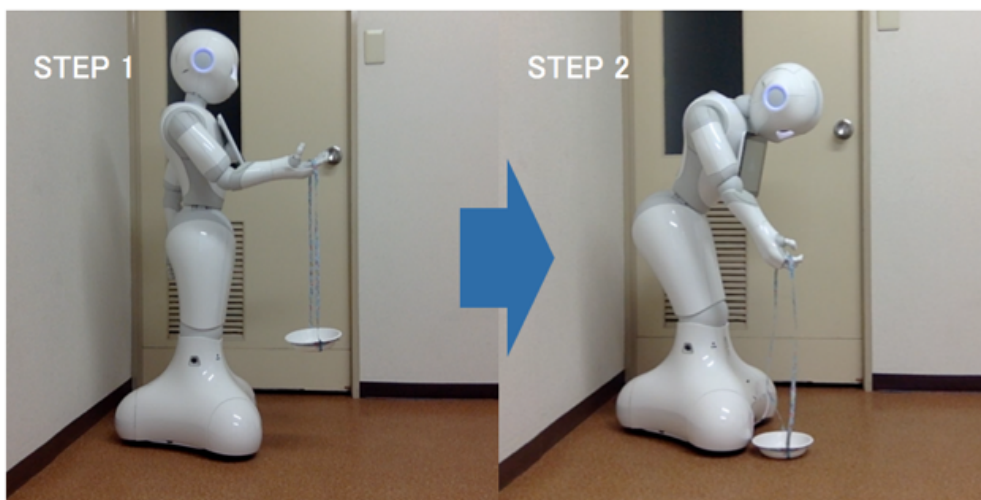


図21：餌の入った皿を置くロボット

4.4 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などの家具がある。図22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。

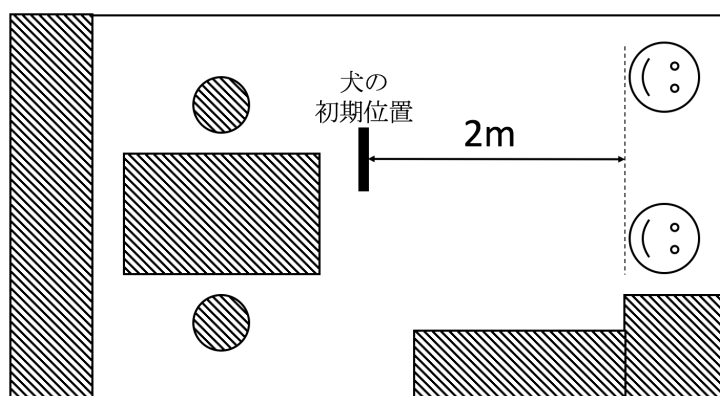


図22：部屋の見取り図

4.5 実験

4.3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。

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[1]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入れ替える。17頭の被験犬(表3参照)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.

表 3：被験犬

被験犬	犬種	性別	年齢[才]
A	シーズー	F	9
B	ポメラニアン	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

4.5.1 ボール遊び

(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 4.3.1(1)で示した動きで犬とボール遊びをする。

(2) 実験手順

実験を行う部屋(4.4 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 23)。

ステップ 1: ケアロボットがボールを投げる。この時、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 回繰り返す。



図 23 : 実験手順 (ボール遊び)

4.5.2 餌やり

(1) 実験条件

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4.3.1(2)で示した動きで犬とボール遊びをする。

(2) 実験手順

実験を行う部屋(4.4参照)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。この時、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。

4.6 結果

4.6.1 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3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4参照)。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。実験中のそれぞれの群の犬のロボットがボール遊び行動をした時の様子を図24と図25に示す。

表 4：被験犬がボールを咥えた回数と餌を食べた回数

被験犬	犬種	ボール	餌
A	シーズー	0	9
B	ポメラニアン	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

