

ロボットからの接触における視線の高さと発話タイミングの影響

塩見昌裕^{†1} 平野貴大^{†1,2} 木本 充彦^{†1,2} 飯尾尊優^{†1,3,4} 下原勝憲^{†1,2} 萩田 紀博^{†1}

概要：人が他者に触れる際、視線や発話のタイミングによってその印象は大きく変化する。例えば医師が患者に触れる際や大人が子供に触れる際に行われる視線の高さを相手に合わせる動作は、触れる相手へより丁寧な印象を伝えることができる。他にも、他者へ触れる前にあらかじめその意図や理由を発話で伝えることで、相手が触れられることに対して感じる抵抗感を減らすことが出来る。一方、ロボットが人に触れる状況において、視線の高さを変化させることでどのような影響をもたらすかはまだ定量的に検証されていない。また、ロボットから人への接触を扱った過去の研究では、ロボットは患者役の被験者に触れる前ではなく、触れた後にその意図や理由を発話で伝えたほうが望ましいという、人同士の触れ合いにおいて望ましいと報告されている発話タイミングとは相反する結果が報告されている。そこで本論文では、ロボットから人へ接触する際のロボットの視線の高さ、および発話タイミングによってその印象がどのように変化するかにについて被験者実験を行い、それらの要素がもたらす効果の検証を進めた。実験の結果、ロボットの視線の高さを相手に合わせてから触れることで、女性の被験者に対してはより丁寧な印象を伝えることが示された。一方、男性の被験者に対しては特に望ましい効果は示されなかった。発話タイミングに関しては、ロボットが患者役の被験者に触れる前にその意図を発話で伝えたほうが望ましい印象を与えることが明らかになり、上述したロボットから人への接触を扱う過去の研究とは相反する効果が示された。これらの実験結果及びそれらを踏まえた考察の詳細について、本文中で報告する。

1. はじめに

他者との物理的な触れ合いインタラクションは、人々に身体的・精神的なメリットをもたらすだけでなく、関係性を構築するためにも重要な役割を担っている[1-6]。触れ合いがもたらす望ましい効果は人同士に限るものではなく、物理的な身体を備えたロボットとの触れ合いにおいても、多様なメリットをもたらすことが示されている[7-10]。

ロボットから人への触れ合いインタラクションが人々から受容されるためには、触れ合い時に伴う様々な振る舞いの設計も重要である。過去の研究では、ロボットからの触れる動作がもたらす感触だけではなく、触れる際におけるロボットの視線や姿勢、発話などの様々な要素が触れ合いに対する印象に影響することが報告されてきた[11-16]。例えば、平野らはロボットから人に触れる際に、ロボットの視線や触れ方の違いがどのような印象の変化をもたらすかを検証している[11]。Chenらは、ロボットが人へ触れる際の発話タイミングに着目した実験を通じて、触れる前に声をかけるよりも触れた後に声をかけたほうが被験者から好まれたという、興味深い結果を報告している[12]。

ロボットから人への触れ合いインタラクションに影響をもたらす要素の研究は進みつつあるものの、人同士のインタラクションにおいて重要となる、「視線の高さ」に関する研究はいまだ行われてこなかった。人同士が触れ合う際、例えば医療現場で医師や看護師がベッドに横たわっている患者に触れる際や(図1)、大人が小さな子供に触れる際など、触れる側の人物が触れる相手の視線の高さに自身の目

線を下げ、アイコンタクトを行ってから触れる、といった行為が日常的に行われている。医療現場における医師や看護師の振る舞いに関する研究でも、患者とインタラクションを開始する前に視線の高さを合わせてアイコンタクトを行うことの重要性が報告されている[17-19]。

ロボットの視線の高さが印象の変化に与える影響については、接触ではなく対話のみの状況を扱う数例の研究が実施されている。例えば、Raeらはテレプレゼンスロボットを通じて会話を行う状況で視線の高さの影響を検証しており、話し相手よりロボットが低い視線となる場合には、会話中の説得力が薄れることを報告している[20]。一方Hiroiらは、ロボットの視線の高さは対話相手よりも低いほうが望ましい印象を与えることを報告している[21]。このように、いまだロボットの視線の高さの影響が相手の印象にもたらす影響については検証が始まったばかりであり、ロボットが人へ触れる状況における影響を検証した研究も行われていない現状がある。そのため、ロボットから人に触れる状況における視線の高さがもたらす影響に関する知見を収集することで、人々から受容される触れ合いインタラクションを設計するための、知見構築に対する貢献が期待できる。



図1 視線の高さを合わせる場合(左)と見下ろす場合(右)

^{†1} ATR

^{†2} 同志社大学

^{†3} 筑波大学

^{†4} 国立研究開発法人科学技術振興機構、さががけ

また本研究では、ロボットから人に触れる状況における、発話タイミングの影響を改めて検証する。その理由は、人同士の触れ合いインタラクションから報告される知見と、人・ロボット間の触れ合いインタラクションから報告される知見が相反しており、検証の余地が存在するためである。上述のように、ロボットが人へ触れる際には、ロボットが人に触れた後にその意図を伝えることがより好まれたことが報告されている[12]。一方、医療現場を対象として人同士の触れ合いインタラクションに対する分析を行った研究では、医師や看護師に触れられた患者はあらかじめ触れられる前にその意図を伝えてほしいと望んでいることを報告しており、触れる前に承諾を得ることを推奨するガイドラインを提唱している[22]。このような状況において、ロボットから人に触れる状況において発話タイミングの影響を改めて検証することで、いずれかの知見を支持する新たな実験結果を得られることが期待できる。

そこで本研究では、ロボットから人へ接触する際の視線の高さと、発話タイミングという2つの要因がもたらす影響を検証する。具体的には、被験者には患者役としてロボットに触れてもらう状況を設計し、各要因がどのような印象の変化をもたらすかを検証する実験を実施した。

