

コミュニケーションロボットにおける 対話距離とタイミングが対話の印象に及ぼす影響

滑 健作

Effect of Distance and Timing on Impression in Conversation between Human and Robot

Kensaku NAMERA

The purpose of this study is to clarify the effect of distance between human and robot and pause duration in human-robot interaction. We estimated the effect of them to realize human-robot communication using a questionnaire method. The result showed that not only pause duration but also distance effects the change in the impression. In addition, these are not independent factors and they give the influence each other. These results show that we evaluate the impression from the combination of two or more factors.

Key Words: communication robot, pause duration, distance, impression

1. はじめに

近年、科学技術の発展に伴い、人間との自然なコミュニケーションを目的とした自立型ロボットの研究開発がさかんに行われている^[1-3]。特に人と外見の似ているヒューマノイドロボットは、われわれの今後の生活におけるパートナーになっていくと考えられ、また期待されている。しかし、人間とロボットの間における自然かつ円滑な対話コミュニケーションはいまだ実現されていない。その理由としてコミュニケーションというものの解明がまだ為されていないことが挙げられる。人-ロボット間の円滑なコミュニケーションの実現のためには、まず人間同士のコミュニケーションについて整理することが必要となっていた。

人はコミュニケーションによって、他者との意思疎通を図っている。そのため、コミュニケーションは人間関係や社会の基盤を形成する上で重要な手段となっている。人がコミュニケーションを行う際、言語情報だけでなく、音声の韻律情報や視線、うなずき、表情、身振りなどの身体動作、対人距離といった言葉によらない非言語情報も重要な要素であり、これによってコミュニケーションが円滑に行われていることが明らかになっている^[4]。そして、このような非言語情報を含む身体的コミュニケーション研究の成果が、ロボットやインタフェースに応用され始め、有効性が示唆されつつある。また、近年のコンピュータ技術の飛躍的な発展により、ロボットが我々の身近な場において活躍するようになり、それに伴いロボットの持つ機能も複雑且つ多様なものと

なっている。このように複雑且つ多様化したロボットの機能を引き出すために人間がロボットに伝える意図も、複雑で高度なものが求められるようになってきた。そのため、人間-ロボット間のコミュニケーションをいかに実現するかが重要な課題となっている。

人間-ロボット間のインタラクションにおいてもまた言語情報だけでなく、これまで顔き動作^[5,6]や表情^[7,8]、視線等の非言語情報のチャンネルに注目した研究が行われてきている。しかし、コミュニケーションとは本来複数のチャンネルを複合的に使用しているものであるにも関わらず、これまでの研究は言語情報との相互関係については述べられていない。しかし、これまでの我々の研究グループにおける先行研究^[9,10]として人間同士の対話において発話のタイミングとうなずき、身振りのタイミングの間に相関関係が見られることが明らかになっている。また、この結果を基に人-ロボット間のインタラクションにおいて再構成し、検証した結果、人-ロボット間のインタラクションにおいても、人間同士の対話と同様に同じ言語であっても発話や身振りのタイミングが異なることによって人が受け取る印象が変化することも明らかになっている^[11,12]。これらの先行研究からコミュニケーションを分析する上で、各要素を複合的に組み合わせたアプローチの有効性が示唆されてきた。

また、コミュニケーションにおいてはこれらの言語情報や時間的要素に加え、空間的要素の一つである対話距離も重要な要素となっている。特に、ヒューマノイド型のコミュニケーションロボットにおい

ては、その三次元型の特徴を生かし、ロボットの身体性を考慮した上での空間配置がコミュニケーションの重要な要素の一つと考えられ、これまで人-ロボット間の対話距離についての研究も行われてきている。生活空間における人間とロボットの対話距離に関する研究^[13]では半公共空間でのロボットへの話しかけを想定した実験を行い、人型がロボットへ話しかける時の距離が 60cm から 180cm の間に分布するという結果が出ている。それと同時にロボットの外見が話しかける際の距離に影響を及ぼしていることを示唆している。また、公共空間に展示されているコミュニケーションロボットに人がどこまで近づくかという実験^[14]によると、ロボットに話しかけるような行動は 125cm 以内のみで見られた。また、物理的な接触と会話の双方が生じるのは 75cm 以内の場合のみであった。この結果から Hall が提唱した近接学^[15]における対話ゾーンと同じように人-ロボット間のインタラクションにおいても距離によって異なるタイプの相互作用が起きることが明らかになった。また、それと同時にそれぞれのタイプの相互作用が起こる距離は、必ずしも従来の人同士の対話での知見と一致する訳ではないことが明らかになった。これらのことから対話距離に関しては必ずしも人同士の知見が応用できる訳ではないため、人-ロボットインタラクション独自の研究が必要になると考えられる。また、これらの研究は前述した先行研究と同じく距離という一要素にしか注目しておらず、他の要素との相関関係については述べられていなかった。