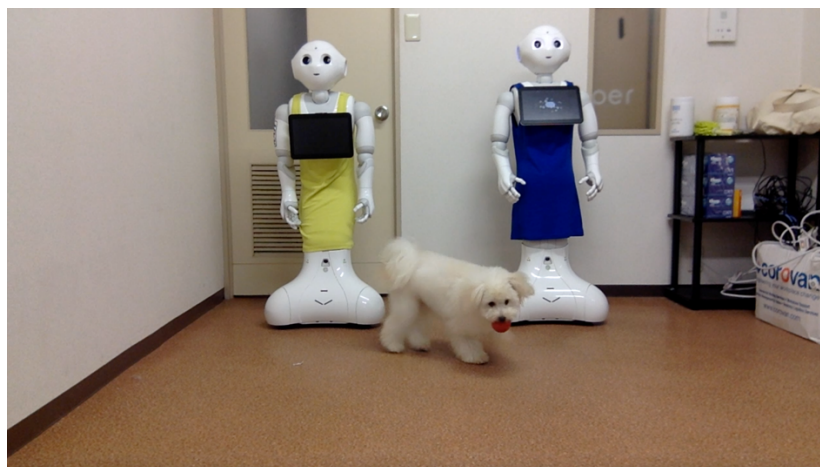


図 24：被験犬 N がロボットの投げたボールを咥える様子



図 25：被験犬 M がロボットの投げたボールを無視する様子

これら 2 群に対して，実験手順ステップ 2 と 4 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 回観察した結果を表 5 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．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．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．実験中に犬がロボットの前に置かれた餌を食べる様子を図 26 に示す．

表 5：被験犬がロボットを選択した回数(ボール遊び後)

被験犬	犬種	ボール遊び する/しない	ケア ロボット	ノンケア ロボット
A	シーザー	しない	4	6
B	ポメラニアン	しない	5	5
C	ミックス	する	6	4
D	チワワ	しない	2	7
E	ミックス	する	5	5
F	ミックス	する	8	2
G	ミックス	する	8	2
H	トイプードル	する	7	3

I	ミックス	しない	6	4
J	ミックス	する	5	5
K	チワワ	しない	5	5
L	ミックス	する	6	4
M	トイプードル	しない	4	6
N	ミックス	する	5	5
O	チワワ	しない	5	5
P	トイプードル	する	6	3
Q	トイプードル	しない	2	8

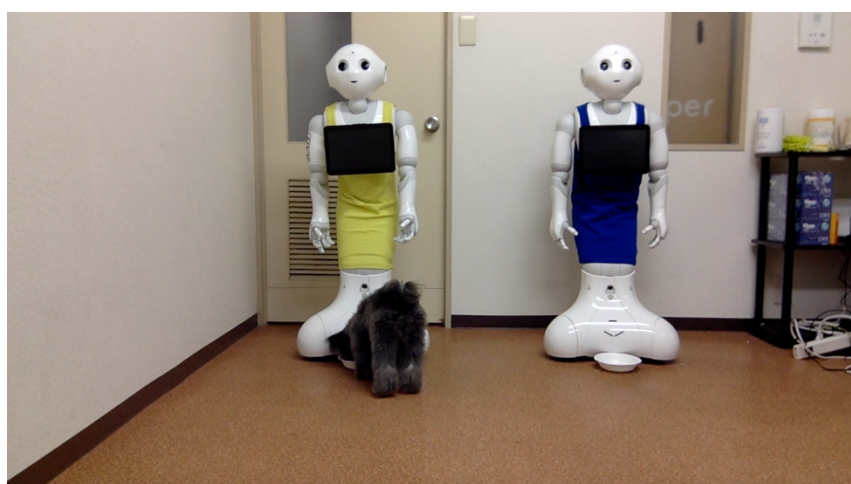


図 26：被験犬 J がロボットの前に置かれた餌を食べる様子

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 t 検定 ($\alpha=0.05$) した。結果を図 27 と図 28 に示す。ロボットとボール遊びをする犬では $P=0.000194$ 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。ロボットとボール遊びをしない犬は $P=0.0164$ となり、ボール遊びをしない犬は、ボール遊びの世話をしないロボット(ノンケアロボット)を好むことが明らかになった。

