

# ぬいぐるみロボットの位置関係に応じた息遣い表現による 親密感の変化に関する検討

## Breathing Expression for Intimate Impression Corresponding to the Positional Relationship

中谷友香梨<sup>1\*</sup>  
Yukari Nakatani<sup>1</sup>

吉田直人<sup>1</sup>  
Naoto Yoshida<sup>1</sup>

米澤朋子<sup>2</sup>  
Tomoko Yonezawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 関西大学大学院

<sup>1</sup> Kansai university graduate school

<sup>2</sup> 関西大学

<sup>2</sup> Kansai University

**Abstract:** In this paper, we verify effectiveness of a living-being like breathing expression for a stuffed-toy robot in both breaths and utterances. The focus of the research is the impression for the intimacy between the robot and the user corresponding to the positional relationship of them. From the factor analysis of the word “intimacy” and the positional relationship, it is conjectured that the physical intimacy showed strong effects from both warm empathy and tranquility.

### 1 はじめに

人と共生するロボットの開発は進んでおり、その形態も様々である。ロボットの大きさも用途に合わせて可変し、簡単に持ち運びできるウェアラブルロボットも登場した [1]。そこで、使用状況に合わせたロボットと人の距離も重要な要素として考えられている。人-人間でも適切な対人距離が有るように、人-ロボット間でも適用されると考えられる [2]。親密な関係のロボットであればパーソナルスペースに侵入されても不快感を抱くことは少ないが、初対面のロボットが近い位置に存在する状況は居心地がいいとは言えない [3][4]。

ウェアラブルロボットは、常にユーザの身体のどこかに設置されているため、ユーザはロボットに対して、ある程度の信頼を持つと考えられる。このような近い存在に対してより安心感を与えるために、我々は息遣い表現を行うぬいぐるみロボットの提案を行ってきた [5]。ぬいぐるみロボットの息遣い表現をユーザに感じさせることで、無機質な存在がユーザに設置されているのではなく、生きている存在が近くにいるという安心感を与えることを期待する。

これまで発話時の息遣い表現のみに焦点を当ててきたが、提案してきた機構は息遣い表現をユーザに感じさせるために十分なものではなかった。本稿では、発

話時以外の呼吸表現やそれに伴った腹部運動を追加し、息遣い表現時の息の強度も上げたシステムの提案を行う。また、ぬいぐるみロボットの位置関係と発話音声に焦点を当て、親密感の変化に関する実験を行った。

### 2 関連研究

ぬいぐるみを用いたロボット [6][7] や、より人の生活に入り込むために簡易に持ち運びの出来るロボットは多く提案されている [8]。ぬいぐるみを用いたウェアラブルロボットは米澤ら [9] [10] が、高齢者支援のために提案した研究がある。ぬいぐるみの設置位置についての考察もされており、愛着の評価には腹部が、実用的な位置としては上腕への設置がよいと結論づけた。本研究で提案するぬいぐるみロボットもウェアラブルな状態で使用されることを視野に入れている。実用性を考慮した上腕への設置においても、呼吸や息遣い表現という生きた存在感の提示によって腹部への設置時のような愛着が生まれることを期待する。

呼吸表現を行うロボットに谷中ら [11] の ZZZoo Pillows がある。いびきの提示により安心感を与え、睡眠不足の解消を目的としている。この研究においては、ユーザが肌で呼吸を感じられるような吐息の提示は行われていない。また、発話によるロボットとのインタラクションは想定されていない。息遣いの提示によって行うことのできるインタラクションが、安心感を持たせ

\*連絡先： 関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻  
〒 569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1  
E-mail: k415001@kansai-u.ac.jp

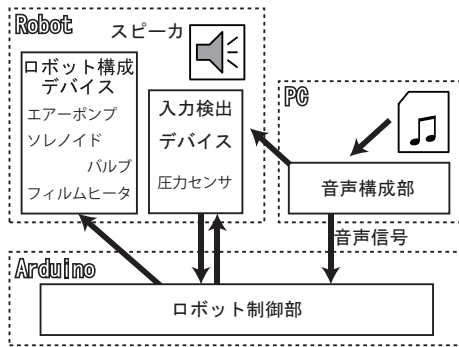


図 1: 処理の流れ.

