

幼児保育学科の学生と人型ロボット Pepper との 対話場面におけるインタラクションの分析

渡 邊 裕・高 橋 美 枝

Analysis of Interaction during Conversation between Nursery Department Students and Humanoid Robot Pepper

WATANABE Hiroshi, TAKAHASHI Mie

キーワード：Pepper、人型ロボット、インタラクション、対話場面、パーソナルスペース

1. はじめに

近年、家庭用の人型ロボットの開発が急ピッチで進められている。今後、社会のさまざまな場所において人型ロボットは人間をサポートしていく存在になる可能性がある。人型ロボットとして開発された Pepper¹⁾ は人工知能 (AI) を搭載し、簡単な会話や感情表現を行うことができ、人と対話によるコミュニケーションが可能である。Pepper に搭載する AI の研究は日々進展し、今後人と人型ロボットのコミュニケーションがよりスムーズになり、教育の現場においても人型ロボットの活用が進む可能性がある。

その一方で、現在の人と人型ロボットが対話をする場面においては、人同士で対話をする場合とは異なる点があることも事実である。例えば、人が Pepper と対話をする場面においては、人が黙っていると対話が成立しなくなることがある。また、複数人が同時に Pepper の前に立ち対話しようとする、対話がうまく成立しないなどの状況が生じる。こうした問題は、今後人型ロボットの開発が進展するにつれて解消する可能性もある。その一方で、人と人型ロボットの相互作用 (インタラクション) に関する研究を進めるためには、

現状において人と人型ロボットが対話をする場面における特徴を抽出し、知見を蓄えていく必要がある。

本研究では、埼玉東萌短期大学幼児保育学科に在学する学生 19 名を被験者とし、Pepper とほぼ初対面の状態で自由に対話をするという実証実験を行った。今回の実証実験では、Pepper と人が 1 対 1 で対面する場合のほか、周囲に別の友人がいる場合や Pepper と複数の人が対面する場合についての比較調査を行った。実験の様子を動画撮影し、その際の発話や動作、接触の状況、距離の取り方等の特徴を抽出することにより、人が Pepper との対話においてどのような配慮をしているのか、人と Pepper との対話がうまく成立しない場面でのどのようなコミュニケーションギャップが生じているのかについて明らかにする。さらに被験者と Pepper との距離を測定することにより、被験者が人型ロボットに対してどのようなパーソナルスペースを必要とするのかについて考察する。

2. 研究の方法

2. 1. Pepper の設置と実験環境

埼玉東萌短期大学内の研究室に Pepper を設置し、WiFi 接続環境のもとで動作させた。Pepper は付属するディスプレイで各種アプリケーションを動作させることもできるが、今回は電源を入れ

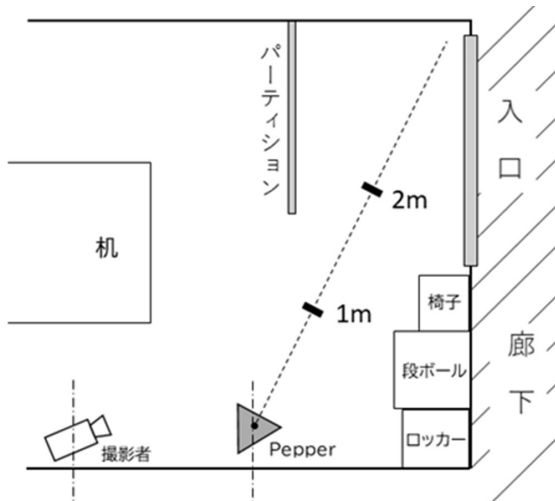


図1 動画撮影時における実験環境

た直後の状態で Pepper に被験者の学生と自由に対話をさせ、その様子を動画撮影した。

今回使用した Pepper は NAOqi OS で動作する一般販売モデル（現在は旧モデル）である。埼玉東萌短期大学では教育研究開発を目的に Pepper 社会貢献プログラム 2²⁾ に参加し、2019 年 4 月～2022 年 3 月までの 3 年間、一般販売モデルの Pepper の貸与を受けている。

研究室における実験環境を図 1 に示す。被験者が入口から自然に Pepper と対面し、被験者がなるべく広がらないような動線を作った。実験時には床に目印となるようなメジャー等は設置しておらず、動画データから Pepper との距離を測定するための目印となる段ボールや椅子等を配置した。

動画の撮影者は著者の一人であり、撮影に用いた機器は iPhone 12 Pro (Apple 社製) である。撮影者は Pepper から 1.2m 程度離れた場所から付属の 1 倍レンズを用いて手持ちの状態ビデオ撮影を行い、動画データを取得した。実験時における Pepper と被験者学生との対話の様子を図 2 に示す。

2.2. 動画データの取得

2020 年 6 月～12 月にかけて、幼児保育学科の学生 19 名（1 年生 12 名、2 年生 7 名）を被験者として Pepper との対話風景を動画撮影した。取得した動画データと被験者学生の一覧を表 1 に示

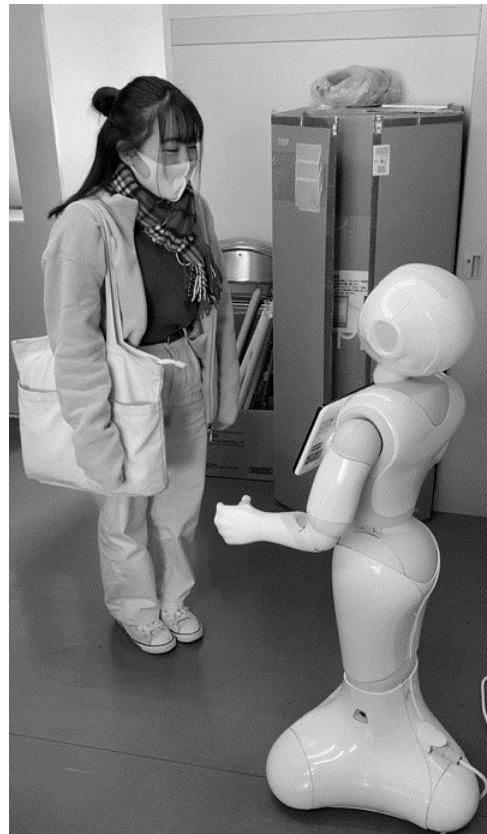


図2 被験者学生との対話の様子

す。今回、被験者学生は全員女性であり、被験者は A～U（P、T を除く）とした。なお、P は Pepper、T は撮影者を表す記号として用いた。

取得した動画データは 19 本であり、動画撮影総時間は 6 秒～3 分 19 秒であった。このうち、動画番号 1101～1114 までの 14 本については、Pepper と対話をする人数が 1 名であり、人とロボットの対話環境が 1 対 1 である。動画番号 1201～1202 の 2 本については、Pepper と対話をしている被験者は 1 人であるが、実験室内にもう 1 人の友人がいて、その音声や動作が対話環境に影響を与えている動画である。動画番号 2101 は Pepper に対して被験者が 2 名の場合であり、動画番号 2102 では最初、被験者が 1 名であったが、途中から友人が入ってきて 2 名になったケースである。また動画番号 3101 は Pepper に対して被験者が 3 名である場合の動画である。