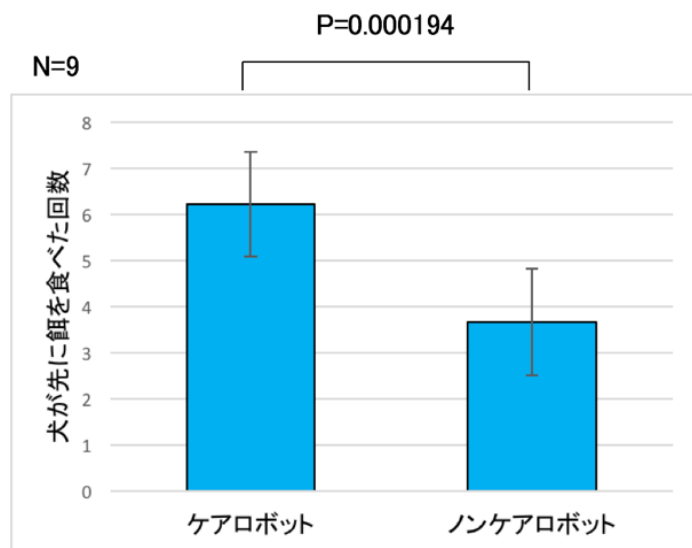


図 27 : ボール遊びをする犬のロボット選択回数

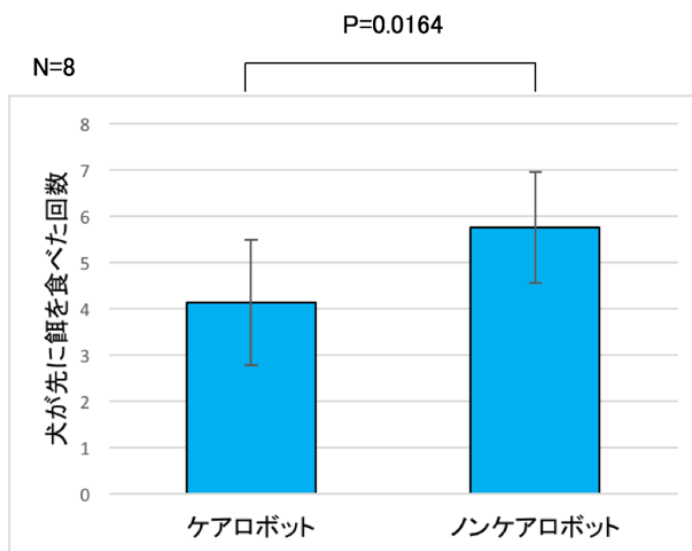


図 28 : ボール遊びをしない犬のロボット選択回数

4.6.2 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6参照)。実験ステップ2と4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29)。

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t検定($\alpha=0.05$)した。結果、 $P=0.00224$ 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。

表6：被験犬がロボットを選択した回数(餌やり後)

被験犬	犬種	ケア ロボット	ノンケア ロボット
A	シーザー	7	3
B	ポメラニアン	-	-
C	ミックス	7	3
D	チワワ	8	2
E	ミックス	-	-
F	ミックス	9	1
G	ミックス	5	5
H	トイプードル	5	5
I	ミックス	4	6
J	ミックス	6	4
K	チワワ	6	4
L	ミックス	8	2
M	トイプードル	6	4
N	ミックス	2	8
O	チワワ	5	5
P	トイプードル	5	5
Q	トイプードル	7	3