そこで本研究では、人とロボットのより自然なコミュニケーション、インタラクションの実現を目標とし、上記のタイミングの研究で使用したロボットを用いて対話距離という空間的要素と、我々の研究グループで行ってきた時間的要素がどのような相関関係にあるのか、どのような影響をインタラクションに及ぼしているのかを調査、分析する。

以下、第 2 章で本研究の全体の流れと方針を述べ、第 3 章にて実験 1 の実験手法と結果を、第 4 章にて実験 2 の実験手法と結果を述べる。人間とロボットの指示・応答対話を用いた実験手法について述べる。その後第 5 章で考察を行い、第 6 章で本研究のまとめを行う。

2. 研究方針

本研究では、人間とロボットのインタラクションにおいて、ロボットの発話交替潜時長と対話距離が、インタラクション時の印象にどのような影響を及ぼしているかを調査する。手法としては当研究グループにおける先行研究と同じく人間とロボットの指示・応答対話を用いる。その上で対話時の交替潜時長と対話距離を複数通りに変化させ、それぞれの状況下で印象評定を行う。ここにおいて、先行研究^[13]によってロボットの外見が対話時の距離に影響を及

ぼしていることが示唆されているため、対話距離を用いた実験をする上で当研究室において用いているロボットにおける最適な対話距離を求める必要があった。そのため、実験を以下の 2 段階によって行った。

実験 1

当研究室で用いるロボットに話しかけた際の距離を測定する実験

実験 2

人間とロボットのインタラクションにおける印象評価実験

実験 1 において当研究室で用いているロボットと対話インタラクションを行う際に、人が最も適していると感じる対話距離を調査する。そしてその結果を用い、実験 2 にて印象評価実験を行った。実験 1 の結果は先行研究によれば 60cm ~ 125cm 程度の範囲内になると予測される。また実験 2 においては、10 種類の形容詞において印象評定を行い、その結果を分析することで、対話距離と交替潜時長の影響を調査した。また、単に影響が表れているかどうかだけでなく、どの形容詞において影響が及ぼされているか、また二つの要因におけるパラメータの組み合わせによって影響に差が生じてくるかどうかについても調査を行った。

3. 実験 1

3.1. 実験目的

本章は、当研究室で用いているロボットを使用し対話インタラクションを行う際に、人が最も適していると感じる対話距離を調査した実験 1 について述べる。本実験の結果を基に実験 2 を構築する。

3.2. 実験方法

3.2.1. 実験課題

実験 1 では実験参加者に「話しかけるのに適切だと思う位置」からロボットに話しかけるよう指示し、その距離を計測した。計測は床に記したマーカーを基に測定した。実験参加者には先行研究でも行われているロボットへの指示・応答対話という形でロボットへの話しかけを行うよう指示した。なお、実験参加者には半公共空間でのロボットへの話しかけを想定させた。

3.2.2. 実験システム

コミュニケーションロボットを用い、発話タイミングを制御できる人-ロボット間のインタラクションを構成した。実験システムは被験者の指示に対して応答するロボットと、これを制御する PC から構成されている。ロボットは三菱重工業株式会社で開発されたホームユースロボット“wakamaru”^[16]を使用した (Fig. 1)。実験は先行研究と同じくパーティションによって区切られた区画内 (Fig. 2) で行った。また、ロボットの目線が低いと距離によって実験参加者と

視線が合わなくなるため、ロボットを台の上に乗せ、ロボットの視線を床から 160cmの位置に固定した。

3.2.3. 実験参加者

実験参加者は健康な大学生、大学院生 20 名(22 歳から 24 歳, 平均: 23.4 歳)を選んだ。対話距離はロボットに対して持っている印象によって大きく異なると予測される。本研究では距離とタイミングの相関関係を見ることに目的があるため、距離のばらつきを抑える必要があった。そこで今回の実験では、工学分野を学んでおり、且つロボットの研究を行っていない学生に統一し、被験者の統制を図った。加えて実験前後に、ロボットに対する印象及びロボットに関する経験を問うアンケートを行い、ロボットに対する印象及び経験の統制がとれていることを確認した。



