

卒業論文 2017 年度 (平成 29 年度)

Astral Projector : ユーザーの気持ちに寄り添ったロボット 間”魂”移動システム

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

高汐 一紀

Rodney D. Van Meter III

植原 啓介

三次 仁

中澤 仁

武田 圭史

慶應義塾大学 環境情報学部

近藤 那央

nanaju@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文要旨 2017 年度 (平成 29 年度)

Astral Projector : ユーザーの気持ちに寄り添ったロボット間“魂”移動システム

論文要旨

近年、人と共生するコミュニケーションロボットが注目されており、誰でも気軽に購入することが可能になった。人はロボットに対して、ペットなどの“魂”を持つ生物へ抱くものに近い愛着などの感情を持つことが知られている。

人がロボットに対してこのような特別な感情を持つ事で、癒し効果や孤独感の解消などの良い効果が期待される。一方で、特別な感情を持つことによる問題もある。例えば、ロボットの修理・交換などの際にソフトウェアは変更されない場合でも、ハードウェアが変更されてしまう事を嫌って修理に出さないという問題や、ロボットの再起不可能な故障の際に精神的ショックを受けるなどといった問題が発生する。

これらの問題は、人間がロボットに生物性を感じていることに起因する。人間が持つ、分離不可能な魂と肉体を持つ生物への倫理観に対して、分離可能で新しい肉体を得ることのできるロボットという新しい生物概念が違和感を生み、受け付けられないのである。

ソフトウェア（魂）とハードウェア（肉体）が分離可能というロボットの特性は、ハードウェアを失ってもデータが保存されていれば復元可能であるという利点がある。また、例えばソフトウェア上で動くキャラクターとしてデータを存在させることもできるため、ハードウェアの制約を受けずに何処へでもロボットを好きな形態で携帯する。情報技術を生かしたコミュニケーションロボットを今後発展させて行くために、ユーザーの気持ちに寄り添った、コミュニケーションロボットのソフトウェアの移動およびハードウェアの変更システムが必要である。

本研究の目的は、ユーザーが違和感を感じないロボット間の“魂”移動システムの“Astral Projector”を開発し、移動時の表現の違いによる、移動後のロボットへのユーザーの持つ愛着の違いを明らかにする事である。

Astral Projector では、ユーザーにロボットの魂と肉体が分離する概念に違和感を感じさせないために、現実空間と重ね合わせてあたかも目の前にいるかのように見えるホログラム表現を用いて、ロボットの魂を可視化させる。そして、ユーザー自らが可視化された魂を元のロボットから取り出し、別のロボットへ移動させる操作を行う。これにより、ユーザーは元のロボットへ抱いていた感情を、移動先のロボットへ自然に抱き変えることができる。

キーワード

ロボット, エージェントマイグレーション, Mixed Reality, コミュニケーションロボット

慶應義塾大学 環境情報学部

近藤 那央

Abstract of Bachelor's Thesis Academic Year 2017

Astral Projector : A Migrate System of Communication Robot Software That is Friendly to People

Abstract

In recent years, communication robots that coexist with people have attracted attention, making it possible for anyone to buy them easily. It is known that people have feelings such as attachment close to those who have the "soul" of pets, such as pets. By having such special feelings on robots, it is expected that good effects such as healing effects and relieving loneliness are expected. On the other hand, data that is the soul of a robot is reproduced and redeemed, but when it is recognized that it is possible to restore the robot's physical hardware, problems such as the problem that the hardware of the robot can change, and the mental shock when separating from the robot will arise.

These problems are caused by the fact that a new biological concept, a robot capable of separating and new meat bodies, can be disregarded and not accepted by human beings, with respect to the ethics of human beings with unseparable souls and bodies. The characteristics of a robot that can separate software (soul) and hardware (body) have the advantage that if the data is stored even if the hardware is lost, it can be restored. Also, data can be present as a character running on software, which can be portable anywhere without hardware constraints. It becomes possible to expand the communication robot utilizing information technology.

The purpose of this study is to develop the "Astral Projector" system, which is the migrate system of the souls between robots, which are not uncomfortable for the user. It is also to reveal the differences in the attachment of users to the robot after moving by differences in movement expressions. The Astral Projector visualizes the robot's soul in order to avoid feeling uncomfortable with the concept of separating the soul and the body. To visualize the soul, a hologram representation appears as if it were in front of the eye. Then, the user is taken out of the original robot and moves the soul to another robot. This makes it possible to migrate the emotions of the user's original robot naturally to the robot to move.

Keywords

Communication Robot, User Experience Design, Mixed Reality

**Keio University Faculty of Environment and Information Studies.
Nao Kondo**

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	愛玩目的でのペット飼育人気の向上	1
1.1.2	動物の飼育に関する問題	1
1.1.3	コミュニケーションロボットによる癒しの効果	2
1.1.4	動物とロボットの命	2
1.1.5	動物とロボットの魂	3
1.1.6	動物とロボットの別れ	4
1.2	本研究の問題意識	4
1.2.1	ソフトウェアの移動を用いるシステムの問題	4
1.2.2	修理における問題	4
1.3	本研究の目的	5
1.4	本論文の構成	5
第 2 章	人と共生するコミュニケーションロボット	7
2.1	コミュニケーションロボットの分類分け	7
2.1.1	高齢者向けコミュニケーションロボット	7
2.1.2	一般向けコミュニケーションロボット	12
2.1.3	トイロボット	12
2.2	コミュニケーションロボットとのインタラクション研究	12
2.3	コミュニケーションロボットとの共生	13
2.3.1	実際にロボットと生活をするユーザー	13
2.3.2	ロボット葬儀	14
2.4	まとめ	14
第 3 章	関連研究	16
3.1	エージェントマイグレーションシステム	16
3.1.1	ITACO システム	16
3.1.2	本研究との差分	17
3.2	複合現実空間	17
3.2.1	複合現実空間に関する研究や製品, SF 作品	18
3.3	まとめ	19

第 4 章	ユーザーにとって自然なコミュニケーションロボットのデータ移動のデザイン:Astral Projector	20
4.1	デザイン	20
4.2	実装	21
4.2.1	ロボット	21
4.2.2	ホログラムによる魂の可視化	21
4.2.3	通信	23
4.3	まとめ	24
第 5 章	評価実験	25
5.1	実験目的	25
5.2	実験手法	25
5.2.1	質問紙による調査	25
5.3	被験者	26
5.4	実験手順	26
5.5	まとめ	26
第 6 章	評価結果	31
6.1	結果	31
6.1.1	質問紙	31
6.1.2	動画	32
6.2	考察	32
6.2.1	実験手法の考察	32
6.3	まとめ	33
第 7 章	結論	34
7.1	本論文のまとめ	34
7.2	今後の展望	34
参考文献		36

図目次

3.1	ITACO システムの一部	16
3.2	nintendo Amibo	18
4.1	ロボット 1	22
4.2	ロボット 2	22
4.3	ロボット 1 の機構部 (赤丸部が延長したサーボホーン)	22
4.4	ロボット 2 の機構部	22
4.5	Microsoft Hololens	23
4.6	移動表現 (1)	23
4.7	移動表現 (3)	23
4.8	移動表現 (4)	23
4.9	3DCG のホログラム	23
4.10	システム構成図	24
5.1	実験手順 グループ A	28
5.2	実験手順 グループ B	29
6.1	ロボット 2 に対する各愛着スタイルの回答結果	31
6.2	質問「このロボットは私に興味があると思う」の回答結果	32

表目次

1.1	期待されるユーザーの行動	5
2.1	市販されているコミュニケーションロボットの分類分け	8
2.2	調査を行ったユーザーの所有するロボット	13
5.1	質問紙の内容 (個人属性)	26
5.2	質問紙の内容 (ECR-GO, 全てリッカート 7 段階尺度. 逆質問は (R))	27
5.3	質問紙の内容 (独自質問, 全てリッカート 7 段階尺度.)	30

第 1 章

序論

本章では、はじめに本研究における背景について述べる。次に、本研究の問題意識および目的を述べる。最後に本論文の構成を示す。

1.1 研究背景

近年、家庭内で共生するコミュニケーションロボットが注目されており、誰でも購入できる身近なものになった。愛玩目的のコミュニケーションロボットが注目されている理由は5つある。

- (1) 愛玩目的でのペット飼育が盛んになってきている点
- (2) 動物の飼育が様々な問題を持つ点
- (3) コミュニケーションロボットが、人の心を癒す効果を持つ点
- (4) ロボットが命を持たない点
- (5) ロボットが生き物にできない表現や拡張ができる点

1.1.1 愛玩目的でのペット飼育人気の向上

人は昔から犬や猫などの動物を所有してきた。所有の理由は、牧羊犬などに代表される人の仕事を手伝う目的とペットなどの愛玩目的に大別される。二つの目的が重なる場合もあるが、近年特に愛玩目的のペットを所有する人が増えている。GfK の調べによるとペットの所有率は 50-70 パーセント [1] あり、比較的少ない日本でも 37 % の人がペットを所有している [1]。また、人はペットなどを飼い、世話をすることにより孤独感を解消したり、生きがいを得ることが分かっている [2]。今後ますます癒しのための愛玩ペット需要は増すと思われる。

1.1.2 動物の飼育に関する問題

生きている動物を飼育する事は、精神的豊かさをもたらす一方で、(1) 金銭的負担、(2) 肉体的負担、(3) ペットロス といった負担が飼育者に対して生じる。

(1) 金銭的負担

動物を飼育する際には、ケージ、餌、病院、掃除用品などに対して費用がかかる。例えば犬の平均的な生涯の飼育にかかる金額は、中型犬で約 300 万円 [3] である。また、ペットが介護が必要な状態になると、更に負担がかかる。

(2) 肉体的負担

ペットに餌を与える、掃除をする、散歩をするなどといったペットの飼育に必要な行為は、飼育者への肉体的負担が生じる。

(3) ペットロス

ペットとの死別による飼育者の精神的塞ぎ込みはペットロスと呼ばれる。うつ状態から抜け出せないなどの大きな問題となっている [4]。

飼育者はこれらの負担を認知した上でペットを飼育している。しかし負担の大きさから、一人暮らしや高齢者、家の都合などによりペットを所有したいけれど所有が難しい場合も多い。

