

ヒューマノイドロボットのジェスチャに対する人の注視行動の分析 Analyzing Gaze Behaviors towards Humanoid Robot Gestures

柴崎 優太[†]
Yuta Shibasaki

中野 有紀子[‡]
Yukiko Nakano

1. はじめに

人と直接関わり、共生することを目的としたコミュニケーションロボットの研究では、人と同様の身体性を持つヒューマノイド型ロボットを用いることが多い。このようなヒューマノイド型ロボットによる身体性を利用した表現の1つにジェスチャがあり、既に先行研究では、ロボットによる指差しジェスチャが人とのコミュニケーションにおいて有用であることが示されている [1]。そこで本研究では、指差しジェスチャに限定せず、ロボットによる多様な形態のジェスチャを効果的に使用することは、人対ロボットとのコミュニケーションにおいて重要であると考え、Wizard-of-Oz によるロボットと人との対話実験を実施し、ロボットによる Iconic ジェスチャと Baton ジェスチャについて、被験者の視線を分析することにより、ロボットジェスチャに対する反応を分析する。

2. Wizard-of-Oz 実験

2.1 ロボットジェスチャの実装と実行環境の構築

Wizard-of-Oz 実験を実施するためにヒューマノイド型ロボット (Aldebaran 社製 Nao) を用いた実験環境を構築した (図1)。Nao は、全長 58cm, 25 自由度の小型ロボットであり、ジェスチャの表現には問題ないと判断した。

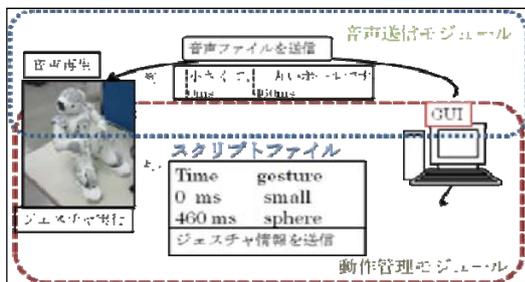


図 1. ロボットの発話と動作管理

GUI によりロボットの発話を指定すると、その発話に対応したあらかじめ用意されたロボットの動作スクリプトが読み込まれ、スクリプトに指定されたスケジュールに従って、ロボットに動作命令が送信され、指定されたタイミングでロボットのジェスチャが実行される。

本実験では ジェスチャ分類を提案している[2, 3]を参考にロボットに以下の 2 種類のジェスチャを実装した。

(1) Baton ジェスチャ：発話の最後に対話の相手に手を差し伸べるような動きであり、相手に発話権を譲渡するジェスチャ。

(2) Iconic ジェスチャ：物体の形状、人や物の動作を表すことにより会話の内容を補足するジェスチャ。

また、ジェスチャの生成には、Aldebran 社の付属のジェスチャ

作成ツール Choregraphe を使用した。

2.2 教示

被験者には、実験に先立ち、眼と口だけがある粘土で作成した動物の顔を提示し、それを覚えてもらった。実験では、ロボット (又は人)との対話において、覚えた顔の部分について相手に説明するとともに、相手から頬と鼻の形について説明を受けるという設定で会話を行ってもらった。実験の最後に、4 種類の顔部分の形を説明してもらい、理解を確認した。

2.2 実験条件

被験者 22 人(男性 18 名, 女性 4 名)に、以下に示す、人および、3 つの条件で動作するロボットと対話を行ってもらった。

- 人間条件：実験者が被験者と対話を行う。ジェスチャは、実験者により適切なタイミングで使用されていると仮定する。
- ジェスチャ同期条件：ロボットが発話中の適切なタイミングで適切なジェスチャを行う。
- ジェスチャ非同期条件：ロボットが発話内容とは関係のないジェスチャを不適切なタイミングで行う。
- 音声条件：ロボットは音声のみでジェスチャを行わない。

3. 分析

被験者の注視対象を判断するために、Tobii Studio による AOI (Area of Interest) 分析ツールを用いて、上半身の各部分への注視時間を半自動で計測した。図 2 に人とロボットに対する AOI 領域の定義を示す。



図 2: 人とロボットでの AOI の定義画面

3.1 注視行動の分析

(1) 対話相手への注視量の分析: 対話中に相手を見ている時間の割合を被験者ごとに算出し、対話相手への基本注視量の指標とした。その平均値を図 3 に示す。距離が近かったためか、相手が人である場合は、相手を注視する時間 33%にとどまっていた。それに対してロボットに対しては、動作するか否かに関わらず人に対してよりも注視時間の割合が高かった。つまり、人に対してはあえて注視することを避けるが、ロボットに対しては新奇なものへの興味があるためか、注視量が増えることがわかった。なお、繰り返しありの一元配置分散分析を行ったところ有意差が見られた ($F(3, 42)=2.827049, p<.01$)。

(2) 視線移動量の分析: 対話相手の発話中に被験者の視線移動量が実験条件によって異なるか否かを分析した。各条件の平均値を図 4 に示す。人間条件と非同期条件で近い傾向にあ