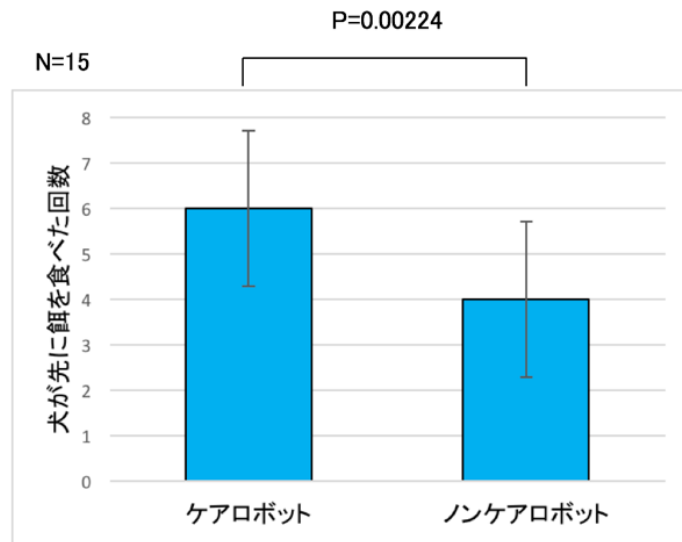


図 29 : ボール遊びをしない犬のロボット選択回数

4.7 考察

4.7.1 ボール遊び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、ボールで遊び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 30)。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 31)。このことから、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。

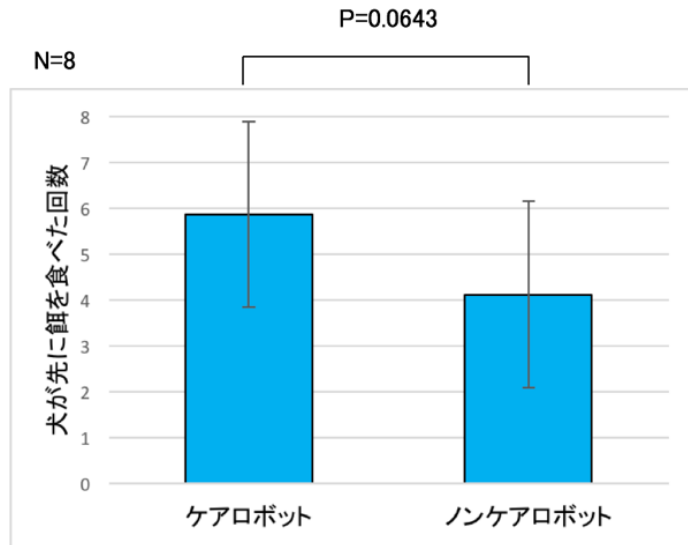


図 30 : ボール遊びをする犬のロボット選択回数

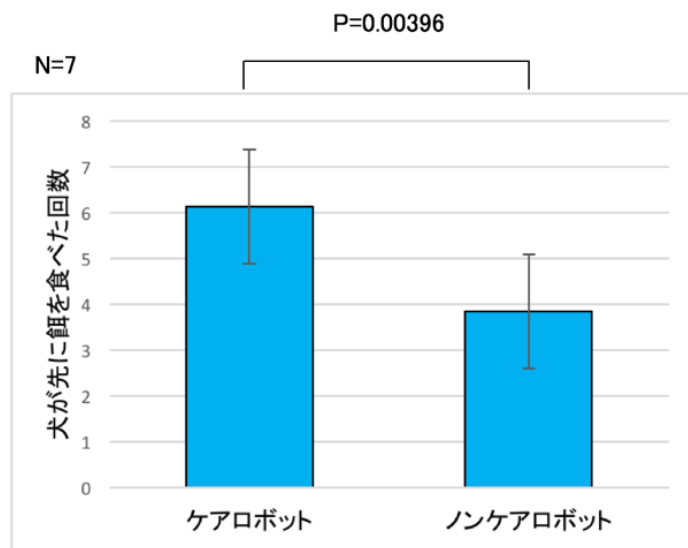


図 31 : ボール遊びをしない犬のロボット選択回数

4.7.2 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。

4.7.3 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、犬が驚きロボットから一度離れる(図 32)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。



図 32 : ロボットの動きに驚く被験犬 I

4.8 人間によるボール遊びの世話

ロボットがボール遊び行動を行った場合と、人間がボール遊び行動を行った場合を比較するために、表 3 の 17 頭の犬に対して人間がボール投げを行い、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。実験中の犬の様子を図 33, 34 に示す。その結果を表 7 に示す。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わかった。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。