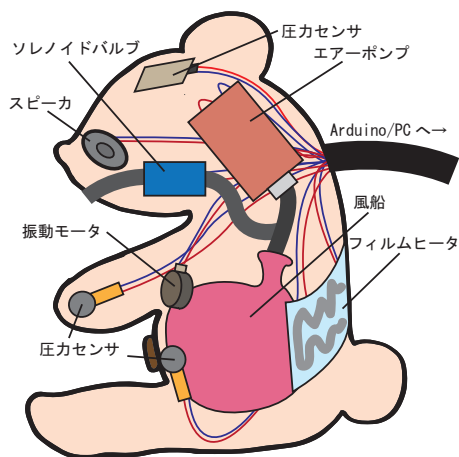


図 2: ロボット内部の装置配置図.

つつ様々な支援を行うことができると考える。

### 3 息遣い表現を行うぬいぐるみロボット

#### 3.1 ぬいぐるみロボットのシステム構成

本システムは呼吸の制御，発声，体温の調節，心拍の提示を行う [12]．呼吸の制御は，肺への空気の送り込みと，蓄積した空気の口からの排出を共通制御することで実現した．腹部に取り付けたセンサによって，肺内の空気の量を検出し，過剰な膨張を避ける．外装には市販のクマのぬいぐるみを用いた．システム構成を図 1 に，構成部各装置の配置を図 2 に示す．擬似的な肺は腹内部に配置し，呼吸時に腹が膨らみ，縮む様子を再現した．スピーカは口の裏側に設置し，ユーザが耳をぬいぐるみの口元に近づけると，声と息を同時に感じる事が出来る．様々な状態の心拍や体温を表現するデバイスも体内に備えた．

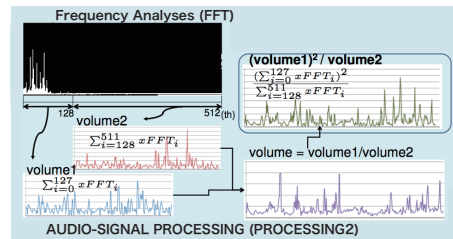


図 3: 音声構成部における音声分析.

#### 3.2 発声に伴う息遣い制御

発話表現時のロボットの状態は発話状態と通常状態に分けられる．通常状態では，呼吸のテンポは一定に保たれており，音声入力があると，音声に合わせた呼吸が開始され発話状態となる．発話状態において肺内の空気が全て排出される状態を防ぐため，肺内の空気量が一定の値を下回った場合に，500[msec] 以上音声入力が無い状態が続くと，ロボット制御部は音声構成部に音声を一時停止する情報を送信する．この場合，肺内の空気が初期値まで回復すると発声が再開される．1000[msec] 以上音声入力が無い状態が続いた場合には，通常状態に戻る．

ぬいぐるみロボットの呼吸は，エアーポンプによる肺への空気の送り込みと，ソレノイドバルブによる口からの吐息を制御することによって実現した．肺内の空気が減少すると，風船と接触している腹部の圧力センサの値が低下し，一定値を下回ると，エアーポンプによる風船への空気の注入が開始される．同時にソレノイドバルブが排出側の栓を閉じることによって，風船内に空気が蓄積される．逆に，肺内の空気が増加すると，腹部の圧力センサの値が増加し，一定値を上回ると，エアーポンプによる風船への空気の注入が停止される．同時にソレノイドバルブが排出側の栓を開くことによって，風船内の空気がぬいぐるみロボットの口から排出される．

図 3 に音声構成部での音声処理の流れを，式 1 に音声分析に用いた式を示す．式 1 の使用箇所は，図 3 内に記入して示す．

$$\frac{(\sum_{i=0}^{127} xFFT_i)^2}{\sum_{i=128}^{511} xFFT_i} \quad (1)$$

処理の流れは，これまでに提案してきた手法を採用した [13]．本稿でも，ぬいぐるみロボットの発生音声は合成音声生成ソフトウェア<sup>1</sup>を用いて生成した音声ファイル (44100Hz) を用いた．耳元でささやく音声には，ソフトウェアの Effect 機能で whisper を選択し，音声合成したものを使用した．