[†] 成蹊大学理工学研究科理工学専攻, Seikei University

[‡] 成蹊大学理工学部情報科学科, Seikei University

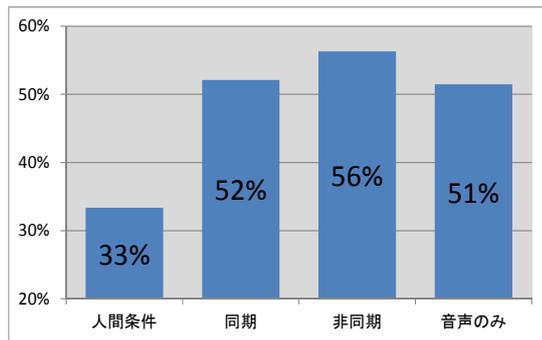


図3. 対話相手への注視割合

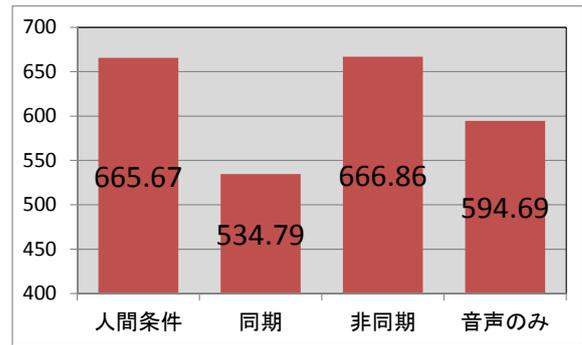


図4. 平均視線移動量 (pixels)

り、一方、これらに比べて同期条件と音声条件では視線移動量が少なかった。しかし、人に対してと非同期条件のロボットに対しては、注視するタイミングが異なる可能性があるため、単純に平均視線移動量だけから、両者が類似しているとは言えない。

(3) ジェスチャタイプ毎の注視量の分析: 被験者の視線の移動は実際にどの領域で起こっているのかを明確にするために、ジェスチャ中に腕領域、つまりジェスチャを見ていたか否かを分析した。具体的には各ジェスチャ継続時間に対し、その中でジェスチャを見ていた時間の割合を算出した(ジェスチャ注目比率と呼ぶ)。Iconic ジェスチャへの注目比率の平均値を図5(a)に示す。繰り返しありの一元配置分散分析を行ったところ、実験条件による有意差が見られたが($F(2, 42)=3.219942, p<.05$), 多重比較では、条件間の有意差は見られなかった。しかし、(1)の分析では、同期条件と非同期条件の差はほとんどなかったが、Iconic ジェスチャ注目比率は、同期条件で31%、非同期条件で23%と差が広がる傾向にある。また、(2)の分析では、人間条件と非同期条件が類似していたが、非同期条件のロボットがジェスチャをしていても、あまり注目しないのに対し、人間がIconic ジェスチャを行っている時は、ジェスチャに注目していると言える。統計的検定で有意差がないため、現時点では差について議論することはできないが、この点についてさらに分析を進めることにより、ロボットが適切なタイミングで適切なジェスチャを行っている場合とそうでない場合の注視行動の違いが明らかになる可能性がある。

Baton ジェスチャへの注目比率の平均値を図5(b)に示す。同様の分析を行ったところ、実験条件による有意差が見られたが($F(2, 42)=3.340386, p<.05$), 多重比較において、条件間の有意な差は見られなかった。Baton ジェスチャでは、人間条件の注目比率が極端に低くなっていることがわかるが、このような結果となった理由として、Baton ジェスチャはIconic ジェスチャとは異なり、ジェスチャ自体は意味を表現するものではないので、人同士の対話においてはBaton ジェスチャにはあまり注目されなかったが、ロボットが行うBaton ジェスチャの動作が不自然に大きかったため、人間のジェスチャ以上に注目を集めてしまったためと考えられる。上記の考察から、ロボットのBaton ジェスチャはより小さい動きとして実装する方が望ましい結果が得られた可能性がある。

以上の分析から、被験者の注視行動に関しては、人間条件とロボット条件の間での差が大きく、ロボット条件間の差は統計的には明確にならなかった。しかし、実験終了後アンケートによる主観評価を行ったところ、同期条件では、非同期条件に比べて、ジェスチャの有効性と自然際において有意差、または有意

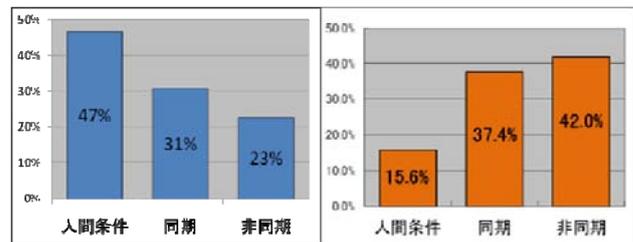


図5: 各ジェスチャへの注目比率

傾向が得られている[4]。主観評価では両者の違いに気付いているように見受けられるにもかかわらず、注視行動の明確な差となって現れないことの原因・理由については、実験材料を変えるなどして、今後さらに実験を重ね、詳しく調べてゆく必要がある。

4. まとめ

ロボットによるジェスチャのデザイン指針を得るために、本研究ではWOZ法を用いて、人とロボットの比較、ジェスチャタイミングの適切なロボットとそうでないものの比較を行った。その結果、全般的にはロボットと人の違いが大きいが分かったが、その一方で、Iconic ジェスチャについては、ロボットが適切なタイミングでジェスチャを行うと、被験者のジェスチャへの注目時間や回数が増加する傾向が観察された。今後はさらに詳細かつ多様な分析を進めることにより、ロボットのジェスチャが人間のジェスチャと同様に意味のあるコミュニケーション信号として認知されるための設計指針を探求してゆく予定である。

参考文献

- [1] Okuno, "Providing route directions: design of robot's utterance, gesture, and timing, in the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction.", ACM, p. 53-60, 2009
- [2] McNeill, D., Hand, Mind, "What Gestures Reveal about Thought", 1992
- [3] Bavelas, J.B., N. Chovil, "Interactive Gestures", p. 469-489, 1992
- [4] 福原佑貴, 上出純平, 中野有紀子, "コミュニケーションロボットにおけるジェスチャ表出の有効性", 第25回人工知能学会全国大会, 2D2-OS5b-3, 2011