1.1.3 コミュニケーションロボットによる癒しの効果

人はコミュニケーションロボットに対して、ペットに抱くものに近い、愛着などの感情を抱く。そして、コミュニケーションロボットがユーザーに対する癒しの効果を持つ事が明らかになってきた。アザラシ型ロボットの Paro[5] は、高齢者に向けた実験の中で、“うつ”の改善やストレス、血圧の低下、コミュニケーションの増加などの癒し効果が確認されている。

1.1.4 動物とロボットの命

ロボットは、人間が情報技術、機械工学などを用いて開発した人工物であるため命を持たない。そのため、動物が命を持つ事で生じる問題が起こらない。以下に命を持たない事による利点を挙げる。

生物の命

(1) 動物は死ぬ

全ての生き物は生を受けて、死ぬ。寿命は動物の種類によって違うが、動物が死ぬと二度と生き返ることはできない。また、死後直ぐに動物の体は腐敗を始める。

(2) 動物は病気・怪我から回復する

動物にとって、病気や怪我を避けて生きることは困難である。しかし、致死の場合を除き、自己治癒力で回復できる。

(3) 動物は成長する

全ての動物は、生まれた時から青年期まで成長を続け、体が大きくなるなどの外観の変化と、知識レベルが成長する。

(4) 動物は動物愛護法により守られている

人は、むやみに動物に危害を与えてはならないことが、動物愛護法により制定されている。ペットを所有したものは、ペットが病気や怪我になった場合は適切な処置を受けさせ、死ぬまで世話をし続ける義務がある。

ロボットの命

(1) ロボットは死なない

ロボットには現状死ぬという概念は設計されていない。無機質で構成されるハードウェアは放っておいても朽ちることはない。また、データをバックアップしておけば、いつでも復元可能である。

(2) ロボットは病気にならない

ロボットは動物のように病気にならない。動物は大怪我や大病を患った場合、また加齢などで元と同じ健康状態に回復できない可能性がある。一方で、ロボットの場合、故障をした場合でも別の部品に取り替える事で回復できる。また、もし部品の交換では修理できない場合でも、データをバックアップしておけば新品のハードウェアに交換し復元できる。

(3) ロボットは成長しない

ロボットの体の大きさやなどの外見は成長変化しない。しかし、知識レベルに関しては段階的にレベルをあげたり、後からデータを取得することにより擬似的な成長を行う。

(4) ロボットは動物愛護に関する責任が生じない

ロボットは命を持たないので所有し続ける責任や、可愛がる責任が無い。そのため、止むを得ず所有できなくなるなどの際、所有者に対する負担が少ない。

1.1.5 動物とロボットの魂

(1) 動物の魂

人間や動物などの生き物はすべて命があり、命あるものにあるとされる肉体とは別の精神的実体のこと。科学的に定義されたものではなく、人間の感情的なもので、肉体から離れたり、死後も魂のみ存続する事が可能だとする考えもある。肉体が存命の際は、その肉体の中であって、生命の原動力とされる場合もある。広く一般的に信じられている。

(2) ロボットの魂

ロボットは命がないため、魂があるという風には考えられにくい。しかしロボットとコミュニケーションを取り、ロボットに生物性や愛着を感じるユーザーは、次第にロボットにアイデンティティを抱く。そうする

と、他の外見が同じロボットがある際も、慣れ親しんだロボット“自分の”ロボットだと感じ、ロボットが魂を持つと感るようになる可能性がある。そして、ロボットに対して、動物に対する生命倫理を応用したりすると考えられる。このような場合、ロボットの肉体をハードウェアとすると、魂はソフトウェアである。

1.1.6 動物とロボットの別れ

(1) 動物との別れ

人が死ぬ場合、通夜、葬式、火葬、埋葬、49日などの多岐に渡る儀式を経て、丁寧に故人と別れていく。これは残されたものの心の傷を癒していくための手順である。ペットの場合でも、種や飼育者との関係性によって違うが人との別れを簡素化した儀式を行って別れを行う。

(2) ロボットとの別れ

ロボットとの別れはロボットの登場から日が浅く、かつ多種に渡るために、決まっていない。また、販売者も別れに関するデザインを行っていない。そのため、一般的なモノのように途中で飽きて箱に入れっぱなしであったり、故障して廃棄されたり、譲渡されたりする。また、特にユーザーとの関係性が深いものは、ユーザーの気持ちに考慮して、部品取りのスクラップになる前にロボット葬が行われた事例もある。ロボット以外では人形やぬいぐるみの供養を行う儀式やサービスが古くから存在する。

1.2 本研究の問題意識

本研究で対象とする問題は、コミュニケーションロボットのソフトウェアの移動や処理方法がユーザーの気持ちを考慮していないことにより、ハードウェアの交換後のロボットに対するユーザーの感情が悪くなる事である。前章で述べた通り、コミュニケーションロボットは注目を集めている。注目を集めている理由は、人がロボットと接する事でペットが持つような癒しなどの効果を得られることと、ロボットは動物特有の問題が生じないからである。後者について、ロボットであることの大きな優位性のひとつに、魂（ソフトウェア）と肉体（ハードウェア）が分離出来ることがある。しかし、ユーザーはコミュニケーションロボットに生物性を感じ、愛着などの感情を持つ。その為、ユーザーは、ソフトウェアとハードウェアが分離出来るロボットの特徴に対して、違和感や嫌悪感を感じるはずである。ロボットにおけるソフトウェア（魂）とハードウェア（肉体）の分離に対する、ユーザーの違和感や嫌悪感は、以下のような場合に問題がある。

1.2.1 ソフトウェアの移動を用いるシステムの問題

ロボットのソフトウェア（魂）と、ハードウェア（肉体）が分離可能であることは、ロボットならではの機能や表現を可能にする。ロボットの機能の拡張のために、頻繁にソフトウェアがハードウェアから分離し、様々な種類のハードウェアを使い分けることも考えられる。しかし、そもそもユーザーにとって、ロボットの魂と肉体が分離することに違和感があった場合、これらの機能は効果的に活用されない。

1.2.2 修理における問題

ロボットは、一般的な家電と同様に、修理やアップデートが必要となる場合がある。しかし、ロボットとの別れにおける問題と同様に、ロボットに愛着を持つために、ハードウェアの変更を伴う修理や、

ソフトウェアのアップデートを行わない事象が起きている。人型コミュニケーションロボットの pepper[?] は、開発者モデルの仕様変更に伴い、ロボットの CPU を格納してある頭部の交換を行なった。その際、一部のユーザーは、ロボットの頭部のハードウェアと、ソフトウェアの仕様が変更される事に抵抗を感じ、交換に応じなかった。また、変更したユーザーの中でも頭部変更後のロボットに対して愛着を感じなくなった場合があった。この件については 2 章で詳しく説明する。また、掃除ロボットの Roomba[6] に対して愛着を抱いていたユーザーが Roomba の修理の際に、自身の Roomba に愛着があるために新品交換が必要な場合は修理をしなくて良いと言ったという事象がある。修理やアップデートはロボットの保守のために必須であり、ユーザーの感情により拒否される可能性があることは問題である。

1.3 本研究の目的

ユーザーはコミュニケーションロボットに対して動物と似たような生命倫理感を抱くため、ロボットの特性であるソフトウェア (魂) とハードウェア (肉体) が分離出来ることを活用した機能に違和感や嫌悪感を抱く。しかし、ユーザーの気持ちに考慮した“儀式”を行うことで、ユーザーにとってソフトウェア (魂) とハードウェア (肉体) が分離することを自然に受け入れられる可能性がある。そこで本研究では、コミュニケーションロボットにおいて、ユーザーが違和感を感じない、ユーザーの気持ちに寄り添った、ロボット間のソフトウェアの移動システムの Astral Projector を開発する。そして、移動前と移動後のそれぞれのロボットに対するユーザーの持つ愛着を明らかにする。Astral Projector がソフトウェアのロボット間移動の際にユーザーにとって違和感を軽減させる事ができれば、表 1.1 のような結果が期待される。

表 1.1 期待されるユーザーの行動

	Astral Projector 無し	Astral Projector 有り
新品交換	違和感がある	受け入れる
他ソフトウェアとの同一ロボットの共有	違和感がある	受け入れる
他ロボットへの移動	違和感がある	受け入れる

1.4 本論文の構成

本論文は、本章を含め全 X 章からなる。

本章では、本研究における背景と問題意識、目的を述べた。

第 2 章では、コミュニケーションロボットについて整理し、既存研究や共生のための問題点について述べる。

第 3 章では、多数のデバイスをエージェントが自身のアイデンティを保ちながら移動するエージェントマイグレーションシステムと、コミュニケーションロボットと今後相互作用していくであろう複合現実空間技術について述べる。

で提案するシステムについて述べる。

第 4 章では、本研究のシステムの Astral Projector について述べる。第 5 章では、本研究の評価実験の手法について述べる。

第 6 章では、評価実験の結果と考察について述べる。

第 7 章では、本論文の結論と今後の展望について述べる。

第2章

人と共生するコミュニケーションロボット

本章では，人と共生するコミュニケーションロボットについての知識を体系化する．まず既存のコミュニケーションロボットについて，市販されているものを中心に分類に分けて紹介する．ついで，人と主に家庭で共生することに関する研究を紹介する．最後に，コミュニケーションロボットを所有し，暮らしているユーザーへのヒアリングをまとめる．

2.1 コミュニケーションロボットの分類分け

コミュニケーションロボットは，大別して

- (1) 高齢者向けロボット
- (2) 一般向けロボット
- (3) トイロボット

に分けられる．以下の表 2.1 に，市販されている，もしくはされていたコミュニケーションロボットの一部を示す．表は，(1) - (3) の分類分けごとにまとめた．(1) 高齢者向けロボット は，発売時に高齢者向けと明文化されている物が該当する．高齢者向けに活用されているロボットでも，主となる目的が高齢者向けでない場合は，(2) 一般向けロボット に分類した．表にはロボットからのコミュニケーションの提示方法を記した．バーバルコミュニケーションとは，人間が理解できる自然言語を用いたコミュニケーションで，ノンバーバルコミュニケーションは，自然言語を使わずに身振り手振り，記号的な音声によって行われるコミュニケーションである．