<sup>1</sup>Text-to-Speech <http://www.oddcast.com/>

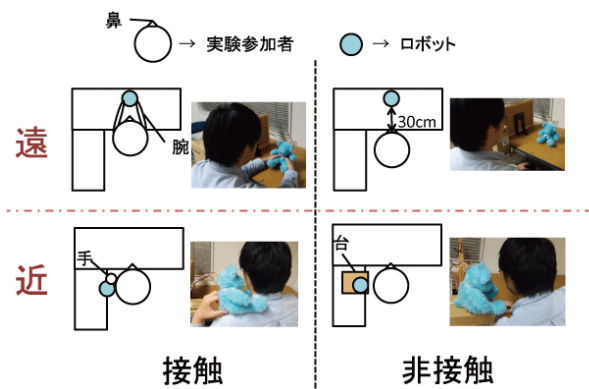


図 4: 実験条件 (遠・近 / 接触・非接触)。

## 4 位置関係と息遣い表現による親密感に関する実験

### 4.1 実験の設定

目的: 呼吸と息遣い表現を行うぬいぐるみロボットの位置関係に応じた、ユーザのぬいぐるみロボットに対する印象変化を検証する。

仮説: 1) ユーザの接触 / 非接触は親しみに影響を与え、2) 呼吸と息遣い表現はぬいぐるみロボットが活着しているように感じさせる。また、3) 活着している近い存在はインティマシーを感じさせる。4) インティマシーは正と負の印象を持ち、5) 近い位置で Whisper ならば正のインティマシーを、遠い位置で Whisper ならば負のインティマシーを感じ、6) 近い位置で Clear ならば負のインティマシーを、遠い位置で Clear ならば正のインティマシーを感じる。

参加者: 20 から 24 歳の情報系学生 23 名 (男性 17 名, 女性 6 名)

実験条件: ぬいぐるみロボットの話し方 (C: Clear / W: Whisper), ユーザの接触 (T: 接触 / n: 非接触), ぬいぐるみロボットの位置 (N: 近 / F: 遠) の 3 要因とした。それぞれの条件でのぬいぐるみロボットの配置は図 4 に示す。ロボットの位置が遠い条件は実験参加者から約 30cm 離れた位置に設置した。近くかつ非接触の条件では、約 26cm の台の上にぬいぐるみを乗せ、実験参加者にはぬいぐるみの口元に耳を近づけるように教示した。

実験手順: 実験参加者には、ぬいぐるみロボットの評価を行ってもらう実験であると事前に教示した。条件毎にぬいぐるみロボットの位置や持ち方の指示を口頭と写真で行い、呼吸を行っているぬいぐるみロボットを渡して待機させた。実験者のタイミングで、10 秒程度のぬいぐるみロボットの発話音声を聞かせ、それに伴った息遣い表現をそれぞれの条件で体験させた。1 条件毎にぬいぐるみを回収し、MOS 法による評価項目に回

答させた。順序交差を考慮して条件を変え、これを 8 回繰り返した。

8 条件終了後、満員電車や恋人同士の写真を提示し、これらのような近接性や親密性のある状況がインティマシーを感じる状況であると説明した。その後、インティマシーという言葉から感じられる印象について SD 法による評価項目に回答させた。評価項目に回答する前に、実験参加者がイメージできるまで、本研究でのインティマシーの定義に関する質問を自由にさせた。評価項目: 実験参加者は以下の評価項目に 5 段階 (1: あてはまらない 2: まああてはまらない 3: どちらでもない 4: まああてはまる 5: あてはまる) で主観評価を行った。

