

# 研究終了報告書

## 「飼い主—伴侶動物関係内で音声条件を調整した社会的ロボットの検討」

研究期間：2019年10月～2022年3月

研究者：春日 遥

### 1. 研究のねらい

本研究は、ヒト型ロボットの身体性を活かしたコミュニケーションが、ヒト以外の社会的動物であるイヌに応用できるか検証することを目的としています。これまで、ヒト型ロボットは視線や腕などのヒトを模倣した身体を持つことにより、順路誘導やカウンセリング時の傾聴効果などの際の非言語コミュニケーションを活かした効果が検証されてきました。一方で、社会性を期待されるようなロボットが人間社会で活躍するにあたって、相対する社会的存在はヒトだけではなくありません。代表的な伴侶動物であるイヌは、ヒトの音声による指示のみならず、視線や指さしの読み取りによる異種間コミュニケーションに優れ、家庭犬として、そして警察犬や介助犬としても活躍しています。イヌは犬種による気質の特性や、トレーニングの習慣によるヒトの指示の読み取りにも大きな違いがあり、目的に合わせて品種改良がされてきました。本研究では、コミュニケーションを主な役割とするようなヒト型ロボットのヒト以外の動物に対する社会性の検証として、イヌを対象に、飼い主—ロボット間の発話コミュニケーションの条件の有無と、事前アンケートによるイヌの特性という二点が、ロボットの指さしに対するイヌの追従に与える影響について行動観察を行いました。ヒト型ロボットが、イヌがいる家庭に導入される際に、ロボット—イヌ間の関係性に飼い主がどのように貢献できるか、また、どのような生活習慣や気質のイヌだとロボットの指示を読み取りやすいか検討し、ヒト以外にも社会性をもつロボットの条件について将来研究する基盤をつくります。

### 2. 研究成果

#### (1) 概要

本研究では、代表的な伴侶動物であるイヌを対象に、ヒトとのコミュニケーションを役割の主体とするようなロボットとのやり取りができる条件を調査しました。ヒトとのコミュニケーションを行うという特性と、イヌが新奇物に対面した際に飼い主の反応をうかがうような社会的参照を行う動物であることから、飼い主—ロボット間の音声のコミュニケーションがロボットに対するイヌの行動に与える条件をヒト—イヌ—ロボットの3者間インタラクションの条件として検討しました。

本研究では、ロボットを前にしたイヌの行動評価に用いることができる手法のイヌ—ロボット間インタラクションへの導入、および実際に一般の家庭で飼養されているイヌが参加する行動



観察を行いました。

まず、行動評価に用いる手法としては、深層学習を応用した姿勢推定手法である DeepLabCut を応用しました。天頂カメラからの撮影動画による顔の向き推定のため、公式で配布されている学習セットではなく、本研究に合わせて学習させました。イヌ-ロボット間インタラクションの多くの先行研究では研究者がスプレッドシートに 0.2-0.5 秒ごとの動画のフレームから目視と手作業でイヌの注意方向などを評価していました。

行動観察では、飼い主-ロボット間の音声コミュニケーションをイヌが観察する「会話成立条件」と、飼い主-ロボット間にコミュニケーションが無い「対照条件」を用意し、それぞれ 29 匹ずつが参加する被験者間実験として行いました。イヌがロボットを一定程度社会的対象として認知しているか評価するため、イヌ-ロボット間インタラクションの先行研究で実施されてきた、2 枚のエサ皿から 1 枚を選ぶという 2 者択一課題である Pointing Test を設定しました。腕型ロボットやヒト型ロボットを用いた先行研究では指さしを、リモートコントロールカーを用いた先行研究ではエサ皿への接触が指示の方法として用いられています。ロボットと対面する際に飼い主-ロボット間のインタラクションをイヌに同じ空間で観察させ、その後、Pointing Test を 10 回行いました。結果として、エサ皿を選んだイヌの指さしへの追従の平均回数は、会話成立条件でともに約 6 回であり、同程度でした。一方で、エサ皿をどちらも選択しないような状況が一回以上あった個体の数は、それぞれ 29 匹中会話成立条件の方が、対照条件の半数でした。これは、イヌの選択は飼い主-ロボット間の音声コミュニケーションの有無は影響がない一方、ロボットのそばにあるエサ皿に接近できるかどうかといった側面では影響がある可能性があります。また、超小型・小型犬(38 匹)と中・大型犬(20 匹)の 2 つにグループを分けた集計では、中・大型犬では会話成立条件の方が対照条件よりも指さしへの平均追従回数が多く、超小型・小型犬では対照条件の方が会話成立条件よりも平均追従回数が多いという結果となりました。また、どちらのエサ皿も選ばなかったという状況が生じた個体の割合は、超小型・小型犬が中・大型犬よりも多いという結果となりました。これは、飼い主-ロボット間の音声コミュニケーションが、ロボットに対するイヌの回避行動の軽減に貢献しうることと、イヌの体高の影響を示唆しうるものです。現在、更なる解析を進めています。