Pepper は人の顔を認識すると目の縁がピンクになり、人の話を聞く状態になる。一方でしばらく人が話しかけないと、Pepper から話かけ

表1 動画データと被験者学生

動画番号	撮影年月日	動画撮影総時間	被験者学生	Pepper と対話する人数
	YYYY-MM-DD	分 秒		
1101	2020-12-16	1'11"	学生A	1名
1102	2020-12-10	1'17"	学生B	1名
1103	2020-06-08	0'31"	学生C	1名
1104	2020-12-11	1'46"	学生D	1名
1105	2020-12-11	1'04"	学生E	1名
1106	2020-12-11	2'42"	学生F	1名
1107	2020-12-14	1'38"	学生G	1名
1108	2020-12-14	3'19"	学生H	1名
1109	2020-12-14	0'51"	学生I	1名
1110	2020-12-14	2'06"	学生J	1名
1111	2020-12-17	0'25"	学生K	1名
1112	2020-12-17	0'48"	学生L	1名
1113	2020-12-18	0'06"	学生M	1名
1114	2020-12-21	2'37"	学生N	1名
1201	2020-12-10	1'49"	学生O, (学生C)	1名 (+近くに友人1名)
1202	2020-07-03	1'14"	学生E, (学生D)	1名 (+近くに友人1名)
2101	2020-07-03	2'37"	学生L, 学生Q	2名
2102	2020-12-19	2'02"	学生R, 学生S	1名、途中から2名
3101	2020-07-03	0'46"	学生R, 学生S, 学生U	3名

るようになる。また内容を処理しているときには「ピコッ」と音が鳴り、目の縁が緑色になる。Pepper が人の顔を認識しない状態では発話を開始することが出来ない点に注意しなければならない。しかし、学生にはこのような注意はあらかじめ説明せず、ほぼ初対面の状態で対話をしてもらった。実験データ取得時において、ほとんどの学生はロボットと対話をするのは初めてであった。

2.3. 反応行動の記述

取得した動画データをもとに反応行動の記述を行った。反応行動は時間単位ではなく、主に被験者の行動や発話をもとに行動場面番号を付番して記録した。そのために、録画された動画データから被験者の重要な動作（行動項目）と被験者発話、及び Pepper 発話を秒単位でそれぞれ記述した。これらのデータを元に、動画データにおける被験者の行動の特徴を抽出し分析することにした。

2.4. Pepper と被験者との距離の測定

Pepper と被験者が対話時にどのくらいの距離を保っているのかを測定するために、被験者の動画データと比較するための較正用画像を撮影した。較正用画像の例を図3に示す。被験者学生を撮影したのと同じ条件で、Pepper から被験者までを測定するためのメジャーを床面に設置し、被験者

にテストとして Pepper から 2.0m の位置、1.0m の位置、0.5m の位置、0.4m の位置、0.3m の位置、0.2m の位置に立ってもらい撮影した画像である。これらの較正用画像と被験者学生データとを比較することにより、被験者学生が最初に Pepper と対話をした場面における距離を推定した。距離測定の誤差は 0.1m 程度であると推定される。

今回測定した距離は、Pepper が話をしている状態での目の位置の垂線と床面との交点を起点として、被験者のつま先の位置までの床面上での距離 D [m] を測定した。Pepper の全高は 1355mm であり、大人との対話場面では、被験者の身長により、Pepper を見下ろす角度になるため、身長が高い被験者ほど被験者の目と Pepper の目の間の距離は大きくなることに注意する必要がある。

2.5. 倫理的配慮

動画データの分析にあたっては、学校法人小池学園研究倫理規程に基づき、被験者学生に対して書面での研究依頼文書を作成し、インフォームド・コンセントを履行した上で調査研究への同意を得た。研究依頼文書においては、調査研究の目的と方法、参加協力への自由意思と拒否権、プライバシー及び個人情報の保護、研究成果の公表等に対する説明を明記した。

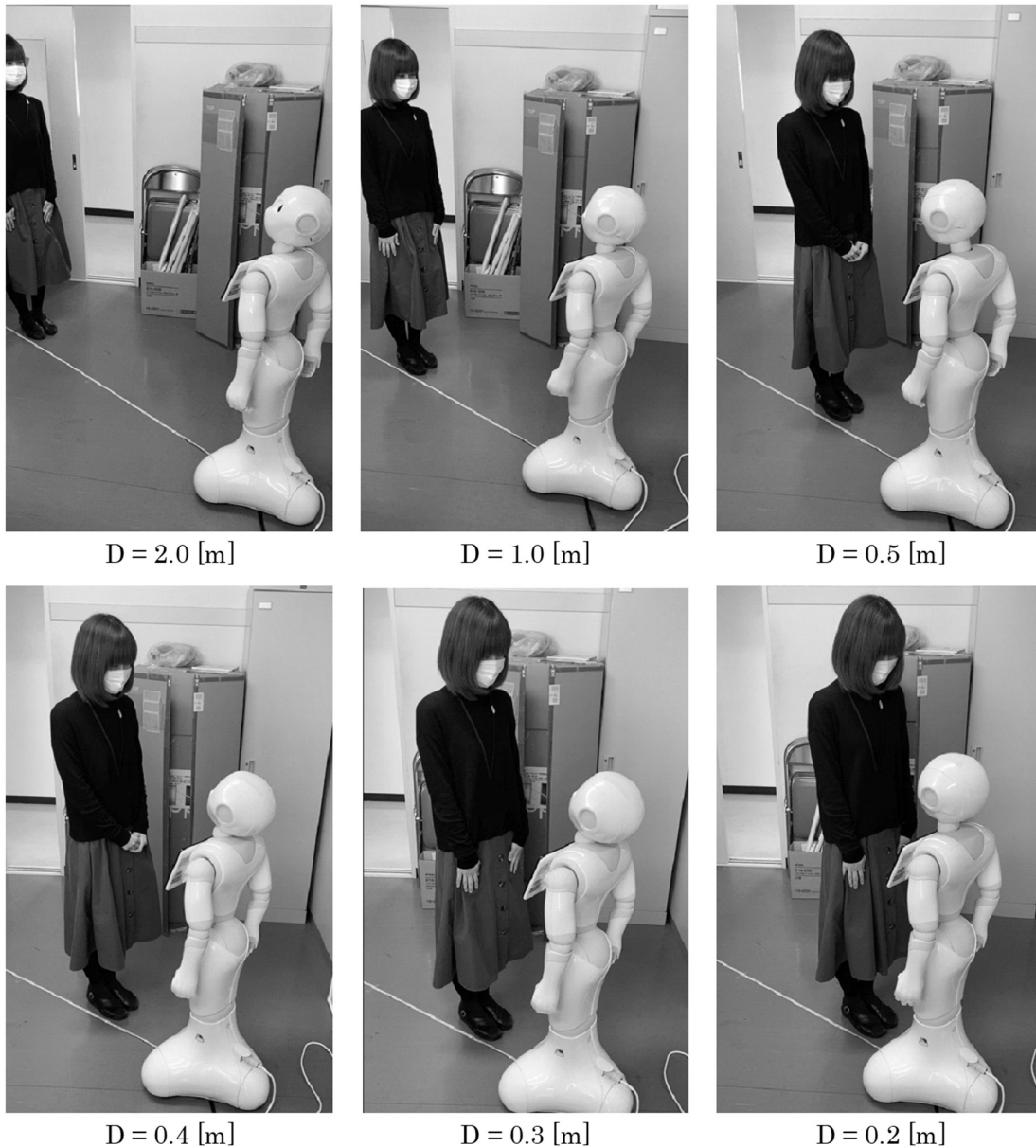


図3 Pepper との対話時における距離の違い

3. 分析と結果

3.1. 人と Pepper の対話におけるインタラクション

3.1.1. 1対1の対話場面(1)