- 1: あなたは穏やかな気分になった
- 2: あなたは苛立たしい気分になった
- 3: あなたは自分が落ち着いたと感じる
- 4: あなたは癒されたと感じる
- 5: ロボットがあなたに向かって話している
- 6: ロボットは活着しているように感じた
- 7: ロボットは人間のような口を持っていそう
- 8: ロボットは発話を行うための筋肉を持っている
- 9: あなたはロボットに対して不快に思った
- 10: ロボットはあなたと話をしたがっていた
- 11: あなたはロボットに親しみを感じた
- 12: ロボットはあなたに親しみを感じていた

インティマシーへの印象は 21 項目の形容詞対を用いて SD 法により評価させた。形容詞対の選択には触覚的印象や恋愛関係への印象を調査した研究を参考にした [14] [15]。形容詞対については 4.3 節にて詳しく述べる。形容詞対には 1 から 5 点の得点をつけ、因子分析を行った。

### 4.2 3 要因 8 条件反復測定分散分析

主観評価の結果を図 5, 3 要因反復測定分散分析の結果を表 1 に示す ( $+p < .10$ ,  $*p < .05$ ,  $**p < .01$ )。評価項目 1 から 4 は仮説 1 より、実験参加者に親しみに影響があるかを調査するためのものである。1 から 4 では音声間に有意差を得たが、3 では接触 / 非接触にも有意差を得た。評価項目 5 から 8 は仮説 2 より、呼吸と息遣い表現がぬいぐるみロボットを活着しているように感じさせたかについて調査するためのものである。5 から 8 では接触 / 非接触で有意差が見られた。評価項目 9 から 12 は仮説 5, 6 より、親密度という軸でのインティマシーについて評価させたものである。9 では近遠間で有意差を得ることができた。9 から 12 の項目に関しては、インティマシーに関する因子分析の結果と共に 5 節で考察する。

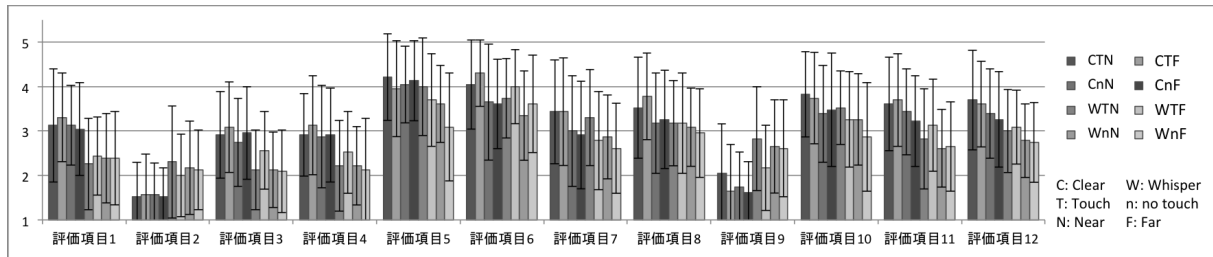


図 5: 主観評価の結果.

表 1: 3 要因反復測定分散分析の結果

評価項目	$F(A : CW)$	$p(CW)$	$F(B : Tn)$	$p(Tn)$	$F(C : NF)$	$p(NF)$	単純主効果
1	27.1	<0.01**	0.16	0.68	0.35	0.56	-
2	18.1	<0.01**	0.00	1.00	0.00	1.00	-
3	23.9	<0.01**	4.56	0.04*	3.37	0.07+	-
4	21.0	<0.01**	2.00	0.17	1.07	0.31	-
5	14.7	<0.01**	4.21	0.05+	2.63	0.11	A(b2)<0.01**, B(a2) <0.01**
6	2.60	0.12	17.5	<0.01**	2.08	0.16	-
7	3.41	0.07+	14.4	<0.01**	2.50	0.12	AC+
8	5.84	0.02*	11.7	<0.01**	0.11	0.74	-
9	33.5	<0.01**	0.04	0.83	11.7	<0.01**	C(b1)<0.01**
10	4.92	0.03*	7.34	0.01*	1.27	0.27	AC+
11	35.6	<0.01**	10.7	<0.01**	0.25	0.61	-
12	28.6	<0.01**	9.62	<0.01**	0.24	0.62	-