Fig. 1 The robot

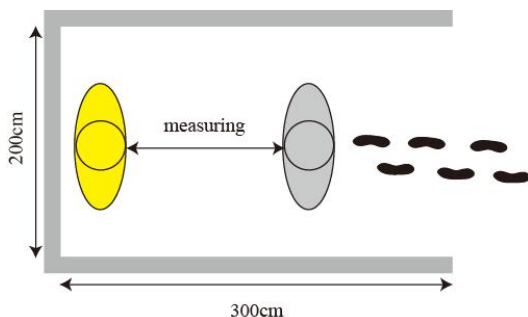


Fig. 2 Experimental environment 1

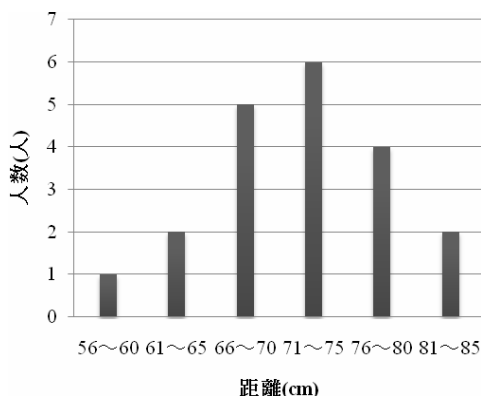


Fig. 3 Distribution of distance

3.3. 結果

実験 1 の結果, 実験参加者 20 名がロボットに話しかけた際の平均距離は 70.3cm(Fig. 3)となった。これは Hall が提唱した近接学に当てはめると個体距離 (45cm~120cm)となり、初対面の相手と対話する距離ではない。しかし、全ての被験者が初対面のロボットに対し個体距離の範囲内で話しかけていた。このことから本研究で用いるロボットに関しても人間同士の会話で得られた知見をそのまま応用できるわけではなく、ロボット独自の調査が必要ことが確認された。また、先行研究で行われた結果とほぼ同じ結果となっており、ヒューマノイドロボットを用いた対話距離に関する研究として信頼のできる結果と言える。

以上の結果から実験 2 で用いる標準距離を 70cm と設定した。

4. 実験 2

4.1. 実験目的

本章は、交替潜時長と対話距離の変化が、人間とロボットのインタラクションにおける印象へどのような影響を与えるかについて調査、分析を行った実験 2 について述べる。本実験は実験 1 によって得られた知見を基に構築されている。

4.2. 実験方法

4.2.1. 実験課題

実験 2 では人間とロボットのインタラクションとして、先行研究^[11,12]で用いた指示・応答対話と同様の対話を用い、以下の二つの発話からなる対話を行った。

発話 1

実験参加者が「それちょーだい」という指示をロボットに対して出す。

発話 2

ロボットは被験者からの指示に対し、「はい」という応答を行う。

実験 2 において、実験 1 から得られた 70cm という対話距離を基準にし、タイミングとの相関関係の調査を行った。実験ではインタラクション時に、実験参加者の指示発話終了からロボットが応答発話を開始するまでの時間長(交替潜時長)を 600msec, 900msec, 1200msec とし、3 種類の条件を用意した(Fig. 4)。この 3 種類の交替潜時長は、当研究グループにおける音声インタフェースを用いた対話に関する先行研究^[17]において用いられた値である。また、対話距離は 70cm 以外に近距離として 40cm, 遠距離として 210cm の条件を用意し(Fig. 5), 交替潜時長 3 種類と合わせて計 9 条件において印象評価を行った。実験参加者には 9 条件の順序をランダムに提示し、各条件につき上記の指示・応答対話を 6 セット行った。実験参加者は 6 セット終わった直後にその条件における印象を評定し、質問紙に記入を行った。

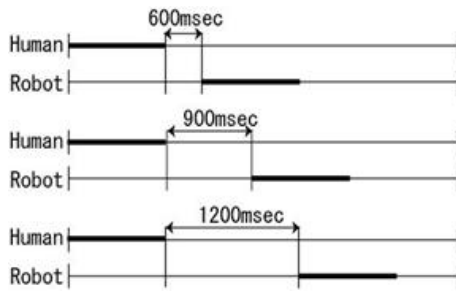


Fig. 4 Switching pause

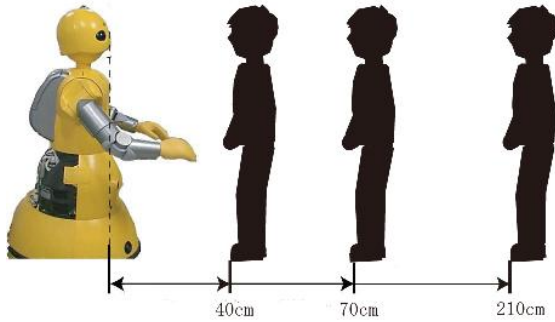


Fig. 5 Distance between human and the robot

4.2.2. 実験システム

実験システムは実験1で用いたものと同じロボットと、これを制御するPC、音声取得の精度をあげるための外部マイク、ミキサーから構成されている。場所は実験1と同じく200cm×300cmのパーティションで区切られた区画で行った。実験参加者はFig.6に示すようにロボットに対し、上記の3種類の距離においてロボットと正対し、インタラクションを行った。ロボットの前には「それちよーだい」という指示発話の対象物となる赤い三角形の積み木(5cm×3cm×3cm)が置かれた。また、実験参加者には実験中に意図的に身体を動かすことを禁じ、立ち位置を動かないよう指示した。また、指示発話はできるだけ実験参加者自身が自然に言いやすい速度で発話するよう指示し、意識的に変化させることを禁じた。