図 33：被験犬 N が人間の投げたボールを咥える様子



図 34：被験犬 M が人間の投げたボールを無視する様子

表 7：被験犬がボールを咥えた回数

被験犬	犬種	人間(5回中)	ロボット(10回中)
A	シーズー	0	0
B	ポメラニアン	0	0
C	ミックス	5	10
D	チワワ	0	0
E	ミックス	5	9
F	ミックス	5	10
G	ミックス	5	10
H	トイプードル	5	10
I	ミックス	0	0
J	ミックス	5	10
K	チワワ	0	0
L	ミックス	5	10
M	トイプードル	0	0
N	ミックス	5	10
O	チワワ	0	0
P	トイプードル	5	10
Q	トイプードル	1	3

第5章 関連研究

5.1 ヒューマン-ロボットインタラクション分野

ロボットの家庭や日常生活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[2]，ロボットと子供の英語の学習を行う[3]，アンドロイドが百貨店の販売員をする[4]，家庭での高齢者の投薬管理[5]，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[6]，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[7]等の研究が行われている。

5.2 動物行動学分野

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[8]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言われている。また、犬は気前の良い人間を好むという知見[9]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[10]という知見も報告されている。

5.3 アニマル-コンピュータインタラクション分野

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[11]。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[1]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ー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ーフェースを

提案している他[12]. Baskin らは犬とタブレットの相互作用の観察を行っている[13]. また, 犬は人間やロボットの指さしを理解できるか[14]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[15].

本研究と 5.1 から 5.3 の関連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.

第6章 結論および今後の課題

本研究は、ペットとロボットの家庭での共生に向けて、様々な場面を想定し実験を行った。

はじめて清掃ロボットを見た犬の行動調査では、3種類の Roomba をはじめてみる犬の行動を調査した。実験結果から、1. Roomba を怖がる犬がいる。2. 黄色の画用紙, 青の画用紙, 白色のファーをかぶせた Roomba を見た犬の行動に違いはない。3. 犬は後方から Roomba が近づいた Roomba に対して、慌てるように逃げる。4. 犬が強い関心を持つおやつやおもちゃを Roomba にのせることで、犬がより積極的に Roomba へ近づく。ことが明らかになった。

犬の世話を人型ロボットが行った際の犬の行動調査では、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、犬が近くにいる時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共に、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

本研究を行うにあたり，ご多忙の中有益なコメントと適切なアドバイスを下さった，大須 賀昭彦 教授，田原 康之 准教授，折原 良平 客員教授，清 雄一 助教に深く感謝いたします。

特に清 雄一 助教には一対一でのゼミにおいて研究アプローチ，実験方法，評価方法の提案や専門知識のレクチャー，論文執筆など本研究全般にわたり懇切丁寧にご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。

利 百合子 秘書には事務手続き等で大変お世話になりました。まことに有難うございます。

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頂き，御指導頂いた神奈川工科大学 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御意見を頂いた研究グループの皆様に感謝致します。

実験にご協力頂いた 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には感謝致します。

アンケートに協力してくださった皆様のおかげでニーズを調査できました。有難うございます。

最後に日々の生活の中で励まし応援してくれた方々に感謝の意を表します。

2016 年 1 月

参考文献

- [1] Jay Neitz, Timothy Geist and Gerald H. Jacobs: Color vision in the dog, in *Visual Neuroscience*, 3, pp.119-125 (1989).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] Akanksha Prakash, Jenay M. Beer, Travis Deyle, Cory-Ann Smarr, Tiffany L. Chen, Tracy L. Mitzner, Charles C. Kemp, Wendy A. Rogers: Older adults' medication management in the home: How can robots help?, *Human-Robot Interaction (HRI)*, ACM/IEEE International Conference, pp.283-290 (2013).
- [6] K. L. Koay, G. Lakatos, D.S. Syrdal, M. Gácsi, B. Bereczky, K. Dautenhahn, A. Miklósi and M. L. Walters, 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).