## (2) 詳細

### 研究内容 A: 評価手法の検討: Deep Lab Cut の応用

DeepLabCut は深層学習を応用したマーカーレスな姿勢推定手法です。DeepLabCut では動画内の特徴的なフレームを抽出し、身体の任意の各点にラベルを付与してモデルを学習させることで、他のフレームに対しても高精度で姿勢推定が可能となります。これを用いることで、人力ではコストがかかる動画全フレームに対するラベリングが容易となります。本研究ではイヌとロボットとの距離や、イヌの視線方向などの推定に用います。

本研究においては、ロボットがいる状態での 5 分間の自由探索時における天頂カメラからの動画と、Pointing Test 時にイヌの視線方向が分かるような斜め上からの動画という、二種類の動画に対して DeepLabCut による姿勢推定を行いました。自由探索時の動画においては図 1 のように、イヌの鼻先、左右の目の中間、右目、左目、額、首元、肩、腰、臀部の計 9 点をラベルとしました。また、Pointing Test 時の動画においては図 2 のように、イヌの鼻

先、左右の目の中間、右目、左目、額、頭頂部(左右の耳の中間)の計6点をラベルとしました。

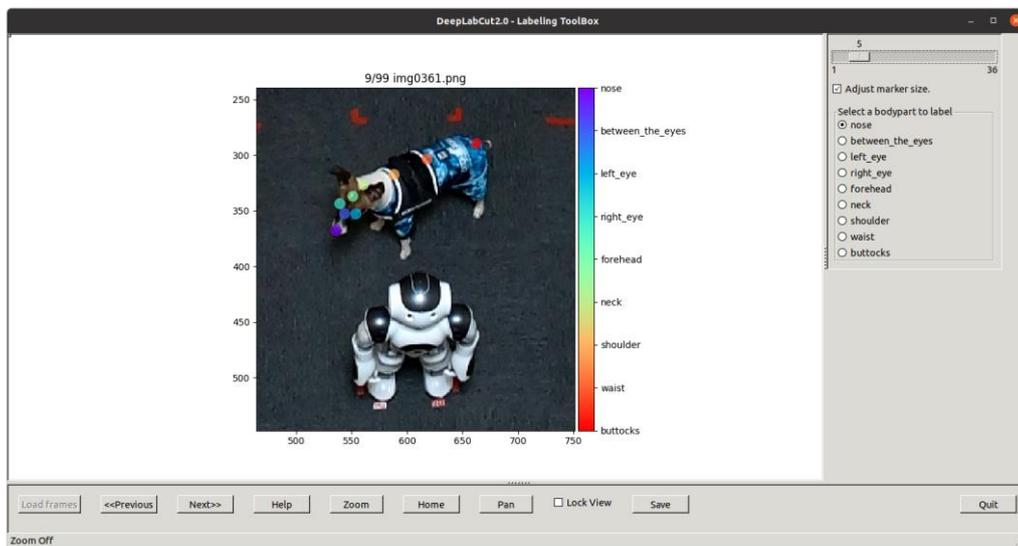


図1. 自由探索時の動画に対するラベル付け

また、推定した顔の各点から図3のようなイヌの視線方向を求めるために、鼻先の点に対して左右の目の間、額、首元からのベクトル3つ、左右の眼の間の点に対して、額、首元からのベクトル2つ、額の点に対して首元からのベクトル1つの、計6つのベクトルの合成ベクトルを求めて、それを視線方向としました。フレームによってはいくつかの点が遮蔽物によって見えなくなるため、この方法によって推定された点が少ない場合でも視線方向を求められるようになります。

そしてイヌがロボットを見ているか否かの判定については、ロボットの中心位置からロボットの身体をカバーするような円(図3の緑色の円)を描画し、その円とイヌの視線が交差するか否かによって判断しました。