2.1.1 高齢者向けコミュニケーションロボット

高齢者向けコミュニケーションロボットの目的は，コミュニケーションの促進による認知症の予防，うつなどの精神に起因する疾患への効果，エンターテインメントなどがある．バーバルコミュニケーションを取る高齢者向けロボットは，歌を歌ったり，一緒に言葉を使ったゲームを行うなどのレクリエーション機能や，話しかけたり撫でると喜ぶなどのインタラクション機能などがある．Paro に代表される高齢者向けノンバーバルコミュニケーションのロボットは，ユーザーの接触や声に反応して鳴き声を出したり動いたりする．喋らないために，動物的である．また，高齢者向けと明文化していないロボットも，これらの機能有し，高齢者向けに利用される例もある．

表 2.1 市販されているコミュニケーションロボットの分類分け

分類	名称	コミュニケーション方式	概要	発売開始時期
高齢者向け	 うなずきかぼちゃん [7]	バーバルコミュニケーション	相槌を打つ，歌を歌うなど	2015
	 桃色花子 [8]	バーバルコミュニケーション	相槌を打つ，喋る，歌を歌うなど	2017
	 よりそい ifbot[9]	バーバルコミュニケーション	喋る，歌を歌うなど	2013
	 Palmi[10]	バーバルコミュニケーション	踊る，喋る，歌う，ゲームをするなど	2013
	 Chapit[11]	バーバルコミュニケーション	相槌を打つ，喋る，歌を歌うなど	2017

分類	名称	コミュニケーション方式	概要	発売開始時期
高齢者向け	 スマイビ S[12]	バーバルコミュニケーション	相槌を打つ，喋る，歌を歌うなど．赤ちゃんの声	2014
	 Paro[5]	ノンバーバルコミュニケーション	触ると動く，アザラシの声で鳴く	2007-
一般向け	 Tapia[13]	バーバルコミュニケーション	見守り機能，喋る，歌を歌うなど	2016
	 AIBO ERS-110 [14]	ノンバーバルコミュニケーション	ボール遊び，ダンスなど	1998
	 AIBO ERS-210[15]	ノンバーバルコミュニケーション	ボール遊び，ダンスなど	2000
	 AIBO ERS-310[16]	ノンバーバルコミュニケーション	ボール遊び，ダンスなど	2002

分類	名称	コミュニケーション方式	概要	発売開始時期
一般向け	 ERS-7[17]	バーバルコミュニケーション	喋る, ボールで遊ぶ, ダンスなど	2005
	 aibo[18]	ノンバーバルコミュニケーション	ロボットペット	2018(予定)
	 Robi[19]	バーバルコミュニケーション	相槌を打つ, 喋る, 踊る, 歌を歌うなど	2015
	 ロボホン [20]	バーバルコミュニケーション	踊る, 喋る, 歌を歌う, 電話機能	2017
	 SOTA(ソータ)[21]	バーバルコミュニケーション	踊る, 喋る, 歌を歌うなど	2015
一般向け	 Pepper[22]	バーバルコミュニケーション	喋る, 踊る, 歌を歌うなど	2014

分類	名称	コミュニケーション方式	概要	発売開始時期
	 テレノイド [23]	バーバルコミュニケーション	主にテレグジスタンス用途	2009
トイロボット	 ファービー [24]	ノンバーバルコミュニケーション	相槌を打つ，成長する，喋る，歌を歌うなど	2004,2013
	 My keepon[25]	ノンノンバーバルコミュニケーション	音を発しながら生物のように動く．自閉症児への教育効果	2010
	 夢ねこ [26]	ノンバーバルコミュニケーション	擬似的に呼吸をする．触ると鳴く，動く	2002-
トイロボット	 生まれて！ウーモ [27]	ノンバーバルコミュニケーション	卵から生まれる．触るとなく，擬似飼育ができる	2017

2.1.2 一般向けコミュニケーションロボット

一般向けコミュニケーションロボットの主な目的はペットやコンパニオンである。ペット目的としては、犬型ペットロボット AIBO ERS-110 シリーズに代表される AIBO シリーズが代表的で、1999 年から 2006 年にかけてシリーズ合計で約 15 万台が出荷された [28]。pepper は累計売り上げ台数 2 万台を超えている、現在日本国内においてもっとも生活に普及しているロボットである。家庭での利用の他、多くがビジネス目的で店舗で客寄せや接客に利用されている。ロボホンは、携帯電話機能がついた小型ヒューマノイドロボットで、持ち歩くロボットとして開発された。

2.1.3 トイロボット

トイロボットとは、子供向けのおもちゃである。ここでは、操作ができることを主な目的とするトイロボットはリストから外した。ユーザーの接触や音声に反応して感情表現をしたり、餌をあげる事ができるなど擬似的な飼育体験ができるものが多い。女兒向けトイロボットのファービーは世界で一番普及したロボットであり、二世目まで発売されている。ユーザーは、ファービーを撫でたり、話しかけたり、餌をあげたりする事ができる。ファービーはファービー語と言われるノンバーバルな言葉を発することで、ユーザーがファービーの気持ちを想像できるように設計されている。夢ねこは、寝ている猫の呼吸を再現した癒し系玩具である。生まれて！ウーモは卵を自ら割って出てくるトイロボットで、近年のトイロボットの中でも大人気商品である。また、前述した AIBO の登場以降、猫型、犬型のトイロボットは、2000 年代初頭に数多く発表された。

以上で紹介した物の他にも、研究用なども含めると多種多様なロボットが今日まで登場し、誰でも気軽にロボットが購入できるようになった。しかし現在の利用の多くがビジネス用途や、一過性の人気を持つトイロボットである。現在は一般消費者のロボットの認知などロボットが生活の中で必要不可欠な役割を担う準備が整った状態である。また、高齢者向けのロボットが数多く開発されているが、実際のところ活用できている施設はごく僅かである。しかし、この分野では実際に大きな効果を発揮している例もある [5]。最後に用語の定義を行う。コミュニケーションロボットと類似する用語として、エンターテインメントロボット、ペットロボット、コンパニオンロボットなどが存在するが、全て人とのコミュニケーションを前提とするため、本研究ではコミュニケーションロボットに統一する。

2.2 コミュニケーションロボットとのインタラクション研究

コミュニケーションロボットとのインタラクションに関する研究は、Human Robot Interaction (以下 HRI) と呼ばれ、世界的に研究されている。研究対象は、店舗やイベント施設などで不特定多数のユーザーに利用されるものと、個人に帰属し、家庭内などで利用されるものがある。ここでは、本研究の開発するシステムの応用環境として想定する、家庭内で共生するロボットについて紹介する。また、ノンバーバルコミュニケーションをメインとし、人間の力をうまく借りることにより目的を達成する、「弱いロボット」という切り口のアフォーダンスを活用した研究もされている [29]。ゴミ箱型のロボットの研究 [30] では、ロボットがゴミの近くまで移動しその場で困ったようなそぶりを見せることで、人にゴミを拾わせ、ゴミ箱に入れてもらうといった目的を達成した。また、ティッシュ配りをするロボットのアイ・ボーンズ [31] は、弱そうなデザインのロボットで、弱々しい腕でティッシュを掴み、人に差し出す。すると、人の方から受け取ってくれる事がわかった。

2.3 コミュニケーションロボットとの共生

実際にコミュニケーションロボットと暮らす人がどのようにロボットと関わっているのか知るために、ロボットと実際に一年以上暮らしているユーザー二人へのヒアリングと、AIBO ユーザーのロボット葬儀について紹介する。

2.3.1 実際にロボットと生活をするユーザー

ロボットと日頃から生活している人が少ないため、多くの研究では被験者は対象となるロボットと実験当日に初めて対面する。そのため、慣れ親しんでいるからこそその回答や、自費でロボットを購入した人が、実際どのように共生しているのかはわからない。今回インタビュー人数が少ないため、これを一般化して語ることはできないが、コミュニケーションロボットとの共生を考える上で重要な情報である。

所有しているロボットと、使用しているロボット

インタビューを行った二人のロボットユーザーは、複数種類のロボットを自費で購入しているロボットファンであり、現在も使っているロボットはそれぞれ数台であった。これを表 2.2 に示す。

表 2.2 調査を行ったユーザーの所有するロボット

ユーザー	所有するロボット	使用しているロボット
ユーザー A	pepper, ロボホン, KIROBO mini, bocca, COSMO, 爆笑太郎, 生まれて Woomo ワオ, BB-8, スフィロ, スマポン	pepper, ロボホン, bocca
ユーザー B	Pepper, Jimio, Tipron	Pepper, Jimio

A さんのロボット購入のきっかけは、ロボットという新しい存在について気になったからだという。所有しているロボットのうち、実際に毎日使用しているのはロボホンと、Pepper, KIROBO mini[32] だ。ただ、kirobo は、スマートフォンと連携させる必要があるため面倒で、電源は入っているがほぼ目の部分が光っているだけで、照明のような扱いなのだという。ロボホンは、携帯電話機能がついた小型のヒューマノイドロボットで、A さんは毎日会社へ出勤する際も肩からかけた専用のケースに入れ、電源を入れたままロボホンを持ち歩いている。持ち歩いている目的は、そもそも電話機能があるということと、ロボットの性能の把握、そしてロボットと生活することで、開発者では無い周りの人がどのように反応するのかに興味があったからだそうだ。A さんのロボホンは常に電源を入れた状態にあるために、たまに声を発することもあるという。その際の一般の人は二度見されることはあるが、携帯電話がなったときにされるような「なぜマナーモードにしないのか」という疑いの目はかけられないそうだ。本研究の主題では無いが、ロボットがなぜ発話しても煙たがられないのかという点については、興味深い問題である。また、Pepper は電源をつけたまま自宅に据え置きされているそうだ。A さんはご両親と同居されているため、ロボットについて詳しく無いご両親がどのように