2. 関連研究

2.1 視線が触れ合いの印象にもたらす効果

人・ロボット間インタラクションに関する研究分野では、ロボットの視線が人に与える影響を検討する研究が多数行われてきた。たとえば三者対話[23]、情報提供[24]、学校環境下における集団の子どもたちとの対話[25]、幼児への読み聞かせなど[26]、様々な状況において自然な視線制御を実現するための手法構築とその評価が行われてきた。他にも、ロボットが対話相手の候補となる人物に近づく際の視線制御手法や[27]、警備員ロボットとして環境内をパトロールする状況における視線制御手法とその評価が行われてきた[28]。

本研究で取り組む触れ合いインタラクションにおける視線の影響についても、過去の研究から、ロボットが人の手に触れている間は常に人へ視線を向けることが望ましいという知見が報告されている [11]。興味深いことに、この結果はロボットが人に物を手渡す状況、すなわち手に触れる状況に近い場面でロボットの視線の効果を検証した研究とは反対の結果を示している[29]。具体的には、物を渡す際には視線を相手・渡すもの・相手と変化させることが、常に相手を見る視線動作よりも望ましいと報告された。これらの結果は、人に触れる状況に類似した状況設定であっても、望ましい視線制御の手法は必ずしも一致せず、状況に応じて適切な視線制御が必要であることを示唆している。

他にも、ロボットの顔の高さが対話相手にもたらす影響を検証した研究が存在する。ある研究では、テレプレゼン

スロボットを用いて人と話す際に、そのロボットのディスプレイ部分の高さが対話相手の顔の高さよりも低いと、対話における説得力が薄れることを報告している [20]。一方他の研究では、雑談を行う対話ロボットの顔の高さが対話相手よりも 300mm ほど低い方が、より好ましい印象をもたらすことを報告されている[21]。上述した視線の影響と同様に、状況や文脈によって望ましいロボットの視線の高さが変化することを示唆していると考えられる。

このように、過去の研究では様々な視線動作制御に関する知見が報告されているが、視線の高さがもたらす影響についてはいまだ諸説存在しており、さらにはロボットから人に触れる状況での視線の高さがもたらす影響の検証は行われていない。そこで本研究では、ロボットの視線の高さが接触に与える影響を解明し、人とロボットの触れ合いインタラクションにおける視線動作を設計する際の一助となるための知見を明らかにすることを目指す。

2.2 発話タイミングが触れ合いの印象にもたらす効果

視線の効果に関する研究と同様に、発話タイミングが与える影響も、人・ロボット間インタラクションに関する研究分野で多数検証されてきた。例えば Okuno らは、ロボットが人に対して情報提供を行う際の振る舞いを設計するため、人同士における話し手と聞き手の発話タイミングを精微に分析し、自然なインタラクションを実現するための取り組みを進めてきた[30]。他にも、対話中におけるフィラー発話のタイミングがもたらす影響を検証した研究や[31]、人型ロボットで自然なフィラー動作を自動生成するための研究が存在する[32]。他にも、嶋田らはロボットが人々の認知負荷に応じてどのような話速で対話を行うべきかの検討を進めている[33]。これらの研究成果は、ロボットがどのように発話タイミングを制御すべきかを明らかにするために重要な知見を提供してきたものの、本研究で対象とする触れ合いインタラクションにおいては、発話タイミングの変化がもたらす印象への影響を検証した研究はほとんど行われてこなかった。

人とロボットの触れ合いインタラクションの文脈で発話タイミングの効果を検証した研究には、Chen らが行った、医療現場で利用されるロボットを想定し、患者役の被験者に触れる状況下で発話タイミングの影響を検証したものがある[12]。当該研究では、ロボットから人に触れる際に、ロボットが事前に触れる意図を発話で伝えた場合と、事後に触れた意図を発話で伝えた場合という2つの発話タイミングの効果を検証している。実験の結果、触れた後に意図を伝える方が有意に良い印象をもたらすことが報告された。著者らもこの結果は当初の予測と反対であったことを述べたうえで、この効果が人とロボットの触れ合いインタラクションにおいて有用な知見になるだろう、と報告している。しかしながら、上述したように、医療現場を対象として人同士の触れ合いインタラクションに対する分析を行った関

連研究では、患者などへ触れる前に承諾を得ること、意図を伝えることが奨励されている現状がある[22].

このように、人とロボットの触れ合いインタラクションにおける発話タイミング要因の影響の調査が行われつつあるものの、いまだその取り組みは少なく、また人同士の触れ合いインタラクションに関する知見とは相反する結果も報告されている。そこで本研究では、新たな実験を通じて知見のさらなる収集を行い、人とロボットの触れ合いインタラクションにおける発話タイミングを設計する際の一助となるための知見を明らかにすることを目指す。

2.3 性別が触れ合いにもたらす効果

人同士の触れ合いインタラクションがもたらす効果は、触れる相手と触れられる相手の性別関係によって異なることが報告されている[34-36]。人・ロボット間の触れ合いインタラクションにおいても、人の性別によってロボットからの触れる効果がどのように変化するかが検証されている[8, 37]。各実験結果の傾向はそれぞれ似通っており、例えば女性は男性に比べて他者やロボットから触れられることに対して比較的好意的であることが報告されている。

これらの研究結果から、本研究で検討する視線の高さや発話タイミングの効果も、性別の影響を受けることが予測される。そこで本研究では、性別の影響がもたらす効果と各要因の影響がもたらす効果を切り分けて実験を行うよう設計を行った。具体的には、男性被験者と女性被験者の群を分けて実験を行い、それぞれの群において各要素の有効性検証を進める。過去の関連研究でも、性別がもたらす効果を排除して特定の要因を検証しやすくするために男性被験者・女性被験者を分けて実験を行う取り組みが行われており[3, 38]、本研究もそれらと同様の取り組みを行う。