表 2: 因子 5 までの固有値

因子数	固有値
1	7.80
2	2.75
3	2.12
4	1.62
5	1.32

### 4.3 インティマシーへの印象調査に関する因子分析

印象評価によって得られた結果を因子分析した。因子 5 までを分析することとし、固有値を表 2 に、使用した形容詞対と回転後の因子負荷量を表 3 に示す。数値は小数第 3 位以下を切り捨てとする。0.5 以上または-0.5 以下の数値を持つ形容詞対に着目するために、表内に下線を引き示す。

因子 5 まで分析を行ったが、固有値の結果より、特に因子 1 と 2 に着目して結果を述べる。因子 1 では「親しい-疎遠な」や「仲のいい-仲の悪い」などで高い数値を得たことから、インティマシーという言葉から感じられる印象は親密度が強いことが分かる。因子 2 では「落ち着きのある-落ち着きのない」で高い数値を得

た。また「刺激的な-退屈な」で負の数値を得たことから、落ち着いたという印象をインティマシーという言葉から得ていたことが分かる。これらの結果から、親密度や落ち着きに関する評価が高ければ、ポジティブな意味でのインティマシーを感じ、反対にそれらの評価が低ければネガティブなインティマシーを感じたと言える。これをふまえ、4.2 節で述べた分散分析の結果と仮説 3 から 6 について 5 節で考察する。

## 5 考察

仮説 1: ユーザの接触 / 非接触は親しみに影響を与えるについて考察する。親しみに関して間接的に評価した項目は 1 から 4 であり、このうち接触 / 非接触条件で有意差を得たのは 3 の項目だけであった。また、直接的な聞き方をした項目は 11, 12 であり、これはどちらの項目でも接触 / 非接触において有意差を得た。これらの結果よりユーザがぬいぐるみロボットに接触することで親しみを感じていたことがわかる。1 や 2 の項目について有意差が得られなかったのは、合成音声によって評価が強く反映されたからであると考えている。

仮説 2: 呼吸と息遣い表現はぬいぐるみロボットが生きているように感じさせるに関して考察する。呼吸と

表 3: 回転後の因子負荷量

形容詞対 (得点: 5-1)	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5
親しい-疎遠な	<u>0.71</u>	0.14	-0.06	0.03	-0.17
仲のいい-仲の悪い	<u>0.85</u>	-0.10	0.06	0.02	-0.20
必要な-不要な	0.12	0.08	-0.04	-0.34	-0.13
やわらかい-かたい	<u>0.68</u>	0.09	0.21	<u>-0.60</u>	0.33
リラックスした-緊張した	<u>0.88</u>	0.24	-0.28	0.11	0.14
安心な-心配な	<u>0.75</u>	0.14	-0.15	0.00	0.26
刺激的な-退屈な	-0.33	<u>-0.60</u>	-0.24	-0.25	0.03
くつろいだ-はりつめた	<u>0.85</u>	0.19	0.01	-0.20	0.12
落ち着いた-ドキドキした	0.46	<u>0.56</u>	-0.17	0.27	0.41
陽気な-陰気な	<u>0.63</u>	0.08	0.02	-0.23	0.15
大人っぽい-若々しい	<u>-0.51</u>	0.12	-0.03	-0.12	-0.13
純粋な-不純な	-0.01	-0.04	<u>0.87</u>	-0.00	-0.07
上品な-下品な	-0.22	0.13	<u>0.58</u>	0.08	0.18
たいらな-でこぼこした	-0.17	0.37	-0.21	-0.07	0.21
あたたかい-冷たい	<u>0.88</u>	0.05	-0.08	-0.13	-0.27
落ち着きのある-落ち着きのない	0.03	<u>0.96</u>	0.14	-0.06	0.05
おだやかな-げげしい	<u>0.50</u>	<u>0.53</u>	-0.00	-0.03	0.04
単純な-複雑な	0.18	0.26	0.10	<u>0.68</u>	0.16
清潔な-不潔な	0.44	0.14	<u>0.54</u>	0.13	0.46
感じの良い-感じの悪い	<u>0.84</u>	0.21	0.15	0.06	0.00
湿った-乾いた	-0.00	-0.07	-0.07	-0.15	-0.46