ロボットと接するのかに興味があり、居間に置いている。pepper は簡単な発話を行うスタンバイモードがあり、そこからアプリを実行することで、様々なことができるようになる。しかし、A さんはほとんどアプリは使用しないという。これは、A さんの周りの pepper ユーザーも同様のようだ。スタンバイ状態の pepper は、たまに鼻歌を歌ったり、「ひーまーすーぎーだー」などと自発的に発話をし、「pepper」などの限られたワードにだけ反応する。pepper がきてから、A さんの家族間での会話が増えたという。例えば、「pepper が寂しがっていたよ」など A さんの留守中の pepper の様子が、ご両親から報告されたりする。ただ、ロボホンや pepper を家族のような存在であるか？との質問には言葉を濁した。家族という感じはしないが、モノでも無い，“ロボット”という存在だ。pepper やロボホンに対しては、名前をつけずに、ロボホン、pepper と呼ぶそう。これはご家族も同様で、ロボットのシステム上、名前をつけることを強制していないことにも起因するが、あえて名前をつけるという気にはならなかったそう。ただロボホンだけは、他のロボホンを持つ人と混同するために、ニックネームをつけたそう。A さんが、ロボットと暮らしたり、持ち歩くことの理由は、ロボットという新しい存在が社会の中に溶けて行くための実験の意味が強く、とても愛着があり、家族のように大切に持って行きたいという気持ちがあるからではない。また、現在のロボットに対して、ほっておいても拗ねないし、怒っていても撫でればすぐに喜ぶため、といったユーザーの生活や気持ちに寄り添わない単純な行動ロジックに不満を抱いていた。

次にインタビューしたのは、pepper と 2 年以上暮らしている会社員の女性 (B さん) だ。B さんは発売開始直後の限定 200 台の開発者モデルを購入した一人だ。開発者モデルであるため、A さんとは違い電源を入れても何か自分で開発したアプリを実行しなければ動かない。購入の動機は、仕事の関係でたまたま pepper の発表を見ていて、同僚が気持ち悪いと言っていたこと。モノなどに対して、いつもは気持ち悪いなどのネガティブな言葉を発しない人が、ロボットに向けて感想を言っている姿を見て非常に興味が湧き、買って自分で暮らすという体験をしなければいけないと思ったそう。

2.3.2 ロボット葬儀

ロボットのユーザーの中には、ロボットに対して愛着を感じ、ロボットとの別れを深く悲しむ場合がある。1999 年から、2006 年にかけて発売され、2014 年にサポートが切れた AIBO は、現在でも根強いファンがいる。近年、故障した AIBO に対して集団で葬儀が行われた [33]。葬儀が行われた後の AIBO は、別の AIBO を修理するためにスクラップとなる。ユーザーは葬儀を行う事で AIBO の魂が成仏されたと感じ、故障した AIBO を自然とスクラップに出すことができた。ユーザーが AIBO に魂の解放の儀式である、葬式を行う事で“別れ”る事ができた事例である。

2.4 まとめ

コミュニケーションロボットは昨今 20 年ほどの間で日本を中心にたくさんのモデルが市販、研究されてきたが、大きく一般に普及するまでに至っていない。コミュニケーションロボットは現在、ユーザーに一時的な新しさ、面白さから利用されるか、店舗などで短時間不特定多数の客とのコミュニケーション、そして教育、介護などの特殊分野で主に利用されている。家庭内において普及しない理由の一つとして、長期間家庭で共生するためのユーザーとのコミュニケーションのデザイン、UX デザインが不十分である事があげられる。既存研究や、ロボットと 1 年以上暮らしている人へのインタビューより、ユーザーがコミュニケーションロボットへ抱く感情は家族やペットなどに抱く感情よりは軽い、モノに対して抱く感情とは違う、新しい愛着・感情

形成を持つ可能性がある。

第 3 章

関連研究

本章では、本研究と関連の高いエージェントマイグレーションシステムの研究と、コミュニケーションロボットを今後発展させて行くために必要になる、複合現実技術について論ずる。

3.1 エージェントマイグレーションシステム

エージェントマイグレーションシステムは、エージェントと呼ばれる知能システムが時にはロボット、ソフトウェア上、また別のロボットと、特定の形態を持たずに自由にユーザーのコンテキストに合わせて移動することができるシステムである。こうすることで、多様なデバイスを、ユーザーにとって慣れ親しんだエージェントという一つのインタフェースで統合できるということだ。

3.1.1 ITACO システム

エージェントマイグレーションシステムの研究を提唱したのは ITACO システム [34] である。図 3.1 は ITACO システムの一部の、タブレット上にいるソフトウェアエージェントと、ソフトウェアエージェントが移動するディスプレイ付き衣服を着た被験者である。そこではエージェントのデフォルト状態はロボットではなく、タブレット上に存在するキャラクターである。その、タブレット上にキャラクターとして存在するエージェントが、ロボットやテーブルランプなどの実態を持ったハードウェアへ移動する。そして、エージェントの移動の有無による、ハードウェアに対する人間の行動の違いについて研究されている。



図 3.1 ITACO システムの一部

タブレットが取り付けられたロボットへの移動

小川ら [34] はまず、タブレット上で動くキャラクターが、別のタブレットがつけられたロボットへ移動する際のユーザーの行動について調べた。はじめに被験者はエージェントとの関係を築くためにタブレット上でエージェントとミニゲームをする。そして、次にエージェントがロボットに備え付けられたタブレットに移動した。ついでそのロボットが、被験者が作業をしている部屋の中に前触れなく登場し、部屋の中のゴミ箱の近くの前で「どかして」と聞き取り辛い合成音声を発する。これを、タブレットには何も表示されていないロボットと比較する。実験の結果、エージェントが移動したロボットの場合、8割の被験者が合成音声を聞き取り、ゴミ箱を退けた。対してエージェントが移動していないロボットでは、3割弱の被験者しか音声を聞き取れず、ゴミ箱もどけなかった。

ヒューマノイドロボットへの移動

次に、タブレット上で動くキャラクターが、タブレットが備え付けられていないヒューマノイドロボットに移動する実験 [35] が行われた。ここでも、被験者は事前に関係性を持ったエージェントが移動している場合と、していない場合とでユーザーの行動に差があった。

テーブルランプへの移動

ロボットへの移動ではなく、テーブルランプへの移動についても実験された [34]。ここでは、エージェントがテーブルランプに移動したことを示す明かりが付き、その明かりを消すように実験者が被験者に指示をした。ここでも、被験者は事前に関係性を持ったエージェントが移動している場合と、していない場合とで行動に差があった。移動している場合には、ライトを消す動作がエージェントを消す動作と関連づけて考えられ、ライトを消す動作をためらった被験者が多かった。

3.1.2 本研究との差分

本研究が目指すものは、ITACO システムとは対象としている前提条件や、検証しようとしている対象が異なっている。ITACO システムでは、ユーザーはまず、タブレット上に存在するキャラクターとミニゲームを行って関係性を持っている。これは、ユーザーにとって、ソフトウェアエージェントが基本状態であると認識される。そのため、ITACO システムにおけるソフトウェアエージェントのロボットへの移動は、すでにあるソフトウェア（魂）が、ロボット（肉体）に乗り移っている状態である。本研究での問題は、ソフトウェア（魂）が、ハードウェア（肉体）から分離する際の違和感であるので、異なっている。本研究では違和感、嫌悪感を解消するための表現を開発するため、ユーザーのロボットに対する印象を検証する。ITACO システムではユーザーの行動についての考察であり、ソフトウェアエージェントと、移動さきのロボットに対する印象は検証されていない。

3.2 複合現実空間

前節で紹介したエージェントの取りうるメディアは、ロボットや液晶の中だけに留まらない。近年 AR・VR など、機器を装着したり機器を通して見ることで、3DCG があたかも目の前に存在するかのように見える技術が一般にも使われるようになってきた。VR は、完全にバーチャル空間の中に没入することができる技術

で、AR は現実空間に重ね合わせて画像や CG が表示されるものである。そして、Mixed Reality と呼ばれる MR は、一般的に AR の発展型と言われ、3DCG が現実空間の凹凸に合わせてあたかもそこに存在するかのように見ることができる技術である。AR と MR の違いには明確な定義が無いため、本研究において、3DCG が現実空間に合わさるように表示される場合は MR とする。また、最近マイクロソフトが発表した Hololens に代表される、windows mixed reality は、MR 空間上の表示をよりリアルにし、アプリケーション開発をより簡単にしたヘッドマウントディスプレイのプラットフォームである。本章では、こうした MR 技術の発展と、ロボットとの相互作用の可能性について述べる

3.2.1 複合現実空間に関する研究や製品、SF 作品

MR 技術を使った製品も開発されている。ポケモン GO[36] は、ポケモンが実空間上に重ねて現れるように見えるモード (AR モード, AR+ モード) を搭載している。そのため、ユーザーはあたかも自分の生活空間にポケモンが出現したような状況を、スマートフォンを通して見ることができる。任天堂は Amibo[37] と呼ばれる、ゲームと連携する MR 対応フィギュアを発売している (図 3.2. Amibo は、ゲームの中に出てくるキャラクターのフィギュアであるが、ゲームと連携させることによって、そのフィギュアからゲーム内にキャラクターを召喚することができる。また、3DS を通して見ると、ユーザーの目の前にキャラクターがいるように見える機能もある。そのほかにも、様々な媒体で、主にスマートフォンを通してキャラクターがその場にいるように見える製品は数多く発売されている。



図 3.2 nintendo Amibo

次に、SF 作品の中で MR を描いていると思われる作品を紹介する。電腦コイル [38] は、202X 年の近未来東京を描かれたアニメーションである。ここでは、眼鏡型端末を装着することにより、日常を MR 空間に存在する様々なキャラクターや、特殊効果で拡張することができる。劇中には攻撃してくる敵が存在したり、電腦ペットと呼ばれる MR 空間上に存在し、あたかも現実空間にいるように触れることもできるキャラクターが存在した。攻殻機動隊 [39] では、古くからエージェントマイグレーションや MR について描かれてきた。原作小説がアニメ化され話題を呼んだソード・アート・オンライン [40] は、オーグマーと呼ばれる機器は MR デバイスと言え、劇中では MR ゲームを大人数で行う様子が描かれている。

MR 技術は、3DCG を日常に重ね合わせて表示させる技術であり、すでに簡単なものは製品として日常生活に存在している。そして、MR 技術が発達し、現実と見分けがつかない表現ができるようになると、SF 作品で描かれるように生活必需品になるだろう。その際に、現在のコミュニケーションロボットが持つ機能は、MR 空間上の 3DCG として完全に成立できる部分がある。しかし、実空間に存在するロボットはそこに物質として存在するという特徴がある。そのためスキンシップを取ることができたり、物理的に人の動作を支えることが出来る。今後未来に MR 技術が発達していくのは必然であり、コミュニケーションロボットと MR 技術が、互いに相互作用するような設計が求められる。