- [7] James Kennedy, Paul Baxter and Tony Belpaeme: 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).
- [8] Hitomi Chijiwa, Hika Kuroshima, Yusuke Hori, James R. Anderson and Kazuo Fujita: Dogs avoid people who behave negatively to their owner: third-party affective evaluation, *Animal Behaviour*, volume 106, pp.123-127 (2015).
- [9] Kundey, SM, 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).
- [10] Miho Nagasawa, Shouhei Mitsui, Shiori En, Nobuyo Ohtani, Mitsuaki Ohta, Yasuo Sakuma, Tatsushi Onaka, Kazutaka Mogi and Takefumi Kikusui: Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds, *Science*, volume 17, pp.333-336(2015).
- [11] Clint Zeagler, Scott Gilliland, Larry Freil, Thad Starner and Melody Moore Jackson: 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).
- [12] Clara Mancini, Rob Harris, Brendan Aengenheister, Claire Guest: Re-Centering Multispecies Practices: A Canine Interface for Cancer Detection Dogs, CHI, pp.2673-2682(2015).
- [13] Sofya Baskin, Anna Zamansky: The Player is Chewing the Tablet!: Towards a Systematic Analysis of User Behavior in Animal-Computer Interaction, CHI PLAY, pp.463-468(2015).

[14] Gabriella Lakatos, Mariusz Janiak, Lukasz Malek, Robert Muszynski, Veronika Konok, Krzysztof Tchon, A. Miklosi: Sensing sociality in dogs: what may make an interactive robot social?, *Animal Cognition*, volume 17, Issue 2, pp. 387–397 (2014).

[15] Motohiro Makiguchi, Daichi Namikawa, Satoshi Nakashima, Taiga Yoshida, Masanori Yokoyama, Yuji Takano: Proposal and Initial Study for Animal Crowdsourcing, *AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing* (2014).

[16] 杉本麻樹, 稲見昌彦: 「懐に入り込むロボット技術」特集について, *日本ロボット学会誌*, volume. 32, No. 8, pp. 665 (2014).

[17] 大倉典子: 人と機械のインタラクションのためのインタフェース, *学術の動向*, volume. 10, No. 8, pp. 52–55 (2005).

[18] 高森年: ロボット研究開発と RT イノベーションについて思うこと, *日本ロボット学界誌*, volume. 33, No. 4, pp. 228–282 (2015).

研究業績

論文誌

○鈴木もところ，清雄一，田原康之，大須賀昭彦：

家庭におけるペット-ロボットインタラクション～ロボットのふるまいに対する犬の行動調査～，情報処理学会論文誌 エンタテインメントコンピューティング特集号（査読審査中）

国際会議

○Motoko Suzuki, Yuichi Sei, Yasuyuki Tahara and Akihiko Ohsuga：

An Observation of Behavioral Changes of Indoor Dogs in Response to Caring Behavior by Humanoid Robots Can Dogs and Robots Be Companions? , 9th International Conference on Agent and Artificial Intelligence (ICAART 2017)

査読付き国内シンポジウム・ワークショップ

○鈴木もところ，清雄一，田原康之，大須賀昭彦：

家庭におけるペット-ロボットインタラクション～ロボットの世話行動による犬の行動変化の調査～，Joint Agent Workshop & Symposium (JAWS 2016)

「優良論文賞」 受賞

「優秀発表賞」 受賞

国内シンポジウム

○鈴木もところ，清雄一，田原康之，大須賀昭彦：

家庭におけるペットーロボットインタラクション ～ロボットは犬の世話をすることができるのか～，Multimedia, Distributed, Cooperative, and Mobile Symposium (DICOMO 2016)

「優秀プレゼンテーション賞」 受賞

○鈴木もところ，清雄一，田原康之，大須賀昭彦：

家庭におけるペットーロボットインタラクション ～ロボットによる犬の行動変化の研究～，Interaction 2016