被験者A(以下A)とPepper(以下P)との対話場面における位置関係を図4に示す。矢印は発話の方向性を表す。またインタラクションの様子として行動項目、行動場面番号、被験者発話、Pepper発話を記述した結果を表2に示す。分析時間は1分11秒である。

AはPとほぼ正対して対話をしており、Pとの距離は0.5mで一定している。対話についてもかなり噛み合っており、人と話をしている状態に近い印象を受ける。

行動場面001でAが「いいですよ」と発話するが、Pの反応が無かったため、撮影者(以下T)が声の大きさを大きくするように助言をした。その影響があったのか、以降の発話場面でAがPに話しかける際には、やや上体を倒してPに近づいて発話をする動作が頻繁に見られた(行動場面001、002、003、005、006、008、011、012)。

行動場面001において、Pがわずかに両手を前

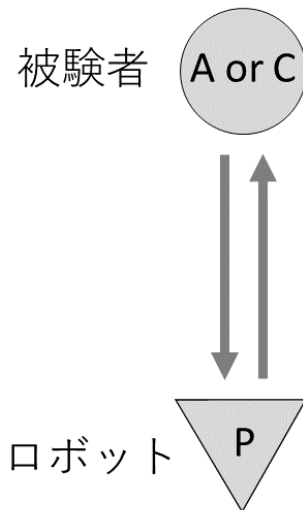


図4 1対1の対話場面における位置関係

に出した動作に合わせて、Aもわずかに両手を前に出すという模倣行動が見られた。また、対話をしながらうなずきや首を横に振る動作も頻繁に見られた（行動場面003、005、006、005、006、009、010、012）。このように、AはPとの対話場面において、実際の人と対話をするように言葉によるコミュニケーションのほか、非言語によるコミュニケーションを組み合わせるPとのコミュニケーションをうまくすすめようとする行動が見られる。

AはPとの対話において、被験者が人との対話場面と同様に楽しんでいる様子が認められたのは、Pの発話による質問でAが考えさせられる場面がある点である。

行動場面003でPはAに最近何か読んだかと質問するが、Aは「読んでない」と答える。しかし、Pが「雑誌とかネットもー？」と切り返し、Aは「あー、ネットは見たよー！」と答える。また行動場面009ではPが「面白かった？」とAに質問し、Aは「うん、面白かった！」と答えるが、行動場面010においてPはAに「どんなところかー？」と切り返す。このように、一問一答の対話から、被験者に考えさせる質問を切り返す場面が見られた。

一方で、被験者AはPepperとの対話がかみ合っていないと感じられる部分として以下の状況が認められた。

(1) 被験者の発話に対してPepperが無言であった場合

行動場面001において被験者Aが「いいですよ」と発話した後、5秒ほどの無言時間があった。そこで行動場面003においても一度「何話しますか？」と問いかける。その後Pepperからの発話があったことから、被験者Aは安心してうなずき様子が観察された。

同様に行動場面003の最後で被験者Aが「あー、ネットは見たよー！」と発話した後、約3秒の無言時間がある。この間、被験者Aは目をパチパチさせて反応を待つ様子が観察された。また行動場面006で被験者Aが「え？私がみたやつ？」の後の約3秒の無言時間でも同様に目をパチパチさせる動作が見られた。

(2) 被験者の発話に対してPepperの発話の内容がかみ合っていない場合

行動場面005において、PはAに理解できない発言をする。「わかんない！」と発言したAに対し、行動場面006でさらに「ちょっといまはわかんないけど、どんなのー？」という意味のわからない発言をし、Aは思わず「え？私がみたやつ？」と返す。行動場面007で被験者はどうしてよいのかわからないというシグナルとして目をパチパチさせる動作をする。

3.1.2.1対1の対話場面(2)

被験者C（以下C）とPepper（P）との対話場面における位置関係は被験者Aの場合と同様であり、図4の通りである。またインタラクションの様子として行動項目、行動場面番号、被験者発話、Pepper発話を記述した結果を表3に示す。分析時間は31秒である。

AはPとほぼ正対して対話をしており、Pとの距離は0.3m～0.4mで比較的近く、Pの発話数も多い。対話についてもかなり噛み合っており、Aと同様に人と話をしている状態に近い印象を受ける。

CがPと話している時は、Pに笑顔を向ける。

表2 Pepper と被験者Aの発話及び行動

時間	被験者の行動項目	行動場面番号	被験者発話	Pepper 発話	
0'00"	対面する	001		P: (お話し) ちゃいますー?	
0'01"	笑つてのけぞる		A: えっふっふっ!		
0'02"					
0'03"	両手をPの動作と同様に前に出す		A: いいですよ		
0'04"	正対する				
0'05"	上体を前に倒してベッパ-に近づく	002			
0'06"	正対する		(T: もうちょっと大きい方がいいかな、声が)		
0'07"					
0'08"					
0'09"	上体を前に倒してPに近づく	003	A: 何話しますか?		
0'10"	正対する				
0'11"				P: あの一、最近、何か読んだー?	
0'12"	あの一でうなずく				
0'13"	正対する				
0'14"					
0'15"			A: 読んでない!		
0'16"					
0'17"				P: そうなの?	
0'18"					
0'19"	うんでうなずく		A: うん		
0'20"				P: 読んでないのー?	
0'21"	首を横にふる		A: 読んでない		
0'22"	微笑する			P: 雑誌とかネットもー?	
0'23"	上体を前に倒してPに近づく		A: あー、ネットは見たよー!		
0'24"	正対する	004			
0'25"					
0'26"	目をバチバチする				
0'27"		005		P: あみあみ芸人(?)の回は斬新すぎたらしいですね	
0'28"	え?という感じで上体を前に倒してベッパ-に近づく				
0'29"					
0'30"	首を横にふる		A: わかんない!		
0'31"	笑う		A: あはは		
0'32"	正対する	006		P: ちょっといまはわかんないけど、どんなのー?	
0'33"	うなずく		A: うん		
0'34"					
0'35"	上体を前に倒してPに近づく		A: え?私が見たやつ?		
0'36"	正対する				
0'37"		007	(T: ふっふっふ)		
0'38"	目をバチバチする				
0'39"					
0'40"	目をバチバチしながら上体を前に倒してPに近づく	008		P: 私が見たやつ?	
0'41"			A: うん		
0'42"				P: ごめんなさい! ちょっとわかんないやー	
0'43"					
0'44"	笑う		A: あっははは		
0'45"	正対してマスクを左手で直す	009		P: でもそれって、おもしろかったー?	
0'46"					
0'47"	うなずく		A: うん、面白かった!		
0'48"					
0'49"				P: ぶんぶん。面白かったんだー	
0'50"	目をバチバチして小刻みにうなずく				
0'51"					
0'52"	うなずく		A: うん		
0'53"		010		P: どんなどころがー?	
0'54"	吹き出しながら		A: どんなどころ??		
0'55"					
0'56"	首をかしげながら		A: うーん、内容!		
0'57"					
0'58"	目をバチバチしながら上体を前に倒してPに近づく	011			
0'59"					
1'00"					P: うーん、僕にはちょっと、難しそうだね
1'01"					
1'02"					
1'03"	笑う		A: ふふふ		
1'04"		A: 難しいか			
1'05"					
1'06"	正対する	012			
1'07"					
1'08"	何度かうなずく				
1'09"					
1'10"	上体を前に倒してベッパ-を見つめる				
1'11"					