息遣い表現を感じる条件は、接触条件でぬいぐるみロボットの腹部運動を触覚により体験する場合と、ぬいぐるみロボットとの距離が近い状態で息遣いを耳元で感じる場合であると考えられる。評価項目としては、5から8である。これらの評価項目では、接触 / 非接触において有意差や有意傾向を得たが、ぬいぐるみとの距離では有意差を得なかった。これは、筋肉等の体内の状況は、接触条件によって直に腹部が動作している状態を体験することでより生きてるように感じたからであると考えられる。腹部運動による呼吸や息遣い表現が大きな要因となったが、今後は息自体のリアリティを追求することで、接触がなくとも生きた存在を感じさせるようにしたい。

仮説 3 から 6 について述べる前に、因子分析の結果からインティマシーに関する再定義を行う。本研究では「近接性と親密性の両方が存在している状態」と定義した。これを説明した上で印象評価を行い、因子分析を行った結果、「親密性」と「落ち着き」の因子が示された。今回の使用した形容詞対に「近接性」に関する項目が少なく、これに関しては考察することができなかった。しかし、親密であることを示すことができればインティマシーが高い状態を示せることがわかった。反対に、親密度が低いことや、落ち着きのない場合はインティマシーが低い状態を示すことができる。以上のことから「親密性」「落ち着き」の軸においてインティマシーに正負の印象を持たせることができると考えられる。

仮説 3 は評価項目 9 より考察する。9 はぬいぐるみロボットとの距離で有意差を得ることができ、近い状

態である方がユーザは不快に感じていた。これは吉田ら [13] の結果と同様に、生きた存在が近くで呼吸をする気味悪さをユーザが感じたためであると考えている。また、Whisper 条件においての高い数値や、自由記述において「幽霊が話しかけているようだ」という意見を得たことから、近い存在がぼそぼそと話すことでより気味悪さを増したことがわかる。これより、呼吸を行うロボットが近くに存在する場合は、親密度が低く負のインティマシーを感じさせたといえる。

仮説 5, 6 は評価項目 11, 12 の親しみにおける評価から考察する。これらの項目は、音声の種類と接触 / 非接触において有意差を得た。Whisper は低い評価を受け、Whisper の状態で距離の遠近を比較すると、遠い方が評価が高く近い方が評価が低かった。これは合成音声の質にも問題があったと考えられるが、得体の知れない物体が近い位置でぼそぼそと話している状況が、気味悪く感じられたからであるとも考えられる。これまでの考察から、音声合成の質やぬいぐるみロボットと初対面を想定した状況により、位置関係に有意差を得なかったことが考えられるため、合成音声の改善や、事前にぬいぐるみロボットとの親密度を設定することによって、位置関係に有意差を得られると考える。

今回の実験ではユーザの親しみに影響を与えた要因は接触 / 非接触ではなく、Clear / Whisper であった。これは、ぬいぐるみロボットとの親密性の設定が無く、初対面の状態が想定されたために Whisper の声質に嫌悪感を抱かれたからであると考えている。仮説 2 の考察より、呼吸と息遣い表現はぬいぐるみが生きてるように感じさせることができた。物体が生きてる存在と感じられる表現は、その気味悪さから負のインティマシーを感じさせた。仮説 5, 6 は位置関係では有意差を得ることができなかった。これは合成音声の改善や親密度の設定により結果が変化すると考えられるため、さらなる検証が必要である。特に、事前の親密度の設定は、ぬいぐるみロボットが初対面の状態では無くなるため、位置関係が親密度に影響を与えると考える。因子分析の結果から、インティマシーは親密度と落ち着きの軸を持ち、これらの変動がぬいぐるみロボットに対する印象に影響を与えると考える。