3. 実験デザイン

本章では、実験に用いるロボット、センサ、触れる状況の設計、および各種要因の設計について記述する。

3.1 ロボット

本研究では、Softbank Robotics 社製の Pepper を、人に触れるためのロボットとして利用した。Pepper は腰に自由度を持ち、十分な腕の長さを備えており、視線の高さを変化させて人に触れることが可能なため、本実験に採用した。Pepper は合計 20 の自由度を備えており、身長は 121cm である。本実験において Pepper が人に触れたことを検出するために、Pepper の右手部分にタッチエンス社製のショッカキューブを取り付けた (図 2)。当該センサはスポンジ状の素材で構成されており、16 点の高さ方向変化検出機構を備えている。センシング周期は約 100Hz である。人に触れた際のタイミングを検出することで、ロボットの触れる動作の制御や、肩を撫でる動作の制御を行った。なお、触れる際にはこのセンサ部分が触れるように動作を調整した。

3.2 触れる状況の設計

本研究でロボットから人へ触れる際の視線の高さ及び発話タイミングの影響を検証するための状況として、人・ロボット間触れ合いインタラクションの関連研究で用いられていた、被験者がベッドに横たわる状況を採用した [12] (図 3)。ロボットが立っている場合は視線の高さが被験者よりも高く、ロボットがかがんだときにはほぼ被験者の視線の高さと一致するように、被験者の身長に合わせてベッドの高さを調整した。

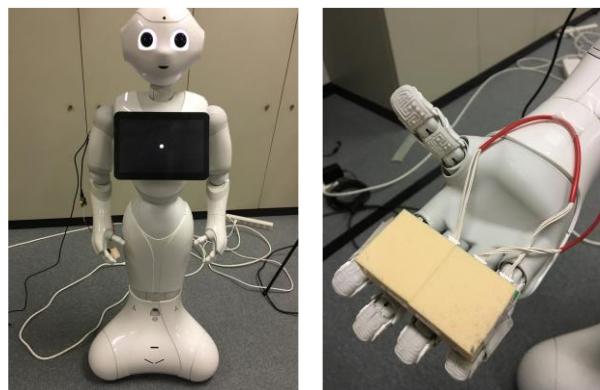


図 2 実験に使用したロボットおよびタッチセンサ

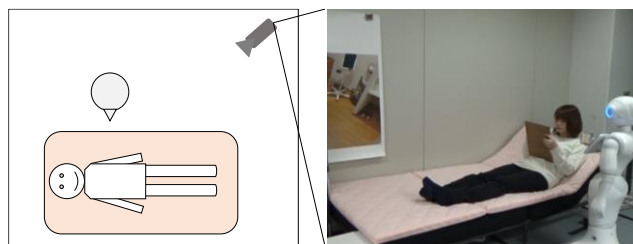


図 3 実験環境



図 4 視線を合わせる条件における接触動作



図 5 見下ろす条件における接触動作

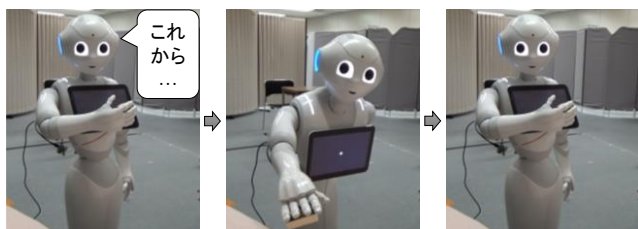


図 6 触れる前発話条件の接触動作

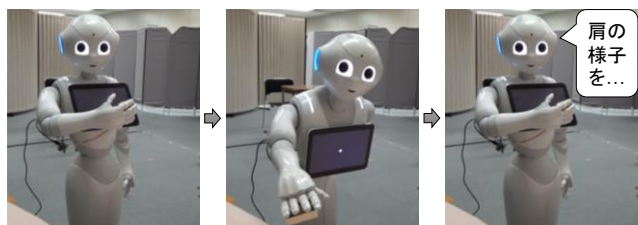


図 7 触れた後発話条件の接触動作

3.3 視線の高さ要因の設計

これまで行われてきた人同士または人・ロボット間のインタラクションにおける視線の影響を分析した研究からは、対話相手と同じまたはそれより低い視線の高さを設定することで、親しみやすさなどの肯定的な印象をもたらすことが示唆されている[17-21]。そこで本研究では、視線を合わせる・見下ろすという、2つの視線条件を用いてその効果を検証する。なお、ロボットの視線の高さを被験者よりも低くして見上げる条件についても検討したが、実際にベッドに横たわる人へ触れる際の状況ではそのような行為がさほど行われないこと、およびロボットのハードウェアの制限上の問題から、今回は条件に含めなかった。

(1) **視線を合わせる条件**：本条件では、ロボットは人へ触れる前に腰をかがめ、視線の高さを被験者に合わせてから触れる動作を実行した(図4)。

(2) **見下ろす条件**：本条件では、ロボットは視線の高さをそのままに、人へ触れる動作を実行した(図5)。

3.4 発話タイミング要因の設計

ロボットの発話タイミング要因は、過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクションに関する研究を参照して決定した[12]。すなわち、人へ触れる前に発話する場合と、触れてから発話する場合の2条件を用意した。

(1) **触れる前発話条件**：本条件では、ロボットはまず被験者に触れる前に「これから少し肩を触って、様子を確認いたしますね」と発話し、触れる意図を説明してから触れる動作を実行した(図6)。

(2) **触れた後発話条件**：本条件では、ロボットはまず被験者に触れる動作を実行し、触れ終わった後に「肩の様子を確認するために、少し触らせていただきました」と発話してその意図を説明した(図7)。

