

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機構の分析

東京工業大学大学院 ○高杉 将司, 武藤 ゆみ子, 三宅 美博, 金沢工業大学 山本 知仁, 阿部 浩幸

Analysis of Timing Control Mechanism of Utterance and Body Motion using Human-Robot Interaction

○Shoji TAKASUGI, Yumiko MUTO, Yoshihiro MIYAKE Tokyo Institute of Technology, Tomohito YAMAMOTO, Hiroyuki ABE Kanazawa Institute of Technology

Abstract: The purpose of this study is to clarify the effects of timing control of utterance and body motion in human-robot interaction. Our previous study has already revealed the correlation of timing of utterance and body motion in human-human communication. In the present study, we proposed the timing control model based on our previous study and estimated its influence to realize human-like communication using a questionnaire method. The results showed that the difference of effectiveness between the communication with the timing control model and that without it was observed. In addition, elderly people evaluated the communication with timing control much higher than the younger people. These results show not only the importance of timing control of utterance and body motion in human communication but also its effectiveness for realizing human-like human-robot interaction.

1. 緒言

人はコミュニケーションを介して、他者との意思疎通を図ることができる。その際、バーバル情報だけではなく、ノンバーバル情報も重要な要素である。そして、これらの多様なコミュニケーション・チャンネルを統合することでコミュニケーションを円滑に進めている¹⁾。このことから、言語的コミュニケーションとともに、非言語的コミュニケーションが重要と考えられるが、人間がそれらのチャンネルから得られた多様な情報を用い、どのようなメカニズムで円滑なコミュニケーションを実現するのか、まだ明らかにされていないのである。

この非言語的コミュニケーションの中では、インターパーソナルな関係において、ノンバーバル情報が相互に同期したり類似する現象(同調傾向)が、様々なコミュニケーション・チャンネルで観察されてきた²⁾。また、イントラパーソナルな側面に関しては、身体的リズムの引き込みに着目し、その人自身の発話と身体動作の生成タイミングが解析されている³⁾。

しかしながら、これらの先行研究は、コミュニケーションが言語的チャンネルだけではなく、多様な非言語的チャンネルも併用した重層的な現象であるにも関わらず、特定のコミュニケーション・チャンネルを選択し、そのチャンネルについてのみ分析を行っている。そのため、多様なコミュニケーション・チャンネルがどのように統合され、円滑なコミュニケーションを実現するのか、そのメカニズムがほとんど明らかにされていない。

これまで、われわれの研究グループは、コミュニケーションを特定のチャンネルに限定して分析するのではなく、複合したコミュニケーション・チャンネルとして捉え、バーバル情報としての発話だけでなく、ノンバーバル情報としての多様な身振りも同時に計測し、かつ、それらのコミュニケーション・チャンネルの組合せを定量的に分析する包括的なアプローチに取り組んできた。さらに、インターパーソナルな側面とイントラパーソナルな側面の両方から人間の対話コミュニケーションの分析を行ってきた⁴⁾。その結果、これまであまり考慮されなかった発話と身振りのタイミングといった対話の時間的な構造において、3種類の有意な相関関係を見出したのである。

しかし、このような人間同士の対話において明らかにされてきたタイミングの相関関係が、実際の対話に対してどのような影響を及ぼしているのかについては、まだ調べられていない。

そこで、われわれは、対話コミュニケーションを分析し理解するための第一歩として、コミュニケーション・チャンネルを人為的に制御可能なロボットやエージェントなどの人工的メディアを用いたインタラクションの再構成が必要であると考えた。

そこで本研究では、人とロボットのインタラクションを用いて、われわれの先行研究から明らかにされた、発話と身振りのタイミングの相関関係が、対話コミュニケーションにどのような影響を与えるかについて調査を行った。

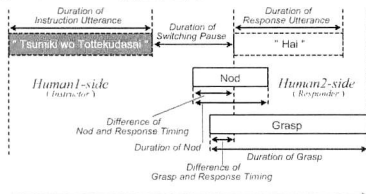


Fig.1 Indices of dialogue in Human-Human communication

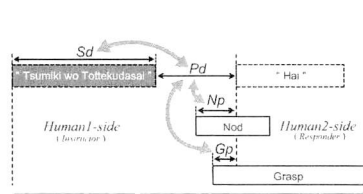


Fig.2 Correlation in Human-Human communication

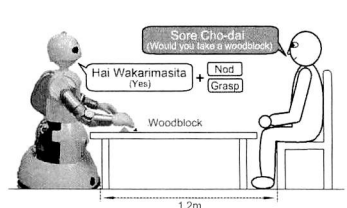


Fig.3 Experimental task in the present study

2. 人間同士の対話におけるタイミング機構

本章では、われわれの研究グループの先行研究である人間同士の対話コミュニケーションにおける発話と身振りの時間的構造の解析結果について述べる。

山本ら⁴⁾は、2者間での指示・応答場面を実験対象とし、発話速度の変化が発話行動の時間的な構造に与える影響を明らかにするために、指示者の発話速度を意図的に「はやく」、「ふつう」、「おそい」の3段階に変化させるよう指示した。