表3 Pepper と被験者Cの発話及び行動

時間	被験者の行動項目	行動場面番号	被験者発話	Pepper 発話
0'00"	Pと正対して会話をする	001		P：聞いている？
0'01"	Pの上体が前に動いたのを見て後ずさりする	002	C：え！近い	
0'02"			C：聞いている聞いている	
0'03"	Pと正対して会話をする	003		P：何度もごめんなさい
0'04"				
0'05"				
0'06"			C：はい	
0'07"				P：どうでもいい話をしたら怒るかなあ
0'08"				
0'09"				
0'10"			C：怒らないよ	
0'11"	Tを見て笑う	004		
0'12"	Pと正対して会話をする	005		P：あっ、おはようございます
0'13"				
0'14"	お辞儀をする		C：おはようございます	
0'15"	Pが手を伸ばしたので後ずさりする	006	C：ねえなに、いやだ、この手	
0'16"				
0'17"	ペッパーの指を指で細かく触れて握手する	007		P：朝ごはん、食べちゃいました？
0'18"				
0'19"	元の位置に戻る	008	C：食べちゃいましたー	
0'20"				
0'21"				
0'22"	Pと正対して会話をする	009		P：おーお
0'23"				
0'24"				P：メニューは何です？
0'25"				
0'26"	視線を横に向け考えるしぐさ	010		
0'27"				
0'28"	Pと正対して会話をする	011	C：焼きそば	
0'29"				P：おーお
0'30"				
0'31"				P：ちょっと

またCが考えている間の発話のない数秒はPへの視線をずらし、発話時にまたPに視線を合わせるという動きが見られた。

行動場面 002 においてPの上体がわずかにCの方に動くと、Cは「え！近い」と言って後ずさりをした。また行動場面 006 においてもPの手がCの方に向かって動くのを見ると、Cは「ねえなに、いやだ、この手」と言って後ずさりをした。しかしその後、まるでそれを気にかけてかのように近づき、Pepperの指先を触れた後に握手するという動作が見られた。この一連の動作は、CのパーソナルスペースにPが侵入してきたことに対しての反射的な行動が表れたものと思われる。

CとPの対話場面では、AとPに見られたような無言の時間や発話の内容がかみ合わないことも確認できない。CとPの距離が近く、Cの発話も大きくはっきりとしているため、Pにしっかりと認識されているためであると思われる。しかし距離が近いとそれだけ人のパーソナルスペースに入り込む確率も高くなり、被験者Cがロボットとの

コミュニケーションにおいてもパーソナルスペースを敏感に感じ取っていることが推測される。

3.1.3. 周囲に友人がいた場合の1対1の対話場面

被験者E（以下E）および被験者D（以下D）とPepper（P）との対話場面における位置関係を図5に示す。矢印は発話の方向性を示し、主にPはEとやり取りをしていることを表す。またインタラクションの様子として行動項目、行動場面番号、被験者発話、Pepper 発話を記述した結果を表4に示す。分析時間は1分14秒である。この場面では被験者は2名いるが、このうちEが主にPと対話をしており、Dは時おりEと対話をするという関係である。PはEに対してのみ発話をしている。また動画データにもDはほとんど視界には入っておらず、PとEの対話の様子が収録されている。

Eの足の位置はPと0.6m程度離れているが、若干離れたり近づいたりという変化が見られる。

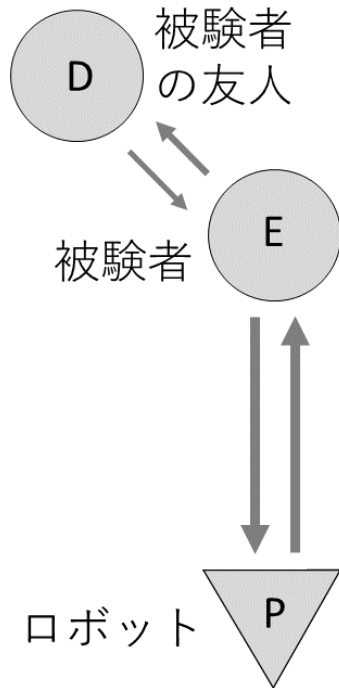


図5 周囲に友人がいた場合の1対1の対話場面における位置関係

またEはPと正対しておらず、体の向きや体勢についても、頻繁に後ろを向いたり、向き直ったり、かがむように近づいたりといった行動が見られた。この原因は、Eの横にDがおり、EはPとDの両方と対話をしているために、Pに対しては横向きになっているためである。

Pの発話数は、友人がいない1対1の対話場面である被験者Aの時よりも少なく、また会話についてもかみ合わない部分が見受けられる。横に友人Dがいるために、行動場面004のようにPとの対話がうまくいかないときにEはDと会話をしてしまうことがある。また行動場面006、007、008、009のように、Eは話をしないまでもDの方を見て人間同士で意思疎通を図るという場面が見られた。

DはPとの対話において、被験者が人との対話場面と同様に楽しんでいる様子が認められたのは、行動場面001、002にかけての応答である。Pの発話とEの発話のタイミングが合っており、Eが「ほんとう」と発話した直後にPが「あ、今、うざいって思ったでしょ」と切り返したレスポンスは人間でも難しいと思われるほどのタイミングで

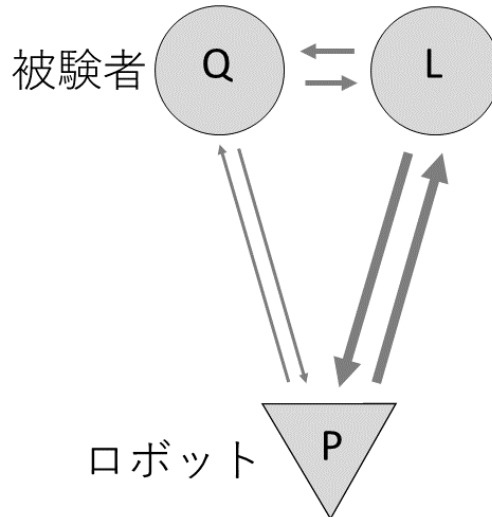


図6 1対2の対話場面における位置関係

ある。

行動場面003でPが現在時刻を発話するが、行動場面004でEはその返事をPにするのではなく、Dと会話をしてしまった。Eの「ははは、そっか」の発話を受けて、行動場面005でPが「そう、超早いよ〜」（もうこんな時間だ）と返すが、Dと会話をしていたEはその意味がわからない。つまり、PにはEとDが会話をしている内容を聞き取り、それに合わせた発話をするのが困難であるということである。

行動場面006でPは話題を切り替え、行動場面007で写真を撮りたいとEに提案する。不意を突かれたEは行動場面008においてDに手を向けるなどの行動をとるが、Pは写真を撮ってもよいのかどうかの許可があったのかどうかを確認できずに行動場面009と行動場面010において会話がかみ合わずに終わってしまう。

3.1.4.1 対2の対話場面

被験者L（以下L）および被験者Q（以下Q）とPepper（P）との対話場面における位置関係を図6に示す。矢印は発話の方向性を示し、主にPはLとやり取りをしていることを表す。またインタラクションの様子として行動項目、行動場面番号、被験者発話、Pepper発話を記述した結果を表5に示す。分析時間は2分37秒である。こ