3.5 実験手順

本実験は、各被験者に対して全条件を実施する、被験者内実験のデザインを採用した。すなわち、各実験者は上述

した2要因の組み合わせによる、4条件の実験全てに参加した。各条件の順番はカウンターバランスを考慮し、順番の偏りが起きないように配慮した。

全条件において、被験者がベッドに寝そべり、ロボットがそのベッドの横に立った状況から実験を開始した。3.2節で記述したように、あらかじめ被験者の身長を考慮してベッドの高さを調整し、ロボットが同じモーションで被験者の左肩に触れられるようにした。ロボットは被験者の肩に触れた後、撫でるように腕を左右に2回動かした。被験者は各条件におけるロボットの触れる動作を体験した後、印象評価に関するアンケートを毎回記述した。

3.6 アンケート内容

本研究では、ロボットから人に触れる際の視線の高さと発話タイミングの違いがもたらす影響を検証するため、アンケート調査による主観評価を行った。具体的には4つの尺度に対する設問を用意した。その内訳は、1)ロボットからの触れる動作の心地よさ、2)ロボットへの好意、3)ロボットに対する安全性、および4)ロボットの丁寧さである。各設問を構成する質問内容は1から7段階で評価を行い、7が最も高評価とした。以下に、各設問内容の詳細を示す。

(1) **ロボットからの触れる動作の心地よさ**：過去に人・ロボット間の触れ合いインタラクションに関する研究で利用された評価尺度を利用した。尺度を構築する設問は1つであり、設問内容は「ロボットの触れ方は心地良かった」とした[11]（そう思わない～そう思うの7段階評価）。

(2) **ロボットへの好意**：ロボットへの印象評価に広く利用される GodSpeed 尺度から、Likeability として定義される5つの設問から構築される尺度を用いた[39]。尺度の妥当性を示すクロンバックの α は本実験において0.944であった。なお、この係数が0.7以上であれば、尺度に一貫性があるとみなすことが可能であると報告されている[40]。

(3) **ロボットに対する安全性**：本尺度も、ロボットへの印象評価に広く利用される GodSpeed 尺度から、Safety として定義される3つの設問から構築される尺度を用いた[39]。尺度の妥当性を示すクロンバックの α は本実験において0.842であった。

(4) **ロボットの丁寧さ**：ロボットに対する丁寧さを計測するため、3つの設問内容による尺度を構築した。設問内容は「ロボットは思いやりがあった」「ロボットは丁寧だった」「ロボットは失礼だった(反転項目)」(各項目はそう思わない～そう思うの7段階評価)とし、尺度の妥当性を示すクロンバックの α は本実験において0.901であった。

4. 実験 1：女性被験者による印象評価実験

4.1 被験者

本実験には、16 人の女性被験者が参加した。平均年齢 23.2 歳、標準偏差 1.60、最大 26 歳、最小 21 歳であった。

4.2 実験結果

図 8 に、ロボットからの触れる動作の心地よさに関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、視線の高さ要因($F(1, 15)=5.000, p=.041, \text{partial } \eta^2=.250$) および発話タイミング要因 ($F(1, 15)=5.000, p=.041, \text{partial } \eta^2=.250$) に有意な差が見られた (注：F 値は要因間で同じ値であった)。交互作用については、有意な差は見られなかった ($F(1,15)=1.000, p=.333, \text{partial } \eta^2=.062$)。

図 9 に、ロボットへの好意に関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=7.106, p=.018, \text{partial } \eta^2=.321$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=0.478, p=.500, \text{partial } \eta^2=.031$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1,15)=0.011, p=.917, \text{partial } \eta^2=.001$)。

図 10 に、ロボットに対する安全性に関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因($F(1, 15)=7.614, p=.015, \text{partial } \eta^2=.337$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=0.013, p=.911, \text{partial } \eta^2=.001$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1,15)=0.217, p=.648, \text{partial } \eta^2=.014$)。

図 11 に、ロボットの丁寧さに関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=15.641, p=.001, \text{partial } \eta^2=.510$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=2.140, p=.164, \text{partial } \eta^2=.125$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1,15)=0.004, p=.953, \text{partial } \eta^2=.001$)。

4.3 実験 1 の結果に対する考察

(1) **視線の高さ要因**：実験 1 からは、ロボットから人に触れる際に視線の高さを合わせることで、女性被験者に対しては主観的な心地よさを向上させる効果をもたらす結果が示された。一方、視線の高さを合わせても、ロボットへの好意や安全性、丁寧さといった評価項目には有意な影響をもたらさないことも示された。

(2) **発話タイミング要因**：実験 1 で示された結果では、ロボットは人に触れる前に発話を行った方が、触れた後に発話する場合よりもより良い印象をもたらすことが示された。具体的には、触れる動作の心地よさ、好意、安全性、丁寧さ全ての項目において、触れる前に発話する条件が有意に高い値を示していた。興味深いことに、この結果は過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクション研究とは反対の傾向を示している[12]。

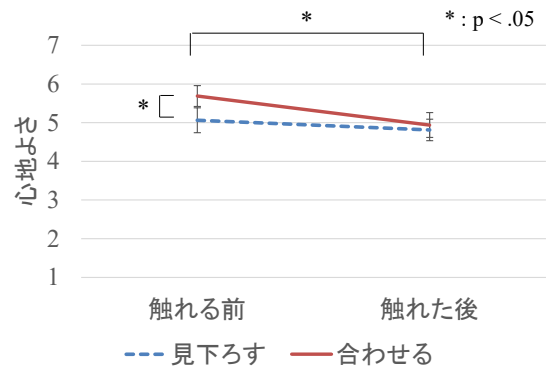


図 8 触れる動作の心地よさに関するアンケート (実験 1)

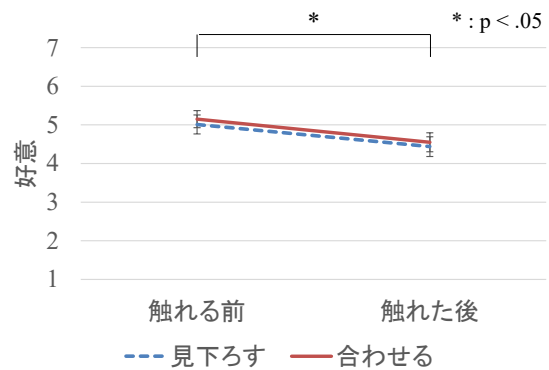


図 9 好意に関するアンケート (実験 1)