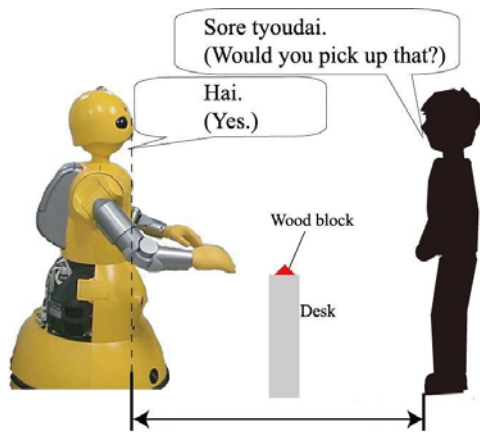


Fig. 6 Experimental environment 2

4.2.3. 印象評価

人間とロボットのインタラクションにおいて、上記9条件について実験参加者からの印象を10種類の形容詞(「話しやすさ」、「友好的」、「感じのよい」、「親切な」、「親しみやすい」、「肯定的な」、「落ち着いた」、「誠実な」、「信頼できる」、「丁寧な」)を用い、それぞれの形容詞に関し、「全く当てはまらない:1」から「非常によくあてはまる:7」までの7段階評価を行った。

4.2.4. 実験参加者

実験2では健康な大学生、大学院生10名(22歳から24歳、平均:23.2歳)の実験参加者によって行われた。実験1と同様に工学分野を学んでおり、且つロボットの研究を行っていない学生に統一し、被験者の統制を図り、また実験前後のアンケート及びインタビューによって確認をとった。

4.3. 結果

実験2における質問紙の結果をまとめたものがFig.7~9である。Fig.7は質問紙の結果を対話距離の変化に注目してグラフ化したものであり、Fig.8は質問紙の結果を交替潜時長の変化に注目してグラフ化したものである。Fig.9は全9条件の結果をひとまとめにしたものである。また、対話距離と交替潜時長の主効果について分散分析を行った結果をTable1に、その分散分析の結果から各要因における単純主効果検定を行った結果をTable2に、各要因の多重比較を行った結果をTable3示した。

4.3.1. 対話距離に注目した結果

まず交替潜時長をそれぞれのパラメータに固定し、対話距離が変化することの影響を見る。Table1より、「感じのよい」と「信頼できる」の項目には対話距離の影響が確認されなかったが、その他の形容詞には対話距離が有意に影響を及ぼしている結果となった。

交替潜時長のパラメータごとに見てみるとTable2に示すように600msecの場合においては「親しみやすい」、「落ち着いた」、「誠実な」の3項目に対話距離の変化が有意に影響を及ぼしており、900msecの場合においては「話しやすさ」、「友好的」、「親切な」、「親しみやすい」、「肯定的な」、「落ち着いた」、「誠実な」の7項目において有意に影響を及ぼしていた。1200msecの場合においては「感じのよい」と「信頼できる」以外の8項目において有意に影響を及ぼしていた。これらのことから、対話距離が印象に与える影響は一様なものではなく、交替潜時長の値によって影響の及ぼし方が変化していることが分かる。