山本らは、この実験で Fig.1 に示すような指示・応答対話の時間的な構造について包括的に解析を行った。

その結果、人間同士の指示・応答対話において、被指示(応答)者の発話と身振りの開始タイミングが、指示者の発話長に依存して変化することを明らかにし、特に Fig.2 に示すような3つの相関関係の存在を報告した。この3つの相関関係はいずれも正の相関関係が観察された。

1. 発話長(指示者)(S_d)—交替潜時長(P_d)
2. 交替潜時長(P_d)—頷きの先行時間長(被指示者)(N_p)
3. 交替潜時長(P_d)—掴みの先行時間長(被指示者)(G_p)

3. 相関関係の再構成とその分析

3.1 研究方針

本研究では、山本らが明らかにした指示・応答対話におけるタイミングの相関関係がどのように対話コミュニケーションに影響をおよぼすか、人とロボットのインタラクションを用いて構造的に分析する。この目的のため、人間同士での指示・応答対話で観察された相関関係に基づき対話タイミング制御モデルを構成した。そして、このモデルをロボットに実装し対話の印象評価実験を行うことで、タイミング制御モデルが指示・応答対話にどのような影響を与えるかを調べた。そのため、本実験では山本らが用いた2者間での指示・応答対話と同等の対話を用い、Fig.3に示すように、被指示(応答)者側のみをロボットに置き換えた。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”を使用した。

また、wakamaru にはいくつかの動作上の制約があるため、人間同士の指示・応答対話で観察された頷きと掴みについては、一括して身振りとして扱い、掴みと頷きの先行時間長を同じとした⁵⁾。そのため、今回の実験では、Fig.4 に示すように、人間同士の指示・応答対話で観察された3つの相関関係のうち、2つの相関関係(S_d-P_d , P_d-N_p)についてのみ考慮する。

3.2 タイミング制御モデル

本実験で導入するタイミング制御モデルは、山本らが明らかにした人間同士の指示・応答対話で観察された相関関係に基づき、人間(指示者)の指示発話長(S_d)によって、タイミング制御モデルの交替潜時長(P_d)と頷き先行時間長(N_p)の値が決まり、これによって、ロボットの応答発話(P_d)と身振り(P_d-N_p)の開始タイミングが決定するモデルである。

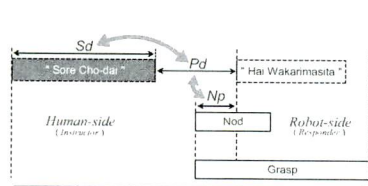


Fig.4 Focused correlation in this experiment

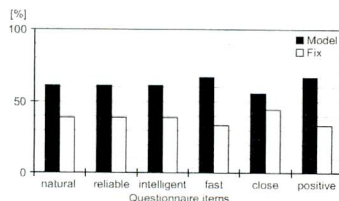


Fig.5 Questionnaire result (Elderly N=18)

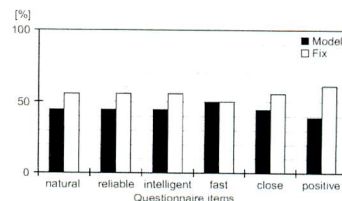


Fig.6 Questionnaire result (Younger N=18)

3.3 実験における制御パラメータ

実験における制御パラメータは Fig.4 に示すうち交替潜時長 (Pd)と応答発話に対する領きの先行時間長(Np)である。

実験では、人間同士で観察された相関関係に基づき再構成された対話タイミング制御モデル(Model 条件)と、ある固定された交替潜時長と身振りのタイミングを提示するもの(Fix 条件)の2つを用意し比較する。

Model 条件は、以下のモデルに設定した。

$$Pd = 0.9347 Sd + 110.15 \quad (1)$$

$$Np = 0.6667 Pd \quad (2)$$

Fix 条件は、以下の値に設定した。

$$Pd = 1000 \quad (3)$$

$$Np = 200 \quad (4)$$

なお、このような比較が唯一の方法ではないが、まずこのような対比からタイミング制御の影響を評価することを始めた。

3.4 実験手順

被験者は、Fig.3 に示すように、赤い三角形の積み木が置かれた机に、1.2m 程度離れてロボットと向かい合って座る。そして以下の2つの発話と身振りからなる指示・応答対話を行う。

発話1. 被験者が「それちょーだい」という指示を被指示者であるロボットに出す。

発話2. ロボットは被験者からの指示に対し、「はい、わかりました」という発話と領き動作、積み木を取ろうとする掴み動作の3つの応答を示す。

以上の対話において、Model 条件、Fix 条件のどちらか一方の条件ごとに、それぞれ6回ずつ対話を行う。また、山本らが行った実験と同様に、発話1において、被験者がロボットに指示する際、被験者に対し、指示発話速度を「はやい」、「ふつう」、「おそい」の3段階で順番に1つずつ指示し、発話速度を意図的に変化させる対話を行った。これにより、被験者の発話速度の変化により、ロボットの応答タイミングが変化するタイミング制御モデル(Model 条件)と、それを使用しない発話速度が変化しても応答タイミングが変化しない場合(Fix 条件)を比較する。