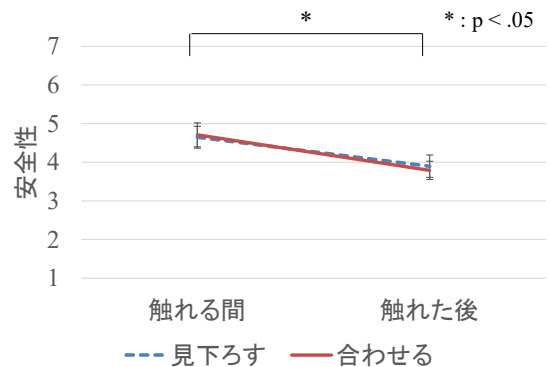


図 10 安全性に関するアンケート (実験 1)

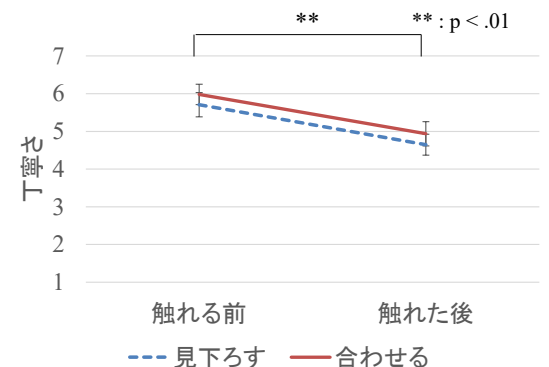


図 11 丁寧さに関するアンケート (実験 1)

5. 実験 2：男性被験者による印象評価実験

5.1 被験者

本実験には、16 人の男性被験者が参加した。平均年齢 22.7 歳，標準偏差 1.79，最大 27 歳，最小 21 歳であった。

5.2 実験結果

図 12 に、ロボットからの触れる動作の心地よさに関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=15.528, p=.001, \text{partial } \eta^2=.509$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=0.390, p=.542, \text{partial } \eta^2=.025$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1, 15)=0.268, p=.612, \text{partial } \eta^2=.018$)。

図 13 に、ロボットへの好意に関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=22.936, p<.001, \text{partial } \eta^2=.605$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=0.001, p=.980, \text{partial } \eta^2<.001$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1, 15)=0.893, p=.360, \text{partial } \eta^2=.056$)。

図 14 に、ロボットに対する安全性に関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=6.546, p=.022, \text{partial } \eta^2=.304$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=0.045, p=.836, \text{partial } \eta^2=.003$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1, 15)=0.405, p=.534, \text{partial } \eta^2=.026$)。

図 15 に、ロボットの丁寧さに関するアンケート結果を示す。繰り返しのある 2 要因分散分析を行った結果、発話タイミング要因 ($F(1, 15)=19.091, p=.001, \text{partial } \eta^2=.560$) に有意な差が見られた。視線の高さ要因 ($F(1, 15)=1.244, p=.282, \text{partial } \eta^2=.077$) および交互作用については有意な差は見られなかった ($F(1, 15)=0.370, p=.552, \text{partial } \eta^2=.024$)。

5.3 実験 2 の結果に対する考察

(1) **視線の高さ要因**：実験 2 からは、視線の高さ要因は男性被験者に対して特に有意な効果をもたらしていないことが示された。すなわち、触れる動作の心地よさ、好意、安全性、丁寧さ全ての項目において、視線を合わせる条件と見下ろす条件の間には有意な差が見られなかった。

(2) **発話タイミング要因**：実験 2 からは、実験 1 と同様に、ロボットから人に触れる際の発話タイミングは触れる前の方がより良い印象をもたらすことが示された。具体的には、触れる動作の心地よさ、好意、安全性、丁寧さ全ての項目において触れる前に発話する方が有意に高い値を示していた。すなわちこの結果も、過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクション研究とは反対の傾向を示している[12]。

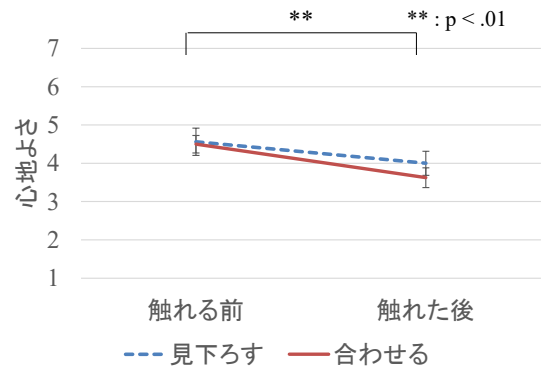


図 12 触れる動作の心地よさに関するアンケート (実験 2)

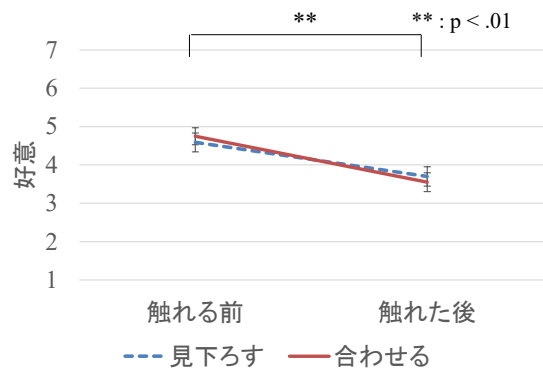


図 13 好意に関するアンケート (実験 2)