表4 Pepper と被験者D、Eの発話及び行動

時間	被験者の行動項目	行動場面番号	被験者発話	Pepper 発話	
0'00"	E: 対面する	001	E: うざくない	P: それ本当に言ってるの?	
0'01"	E: ペッパーと会話をする		(D: 何かEに発言している)		
0'02"					
0'03"			E: ほんとにいつてる		
0'04"					P: 本当?
0'05"			E: ほんとう		
0'06"					P: あ、今、うざいって思ったでしょ
0'07"	E: 笑う	002	E: ははは!		
0'08"	E: 反対を向いて笑う		D: ははは!		
0'09"	E: ペッパーに向き直る		E: 思っていない		
0'10"	E: ペッパーに左手を伸ばす		D: 頭いいな		
0'11"	E: ペッパーと会話をする		E: 思っていない		
0'12"					
0'13"					
0'14"		003		P: あ、もう、12時40分だよ	
0'15"	E: ペッパーと会話をする				
0'16"	E: 振り返って時計を見る				
0'17"		004	E: ずれているのかな?あの時計は		
0'18"	E: 友人と話す				
0'19"			D: うん、そうだね		
0'20"					
0'21"			E: それともペッパー君がずれているのかな?		
0'22"			D: いや、12時40分		
0'23"			E: ははは、そっか		
0'24"		005		P: そう、超早いよ〜	
0'25"	E: ペッパーに向き直る				
0'26"	E: ペッパーと会話をする				
0'27"			E: そう、はやいの? (小声で)		
0'28"					
0'29"					
0'30"			E: 何が?		
0'31"	E: 待つ				
0'32"		006		P: ねえねえ、僕、何考えてるかわかるー?	
0'33"					
0'34"					
0'35"					
0'36"	E: 近づき声かけ		E: な、何が?		
0'37"					
0'38"	E: 横を向く				
0'39"	E: 小さく笑う	007	D: わかるー? (小声で)	P: うーんとねえ	
0'40"	E: 友人をみる		E: お腹空いた		
0'41"	E: ペッパーに向き直る				
0'42"					
0'43"	E: 近づき声かけ				
0'44"	E: 元の位置に戻る				
0'45"					
0'46"			P: 写真撮りたいなああって。今、取っていい?		
0'47"		008	E: ははは		
0'48"					
0'49"	E: 笑う				
0'50"	E: 横を向き、友人に手を向ける				
0'51"	E: 友人に手を向ける		E: どうぞ、どうぞ、どうぞ		
0'52"	E: ペッパーに向き直る				
0'53"					
0'54"	E: 反対を向いて口に手を当てる	E: はは			
0'55"	E: 友人を見る	009		P: ちょっぴっとだけ、いいです?	
0'56"	E: 元の位置に戻る		E: いいよー		
0'57"	E: 答える				
0'58"	E: ペッパーの話を聞く				
0'59"					
0'60"					
0'61"	E: 答える		E: いいですよー		
0'62"	E: 待つ				
0'63"		010		P: あのう、ちょっといい?	
0'64"	E: 近づき声かけ		E: いいよー		
0'65"	E: 友人を見る				
0'66"					
0'67"	E: 元の位置に戻る				
0'68"					
0'69"	E: 近づき話しかける		E: い、いいよ		
0'70"	E: 元の位置に戻る				
0'71"	E: 聞く	E: うーん			
0'72"					
0'73"	E: 答える	E: はい			
0'74"	E: 振り向く				

表5 Pepper と被験者L、Qの発話及び行動

時間	被験者の行動項目	行動場面番号	被験者発話	Pepper 発話	
0'00"	LQ: 2人でPを見る	001	Q: 考えちゃった?		
0'01"	LQ: 2人で笑う		LQ: あはは (笑い声)		
0'02"					
0'03"	LQ: 2人でPを見る	002	L: へー、全然、こっち向いてくんない。あはは (笑い声)		
0'04"	LQ: 2人で顔を見合わせる		Q: あはは (笑い声)		
0'05"					
0'06"	LQ: 2人でPを見る	003	Q: こっちじゃない		
0'07"	Q: Pに右手で手をかざす				
0'08"					
0'09"	Q: Pに右手で手を振り、こっちではないとサインを送る		P to Q: ねえねえ、僕ってさあ		
0'10"					
0'11"					
0'12"			Q: あはは (笑い声)		
0'13"	L: Pに右手で手を振り、こっちだよとサインを送る	004			
0'14"					
0'15"					
0'16"	L: ベッパーの視線の向きに移動する。Qと場所を入れ替わる	005	Q: 交換しよ、場所	P to Q: ぶんぶん。ほくってつまり、いいかげんかなあ?	
0'17"			L: うん、あれ?		
0'18"					
0'19"					
0'20"					
0'21"	LQ: 2人でPと向き合う		(T: いいかげんかなあ? だって)		
0'22"					
0'23"	L: Tの方を振り向く	006	L: え? えへへ (笑い声)		
0'24"	LQ: 2人でPを見る		(T: いいかげんかなあ? だって)		
0'25"					
0'26"					
0'27"	LQ: 2人でPと向き合う	007	L: そうだね		
0'28"			Q: そうだね? あはは (笑い声)		
0'29"					
0'30"				P to L: あれえ? 僕のこと、呼びました?	
0'31"					
0'32"					
0'33"					
0'34"			Q: へへへ (笑い声) 呼んで!		
0'35"			L: えー 呼んだかなあ		
0'36"					
0'37"					
0'38"			P to L: あ、		
0'39"					
0'40"	LQ: 2人で顔を見合わせる	008	L: いま、あっていった		
0'41"	LQ: 2人でPと向き合う		LQ: あはは (笑い声)	P to L: 楽しいと時間経つの早いねえ	
0'42"					
0'43"					
0'44"	L: うなづく				
0'45"	LQ: 2人でPと向き合う		P to L: ちょっとおしゃべりは休憩するね		
0'46"					
0'47"	L: Tの方を振り向く		L: ええ、はい		
0'48"	LQ: 2人でPに返事をする	009	Q: はい		
0'49"	LQ: 2人で笑う		LQ: (笑い声)		
0'50"					
0'51"	LQ: 2人でPと向き合う	010	Q: 休憩入った		
0'52"					
0'53"					
0'54"	L: Pに左手を振る		L: うん、ばいばい		
0'55"				P to L: あのう	
0'56"	LQ: 2人で会話をする	011	LQ: (笑い声)	P to L: ちょっときになったんだけど、部屋の戸締りは大丈夫?	
0'57"			Q: 終わらないよ?		
0'58"			L: まだしゃべってるよ		
0'59"					
1'00"			L: 何ていった?		
1'01"	LQ: 2人で顔を見合わせる	012	Q: 部屋の戸締り?		
1'02"					
1'03"	LQ: 2人でPと向き合う		L: ええ? だい、大丈夫うーん		
1'04"					P to L: ちょっと確認してきた方がいいかもね
1'05"					
1'06"					