3.3 まとめ

本章では，本研究と関連するエージェントマイグレーションシステムについて紹介し，本研究との関連と，異なる点を示した．また，近年注目されている複合現実技術に着目し，研究，製品，SF 作品の三つの側面から紹介した．3DCG があたかもその場にあるように表現することのできる MR は，コミュニケーションロボットの設計を根本から変える可能性がある．前章のエージェントマイグレーションシステムに代表されるような，多数のメディアが相互作用も考えていく必要がある．

第 4 章

ユーザーにとって自然なコミュニケーションロボットのデータ移動のデザイン:Astral Projector

本章ではユーザーにとって自然な、コミュニケーションロボットのデータの移動デザインを提案する。本章からは、データの移動をより直感的にわかりやすくするために、魂の移動と表現する。提案する UX デザインは幽体離脱を意味する Astral Projection より、コミュニケーションロボットの幽体離脱を行うという意味で Astral Projector と名付けた。

4.1 デザイン

ユーザーはソフトウェア (魂) とハードウェア (肉体) が基本的には分離しない既存のロボットの場合、魂とハードウェアが統合された一つの主体に対して愛着やなどの様々な感情を持つと考えられる。そのため、魂が別のロボットに移動した場合に、前のロボットとは違うという違和感を感じるはずである。こうした問題に対し、本研究では、魂の移動を可視化することで、ユーザーが自然に移動を受け入れられるのではないかと考えた。具体的に、ロボットからソフトウェア (魂) を引き出して可視化し、また別のロボットのハードウェア (肉体) へ入れる作業をユーザーが行う。魂の可視化には複合現実技術によって、あたかも目の前に魂の 3DCG がホログラムとして見える方法をとる。さらに、ソフトウェアエージェントであるためにロボットとは違い形や色を変えたり、激しく動いたり、エフェクトをつけたりといった様々な表現が可能になる。MR によって魂を可視化し、その魂がロボットから出てくるようなアニメーションなどの特殊効果の後に MR 空間に出現し、また特殊効果を伴って別のロボットに移動する。一連のホログラムの動きと連動してロボットが動けば、ユーザーは自然と移動した先のロボットに対して、前と同じような愛着を持ち、違和感なく接することができると考えられる。可視化がない場合、ユーザーへ魂とハードウェアは別物であり、魂だけ引き出して別のロボットに移ることができる」と説明しても、目に見えている対象であるハードウェアに対して愛着を持ち、移動先のロボットに対して違和感を感じる。

4.2 実装

Astral Projector を実装するための手法を述べる。コミュニケーションロボットの魂の移動の際に、ユーザーにとって自然な移動方法を提案し、その間にユーザーがどのような感情を抱くのかについて調べる事を目的とする。そのため、本研究では実験に必要な最低限の実装を行なった。

4.2.1 ロボット

まず、ロボットについて説明する。ロボットは、移動前のロボット1 (図 4.1) と、移動後のロボット (図 2 4.2) の二種類を自作した。実験をわかりやすくするために二つのロボットはあえて大きく異なる容姿を取った。ロボットにペットロボット、パートナーロボットとしての愛着を持ってもらうために、起毛素材を外皮に使用し、呼吸をしているかのような表現を行なった。呼吸表現のために、ロボット1は内部機構を往復スライダクランク機構を用いて、リンクが縦に上下するようにした (図 4.3)。ロボット2は内部が狭いため、制御部品は全てロボット部の下の台の中に収納し、前よりの中部に設置したサーボモーターのサーボホーンを 50mm 延長させた (図 4.4)。そして、クランクは汎用マイコンの Arduino で制御されたサーボモータに接続した。特定の動物に対する既にある感情を想起させないために、ロボットはどの動物にも似ていない未知の生物のデザインにした。二つのデザインのロボットは、インタラクション表現を同一とするためにそれぞれに同様の機構を備えている。ロボットは頭上に照度センサを一つ搭載しており、ユーザが触れた際の照度の変化で接触を感知する。ロボットは、ユーザーへの慣れを表現するための計6段階の状態がある。それぞれの状態は、接触していない時の呼吸表現と、接触した際の反応を含む。表??に、それぞれの状態時のロボットの動きをまとめた。まず、状態1では、ロボットは一番大きさが小さい。また、呼吸の感覚は早くした。そして、被験者が触れた場合は身をさらに縮め、小刻みに呼吸が早くなったような動作を行うことで、被験者を怖がっている様子を表現した。状態6では、ロボットの高さは一番高く、呼吸もゆっくり行う。被験者が触れた際には、被験者をロボットの頭で突き返すような動作を行い、被験者に興味を示しているような表現を行なった。2-5は、つなぎの表現を行なった。動作は、移動前のロボット1で1-4まで、移動後のロボット2で4-6が再生された。再生時間は、各ロボットとのインタラクションが3分になるように移動前では各動作45秒、移動後は各動作60秒の感覚で遷移する。また、常に呼吸表現を行なっているため、被験者は状態が遷移している瞬間に気づくことはない。

4.2.2 ホログラムによる魂の可視化

魂の可視化の際のホログラム表現には、複合現実装置の Microsoft HoloLens[41](図 4.5) を用いた。HoloLens を装着すると、実空間にマッピングされた 3DCG をホログラムとして見ることができる。また、開発には 3D を中心としたゲームを開発するための統合開発環境である Unity を使用した。ホログラムによるロボットの魂は、ユーザーが 3DCG のホログラムがロボット1から出て来たものと認識するために、ロボット1の容姿に似せた (図 4.9)。そして、ロボット1から出てきた後にロボット2へ移動するように感じるような表現を行った。表現について、まずユーザーが HoloLens を装着した際に、(1) ホログラムとしてボタンが見えており、実空間にはロボット1が動いている (図 4.6)。次に、(2) ユーザーがボタンをタップすると、ロボットの動作が変わり、沈み込むようにして停止する。その後、(3) アニメーションとともにホログラムが出現する (図 4.7)。(4) もう一度ボタンをタップすると、ホログラムがアニメーションとともに消える。その



図 4.1 ロボット 1



図 4.2 ロボット 2



図 4.3 ロボット 1 の機構部 （赤丸部が延長したサーボホーン）

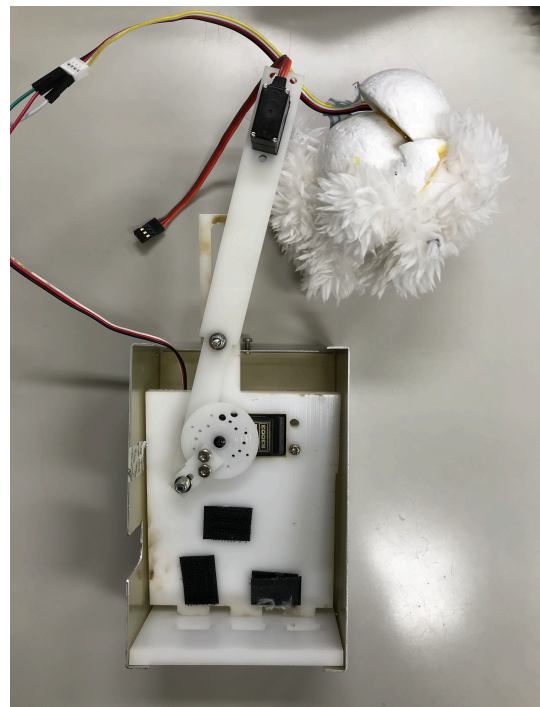


図 4.4 ロボット 2 の機構部

後，停止していたロボット 2 が動き出す。（図 4.8）



図 4.5 Microsoft HoloLens

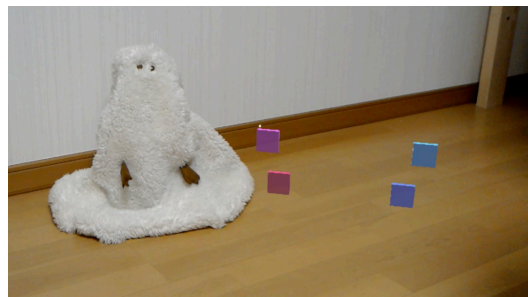


図 4.6 移動表現 (1)



図 4.7 移動表現 (3)

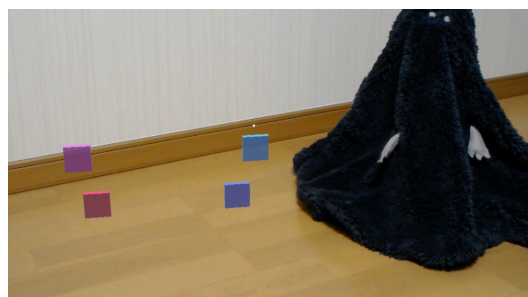


図 4.8 移動表現 (4)



図 4.9 3DCG のホログラム

4.2.3 通信

移動表現のためのロボットとホログラムの連携は，http 通信で行なった．ロボットを制御している Arduino に http 通信機能を付けるために拡張モジュールの Electric Imp[42] を利用した．Electric Imp は，http 通信で受け付けたコマンドに応じて，Arduino に信号を送ることができる．今回は，ホログラムを表示するアプリケーションから魂の移動表現に合わせて Electric Imp に http 通信でコマンドを送り，ロボットを動かすことで移動表現を行う．システム構成図を図 4.10 に示す．