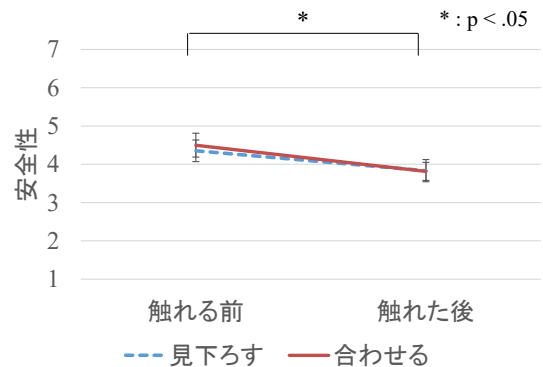


図 14 安全性に関するアンケート (実験 2)

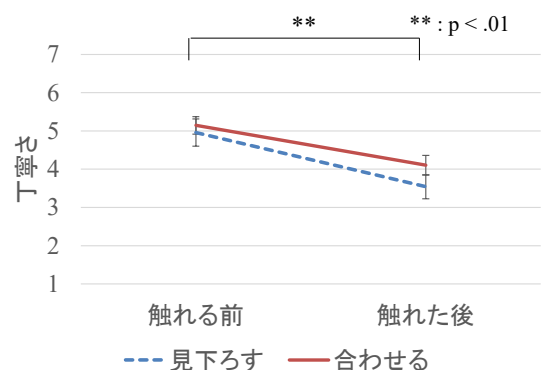


図 15 丁寧さに関するアンケート (実験 2)

6. 全体の考察

6.1 視線の高さに関する考察

本研究では、2つの実験を通じて、ロボットが人に触れる際の視線の高さが心地よさ・好意・安全性・丁寧さに関する印象に与える影響を検証した。過去に報告された人同士のインタラクション研究においては、視線の高さを合わせることでより良い印象をもたらすために重要であることが示唆されていたが、本研究の結果においては、視線の高さを合わせて人へ触れる際の効果は限定的であった。すなわち、女性被験者においてのみ、ロボットからの触れる動作の心地よさに対する印象を向上させる効果に有意な差が見られた。

女性被験者のみに対して視線の高さを合わせることが一部有効であった理由としては、2.3節で記述したように、女性被験者と男性被験者で他者からの接触に対する印象の違いが挙げられる。特に、過去の Pepper を利用して人との触れ合いインタラクションを行った研究では、男性被験者は女性被験者に比べても否定的な印象を受けていたことが報告されている[11]。そのため、ロボットが視線の高さを相手に合わせて触れたとしても、そもそも男性被験者が Pepper からの接触に対して感じる否定的な印象を払拭するほどの効果をもたらさなかった可能性が考えられる。

6.2 発話タイミングに関する考察

本研究では、視線の高さと同様に、2つの実験を通じてロボットが人に触れる際の発話タイミングの違いが印象に与える影響を検証した。どちらの実験においても、ロボットが人に触れる前に発話する条件の方が、触れた後に発話する条件よりも本実験で計測した全ての印象において望ましい結果をもたらしており、過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクション研究で報告された現象とは相反する事象を示すこととなった[12]。

その理由として考慮されるべき一つの要因は、ロボットが人に触れる場所であろう。過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクション研究では、ロボットは人の腕部分に触れていた。これに対し我々の実験では、ロボットが人の左肩に触れるよう設計しており、ロボットの手が人の顔により近い場所へと位置していた。人は、自身の顔周辺約 20cm の範囲に他者の手が侵入することで不快さを感じやすくなることが報告されているが[41]、本研究ではその範囲にロボットの手が侵入していた。そのため、ロボットが顔に近い場所へと手を近づける前にその意図を発話していたことで、ネガティブな印象を緩和させた可能性が考えられる。

文化差による影響も考えられるものの、我々は以下の理由から文化差による影響については否定的である。確かに、日本人はアメリカやイギリスに比べて文化的に他者と触れ合う傾向が少ないことは既に報告されている[42, 43]。日本

の看護学校における調査においては触れる前に発話することが望ましいことを報告しており、この結果も本研究の結果と一致する[44]。ただし、本論文で参照している、人同士の触れ合いインタラクションにおいて事前に発話することを推奨する報告はアメリカで行われたものであり[42]、ロボットは人に触れた後に発話したほうが望ましい印象を与えることを報告した研究もアメリカで行われたものであった[12]。つまり、これらの研究は同じ国で行われたにもかかわらず、相反する結果が報告されていた。

このように、現状ではなぜ本研究と過去の研究で相反する事象が発生したかを明確に説明できる理由は未知のままである。上述した理由以外にも、ロボットの見た目や触れた際の感触（ロボットの手の材質）が異なること、実験設定のわずかな違いなど、様々な要因がこれらの違いをもたらした可能性がある。一方で、人とロボットとの触れ合いインタラクションに関する研究はいまだ黎明期であり、仮に過去の研究と同じ結果が再現できない（もしくは相反する事象が発生した）取り組みであったとしても、今後の人・ロボット間触れ合いインタラクションに関する知見の集積につながる一助になると考える。

6.3 知見の応用可能性

本実験では、Pepper という既存のある 1 種類のロボットを用いて、人の肩部分にロボットが触れる際の印象を計測した。そのため、得られた知見を他のロボットに適応する際には、そのロボット自身の外見や質感がもたらす影響、および触れる場所の違いがもたらす影響をそれぞれ考慮する必要がある。特に Pepper はどこから見ても視線が合いやすいデザインになっているため、アイコンタクトの有無による影響は未検証であると言える。

本実験では状況の妥当性及びロボットのハードウェアの観点から、ロボットの視線の高さを人よりも下げて触れる際の印象計測は行わなかったため、人を見上げて触れる際の影響は未調査のままである。

本実験では男女間での比較実験は行っていないため、各種要因が性別間で有意な差をもたらすか、の検証は行っていない。また、先行研究とは相反する事象を示した理由をより詳細に検証するためには、先行研究と同様に腕に触れる場合の評価実験を視線、接触タイミング、性別毎に評価したり、インタビューなどによる主観的印象のさらなる分析を行ったりすることが必要になると考える。