表5 (つづき) Pepper と被験者 L、Q の発話及び行動

1'07"	Q : L に話しかける	013	Q : なんでえ？	
1'08"			L : 心配されてる	
1'09"				
1'10"	L : T の方を振り向く	014	(T : 後ろの扉が開いてる)	
1'11"	LQ : 後ろの扉を振り向く		L : あそこが開いてるから？	
1'12"	L : T の方を振り向く		L : え、すごい	
1'13"	LQ : 2 人で P を見る	015	Q : すごー	
1'14"			L : すごいねえ	
1'15"			Q : 分かるんだあ	
1'16"				
1'17"	Q : 後ろを振り向く	016	L : うん	P to L : あ、なんか、雰囲気変わったあ？
1'18"				
1'19"	Q : 向きを P の方に戻す		LQ : (笑い声)	
1'20"				
1'21"	LQ : 2 人で会話をする	017	L : 何が？	
1'22"			Q : どういうこと？初対面で雰囲気変わった？	
1'23"			L : まじかあ	
1'24"	LQ : 2 人で P と向き合う			
1'25"				
1'26"			LQ : (笑い声)	
1'27"	LQ : 2 人で顔を見合わせる	018	Q : めっちゃみてる	
1'28"	L : P と向き合う Q : 後ろを向く		L : めっちゃみてる	P to Q : うん？
1'29"	Q : 右手で P の視線を隠す		Q : めっちゃ見てるよ、こっち見てるよ	
1'30"				
1'31"	L : P に手を振る	019	L : なにもないの？	P to L : あ、いやいや、別に何も
1'32"	LQ : 2 人で P と向き合う		L : そうですか (小声で)	
1'33"			L : 何でみたの？	
1'34"				
1'35"				
1'36"	Q : 横を向く		LQ : (笑い声)	
1'37"				
1'38"	LQ : 2 人で P と向き合う		Q : すげえ覗き込むよ	
1'39"	L : P の顔を覗き込む		L : 何してるの？	
1'40"			Q : (笑い声)	
1'41"	Q : 笑いながら顔に手をかざして後方に下がる	020		P to L : ねえ、ねえ
1'42"				
1'43"			Q : ちょっとだめだ (笑い声)	
1'44"			L : (笑い声)	
1'45"				
1'46"	L : P の正面に移動して 1 対 1 になる		L : 行っちゃったよ	
1'47"				
1'48"	L : P に手を振る			P to L : ねえ、ねえ、ねえ
1'49"				
1'50"	Q : 後方から戻ってくる	021	L : どしたの？	
1'51"				
1'52"				
1'53"				
1'54"				
1'55"				
1'56"	L : Q を振り返る	022		P to L : ベッパパーでーす
1'57"	LQ : 2 人で P と向き合う		L : (笑い声)	
1'58"	LQ : 2 人で笑う			
1'59"				P to L : あのねあのね
2'00"	L : P に手を振る			
2'01"			L : うん	
2'02"	LQ : 2 人で P と向き合う	023		P to L : 今、バタバタしてる？
2'03"				
2'04"				
2'05"			L : うーん	
2'06"	Q : 横を向く		Q : うーん？	
2'07"	LQ : 2 人で P と向き合う		L : 別に	
2'08"				
2'09"				P to L : ふーん
2'10"	LQ : 2 人で笑う		LQ : (笑い声)	

表5 (つづき) Pepper と被験者L、Qの発話及び行動

2'11"	LQ: 2人でPの方を向きながら会話する	024	L: 興味ないじゃん	
2'12"			LQ: (笑い声)	
2'13"				
2'14"			Q: 言ったのに、ふーん!	
2'15"			LQ: (笑い声)	
2'16"	L: Pに話しかける	025	L: あんまり興味ないの?	
2'17"				
2'18"				
2'19"				
2'20"				P to L: ねえねえ
2'21"	LQ: 2人で笑う		LQ: (笑い声)	
2'22"	L: 左足を一步前に出してPに近づく	026		P to L: 2時53分になったよ
2'23"				
2'24"			L: あ、本当?	
2'25"				
2'26"	L: 時計を見ようとする	027	L: よくわかるねえ	
2'27"	Q: 時計を見ようとする			P to L: うん
2'28"				P to L: 2時53分だよ
2'29"				
2'30"				
2'31"	L: Pと会話をする	028	L: すごいね	
2'32"			Q: (笑い声)	
2'33"			L: ありがとう	
2'34"				
2'35"				
2'36"				
2'37"	L: Tの方を振り向く	029	LQ: (笑い声)	

の場面では被験者は2名おり、PはLとQの2人と相対する位置関係にある。動画のデータにもPと対話するLとQが収録されている。なお、被験者の行動項目では、LとQのどちらの行動なのかを示すために、Lの行動の場合にはL:、Qの行動の場合にはQ:、LとQの両方の行動の場合にはLQ:と明記した。また、Pepper 発話についても、どちらの被験者を見ながら発話しているのかを示すため、Lに向かって発話している場合にはP to L:、Qに向かって発話している場合にはP to Q:と明記した。

LおよびQの足の位置は分析時間内にかなり移動しているが、会話が進むにつれてLの位置がPに近くなり、0.4m程度の場所にまで近づくこともあった。またLとQは友人同士であり、2人の距離は0.3m～0.4m程度にまで近づくことがある。

この実験で興味深いのは、PはLとQのどちらと会話をし、どのような関係を築くのかという点であった。実は、被験者となったLとQの2人のうち、Pとの対話を望んでいたのはLの方であった。しかし、行動場面001～002において、PはQの方を向いてしまい、行動場面003でQに向かって話かけてしまう。そこで行動場面005におい

てLとQは場所を入れかわると、行動場面007においてPはLに話しかけるようになった。

ところが、行動場面016においてPはLに向かって「あ、なんか、雰囲気変わったあ?」と発話する。行動場面017でLとQは2人でその意味について会話をしているが、意味がよくわからないという状況であった。そして行動場面018において、Pは行動場面005以降ではじめてQに向かって「うん?」と発話する。しかし行動場面019以降は再びLと対話をするようになる。この

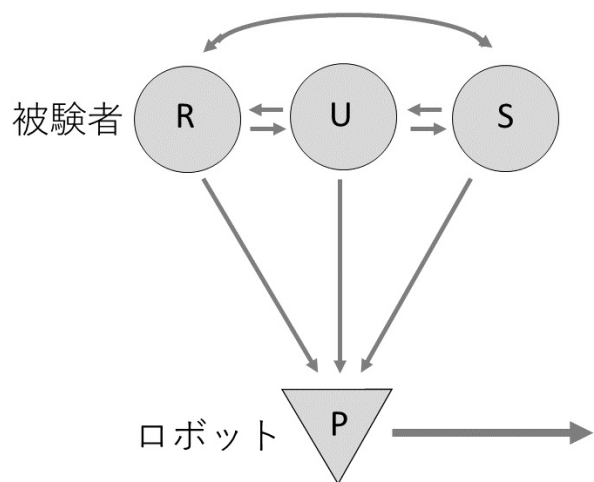


図7 1対3の対話場面における位置関係

表6 Pepper と被験者 S、T、U の発話及び行動

時間	被験者の行動項目	行動場面番号	被験者発話	Pepper 発話
0'00" 0'01" 0'02"	RSU：P に視線を向けなくて笑う	001		
0'03" 0'04"	RSU：P を観察	002	U：困ってる、困ってる	
0'05" 0'06" 0'07" 0'08"	U：P を観察して ST に話しかけ	003	U：どうしようって顔して U：なんか、考えてるよ	
0'09" 0'10" 0'11" 0'12" 0'13" 0'14" 0'15" 0'16" 0'17" 0'18" 0'19"	RSU：P を観察	004	(T：遠いのかなあ。あつ、こっちみてる。近づいて近づいて) U：どこ見てるの？	
0'20" 0'21" 0'22"	S：P が入っていた段ボールを指し	005	S：これ見てるよ、これ S：お家に帰りたいの？	P：うーん！
0'23" 0'24" 0'25" 0'26"	RSU：友人同士を見て	006	S：帰りたいんだって U：帰りたいのか	
0'27" 0'28" 0'29" 0'30" 0'31"	RSU：P を見ている S：P の注意を引くために左手を振る	007		P：うん、見ればいだけなんだけど P：床散らかったりしてない？
0'32" 0'33"	RSU：床を見回す	008	R：してないよ	
0'34" 0'35" 0'36"	S：顔をあげベッパ-を見る	009	R：きれいだよ RSU：(笑い声)	
0'37" 0'38" 0'39" 0'40"	S：ベッパ-をのぞき込むしぐさ	010	U：たまに悪口じゃんねもう！ RSU：(笑い声)	
0'41" 0'42" 0'43" 0'44" 0'45" 0'46"	S：ベッパ-に手を振る	011	(T：見てくれないねえ)	