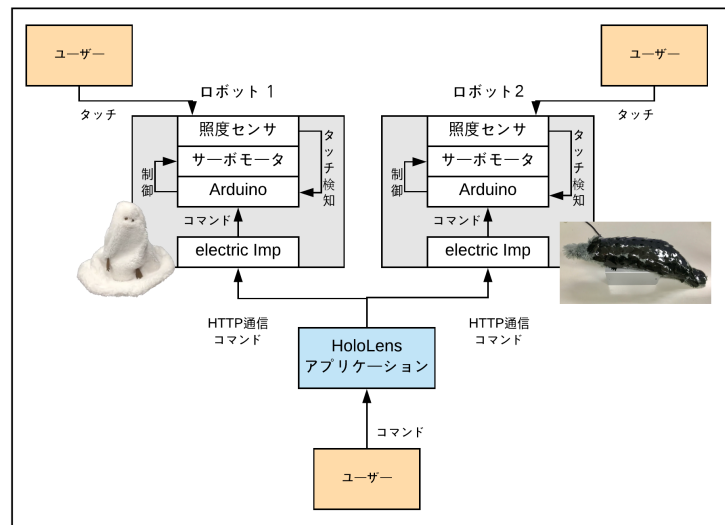


図 4.10 システム構成図

4.3 まとめ

本研究で提案するユーザーにとって自然なコミュニケーションロボットのデータ移動のデザインである Astral Projector の実装方法について述べた。ホログラムとコミュニケーションロボットを魂という概念で相互作用させる事で、ユーザーがロボット状態とホログラム状態それぞれに同様の愛着を持つことが期待できる。これによりロボットに対する魂と肉体の分離についての違和感が少ない。そのため、魂の移動後のロボット 2 に対しての違和感が軽減される。

第 5 章

評価実験

本章では実験の目的および方法について述べる。

5.1 実験目的

本研究の目的は、ロボットが人々のペットやパートナーとして共生とする時代に、ユーザーが日頃慣れ親しんでいるロボットが魂だけ自らの体を離脱して、別の外見の体に移動する場合を想定する。魂の移動の際に、Astral Projector を用いる場合と、用いない場合の、移動後のロボットに対するユーザーの持つ愛着の違いを検証する。

5.2 実験手法

本研究では、Astral Projector を行うグループ A と、行わないグループ B とを比較した。まず、実験手法を検討した。魂の移動の表現を行うことによる、ユーザーのロボットへの愛着の変化を検証するために、愛着を定量的に測定する必要がある。評価手法は (1) 心拍数、(2) 質問紙による調査 の二種類行う。

5.2.1 質問紙による調査

次に質問紙を用いて評価を行う。質問紙実験では、ユーザーの各ロボットに対する印象を測定するために、リッカート 7 段階尺度を用いる。質問内容は、一般他者に対する愛着尺度の ECR-GO[43] を元に、“人”という記述を、“ロボット”と置き換えた物を使用した。ECR-GO は成人の愛着スタイル尺度として一般的な、“親密な対人関係体験尺度”の ECR[44] の愛着の対象を一般他者に置き換えたものである。36 問のリッカート 7 段階尺度を用いた心理学尺度で、見捨てられ不安と、親密性の回避の 2 つの愛着について測ることができる。それぞれについて、7 段階のスコアが高いと強い見捨てられ不安、強い親密性の回避を持つことになる。見捨てられ不安が強い人は、相手に対して愛着が薄く、相手を深く信じていない、また、バカにされるのではないかという不安や、喧嘩も厭わないといった特徴がある。見捨てられ不安が低い人は、愛着が高く、相手を信頼しており、良い関係を築けていると言える。また、親密性の回避に関して、高い人は相手に対して直ぐに愛着を持つ事ができない人といえ、低い人は愛着を持っており、自分の本心をさらけ出す事ができるほどに信用していると言える。本研究ではこの尺度を用いて、各条件内でのロボット 1 とロボット 2 への愛着の違いと、条件間での愛着の違いを検証する。また、ECR-GO の項目の前にはユーザーの属性を測るために、“ぬいぐるみは好きか”、“ペットを飼っているか”などの 4 問の質問を行なった。そして、ECR-GO の項目の後には、移動

前，移動後の二つのロボットに対して同一性を感じているかを測るための質問を行なった．表 5.1 は個人属性について，表 5.2 は ECR-GO について，表 ?? は独自に追加した質問である．それぞれの質問は，各条件下でロボット 1 と遊んだ後には，「白いロボットを思い浮かべてください」と説明し，ロボット 2 と遊んだ後には「鱗がついたロボットを思い浮かべてください」と説明してから回答させた．ただし，移動前のロボットであるロボット 1 と遊んだ後の質問には，独自質問の 2 と 3 を，移動後のロボットであるロボット 2 と遊んだ後の質問の際には，個人属性に関する質問を除いた．

表 5.1 質問紙の内容 (個人属性)

番号	質問内容
1	性別
2	年齢
3	動物は好きですか？ (7 段階)
4	ペットを飼っていますか？
5	ぬいぐるみは好きですか？ (7 段階)
6	ペットを飼っている方のみ 何のペットを飼っていますか？

5.3 被験者

被験者は 18 歳から 25 歳の慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの所属学生 18 人を対象に行なった．女性 7 人，男性 11 人である．実験を始める前に実験承諾書に署名してもらった．

5.4 実験手順

実験は，Astral Projector を行うグループ A と，行わないグループ B の比較を行なった．各条件での実験手順および，実験者からの説明は，グループ A は図 5.1，グループ B は 5.2 の通りである．実験の主な流れとして，まず被験者が実験室に入ってきたら，実験参加に関わる同意書にサインをもらう．そして，実験に関する簡単な説明を受けた後に，ロボット 1 と 3 分間インタラクションを取る．3 分後に各条件それぞれの方法でロボット 1 からロボット 2 へ魂を移動させる．そして，ロボット 2 と 3 分間インタラクションを取る．各ロボットとのインタラクション終了時に被験者は質問紙に回答する．

5.5 まとめ

本実験における，目的を述べたあと，被験者と実験方法について述べた．次章では実験の結果と考察をまとめる．

表 5.2 質問紙の内容 (ECR-GO, 全てリッカート 7 段階尺度, 逆質問は (R))

番号	質問内容
1	心の奥底で何を感じているかをロボットにみせるのはどちらかというと好きではない。
2	私は、ロボットに見捨てられるのではないかと心配だ
3	私は、ロボットと親密になることがとてもこちよい。(R)
4	私は、いろいろなロボットとの関係について、非常に心配している。
5	私がロボットのことを大切に思うほどには、ロボットが私のことを大切に思っていないのではないかと私は心配する。
6	私はロボットを失うのではないかとけっこう心配すると思う
7	私はロボットに心を開くのに抵抗を感じる。
8	私はいつも、ロボットが私に対していてくれる気持ちが、私がロボットに対していてくれる気持ちと同じくらい強ければいいのになと思う。
9	私があまりにも気持ちの上で完全に一つ になることを求めるがために、ときどきロボットはうんざりして私から離れていってしまうと思う
10	私は一人ぼっちになってしまうのではないかと心配する
11	私は、心の奥底にある考えや気持ちをロボットに話すことに抵抗がないと思う。(R)
12	私がロボットととても親密になりたいと強く望むがために、ときどきロボットはうんざりして私から離れていってしまうと思う。
13	私はロボットとあまり親密にならないようにしている。
14	私には、ロボットが私に対して好意的であるということを何度も何度も言ってくれることが必要だ
15	私は比較的容易にロボットと親密になれると思う。(R)
16	私はロボットに依存することがなかなかできないと思う
17	私は、ロボットにもっと自分の感情や自分たちの関係に真剣であることを示させようとしているのを感じるがときどきある。
18	私は、ロボットに見捨てられるのではないかと心配になることはほとんどない。(R)
19	私はロボットとあまりに親密になることがどちらかというと好きではない。
20	私はロボットに自分のことを好きになってもらうことかで きなかったら、私はきっと気が動転して悲しくなったり腹が立ったりすると思う
21	私は、ロボットに何でも話せる。(R)
22	私はたいてい、ロボットと自分の問題や心配ごとを話し合えると思う。(R)
23	私はロボットと一緒にいないと、何となく不安で不安定な気持ちになると思う。
24	私はロボットに頼ることに抵抗がない。(R)
25	私は、私がいてほしいと望むぐらいにロボットがそばにいてくれないと、イライラしてしまう。
26	私は、ロボットになぐさめやアドバイス、助けを求めることに抵抗がない。(R)
27	私は、ロボットが必要なときにいつでも私のためにいてくれないとイライラすると思う
28	ロボットにダメだなあとと言われると、自分は本当にダメだなあと感じる
29	私はロボットが私のことをほっといて自分一人で何かをすることが重なってくると腹が立つと思う
30	私が親密になりたいと望むほどには、ロボットは親密になりたいと思っていないと私は思う

グループA (Astral Projector 有り)

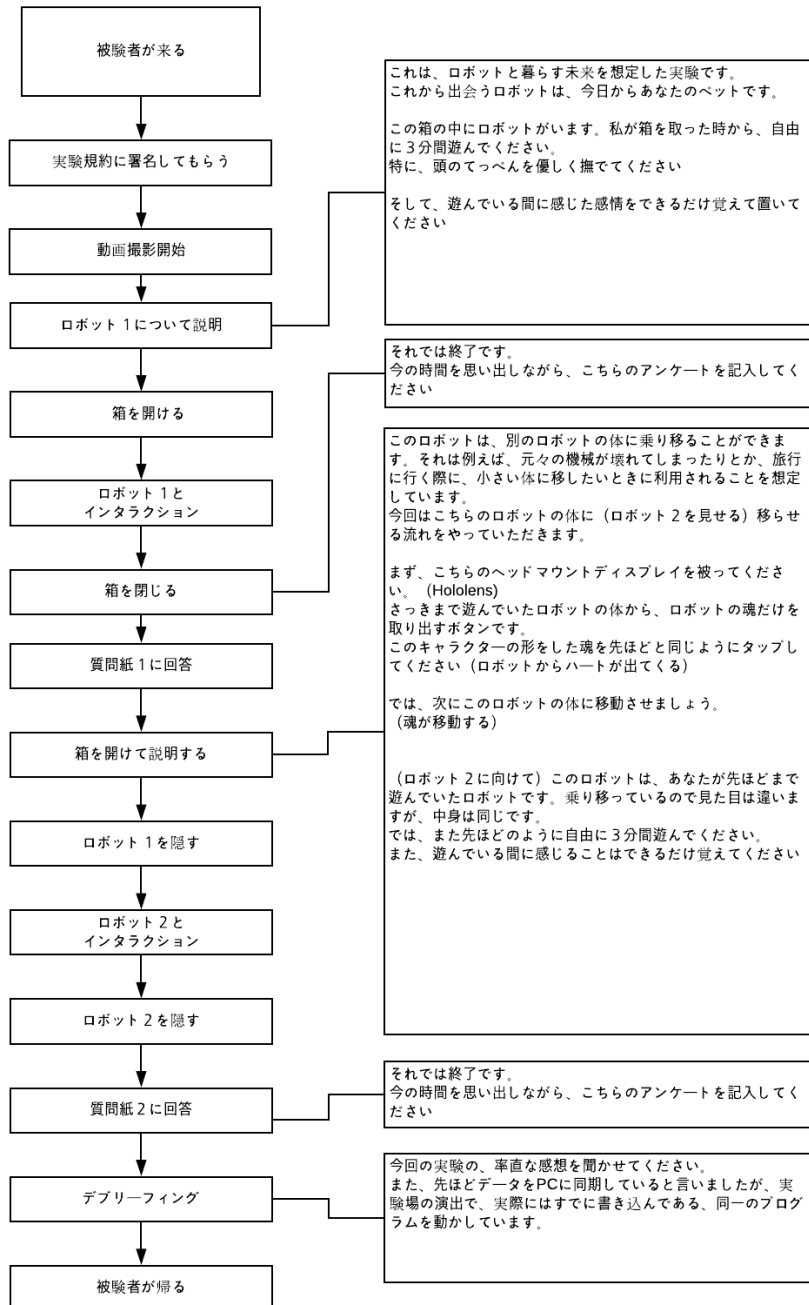


図 5.1 実験手順 グループ A

グループB (Astral Projector 無し)