## 6 おわりに

本稿では、呼吸や発話時の息遣い表現を行うロボットを提案し、位置関係に応じた親密感の印象変化に関する実験を行った。インティマシーという言葉を定義すると共に、ロボットとの位置関係と親密性について考察した。位置関係において有意差を得た項目より、近い状態であるときに不快感を増す結果となった。息遣い表現を行うぬいぐるみロボットに生きてる存在を

感じたため、近くにいる際の気持ち悪さが増加したのではないかと考える。これより、初対面の状態で生きていると感じられる存在が近くにいることは、親密度に負の印象を与えることがわかった。今後は、ロボットとの親密感の設定を予め行った実験による息遣い表現の印象について検証したい。

## 謝辞

本研究は一部科研費 24300047 および科研費 25700021 の助成を受け実施したものである。

## 参考文献

- [1] 山田陽滋. ウェアラブルロボットの可能性. 日本ロボット学会誌, Vol. 20, No. 8, pp. 780–782, nov 2002.
- [2] 神田崇行. 4 コミュニケーションロボットと人間との距離 (< 特集 > ロボットメディアによる人間情報処理研究). 情報処理, Vol. 49, No. 1, pp. 24–29, jan 2008.
- [3] 村川賀彦, 十時伸. サービスロボットによる「ふるまい」の評価. HAI シンポジウム 2006, 2006.
- [4] Ashton, Nancy L, Shaw, Marvin E, Worsham, and Annette Pearce. Affective reactions to interpersonal distances by friends and strangers. *Bulletin of the Psychonomic Society*, Vol. 15, No. 5, pp. 306–308, 1980.
- [5] 中谷友香梨, 孟曉順, 米澤朋子. 発話と息づかいの複合表現による生物存在感提示手法の検討 (エージェント・インタラクション, コミュニケーションの心理とライフステージ, 及び一般). 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 113, No. 426, pp. 113–116, jan 2014.
- [6] 中井優理子, 岡崎龍太, 蜂須拓, 佐藤未知, 梶本裕之. 鏡面反射を利用した目がゆらぐぬいぐるみに関する研究. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2014), pp. 1–5, 9 2014.
- [7] 中田亨, 佐藤知正, 森武俊, 溝口博. ロボットの対人行動による親和感の演出. 日本ロボット学会誌, Vol. 15, No. 7, pp. 1068–1074, oct 1997.
- [8] 柏原忠和, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太. ウェアラブル・アバター robots を用いたフィールドテストとその分析. 情報処理学会 インタラクション 2012, 2012.
- [9] 米澤朋子, 山添大丈, 安部伸治. 高齢者の外出に寄り添いスキンシップ表現を行う腕抱きつき型ポータブルロボット (第 71 回ヒューマンインタフェース学会研究会インタラクションのデザインと評価および一般). ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 13, pp. 49–52, 2011.
- [10] 米澤朋子, 山添大丈. 高齢者の外出支援を目指す携帯メッセージロボットの提案. HAI シンポジウム 2013, pp. 86–91, 2013.
- [11] 谷中俊介, 小坂崇之, 服部元史. Zzzoo pillows : 呼吸感と体温といびきの提示による安心感を与えるための抱き枕の研究. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2013), pp. 178–181, 10 2013.
- [12] 吉田直人, 中谷友香梨, 久保嶋健人, 米澤朋子. 吐息と腹部運動を伴う呼吸表現に関する因子分析に基づいた生物的なぬいぐるみロボットの研究. HAI シンポジウム 2014, 12 2014. to be published.
- [13] 吉田直人, 中谷友香梨, 久保嶋健人, 米澤朋子. 吐息と腹部運動の共通制御による発声や呼吸表現をする生物的なぬいぐるみロボットの提案. 情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, p. 6p, 2014.
- [14] 安田明, 増田稔, 満久崇磨. 木質材料の視覚特性に関する研究 : 内装壁面材料の視覚的イメージに関する因子分析. 木材研究資料, Vol. 12, pp. 81–101, jan 1978.
- [15] 清水裕士, 大坊郁夫. 恋愛関係における関係性認知が精神的健康に及ぼす影響. 対人社会心理学研究, 2005.