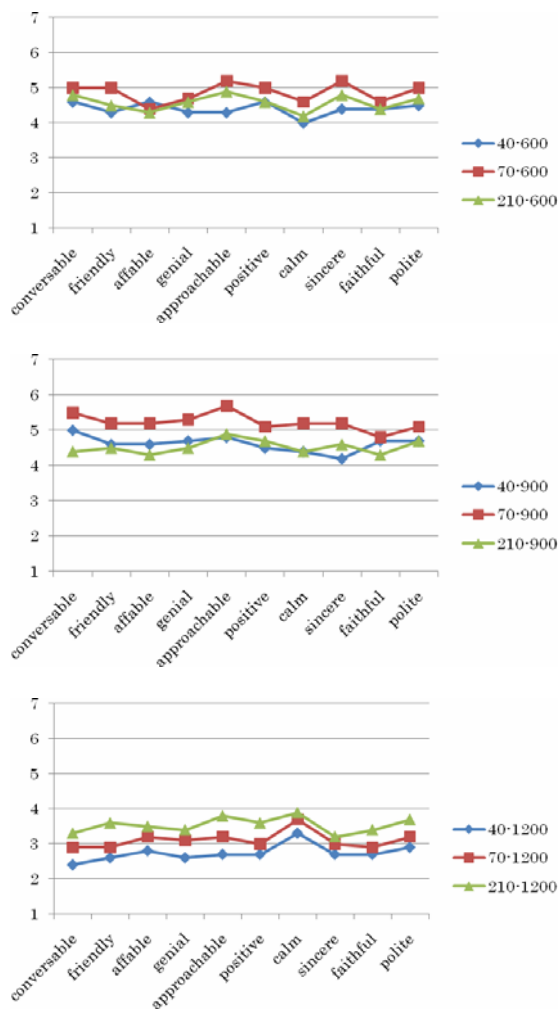


Fig. 7 Result of question base on switching pause

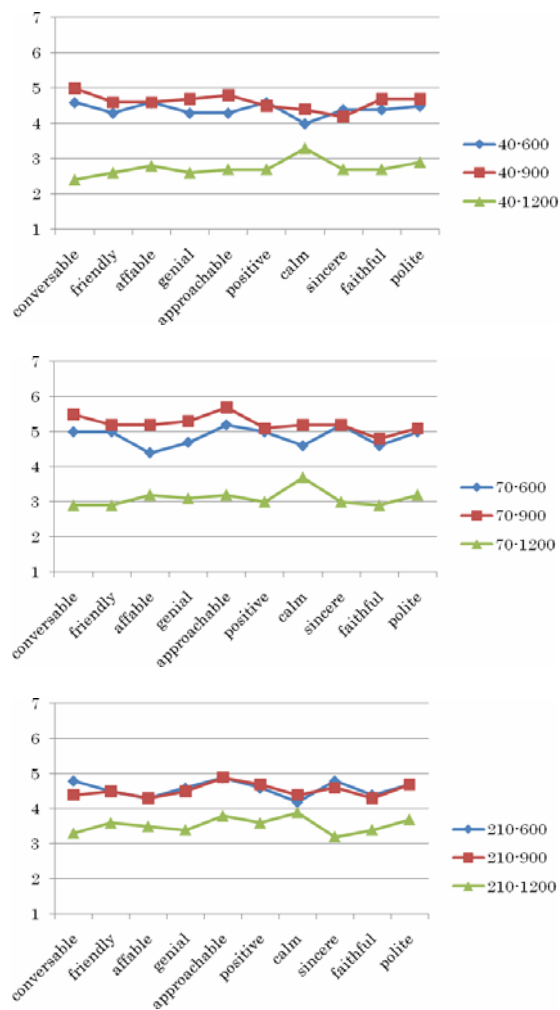


Fig. 8 Result of question base on distance

また、Fig. 7に示すように交替潜時長が 900msec の場合において全ての項目で 70cm の評価が最も高く、また 600msec の場合においても「感じのよい」の項目以外は 70cm の評価が最も高い結果となった。特に Table 3 に示すように 900msec の場合においては、「親切的な」、「親しみやすい」、「落ち着いた」、「誠実な」の 4 項目において 40cm, 210cm よりも有意に評価が高いという結果になった。一方 Table 3 より 600msec の場合においては評価点数の平均値は高かったものの、40cm, 210cm の両方よりも有意に評価が高い項目は無かった。また、Fig. 7 に示すように 1200msec の場合においては 600msec, 900msec の場合と全く異なる結果となり、210cm の評価が最も高く、Table 2 より「友好的」、「親しみやすい」、「肯定的な」の 3 項目において 40cm, 70cm の場合よりも有意に評価が高いという結果になった。これらの結果から、交替潜時長が短い場合においては実験 1 から求められた 70cm という距離が対話において適切ということが確認された。一方で交替潜時長が長い場合においては距離が長くなるにつれて評価が高くなる傾向にあった。

また、交替潜時長が 1200msec の場合において、「落ち着いた」の項目のみ他の項目よりも評価が高くなる傾向にあった。

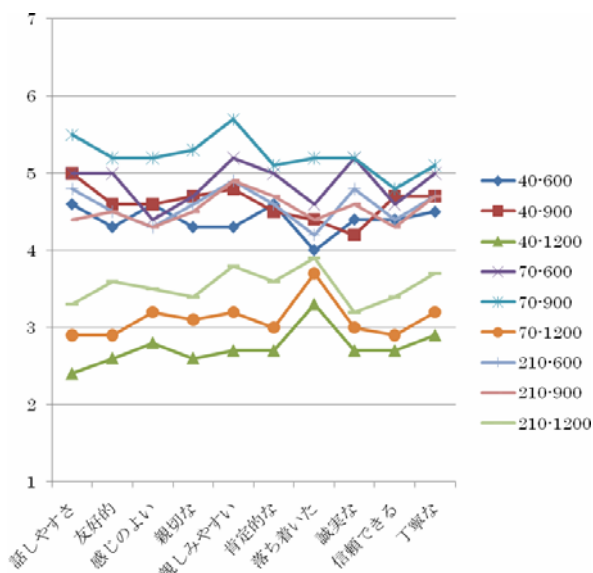


Fig. 9 Result of question

Table 1 Result of ANOVA

	Main effect		
	distance	switching pause	interaction
conversable	0.0393 *	0.0000 ****	0.0030 ***
friendly	0.0336 *	0.0000 ****	0.0090 **
affable	0.4198	0.0000 ****	0.0033 ***
genial	0.0300 *	0.0000 ****	0.0216 *
approachable	0.0003 ****	0.0000 ****	0.0158 *
positive	0.0061 **	0.0000 ****	0.0161 *
calm	0.0001 ****	0.0000 ****	0.0489 *
sincere	0.0001 ****	0.0000 ****	0.0310 *
faithful	0.555	0.0000 ****	0.0184 *
polite	0.0224 *	0.0000 ****	0.0404 *