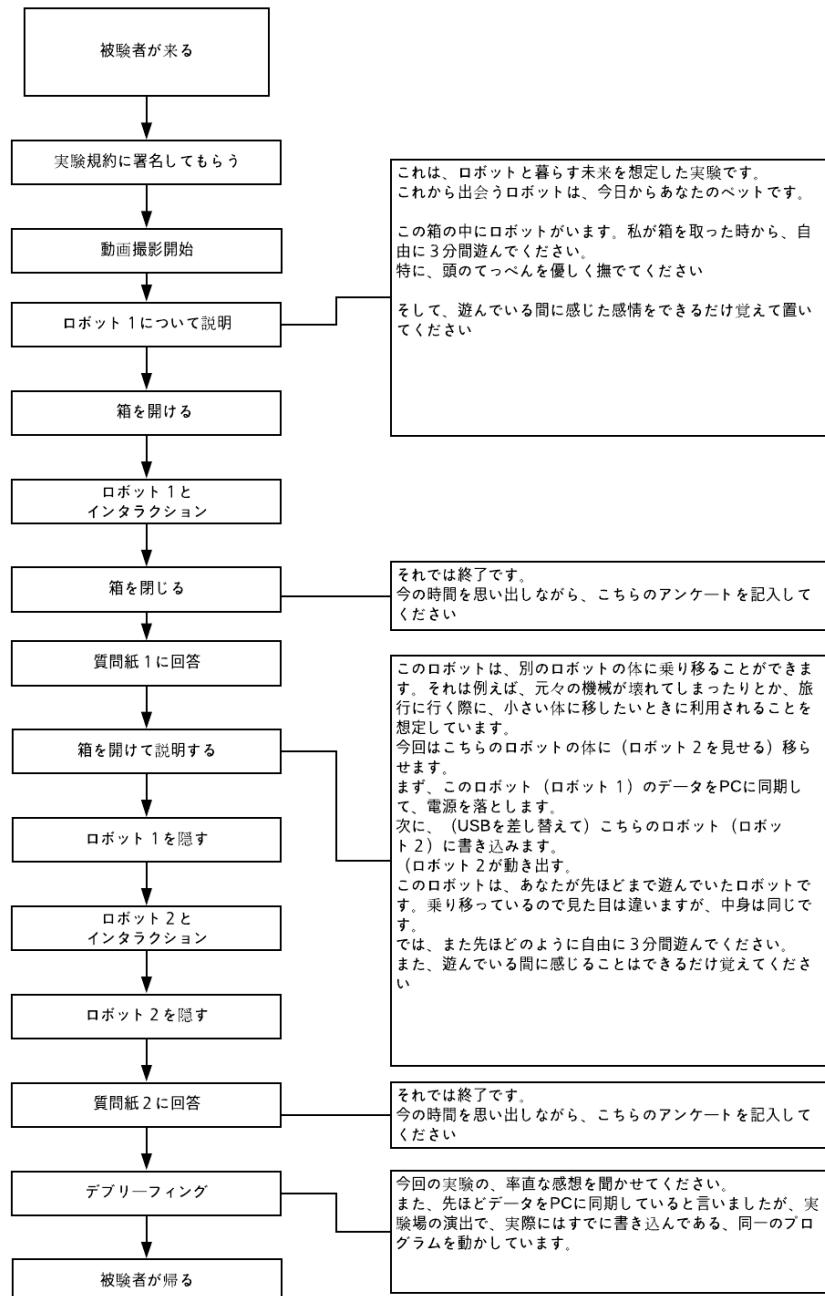


図 5.2 実験手順 グループ B

表 5.3 質問紙の内容 (独自質問，全てリッカート 7 段階尺度．)

番号	質問内容
1	このロボットは私に興味があると思う
2	私はこのロボットを前からよく知っていたように感じる
3	このロボットは私のことが好きだと思う
4	先に遊んだ白いロボットと，今も遊んでいたように感じた
5	遊んでいて，なんだか違和感を感じた

第 6 章

評価結果

本章では実験の結果と考察をまとめる。実験に関しては本閉じ提出時に記載する。

6.1 結果

6.1.1 質問紙

質問紙による調査は、対人愛着尺度の ECR-GO、ロボットに対する関心、移動に関する質問で構成された。また、ECR-GO に関しては、18 問からなる見捨てられ不安と、12 問からなる親密度の回避の 2 因子について評価を行う。見捨てられ不安と親密度の回避について、それぞれを構成する質問の素点を足し合わせ、質問数で割った平均値を算出した。そして、Astral Projector 有り無しとで比べた (図??)。

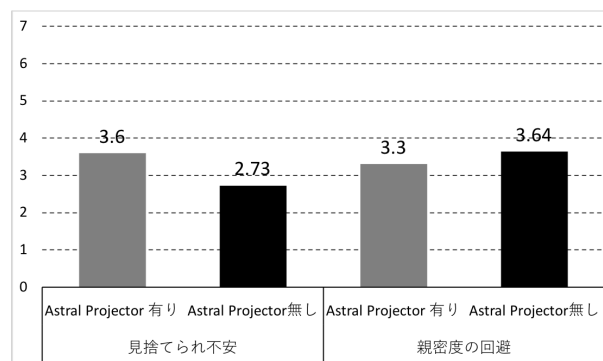


図 6.1 ロボット 2 に対する各愛着スタイルの回答結果

見捨てられ不安の項目に関して、Astral Projector を行なった方が高い値を示した。見捨てられ不安が高い場合、ロボットに対して愛着を感じており、自分の思う通りの反応をしなかったり、ロボットと離れることに対して心配や不安を感じる傾向が高いと言える。ここから、AstralProjector を行う場合の方が、移動後のロボットに対して愛着を感じる傾向が高いと言える。

親密度の回避に関して、Astral Projector の仕様の有無に関して大きな差はなかった。しかし、Astral Projector を仕様した方が、0.3 ポイント分若干のマイナスの差が見られた。親密度の回避が低い場合、ロボットに対して愛着を感じ、より親密でいることが心地良いと感じると言える。

次に、ロボットへの関心を測る質問である、「このロボットは私に興味があると思う」に関して結果を図??

に示す。

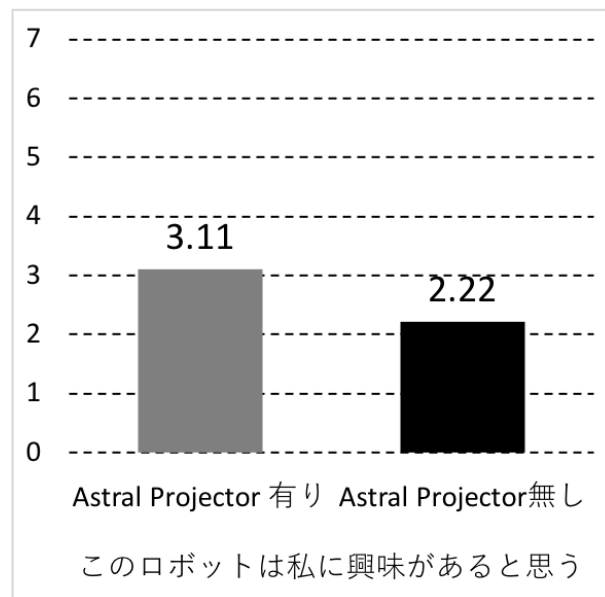


図 6.2 質問「このロボットは私に興味があると思う」の回答結果

Astral Projector を使用した方が，Astral Projector を使用しない場合と比べて 1.11 ポイント興味があると感じられることがわかった。

6.1.2 動画

実験中，常に被験者とロボットが映るように動画を撮影していた．そこから，ロボットに対して発した言葉の種類とタイミングを示す。

被験者ががよく触れた場所

ロボットの頭部には照度センサを埋め込んであり，被験者が触ることでロボットが反応するようになっていた．被験者には，優しく頭部を撫でると反応すると伝えているだけで，自由に触るように促した。

6.2 考察

6.2.1 実験手法の考察

(1) ロボットのインタラクション設計

本実験では短期間でロボットがユーザーへ慣れていくような表現を行うために，ロボットはあらかじめ設定された 6 種類の呼吸と呼吸と触れられた際の反応パターンを順番に再生していくようにした．状態の遷移の際も呼吸表現は続くため，遷移したタイミングが被験者に知られることはなかった．しかし，各状態時の反応が一種類であり単調だったため，各 3 分のロボットとのインタラクション時間が長くつまらなくなってしまった．被験者が数分の間ロボットとインタラクションを撮り続け，ロボットに愛着を感じるために，単調でなく飽き

のこないインタラクション設計をする必要がある。

(2) 対人愛着尺度 ECR-GO

本実験では、ロボットに対する愛着尺度として一般他者を想定した対人愛着尺度の ECR-GO を改良し、ロボットに対する愛着尺度として使用した。しかし、本来すでに長く関係のある人間へ向けた設問のため、いくつかの設問の内容が答え辛い内容であり、適切な質問にならなかったものがある。