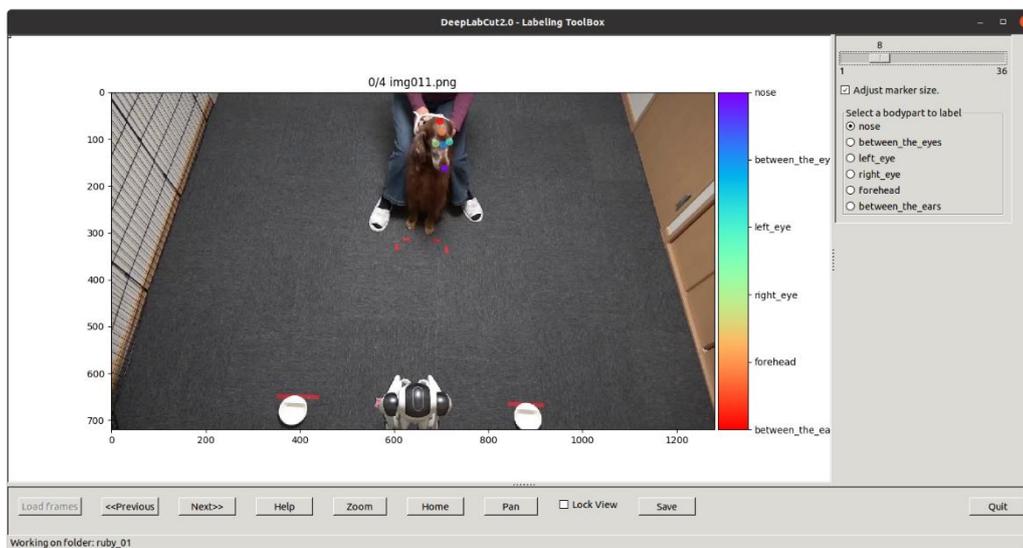


図2. Pointing Test 時の動画に対するラベル付け



図3. DeepLabCut を応用した視線方向およびイヌの位置の推定

#### 研究内容 B: ヒト-ロボット間の音声コミュニケーションがイヌに与える影響

本研究では、飼い主-ロボット間の音声コミュニケーションの有無(図4)が、イヌ-ロボット間インタラクションとして、ロボットからの指さしの指示への追従に対して与える影響について行動観察を行いました。指さしを用いたのは、イヌはヒトの指さしなどのジェスチャをよく読み取るためです。一説にはヒトと同じ霊長類であるチンパンジーよりも、ヒトからの指さしの参照が得意だと言われています。そのため、ヒト型ロボットの身体性を活かした評価方法として用いました。まず、観察スペースに3分間待機して慣れてもらったあと、5分間ヒト-ロボット間の音声コミュニケーションを図3のように観察させました。被験者間条件で、チワワのような超小型犬からサモエドやラブラドル・レトリバーのような大型犬まで、対照条件(インタラクション無)と会話成立条件(インタラクション有)で、それぞれ29匹ずつ参加しました。会話が成立する条件では、飼い主とロボットが1対1で自己紹介と参加個体について会話をしました。ロボットの操作は参加個体・飼い主から視覚的に遮断されたPCスペースから、観察実施者が遠隔で行いました。その後、図5のようなエサを視覚的に隠すことができる二枚の紙皿を用いて、皿を選ぶ練習を観察実施者と行いました。最後に、ロボットの指さしへの追従の評価として、視覚情報が使えない状態で、エサ皿の選択でロボットの指さしを参照するか、10回 Pointing Testを行いました。Pointing Testでは、ピープ音でロボットがイヌの注意を引いた後、おやつが入っている方を指さし、参加個体に二者択一課題としてエサ皿を選択させました。ロボットは観察実施者によってPCスペースから遠隔操作されました。選択後は観察実施者が観察スペースへ入り、参加個体に両方の皿の中身を確認させました。