7. おわりに

人が他者と触れ合う際、視線や発話などの触れ合いに伴う様々な振る舞いによってその印象は大きく変化する。そこで本研究では、ロボットから人に触れる際の視線の高さ及び発話タイミングの違いが、人の印象変化に与える影響を検証した。過去に行われた人同士および人・ロボット間

インタラクションの研究を参考に、2種類の視線の高さ条件（視線を合わせる・見下ろす）と2種類の発話タイミング条件（触れる前に発話する・触れた後に発話する）を用意し、それぞれの組み合わせがもたらす影響を被験者実験によって検証した。実験では、被験者はベッドに横たわった状態で、ロボットに肩を触れられた際の印象に関するアンケート評価を行った。

実験の結果、ロボットが視線の高さを合わせて人に触れることで、女性被験者に対しては触れる際の心地よさに対する印象を向上させることが示された。一方、心地よさ以外の印象（好意・安全性・丁寧さ）には有意な効果をもたらさないこと、および男性被験者にはそれら全ての印象において有意な効果をもたらさないことも示された。また、ロボットの発話タイミングにおいては、触れる前に発話することで男性・女性被験者双方にとって、全ての印象を有意に向上させることが示された。興味深いことに、この結果は過去に行われた人・ロボット間の触れ合いインタラクション研究からの報告とは反対の事象を示していた。

謝辞 本研究の一部は JST, CREST, JPMJCR18A1 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1]K. M. Grewen, B. J. Anderson, S. S. Girdler, and K. C. Light, "Warm partner contact is related to lower cardiovascular reactivity," *Behavioral medicine*, vol. 29, no. 3, pp. 123-130, 2003.
- [2]S. Cohen, D. Janicki-Deverts, R. B. Turner, and W. J. Doyle, "Does hugging provide stress-buffering social support? A study of susceptibility to upper respiratory infection and illness," *Psychological science*, vol. 26, no. 2, pp. 135-147, 2015.
- [3]B. K. Jakubiak, and B. C. Feeney, "Keep in touch: The effects of imagined touch support on stress and exploration," *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 65, pp. 59-67, 2016.
- [4]A. Gallace, and C. Spence, "The science of interpersonal touch: an overview," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 34, no. 2, pp. 246-259, 2010.
- [5]K. C. Light, K. M. Grewen, and J. A. Amico, "More frequent partner hugs and higher oxytocin levels are linked to lower blood pressure and heart rate in premenopausal women," *Biological psychology*, vol. 69, no. 1, pp. 5-21, 2005.
- [6]T. Field, "Touch for socioemotional and physical well-being: A review," *Developmental Review*, vol. 30, no. 4, pp. 367-383, 2010.
- [7]R. Yu, E. Hui, J. Lee, D. Poon, A. Ng, K. Sit, K. Ip, F. Yeung, M. Wong, and T. Shibata, "Use of a Therapeutic, Socially Assistive Pet Robot (PARO) in Improving Mood and Stimulating Social Interaction and Communication for People With Dementia: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial," *JMIR research protocols*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [8]M. Shiomi, K. Nakagawa, K. Shinozawa, R. Matsumura, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Does A Robot's Touch Encourage Human Effort?," *International Journal of Social Robotics*, vol. 9, pp. 5-15, 2016.
- [9]H. Sumioka, A. Nakae, R. Kanai, and H. Ishiguro, "Huggable communication medium decreases cortisol levels," *Scientific Reports*, vol. 3, pp. 3034, 2013.
- [10]M. Shiomi, A. Nakata, M. Kanbara, and N. Hagita, "A Hug from a Robot Encourages Prosocial Behavior," in *Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2017 26th IEEE International Symposium on, pp. to appear, 2017.
- [11]T. Hirano, M. Shiomi, T. Iio, M. Kimoto, I. Tanev, K. Shimohara, and N. Hagita, "How Do Communication Cues Change Impressions of Human-Robot Touch Interaction?," *International Journal of Social Robotics*, 2017.
- [12]T. L. Chen, C.-H. A. King, A. L. Thomaz, and C. C. Kemp, "An Investigation of Responses to Robot-Initiated Touch in a Nursing Context," *International Journal of Social Robotics*, vol. 6, no. 1, pp. 141-161, 2013.
- [13]T. L. Chen, T. Bhattacharjee, J. M. Beer, L. H. Ting, M. E. Hackney, W. A. Rogers, and C. C. Kemp, "Older adults' acceptance of a robot for partner dance-based exercise," *PLoS ONE*, vol. 12, no. 10, pp. e0182736, 2017.
- [14]T. L. Chen, T. Bhattacharjee, J. L. McKay, J. E. Borinski, M. E. Hackney, L. H. Ting, and C. C. Kemp, "Evaluation by expert dancers of a robot that performs partnered stepping via haptic interaction," *PLoS ONE*, vol. 10, no. 5, pp. e0125179, 2015.
- [15]K. Kosuge, T. Hayashi, Y. Hirata, and R. Tobiyama, "Dance partner robot-ms dancer," in *Intelligent Robots and Systems, 2003.(IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on*, pp. 3459-3464, 2003.
- [16]K. Funakoshi, K. Kobayashi, M. Nakano, S. Yamada, Y. Kitamura, and H. Tsujino, "Smoothing human-robot speech interactions by using a blinking-light as subtle expression," in *Proceedings of the 10th international conference on Multimodal interfaces*, pp. 293-296, 2008.
- [17]Z. N. Kain, J. E. MacLaren, C. Hammell, C. Novoa, M. A. Fortier, H. Huszti, and L. Mayes, "Healthcare provider-child-parent communication in the preoperative surgical setting," *Pediatric Anesthesia*, vol. 19, no. 4, pp. 376-384, 2009.
- [18]E. B. Wright, C. Holcombe, and P. Salmon, "Doctors' communication of trust, care, and respect in breast cancer: qualitative study," *Bmj*, vol. 328, no. 7444, pp. 864, 2004.
- [19]R. F. Brown, and C. L. Bylund, "Communication skills training: describing a new conceptual model," *Academic Medicine*, vol. 83, no. 1, pp. 37-44, 2008.
- [20]I. Rae, L. Takayama, and B. Mutlu, "The influence of height in robot-mediated communication," in *Human-Robot Interaction (HRI), 2013 8th ACM/IEEE International Conference on*, pp. 1-8, 2013.
- [21]Y. Hiroi, and A. Ito, "Influence of the Height of a Robot on Comfortableness of Verbal Interaction," *IAENG International Journal of Computer Science*, vol. 43, no. 4, 2016.
- [22]C. O'lynn, and L. Krautscheid, "'How should I touch you?': a qualitative study of attitudes on intimate touch in nursing care," *AJN The American Journal of Nursing*, vol. 111, no. 3, pp. 24-31, 2011.
- [23]B. Mutlu, T. Shiwa, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Footing in human-robot conversations: how robots might shape participant roles using gaze cues," in *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, pp. 61-68, 2009.
- [24]Y. Kuno, K. Sadazuka, M. Kawashima, K. Yamazaki, A. Yamazaki, and H. Kuzuoka, "Museum guide robot based on sociological interaction analysis," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, San Jose, California, USA, pp. 1191-1194, 2007.
- [25]T. Komatsubara, M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Can a social robot help children's understanding of science in classrooms?," in *Proceedings of the second international conference on Human-agent interaction*, Tsukuba, Japan, pp. 83-90, 2014.
- [26]Y. Tamura, M. Kimoto, M. Shiomi, T. Iio, K. Shimohara, and N. Hagita, "Effects of a Listener Robot with Children in Storytelling,"