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

Table 2 Result of the test of simple main effect conversable

distance	600msec	0.3768
	900msec	0.0013 ***
	1200msec	0.0097 **
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0000 ****
friendly		
distance	600msec	0.0618 +
	900msec	0.0471 *
	1200msec	0.0047 ***
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0014 ***
genial		
distance	600msec	0.2886
	900msec	0.0095 **
	1200msec	0.0121 *
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0000 ****
approachable		
distance	600msec	0.0061 **
	900msec	0.0029 ****
	1200msec	0.0008 ****
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0001 ****
positive		
distance	600msec	0.1415
	900msec	0.0356 *
	1200msec	0.0009 ****
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0000 ****
calm		
distance	600msec	0.0202 *
	900msec	0.0003 ****
	1200msec	0.0202 *
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0934 +
sincere		
distance	600msec	0.0012 ***
	900msec	0.0000 ****
	1200msec	0.0183 *
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0000 ****
polite		
distance	600msec	0.1027
	900msec	0.1452
	1200msec	0.0040 ***
switching	40cm	0.0000 ****
	70cm	0.0000 ****
	210cm	0.0001 ****

+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001

Table 3 Result of the test of multiple comparisons

conversable						positive					
	40-900	40-1200		70-600	210-600		40-900	40-1200		70-600	210-600
40-600	ns	s	40-600	-	-	40-600	ns	s	40-600	-	-
40-900	-	s	70-600	-	-	40-900	-	s	70-600	-	-
	70-900	70-1200		70-900	210-900		70-900	70-1200		70-900	210-900
70-600	ns	s	40-900	ns	ns	70-600	ns	s	40-900	s	ns
70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	ns
	210-900	210-1200		70-1200	210-1200		210-900	210-1200		70-1200	210-1200
210-600	ns	s	40-1200	ns	s	210-600	ns	s	40-1200	ns	s
210-900	-	s	70-1200	-	ns	210-900	-	s	70-1200	-	s
friendly						calm					
	40-900	40-1200		70-600	210-600		40-900	40-1200		70-600	210-600
40-600	ns	s	40-600	-	-	40-600	ns	s	40-600	-	-
40-900	-	s	70-600	-	-	40-900	-	s	70-600	-	-
	70-900	70-1200		70-900	210-900		70-900	70-1200		70-900	210-900
70-600	ns	s	40-900	ns	ns	70-600	s	s	40-900	s	ns
70-900	-	s	70-900	-	ns	70-900	-	s	70-900	-	s
	210-900	210-1200		70-1200	210-1200		210-900	210-1200		70-1200	210-1200
210-600	ns	s	40-1200	ns	s	210-600	-	-	40-1200	ns	s
210-900	-	s	70-1200	-	s	210-900	-	-	70-1200	-	ns
genial						sincere					
	40-900	40-1200		70-600	210-600		40-900	40-1200		70-600	210-600
40-600	ns	s	40-600	-	-	40-600	ns	s	40-600	s	s
40-900	-	s	70-600	-	-	40-900	-	s	70-600	-	s
	70-900	70-1200		70-900	210-900		70-900	70-1200		70-900	210-900
70-600	s	s	40-900	s	ns	70-600	ns	s	40-900	s	s
70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	s
	210-900	210-1200		70-1200	210-1200		210-900	210-1200		70-1200	210-1200
210-600	ns	s	40-1200	ns	s	210-600	ns	s	40-1200	ns	s
210-900	-	s	70-1200	-	ns	210-900	-	s	70-1200	-	ns
approachable						polite					
	40-900	40-1200		70-600	210-600		40-900	40-1200		70-600	210-600
40-600	ns	s	40-600	-	-	40-600	ns	s	40-600	-	-
40-900	-	s	70-600	-	-	40-900	-	s	70-600	-	-
	70-900	70-1200		70-900	210-900		70-900	70-1200		70-900	210-900
70-600	ns	s	40-900	s	ns	70-600	ns	s	40-900	-	-
70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	s	70-900	-	-
	210-900	210-1200		70-1200	210-1200		210-900	210-1200		70-1200	210-1200
210-600	ns	s	40-1200	ns	s	210-600	ns	s	40-1200	ns	s
210-900	-	s	70-1200	-	s	210-900	-	s	70-1200	-	ns

significance level=0.050000

4.3.2. 交替潜時長に注目した結果

次に対話距離をそれぞれのパラメータに固定し、交替潜時長が変化することの影響を見る。Table 1 に示すように、全項目において交替潜時長が印象に影響を及ぼしていることが確認された。

また、対話距離のパラメータごとに見てみると、Table 2 に示すように対話距離 210cm における「落ち着いた」の項目のみ交替潜時長の影響が有意に及ぼされていないが、その他の単純主効果の検定を行った項目においては、全ての対話距離において交替潜時長の影響が有意に表れていた。