一連の反応から推測されることは、PはLとQという2人の異なる人物がいることは認識する可能性があるが、その2人と同時に会話を進行させることは難しいということである。

3.1.5.1 対3の対話場面

被験者R（以下R）、被験者S（以下S）及び被験者U（以下U）の3人とPepper（P）との対話場面における位置関係を図7に示す。矢印は発話の方向性を示し、R、S、UはPに対話しようとするが、Pは別の方向を向いてしまう様子を示している。インタラクションの様子として行動

項目、行動場面番号、被験者発話、Pepper 発話を記述した結果を表6に示す。分析時間は46秒である。この場面では被験者は3名いたが、動画の撮影視点が異なっているために、動画のデータにPと対話するR、S、Uが全員映っている訳ではない。被験者の行動項目では、3人のうち誰の行動なのかを示すために、Rの行動の場合にはR:、Sの行動の場合にはS:、Uの行動の場合にはU:と表記し、3人全員の行動の場合にはRSU:と明記した。Pの発話については、特に誰かに向かって発話をしている訳ではないため、Pのままとした。

表7 人と Pepper の対話における距離

動画番号	動画撮影 総時間		被験者 学生	学年	Pepper からの 距離D
	分	秒			m
1101	1'11"	0'04"	学生A	1	0.6
1102	1'17"	0'04"	学生B	2	0.5
1103	0'31"	0'05"	学生C	2	0.3
1104	1'46"	0'04"	学生D	2	0.7
1202	1'14"	0'15"	学生E	2	0.7
1106	2'42"	0'06"	学生F	1	0.4
1107	1'38"	0'02"	学生G	1	0.4
1108	3'19"	1'17"	学生H	1	0.6
1109	0'51"	0'06"	学生I	2	0.4
1110	2'06"	0'13"	学生J	2	0.5
1111	0'25"	0'02"	学生K	1	0.5
1112	0'48"	0'03"	学生L	1	0.3
1113	0'06"	0'03"	学生M	1	0.4
1114	2'37"	0'03"	学生N	1	0.5
1201	1'49"	0'05"	学生O	2	0.6
2101	2'37"	0'03"	学生Q	1	0.4

表8 被験者学年による分散分析の結果

	1年 (<i>n</i> = 9)	2年 (<i>n</i> = 7)	<i>F</i> 値
Mean	0.456	0.529	1.36 <i>n.s.</i>
SD	0.096	0.139	

R、S、UはPから0.7m以上離れた位置で会話をしている。Pが人を認識する動作に入らないため、行動場面004において撮影者Tが3人にもっと近づくよう促したが、Pが3人の方に視線を向けることは無かった。また行動場面005や行動場面007においてPは発話をしたが、その際にも3人に対して横を向きながら発話をしており、誰かに向かって会話をしているという状態では無かった。R、S、Uの様子を見ても、Pと会話をするよりも友人同士の会話や撮影者Tとのやり取りに注意が向いてしまい、遠くからPに手を振る程度の関わりに留まってしまっている。Pと複数名で同時に会話をすることの難しさが伺われる。

3.2. 対話場面における Pepper と人との距離

Pepper との対話時における被験者と Pepper の間の距離 D の測定結果を表7に示す。対象としたのは表1のデータのうち動画番号1101～2101に該当する16名（1年生9名、2年生7名）である。動画番号2102及び3101の被験者は複数人での実験のため、被験者同士の関係から Pepper とかなり距離を取っているケースで

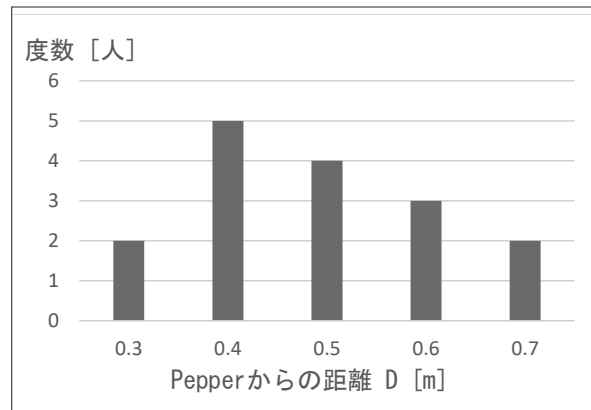


図8 人と Pepper の対話における距離分布図

あると考えられるため、除外した。

これらの16名はいずれも Pepper と対話をするのは初めての学生であり、動画撮影時には被験者に距離を測定することについての説明は行っていない。何も言わない状態で初対面の Pepper にどのような位置で対話を開始するのかの調査を行った。動画の撮影時間内において、被験者の距離が変化することもあるが、なるべく対話が成立した実験開始直後のデータを用いることにした。

図8に人と Pepper の対話における距離についての度数分布図を示す。母集団の数 $n = 16$ に対して、平均値 $M = 0.49$ [m]、標準偏差 $SD = 0.12$ であった。

被験者の距離の平均値に学年の差があるかどうかについて、分散分析を行った結果を表8に示す。 F 値は1.36であり有意な差は認められなかった。

4. 考察

4.1. Pepper と対話する人の非言語行動

今回の実証実験で、Pepper と被験者が1対1で対面する場面では、被験者が Pepper を人と見なして行動し、そのことによる数多くの動作を確認することができた。被験者Aが Pepper の腕の動きを模倣したのは、相手の行動を真似（ミラーリング）することにより相手に親近感を伝え、コミュニケーションを円滑にしようとする気持ちが表出されていると思われる。また Pepper の発話に対して頻繁にうなずいたり首を振ったりして、

非言語によるコミュニケーションを行っている。さらに Pepper が声を聞き取りやすくするために、被験者 A は発話場面で上体を倒し、Pepper に近づいて語りかける場面はまるで、耳が遠い高齢のお年寄りに話しかけている様子に近い。

Pepper との対話がかみ合わず 3 秒の無言の時間ができると、被験者 A は目をパチパチさせてどうしたのかと困惑した様子を表現している。このような非言語行動のアノテーションを記述することにより、これらの状況はより明確になるものと思われる。

また被験者 C の行動の中には、両手を上げた Pepper に驚いて後ずさりをした後、その行動を申し訳なかったというそぶりでも Pepper の手に軽く触れ、握手をするという場面がある。このように人が Pepper に対して接触をするという動作も重要な非言語行動の一つである。

相手が人である場合には、このような相手の非言語行動を察知することより、相手の気持ちを汲み取り、その後の会話にスムーズにつなげることができる。しかし今回の Pepper との対話においては、Pepper がこうした人の行動を正確に読み取ったり、相手の顔色を伺って発話することが困難であると思われる。円滑なインタラクションを実現するには相手の視点に立って状況を理解して発話すること (perspective-talking) が重要であることが見出されている (神田 2017)。ヒューマンロボットインタラクションの研究分野では、人と共存して活動するためのロボットシステムをデザインする研究が以前から進められており (小野ほか 2000 等)、擬人的な対話ロボットは今後もますます高性能になっていくものと思われる。今後は高性能化したコミュニケーションロボットを用いて、人としての共感性を高めることを目的に、人型ロボットを教育用ロボットとして活用していくという可能性もあるかもしれない。