- in Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction, Bielefeld, Germany, pp. 35-43, 2017.
- [27]S. Satake, T. Kanda, D. F. Glas, M. Imai, H. Ishiguro, and N. Hagita, "A Robot that Approaches Pedestrians," IEEE Transactions on Robotics, vol. 29, no. 2, pp. 508-524, 2013.
- [28]K. Hayashi, M. Shiomi, T. Kanda, N. Hagita, and A. I. Robotics, "Friendly patrolling: A model of natural encounters," in Proc. RSS, pp. 121, 2012.
- [29]M. Gharbi, P. V. Paubel, A. Clodic, O. Carreras, R. Alami, and J. M. Cellier, "Toward a better understanding of the communication cues involved in a human-robot object transfer," in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2015 24th IEEE International Symposium on, pp. 319-324, 2015.
- [30]Y. Okuno, T. Kanda, M. Imai, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Providing route directions: design of robot's utterance, gesture, and timing," in Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction, pp. 53-60, 2009.
- [31]T. Shiwa, T. Kanda, M. Imai, H. Ishiguro, and N. Hagita, "How Quickly Should a Communication Robot Respond? Delaying Strategies and Habituation Effects," International Journal of Social Robotics, vol. 1, no. 2, pp. 141-155, 2009.
- [32]R. Nakanishi, K. Inoue, S. Nakamura, K. Takanashi, and T. Kawahara, "Generating fillers based on dialog act pairs for smooth turn-taking by humanoid robot," in Proc. Int'l Workshop Spoken Dialogue Systems (IWSDS), pp., 2018.
- [33]M. Shimada, and T. Kanda, "What is the appropriate speech rate for a communication robot?," Interaction Studies, vol. 13, no. 3, pp. 408-435, 2012.
- [34]D. S. Stier, and J. A. Hall, "Gender differences in touch: An empirical and theoretical review," Journal of personality and social psychology, vol. 47, no. 2, pp. 440, 1984.
- [35]A. S. Ebesu Hubbard, A. A. Tsuji, C. Williams, and V. Seatriz, "Effects of Touch on Gratuities Received in Same - Gender and Cross - Gender Dyads," Journal of Applied Social Psychology, vol. 33, no. 11, pp. 2427-2438, 2003.
- [36]J. A. Evans, "Cautious caregivers: gender stereotypes and the sexualization of men nurses' touch," Journal of advanced nursing, vol. 40, no. 4, pp. 441-448, 2002.
- [37]L. Tremblay, M. Roy-Vaillancourt, B. Chebbi, S. Bouchard, M. Daoust, J. Dénommée, and M. Thorpe, "Body image and anti-fat attitudes: an experimental study using a haptic virtual reality environment to replicate human touch," Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, vol. 19, no. 2, pp. 100-106, 2016.
- [38]K. Suzuki, M. Yokoyama, Y. Kionshita, T. Mochizuki, T. Yamada, S. Sakurai, T. Narumi, T. Tanikawa, and M. Hirose, "Gender-Impression Modification Enhances the Effect of Mediated Social Touch Between Persons of the Same Gender," Augmented Human Research, vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2016.
- [39]C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, and S. Zoghbi, "Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots," International Journal of Social Robotics, vol. 1, no. 1, pp. 71-81, 2009.
- [40]M. Tavakol, and R. J. I. j. o. m. e. Dennick, "Making sense of Cronbach's alpha," vol. 2, pp. 53, 2011.
- [41]M. Shiomi, K. Shatani, T. Minato, and H. Ishiguro, "How should a Robot React before People's Touch?: Modeling a Pre-Touch Reaction Distance for a Robot's Face," IEEE Robotics and Automation Letters, 2018.
- [42]D. C. Barnlund, Communicative styles of Japanese and Americans: Images and realities: Wadsworth/Thomson Learning, 1989.
- [43]T. Hatta, and S. J. Dimond, "Differences in face touching by Japanese and British people," Neuropsychologia, vol. 22, no. 4, pp. 531-534, 1984.
- [44]畑山知子, "看護学生を対象としたボディワーク構築の試み: 半田常滑看護専門学校における取り組みから," アカデミア. 人文・自然科学編, no. 13, pp. 149-162, 2017.