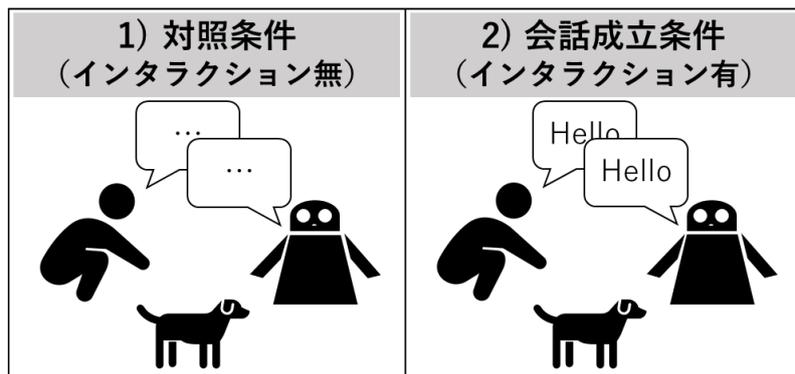


図4. 本行動観察の条件

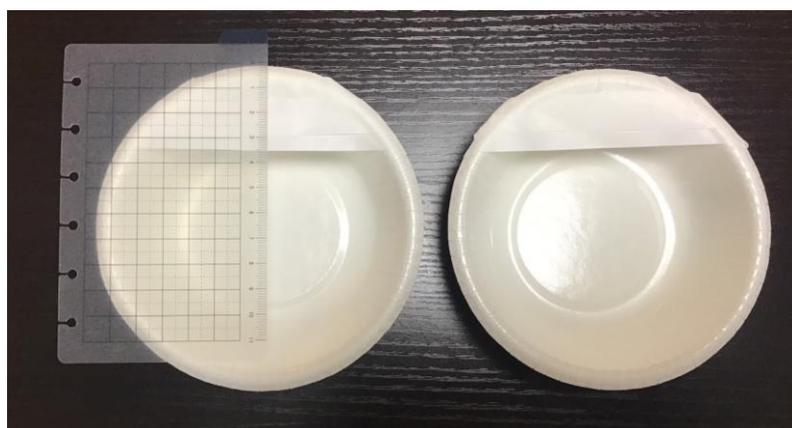


図5. 本行動観察で用いた使い捨て紙皿の形状

結果として、エサ皿を選んだイヌの指さしへの追従の平均回数は、会話成立条件でともに約 6 回であり、同程度でした。一方で、エサ皿をどちらも選択しないような状況が一回以上あった個体の数は、それぞれ 29 匹中会話成立条件の方が、対照条件の半数でした。これは、イヌの選択は飼い主-ロボット間の音声コミュニケーションの有無は影響がない一方、ロボットのそばにあるエサ皿に接近できるかどうかといった点では影響がある可能性があります。また、超小型・小型犬(38 匹)と中・大型犬(20 匹)の 2 つにグループを分けた集計では、中・大型犬では会話成立条件の方が対照条件よりも指さしへの平均追従回数が多く、超小型・小型犬では対照条件の方が会話成立条件よりも平均追従回数が多いという結果となりました。また、どちらのエサ皿も選ばなかったという状況が生じた個体の割合は、超小型・小型犬が中・大型犬よりも多いという結果となりました。

### 3. 今後の展開

今後の研究の展開としては、まず、現在、解析が終わっていないイヌの姿勢推定による視線の解析と、今回参加飼い主に回答いただいたイヌの性格などに関する事前アンケートの

結果を組み込んだ解析を行います。アンケートの内容は、トレーニングのしやすさなどの観点から米国ペンシルバニア大学のサーペル博士が開発した質問項目である C-BARQ と呼ばれる質問群の日本語版です。C-BARQ はイヌの性格を比較的客観的に解析するために用いられます。アンケートに関しては、どのような特性のイヌがロボットからの指さしに追従しやすかったのか分析するなど、ロボットをコミュニケーション対象として導入しやすいイヌ自体の特性も解析します。

また、ヒトイヌーロボットの3者間のコミュニケーションとしての条件を模索した行動観察をさらに行います。最初の条件としては、イヌがロボットと最初に対面する際に、飼い主がロボットとの会話によりイヌを誘い入れるような状況を想定しています。

3者間のコミュニケーションは、予備検討的な上記の条件は1月および2月に実施をし、そこでの参加者やドッグトレーナーの方のコメントを経て来年度にかけて条件を増やして実施をします。感染症対策により一時的に観察が中断されることも想定されるため、1年以上かかることが想定されます。また、事前アンケートを入れた解析や DeepLabCut を利用した姿勢推定による解析は、現在までの飼い主ーロボット間のインタラクションの有無による2条件について2022年1~3月に解析を行い、今後の研究にどのように使用できそうか検討します。

最後に、数年後の検討としては、国内・外での結果の比較をしたいと検討しております。今回の研究にあたって、イヌの動物心理の研究者やドッグトレーナーの方の経験として日本と欧州のイヌでは、イヌの普段のトレーニングに対する意識が異なるとしばしば伺いました。その文化の違いがイヌとコミュニケーションをしやすしいロボットへの違いに影響しうるか、検証していきたいと思っております。