また、Fig. 8 に示すように、全ての対話距離において 600msec、900msec の時の評価が高く、1200msec の時の評価が低いという結果になった。また、Table 3 に示すように「落ち着いた」の項目で対話距離 210cm における 600msec と 1200msec の間のみ有意水準 5% の差が表れていないが、他の項目は全て 600msec、900msec と 1200msec の間に有意水準 5% における有意な差が見られた。しかし、600msec と 900msec の間には対話距離 70cm の場合において Table 3 に示すように「感じのよい」、「親切な」、「落ち着いた」の項目で有意な差が見られたが、その他の項目では有意な差は見られなかった。これらの結果から、対話距離に依らず交替潜時長が 900msec と 600msec の場合に評価が高く、1200msec の場合は評価が低くなるが、900msec と 600msec の差は確認できないことが分かる。

これらの結果は、アバタとの対話における交替潜時長に焦点をあてた当研究グループの先行研究^[7]とほぼ同じ結果であり、再現性が確認されたと言える。

5. 考察

5.1. 実験 1 について

実験 1 では当研究室のロボットにおける適切な対話距離をロボットへの話しかけという形態をとることにより調査した。

その結果、実験参加者全員の結果が 55cm から 85cm の範囲内であった。Hall が提唱した近接学では人間同士の相互作用において、人間は食うかにゃ距離を使い分ける傾向があるという仮説を構築し、密接距離(0cm~45cm)、個体距離(45cm~120cm)、社会距離(120cm~360cm)、公衆距離(360cm 以上)の 4 種類に対話距離を分類している。本実験では全ての実験参加者が個体距離において話しかけるという結果になった。個体距離は私的な間合いとも呼ばれ、個人的な関心や関係を話し合うことができる距離であり、人間同士の場合には自然にとる間合いとされている。対話距離に関する先行研究においてもほとんどの場合においてロボットへの話しかけはこの距離にて行われているが、本来この個体距離は親しい友人は家族との間でとられる距離である。このことから、人とロボットのインタラクションにおいて対話距離という要素を分析する上では、人間同士の治験

をそのまま当てはめられないことが確認された。また、当研究グループの先行研究でタイミングの要素においても人とロボットのインタラクション独自の分析をするよう示唆されている。同様に今回の結果から対話距離という要素においてもロボットを用いる場合において独自の調査を行うべきことが示唆された。

5.2. 実験 2 について

実験 2 では人間とロボットの指示・応答対話において、交替潜時長及びインタラクション時の距離を変化させた際に人間の受け取る印象について調査を行った。

その結果、交替潜時長の変化だけでなく、対話距離の変化も人間-ロボット間のインタラクション中の印象に影響を及ぼしていることが明らかになった。また、対話距離が長くなるにつれて交替潜時長が長い条件における負の影響が緩和されることが示唆された。これについては実験参加者へのインタビューから「距離が離れている時は反応が遅れている方が自然」という意見を得ている。これらのことから、対話距離と交替潜時長の二つの要素は独立したものではなく、相互に干渉していることが示唆された。

また、交替潜時長の変化が全ての形容詞において影響を及ぼしていたのに対し、対話距離の変化がいくつかの形容詞に対しては影響を及ぼさなかったことから、形容詞の種類によって影響を受けやすいものと受けにくいものがあることが示唆された。特に「親しみやすい」、「落ち着いた」、「誠実な」の 3 項目が他の形容詞に比べ対話距離が変化することの影響を受けやすく、「感じのよい」や「信頼できる」は影響を受けにくいことが示唆された。

以上のことから、各形容詞は対話距離と交替潜時長のそれぞれから影響を受ける度合いが異なっており、この二つの要素をはじめとする複数要素からの影響を複合的に判断していることが示唆される。このことから、インタラクション時の印象を調査、分析する際には影響を及ぼすと思われる要素を複合的に組み合わせるという当研究グループのアプローチが正しいことが確認された。

また、交替潜時長を変化させた場合において、交替潜時長が 210msec における「落ち着いた」の項目の評価が高かったことに関してだが、実験参加者の内 3 名が他の参加者に比べ著しく高い評価を行ったことによるものであった。これについてインタビューを行ったところ上記の 3 名からは「応答が遅ければ遅いほど落ち着いていると感じる」という意見が得られた。一方で他の実験参加者からは「応答が遅過ぎては対話にならず、落ち着いているという枠からも外れている」という意見が得られた。これらのことから「落ち着いている」という形容詞は個人内の時間間隔の影響を受けやすく、個人差が大きく表れるものであることが示唆された。

5.3. 今後の展望

本研究から得られた知見は、人とのインタラクションを目的に開発されているロボットだけでなく、その他の音声対話を用いたインタフェースや、人間同士の対話の分野においても重要な者であると考えられる。これまで多くの人-ロボット間の対話研究がなされていたが、その多くは空間的なものを考慮されていなかった。特に、近年開発が進められているヒューマノイドロボットのように、介護等の3時限的な奥行きを持った空間で用いられることが期待されているロボットの開発には非常に有効な知見であると思われる。

6. まとめ

本研究では、人間とロボットの指示・応答対話において、対話距離とロボットの応答発話開始タイミング(交替潜時長)の変化が、人間のインタラクションにおける印象にどのような影響を及ぼすかを明らかにすべく、3種類の交替潜時長と3種類の対話距離、10種類の形容詞を用い、分散分析を行うことにより、調査、分析を行った。