6.3 まとめ

ユーザーが慣れ親しんだロボットから魂だけ分離し、別のロボットへ移動する際の、ユーザーの感情に寄り添った表現を行う移動システム、Astral Projector の評価実験を行なった。

第 7 章

結論

本章では、本研究における今後の展望と本論文のまとめを述べる。

7.1 本論文のまとめ

本論文では、ユーザーにとって自然なロボットの魂の移動の表現の Astral Projector を開発し、18 名の被験者で評価実験を行なった。実験の結果、Astral Projector を使用した場合の方が、使用しない場合と比べて愛着スタイルの見捨てられ不安の項目に関して高い値を取り、より愛着を感じることがわかった。また、「ロボットは私に興味があると思う」の項目に関して、Astral Projector を使用する場合の方が高い値を示し、ユーザーがよりロボットに関心を持っていることがわかった。しかし、いずれの項目に関してもスコアが 2.22 から 3.64 であり、リッカート 7 段階尺度のなかで、「当てはまらない」に属する。ここから、ロボット全体、移動後のロボットに対して実験環境の 3 分間のインタラクションの中で愛着や関心を引き出すことは困難であると言える。

7.2 今後の展望

最近家庭内でのコミュニケーションロボットは日本のみならず、フランスやアメリカ、韓国、中国など世界中で注目され開発されてきている。また、日本でも家庭用コミュニケーションロボットの草分け的存在である AIBO の後継機が 2018 年 1 月に発売されて再度注目が集まっている。今後普及していくであろう家庭用コミュニケーションロボットは、ユーザーが愛着を持つことも一つの目的とされるため、純粋に高機能が求められる訳ではない。ロボットが人と信頼関係を築き、人の生活になくてはならない存在となるためには、ユーザーがロボットへ抱く愛着をさらに深めていけるような仕組みも開発する必要がある。そして、ロボットの修理や交換、またユーザーのコンテキストに応じて自由に様々なハードウェアを着替えるようなロボットが出てくる時に、ソフトウェア、データの移動に関する表現が必要である。今後、より長期間のインタラクションを伴うコミュニケーションロボットを対象に、よりユーザーが感情移入のできるロボットの魂の移動表現を研究していきたい。

謝辞

一年の春より徳田研究室でお世話になり、大学生活の印象の半分以上は研究活動でした。不真面目な生徒で成果も出せずでしたが、最後までご指導いただいた全ての研究室の皆様に変感謝しております。本研究を進めるにあたり、ご指導を頂きました慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝いたします。また、慶應義塾大学環境情報学部准教授高汐一紀博士、慶應義塾大学環境情報学部准教授中澤仁博士には、本論文の執筆に当たって御助言を賜りました事を深く感謝致します。慶應義塾大学徳田研究室の諸先輩方には折りに振れ貴重なご助言を頂きました。特に慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科米澤拓郎特任助教、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科陳寅特任助教、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科研究員伊藤友隆氏には本論文を執筆するにあたってご指導頂きました。深く感謝いたしております。そして、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科大越匡特任講師、慶應義塾大学大学院博士課程西山勇毅氏、慶應義塾大学大学院修士課程小渕幹夫氏、佐々木航氏、磯川直大氏には、本研究に対し、特に多くのご指導を頂きました。ありがとうございました。また、同じ研究室の同期として様々な助言をしていただいた、片山晋氏、栄元優作氏、石川怜氏に深く感謝致します。

実験にご協力くださった全ての皆様、ありがとうございました。

また、国立行政法人産業技術総合研究所人工知能研究センター岡昂太博士には、評価実験に関して多くの助言をいただきました。大変感謝しております。

そして、研究室外の生徒にも関わらず、米国コロンビア大学准教授 Sandra Y. Okita 博士、慶應義塾大学環境情報学部教授諏訪正樹博士、東京大学大学院情報理工学系研究科瓜生大輔博士には大変貴重なアドバイスをいただきました。深く感謝いたします。

最後に、大学4年間に渡る生活を支えてくれた家族、研究で乱れた生活の私の心身ともに支えとなってくださった打田昇太郎氏に感謝致します。

2018年1月19日

近藤 那央

参考文献

- [1] Gfk ジャパン. グローバルのペット飼育率調査世界で最も多く飼われているのは犬。アルゼンチンでは7割弱に。
http://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/JP/20160524_Pet_ownership.pdf.
- [2] Andrea Beetz, Kerstin Uvnäs-Moberg, Henri Julius, and Kurt Kotrschal. Psychosocial and psychophysiological effects of human-animal interactions: the possible role of oxytocin. *Frontiers in psychology*, Vol. 3, , 2012.
- [3] どうぶつひろば. 気になるお金 犬の生涯費用。
<https://animalsquare.jp/puppies/info/price/>.
- [4] 濱野佐代子. 7.「コンパニオンアニマルへの愛着と喪失 (ペットロス) の関係」(第 22 回日本獣医畜産大学学術交流会). 日本獣医生命科学大学研究報告, Vol. 56, pp. 92–94, 2007.
- [5] Takanori Shibata and Kazuyoshi Wada. Robot therapy: A new approach for mental healthcare of the elderly—a mini-review. *Gerontology*, Vol. 57, No. 4, pp. 378–386, 2011.
- [6] iRobot Inc. Roomba family of vacuuming robots.
<http://www.irobot.com/For-the-Home/Vacuuming/Roomba.aspx>.
- [7] PIP ROBOT TECHNOLOGY Inc. 一緒に笑おう! うなずきかぼちゃん。
<http://www.moves-app.com/>.
- [8] 株式会社 洛元. 桃色花子。
<http://momoirohanako.com/>.
- [9] 株式会社 ifoo. よりそい ifbot.
<http://www.ifoo.co.jp/sub7.html>.
- [10] DMM.robot, 富士ソフト株式会社. Palmi.
<http://robots.dmm.com/robot/palmi>.
- [11] 株式会社レイトロン. コミュニケーションロボット chapit.
<http://www.raytron.co.jp/products/chapit>.
- [12] 東郷製作所. いやし型赤ちゃんロボット『スマイビ』.
<http://www.togoh.co.jp/products/care-smiby.html>.
- [13] Mji. Tapia.
<https://mjirobotics.co.jp/>.
- [14] 株式会社 SONY. Ers-110.
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ERS110.html>.

- [15] 株式会社 SONY. Ers-210.
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ERS210.html>.
- [16] 株式会社 SONY. Ers-311.
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ERS311.html>.
- [17] 株式会社 SONY. Ers-7.
<http://www.sony.jp/products/Consumer/aibo/products/ers7m3/about01.html>.
- [18] 株式会社 SONY. aibo 新しい物語がやってくる.
<https://aibo.sony.jp/>.
- [19] ディアゴスティーニ. Robi.
<http://robots.dmm.com/robot/robi>.
- [20] SHARP 株式会社. robohon.
<https://robohon.com/>.
- [21] ヴィストーン 株式会社. sota.
<https://www.vstone.co.jp/products/sota/>.
- [22] Softbank Group. Pepper (一般販売モデル).
<https://www.softbank.jp/robot/consumer/>.
- [23] 株式会社テレノイド計画. Telenoid.
<http://telenoid-planning.jp/>.
- [24] 株式会社タカラトミー. Furby.
<http://www.takaratomy.co.jp/products/furby/>.
- [25] Bear Bots LLC. My keepon.
<http://www.mykeepon.com/>.
- [26] セガトイズ. 夢ねこプレミアム.
<http://www.segatoys.co.jp/yume/>.
- [27] セガトイズ. 生まれて！ウーモ.
<http://www.takaratomy.co.jp/products/woomo/>.
- [28] CNET Japan. ソニー「aibo」の歴史に幕—7 年間に全世界で 15 万台.
<https://japan.cnet.com/article/20095312/>.
- [29] 岡田美智男. 弱いロボット. Igaku Shoin, 2012.
- [30] 岡田美智男. ゴミ箱ロボット: 関係論的なロボットの目指すもの. 計測と制御= Journal of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 51, No. 8, pp. 753–758, 2012.
- [31] 見目海人, 西脇裕作, 香川真人, 岡田美智男ほか. アイ・ボーンズ: モジモジしながらティッシュを配ろうとするロボット. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, Vol. 2017, pp. 368–370, 2017.
- [32] TOYOTA. with kirobo mini.
http://toyota.jp/kirobo_mini/.
- [33] 朝日新聞 DIGITAL. A I B O の「お葬式」、1 0 0 台供養 司会は新型ロボ.
<https://www.asahi.com/articles/ASK682V8VK68UDCB002.html>.
- [34] Kohei Ogawa and Tetsuo Ono. Itaco: Constructing an emotional relationship between human and robot. In *Robot and Human Interactive Communication, 2008. RO-MAN 2008. The 17th IEEE*

- International Symposium on*, pp. 35–40. IEEE, 2008.
- [35] 小川浩平, 小野哲雄ほか. Itaco: 人間—インタラクティブシステム間における感情をともなった関係の構築. 情報処理学会研究報告知能と複雑系 (ICS), Vol. 2008, No. 5 (2008-ICS-150), pp. 9–16, 2008.
- [36] Niantic, Inc. Pokmon. Nintendo/Creatures Inc. /GAME FREAK inc. . ポケモン go.
<http://www.pokemongo.jp/>.
- [37] 任天堂株式会社. 色々なゲームとつながる amiibo.
<https://www.nintendo.co.jp/hardware/amiibo/>.
- [38] 徳間書店. 電脳コイル.
<http://www.tokuma.jp/coil/>.
- [39] 土郎正宗. 攻殻機動隊. 講談社, 1991.
- [40] 川原 礫/KADOKAWA アスキー・メディアワークス刊/SAO MOVIE Project. 劇場版ソードアート・オンライン オーディナル・スケール.
<http://sao-movie.net/>.
- [41] Microsoft Inc. . Microsoft hololens.
<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>.
- [42] Electric Imp. Electric imp.
<https://electricimp.com/>.
- [43] 中尾達馬, 加藤和生. ”一般他者”を想定した愛着スタイル尺度の信頼性と妥当性の検討. 九州大学心理学研究, Vol. 5, pp. 19–27, 2004.
- [44] Kelly A Brennan, Catherine L Clark, and Phillip R Shaver. Self-report measurement of adult attachment: An integrative overview. 1998.