#### 4. 自己評価

新型コロナの影響により、当初検討していた海外の協力先での期間内の行動観察の実施はできませんでした。その影響で、本研究の一番大きな貢献となるだろう、「実際のイヌが参加するイヌーロボット間インタラクションの行動観察」が報告書の提出時まで目標の条件の全てをそろえて実施することはできませんでした。

一方で、行動観察を行う国内の施設等の基盤が無かったところから、自身で環境や協力先を得てきたこと、それらを整える際の申請などの必要な手続きの経験を積むことができました。特に、所属研究室で扱ってこなかった対象を研究する際には、様々な申請や届け出が必要となります。行動観察室の物件の選定や、ドッグトレーナーの方に監修による安全性の監修のもと、部屋を観察に使用できるようにペットフェンスや防音カーペット、カメラを設置するための構造物などの発注・設置なども行いました。

また、「動物実験」の倫理審査でも、本行動観察のような形式ですと一般的な実験室の実験を想定されたフォームでは対応できず、部局の安全管理室の事務の方への相談等もありました。一般の学内の学生を対象とした研究よりも参加者のご負担が大きいことから、所属で適切な額の謝礼を用意するために事務の方への説明の書類を用意する必要もありました。このように、所属で扱いがこれまでにない対象ゆえに生じることへの、届け出や相談先

なども学ぶことができました。

観察に参加いただくイヌを募集する際の協力先との対応も学ぶことができました。市内複数個所のドッグランやしつけ教室、ペットサロン、そのほか公的施設や一般の商店にもご協力いただきました。それらのなかには、学校での全校募集などもあり、研究協力依頼の鑑文の執筆も経験しました。

上記に挙げました内容は、自身が今後、学生としてではなく研究室のスタッフや主催者として新しい研究対象のプロジェクトを立ち上げる際に、役に立つ経験と考えられます。

また、これまでイヌ-ロボット間インタラクションの研究を行っている研究機関は世界でも数か所と限られており、それは一般家庭から広くイヌを募集することなど新規で立ち上げることが難しいという側面も理由として考えられます。今回数年にわたって基盤をつくったことで、今後イヌ-ロボット間インタラクション、ひいてはコミュニケーションを主体とするようなロボットの活躍の場を広げるように、分野への貢献をしていきたいと考えております。

## 5. 主な研究成果リスト

### (1) 代表的な論文(原著論文)発表

研究期間累積件数: 1件

1. 春日遥 and 池田宥一郎. タイトル. 情報処理学会論文誌. 2021 年. 62 巻. 11 号. 1764-1778.

本研究ではプリミティブな形状のスマートスピーカー(Google Home), 大小の二台のヒト型ロボット(NAO と Pepper), イヌ型スマートスピーカーの 4 条件を用意し, 飼い主-エージェントの 2 者間の調査と飼い主がエージェントにポジティブに接するときのイヌの行動観察という 3 者間の調査を行った. 32 人のイヌの飼い主の印象評価の結果, ヒト型ロボットが好まれ, イヌ型スピーカーは Google Home よりも印象が悪かった. 一方で, 2 名のイヌの訓練士が評価した 21 匹のイヌの行動分析の結果, 飼い主-エージェント間のやり取りの観察後にイヌ型スピーカーに対しては臀部の臭いを嗅ぐなど後部の接触を行った個体の割合が他のエージェントよりも有意に高かった.

### (2) 特許出願

研究期間全出願件数: 0 件(特許公開前のものも含む)

1	発 明 者	
	発 明 の 名 称	
	出 願 人	
	出 願 日	
	出 願 番 号	
	概 要	

### (3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)



Haruka Kasuga and Yuichiro Ikeda. Gap between Owner's Perceptions and Dog's Behaviors Toward the Same Physical Agents: Using a Dog-like Speaker and a Humanoid Robot. the 8th International Conference on Human-Agent Interaction. 2020. p. 96-104. 豪州(オンライン). 11月・2020年(口頭発表・【査読有】・フルペーパー)

Haruka Kasuga and Yuichiro Ikeda. The Ideal Care Robot for Dogs vs. Cats Based on an Online Survey. Seventh International Conference on Animal-Computer Interaction. 2020. p. 1-6. 英国開催(オンライン). 11月・2020年. (登壇発表&ポスター発表・【査読有】)