その結果、これまでの先行研究で明らかになっていた交替潜時長だけでなく対話距離も人間の持つ印象に影響を及ぼしていることが明らかになり、更にはこれらの要素が独立したのではなく、相互に影響を及ぼしあっていることが確認された。

また、形容詞ごとに各要素の影響度合いが異なっていることから、各形容詞には判断する要素が複数あり、人はそれらを複合的に組み合わせることで一つの形容詞に関する判断をしていることが示唆された。

謝辞 学部4年から修士課程の3年間に渡り、格別のご指導とご助言をいただきました東京工業大学三宅美博准教授に深く感謝申し上げます。学部4年になり研究室に配属された時点では、研究への取り組み方に関して右も左も分からない状況でした。そのような筆者に対し、研究への取り組み方や論文の書き方、研究に対する心構えまで懇切丁寧にご指導していただきました。非常に学ぶことが多く、また筆者を成長させていただいた3年間でありました。この場をお借りしましてお礼を申し上げます。

本研究において使用させていただいたロボットに関し、専門的助言をいただきました三菱重工株式会社 主席研究員 見持圭一様、同主任 日浦亮太様、同主任 宅原雅人様、同社員 宮内均様にこの場をお借りしましてお礼を申し上げます。

さらには、本研究を進める上で数々のご指摘、ご助言をいただきました同期の沖津健吾君、西辰則君、横山正典君、吉田正平君に深く感謝いたします。また、本研究の実験に協力してくださった実験参加者の方々、研究を進める上で多くの助言をくださった三宅研究室の皆様に深く感謝いたします。

最後に、研究活動を行う上で筆者を支えていただいた父、母、妹、弟、そしてあらゆる状況を昼夜間問わず分かち合い、はげまし合った友人全員に心から感謝いたします。

参考文献

- [1] M. Imai, T. Ono and H. Ishiguro : Robovie: Communication technologies for a social robot, *Artif.Life Robotics*, 6,73/77 (2003)
- [2] M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro and N. Hagita : Interactive humanoid robots for a science museum, *IEEE Intelligent Systems(Special Issues on Interactive with Autonomy)*,22-2, 25/32 (2007)
- [3] 石黒, 宮下, 神田: 知の科学コミュニケーションロボット-人と関わるロボットを開発するための技術-, オーム社(2005)
- [4] 大坊郁夫: しぐさのコミュニケーション-人は親しみをどう伝えあうか-, セレクション心理学 14, サイエンス社(1998)
- [5] 渡辺富夫: 身体的コミュニケーション技術とその応用, システム制御情報学会誌, 49-11, 431/436 (2005)
- [6] T. Hashimoto, S. Hiramatsu, T. Tuji and H. Kobayashi : Realization and evaluation of realistic nod with receptionist robot SAYA, *IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication(IEEE RO-MAN 2007)*, 326/331 (2007)
- [7] T. Hashimoto, S. Hiramatsu and H. Kobayashi : development of face robot for emotional communication between human and robot, *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation(ICMA)*, 25/30 (2006)
- [8] C. Breazeal : *Designing sociable robots*, MIT Press (2002)
- [9] 山本知仁, 平野作実, 小林洋平, 高野弘二, 武藤ゆみ子, 三宅美博: 対話コミュニケーションにおける2種類の発話タイミング相関, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007 講演会予稿集*, 631/634 (2007)
- [10] T. Yamamoto, Y. Kobayashi, Y. Muto, K. Takano, Y. Miyake, : Hierarchical Timing Structure of Utterance in Human Dialogue, *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics(SMC2008)*, 810/813 (2008)
- [11] 高杉, 山本, 高野, 滑, 武藤, 三宅: コミュニケーションロボットにおける発話と身振りのタイミング制御, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 講演会予稿集*, pp.871-878 (2008)
- [12] 高杉, 山本, 武藤, 阿部, 三宅: コミュニケーションロボットとの対話を用いた発話と身振りのタイミング制御, 第9回 SICE システムインテグレーション部門講演会講演論文集(SI2008), 107/108 (2008)
- [13] 森村, 遠田, 渡辺 : 生活空間における人間とロボットの対話距離に関する研究, *日本建築学会学術講演梗概集E-1 建築計画 1*, pp.853-854(2007)
- [14] 神田崇行 : 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*, pp24-29(2008)

- [15] Edward T.Hall, The Hidden Dimension Doubleday & Company, NY (1966) (かくれた次元 (日高敏隆他訳), みすず書房 (1980))
- [16] 塩谷, 塘中, 見持, 浅野, 大西, 日浦 : 人と暮らす世界初の本格的コミュニケーションロボット wakamaru, 三菱重工技報, 43-1,44/45 (2006)
- [17] 武藤, 高野, 大良, 小林, 山本, 三宅 : 音声対話インタフェースにおける発話タイミング制御とその評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007 講演会予稿集, 639/642 (2007)