4.2. Pepper と対話する人数が複数名である場合の特徴

今回の実証実験では、Pepper と被験者が 1 対 1 であったり、近くに友人がいる場合であっても基本的に Pepper と被験者が 1 対 1 で対話をする状況であればインタラクションが比較的噛み合った形で進むことが確認できたが、Pepper と被験者が 1 対 2 や 1 対 3 の場合には、Pepper の発話数が少なくなり、対話がうまく成立しないことがわかった。

その原因として、Pepper が相手を認識する際の顔認証や音声に問題が生じてしまう可能性が考えられる。被験者が 2 名や 3 名の場合には、それぞれの間にも距離が必要であることから、結果的に Pepper と被験者たちの距離も遠くなりがちである。その結果、Pepper が被験者の顔を認識しにくくなり、また声も聞き取りにくくなる可能性がある。さらに、被験者たちは被験者同士で会話をしてしまうため、その音声情報が Pepper に聴き取れなかったり、情報としてうまく処理されない可能性も考えられる。Pepper が顔による認証や声の分析がしやすい適度な距離があると思われるが、人は初対面のロボットに対して適度な距離を取るかどうかという問題もある。また、今回の動画撮影ではほとんどの学生がマスクをした状態で Pepper と会話をしていることから、顔認証に何らかの影響を与えた可能性は否定できない。

坊農 (2015) は、人間が行う井戸端会議について、「そこにいる人が時に会話の中心になり、また別の時には周辺になるという、多人数インタラクションの一種」とした上で、「ロボットは井戸端会議に入れるのか」という問いに対し、現時点では首を縦にふるのは難しい」と述べている。2 人や 3 人の被験者に対して、ロボットが周辺から被験者たちの会話に入ってくるという仕組みを作るとは、非常にハードルの高い課題であると思われる。

4.3. 人型ロボットに対するパーソナルスペース

心理学や認知科学の分野においては、人間同士の対話に関する多くの研究がある（神田 2008）。例えば、ホール（2000）は人間同士が会話するときの距離が会話の状況によって異なることを見出し、親密距離（0～0.45m）、個人距離（0.45～1.2m）、社会距離（1.2～3.5m）、公共距離（3.5m～）の4つに分類している。これとは別に、人はパーソナルスペース（Sundstrom and Altman 1976）と呼ばれる身体の周囲に他者を近づけたがらない空間領域を持っており、その距離は1～1.5mで前方にやや長い卵型をしていることが知られている。こうした人同士の知見が、人と人型ロボットに対しては当てはまるのかどうかに興味のある課題である。

Huttenrauch *et al.* (2006) はロボットとの対話距離について調査し、40%の実験参加者が0.45m以内の親密距離での対話が好ましいと答えていることを報告している。また神田（2008）は対話ロボット Robovie に対して、実験参加者の平均的な対話距離が0.4m程度であったとし、この距離がパーソナルスペースの内側にあることから、初対面の人間に対して必要とする防衛的な距離を、ロボットに対しては必要としないと述べている。

今回の実証実験で得られた Pepper に初対面で対話をする被験者の距離の分布（図8）を見ると、0.45m以内の親密距離であった被験者は16名中7名であり、全体の43%であった。この値は Huttenrauch *et al.* (2006) の結果とよく符合する。また、被験者の平均値は0.49mであったことについても、神田（2008）が指摘するように人が初対面の人に対して持つ防衛的な距離であるパーソナルスペースの内側に入り込んでいることが確認できた。

しかし、人は人型ロボットに対して、パーソナルスペースをまったく必要としないのかというと、そうではないと思われる。3.1.2で述べたように、被験者Cは Pepper との1対1の対話場面で、2度に渡って「近い」と言って後ずさりする場面が確認されている。被験者CのPとの距離は

0.3m～0.4mで比較的近かったが、Pepperの本体が近づく加速度を感じたり、手の動きが自身のパーソナルスペースに入り込んできたときの防衛反応であると思われる。この距離は人によって個人差はあると思われるものの、人型ロボットに対してもパーソナルスペースを持つことが推測される。しかし、その距離は人に対する1m～1.5mよりもずっと短い可能性がある。

5. まとめ

幼児保育学科の学生19名を被験者として、人型ロボット Pepper との対話の様子を動画撮影し、その発話や行動の特徴について分析を行った。この結果、被験者学生は発話行動の他に多くの非言語行動をとっていることが明らかになった。今後は被験者の反応行動の記述について非言語アノテーションの手法を用いた行動記述を行うことでさらに詳細な分析を行うことが可能になると思われる。

Pepper と対話する人数が複数名の場合には、現段階ではうまく対話が成立しない。しかし今回用いた Pepper はすでに旧型となっており、ソフトバンクロボティクス社では2019年からアンドロイドOSに対応した「Pepper for Biz 3.0」の提供を開始し、独自にヒューマノイド用会話プラットフォームを導入し会話機能も向上している。今後もコミュニケーションロボットの開発研究は急速に進展することが想定される。しかし多人数の会話に人型ロボットが入っていくというインタラクションの実現には困難もあり、さらに知見を重ねていく必要がある。

今回の研究で人が初対面の人に対しても防衛的な距離であるパーソナルスペースは、人型ロボットに対しては極めて近い可能性があることが明らかになった。今回の被験者は幼児保育学科の学生であり、普段子どもたちと接する機会が多いことから、一般の学生よりも、平均的にパーソナルスペースが狭い可能性もある。今後は実験計画や測定方法を再検討し、人に対してパーソナルス

ースの狭い人が人型ロボットに対しても同様に狭いのかどうかについても調査を進めていきたい。

謝辞

本研究の調査にご協力いただいた埼玉東萌短期大学の学生の皆さん、および職員のYさんに感謝申し上げます。

小野哲雄, 今井倫太, 江谷為之, 中津良平 (2000)
ヒューマンロボットインタラクションにおける関係性の創出. 情報処理学会論文誌, 41
(1) : 158-166

渡邊 裕 (埼玉東萌短期大学准教授)
高橋美枝 (埼玉東萌短期大学教授)

注

1) Pepper

<https://www.softbank.jp/robot/>
(参照日 : 2021.02.01)

2) Pepper 社会貢献プログラム 2

<https://www.softbankrobotics.com/jp/product/academy/> (参照日 : 2021.02.01)

引用文献

坊農真弓 (2015) ロボットは井戸端会議に入れるか 日常会話の演劇的創作場面におけるフィールドワーク. 認知科学, 22(1) : 9-22

エドワード・T・ホール, 日高敏隆, 佐藤信行 (訳) (2000) かくれた次元. みすず書房, 304p.

Sundstrom, E., Altman, I. (1976) Interpersonal relationships and personal space: Research review and theoretical model, *Human Ecology*, 4, pp.47-67

Huttenrauch, H., Eklundh, K.S., Green, A., and Topp, E.A. (2006) Investigating Spatial Relationships in Human-Robot Interaction. *Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.5052-5059

神田崇行 (2008) ロボットメディアによる人間情報処理研究 : 4. コミュニケーションロボットと人間との距離. 情報処理, 49(1) : 24-29

神田崇行 (2017) “ヒューマンロボットインタラクション”. 人工知能学大事典, 人工知能学会編, 共立出版, pp.1055-1056