2つ目の条件の実験が終了した直後、被験者は2つの条件ロボットの応答タイミングの印象について比較し、Table.1 に示す質問項目に対し、どちらの条件がより当てはまるかを回答する。

3.5 被験者

本研究では、高齢者と若年者の2つの年代を用いて印象評価実験を行なった。高齢者は、66~74 歳まで(平均年齢: 69.0 歳)の18名(男性9名、女性9名)。若年者は、20代(平均年齢: 22.9 歳)の学生18名(男性9名、女性9名)が被験者として参加した。

4. 結果

4.1 高齢者

高齢者における結果を Fig.5 に示す。高齢者においては、Model 条件と、Fix 条件のあいだで対話の印象評価に顕著な差が観察された。そこで、タイミング制御モデルの有無による印象評価に違いがあるかどうかを調べるために t 検定を行った。その結果、Fix 条件($m=37.96\%$, $SD=0.17\%$)よりも Model 条件($m=62.04\%$, $SD=0.17\%$)の方が有意に評価が高く($t(10)=9.97$, $p<0.01$)、タイミング制御モデルの有無によって、対話の印象に差が現れることが示された。

さらに、差が現れた際、Model 条件の印象評価が高かった。

4.2 若年者

若年者における結果を Fig.6 に示す。若年者においては、Model 条件と Fix 条件のあいだで対話の印象評価の差があまり見られなかった。

5. 考察

上記の結果より、Model 条件と、Fix 条件のあいだで対話の印象評価に差が観察されることが確認された。特に、高齢者においては差が顕著に現れた。この結果から、対話におけるタイミングが、人間のコミュニケーションに影響を及ぼしていることを示している。

Table 1 Questionnaires

1	もっとも自然に感じたものはどれですか(自然さ)
2	もっとも信頼できると感じたものはどれですか(信頼性)
3	もっとも知的に感じたものはどれですか(知的さ)
4	もっとも速いと感じたものはどれですか(速さ)
5	もっとも近い(心理的)と感じたものはどれですか(近さ)
6	もっとも肯定的に感じた「はい、わかりました」はどれですか(肯定的)

このことは、非言語的コミュニケーション、特に交替潜時長や身振りのタイミングといった対話の時間的側面が、コミュニケーションの重層性の中で、大きな役割を担っていることを意味している。

これらの結果は、対話の時間的構造に基づいて発話と身振りのタイミングを制御することによって、はじめて明らかにされたことである。このことは、人間の対話を分析する上で、コミュニケーション・チャンネルを包括的に分析することの有効性を示している。さらに、それを実証する上で、コミュニケーションロボットを用いる方法が適していることを示唆している。

さらに、高齢者において Model 条件と Fix 条件のあいだに差が現れた際、Model 条件の印象評価が有意に高かった。このことは、Model 条件のように対話におけるタイミングを変化させることによって、少なくとも高齢者に対しては、対話の印象を改善する効果があることを意味している。ただし、Model 条件のパラメータが異なれば、高齢者における印象に逆効果をもたらす可能性も考えられることから、今後は、パラメータに依存して印象がどのように変化するかを調査する必要がある。

次に、Model 条件と Fix 条件の印象評価の差が高齢者には見られ、若年者にはあまり見られなかった。このことは、年齢による時間感覚の差が印象に影響を及ぼした可能性、または、実験上の制約から2種類の相関関係しか操作できなかったこと、さらに、実験で用いた制御パラメータのチューニングの影響などが考えられる。これらについては、今後さらなる考慮が必要である。

しかし、人間同士の対話で得られた知見をコミュニケーションロボットを用いて人とロボットのインタラクションとして再構成することによって、コミュニケーション研究に新しい視点を持ち込まれたことは確かである。従来の特定のコミュニケーション・チャンネルのみを扱う部分的なコミュニケーション研究とは一線を画している。本研究ではこれまでコミュニケーション研究において行われなかった包括的アプローチの有効性を実証した。加えて、コミュニケーションに発話と身振りのタイミングといった対話の時間的構造が影響することを示した。

参考文献

- 1) 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ようか、セレクト心理学14, サイエンス社 (1998)
- 2) W.S. Condon and L.W. Sander: Neonate movement is synchronized with adult speech: interactional participation and language acquisition, Science 183, 99/101 (1974)
- 3) 山本, 渡辺: 身体的エージェントの情報提示インタラクションにおける動作に対する発声タイミング制御の効果, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 10-2, 135/143 (2008)
- 4) 山本, 武藤, 高野, 小林, 三宅: 対話コミュニケーションにおける「間(ま)」の創出と二重性, 第8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(SI2007), 1141/1142 (2007)
- 5) K. Namera, S. Takasugi, K. Takano, T. Yamamoto and Y. Miyake: Timing control of utterance and body motion in human-robot interaction, Proc. of 17th IEEE International Symposium on Robot & Human Interactive Communication (IEEE RO-MAN 2008), 119/123 (2008)