

ロボットとの共同注視場面において 注視対象の確認手続きが与える主観評価への影響

Effects of gaze target mismatch in human-robot joint visual attention on subjective evaluation

金野 武司^{1*}
Takeshi Konno¹

長滝 祥司²
Shoji Nagataki²

柴田 正良³
Masayoshi Shibata³

¹ 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

¹ School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

² 中京大学 国際教養学部

² School of International Liberal Studies, Chukyo University

³ 金沢大学 人間科学系

³ Faculty of Human Sciences, Kanazawa University

Abstract: In joint visual attention, the robot should not only follow a human's gaze but also understand the gaze target of the human. To achieve this goal, we believe the key is mutual adjustment based on the subjectivity of the robot rather than the unilateral imitation of the human's target. In humans, mismatches in the gaze target identification are naturally accepted as subjectivity; the same cannot be said for robots, in which obedience is expected. We examined the case of mismatches in the gaze target that could entail a change in the subjective evaluation of the robot (Experiment 1). We found that when the mismatch became apparent, although the concordance rate of the gaze target was high, human's evaluation of understanding of the gaze target by the robot tended to be worse. Also impressions of "friendly," "kind," "cute," and "funny" were reduced, but those of "humanity" and "complexity" tended to increase. In addition, we added a procedure to show a few symbolic facial expressions to the robot (Experiment 2). Impressions of "cute" and "funny" did not show a decreasing trend, and those of "interesting" tended to increase. These results suggest that the appearance of mismatches can be accepted as a factor of humanity and complexity, but it leads to reduced friendliness and kindness. However, when the robot interacts with not only the eyes but also facial expressions, this shortcoming may be resolved.

1 はじめに

人と人工物の調和的なコミュニケーションの実現には、互いがインタラクションする場面で、それぞれがどんな対象に注意を向けているのかを理解し、調整できることが欠かせない。我々は、このメカニズムを探求する手段として、視線による人とロボットのインタラクションに着目している。

視線による動作には、発話や指さしのようなジェスチャーと違って、何に注目しているのかが非常にわかりにくいという特徴がある。それにも関わらず、言語

を獲得する以前の乳幼児は、見るという行為を通じて親との調和的なコミュニケーションを着実に進展させていく。特に、親（他者）と同じ方向に視線を向ける行動として知られる共同注視 [1] は、2歳頃までに、単に親の見る方向に子どもが視線を向ける行動である段階から、他者が意図的に注意を向ける対象を理解・共有するような段階に発展すると考えられている [2, 3, 4, 5]。つまり、この発達過程で重要視されるのは、単に同じ方向を見ることに留まらず、互いが同じ対象に注意を向けていることを理解し合う状態になることである。

我々はこれまで、ロボットのような人工物がこういった相互理解の状態を持つためのメカニズムを探求してきた [6, 7]。この試みの中で我々が指摘しているのは、

*連絡先：北陸先端科学技術大学院大学
〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1
E-mail: t-konno@jaist.ac.jp

人の視線に反応してその方向を見るという受動的な動作の中でも、ロボット自らが見ようとする対象を内部状態として持つ必要があるのではないかと考えている。これを我々は意図的主体性と呼んでいる。これがあればロボットは、自らの見ようとする状態を鋳型にして他者の見ようとするものが何であるのかを比較・推論し、注視対象を相互に理解していく足掛かりとすることができるのではないかと考えている。

我々はこの意図的主体性を形成するためのメカニズムを構築してきた [6]。これは、他者の視線からの連想によって対象を想起し、それを注視するための行動調整を行なうことで結果的にその内部状態がロボットの見ようとする対象として機能するようになるメカニズムである。このメカニズムをロボットに実装し、人とのインタラクション実験を探索的に実施した [7]。すると、アンケートやインタビューの調査から、ロボットが自分とは異なる対象に視線を向けたときに、ロボットの意図性や主体性を感じるということがわかった。しかし、そこで起こった注視対象の不一致は、ロボット側が人の視線方向を大きく読み違い、まったく異なる方向の対象を注視したことによるものだった。この知見は、注視対象の不一致が、相手の主体性を認めてその解消に向けた調整を行なっていく足掛かりになることを示唆する。しかし、ほとんど同じ方向に視線を向けている場合の不一致にも、それが同じようにロボットの意図性や主体性として捉えられるかは明らかでない。

これを検証するために、本論ではほとんど同じ方向に視線を向けながらも注視対象が異なるという状況を作り、それを顕在化させた場合に、その不一致を人がロボットの意図性や主体性として感じるかどうかを調査する（実験1）。乳幼児の場合であれば、注視対象の不一致は主体性の発揮として肯定的に捉えられ、それを足掛かりにして注視対象の調整能力を発達させていくと思われる。ロボットでも同様の受け取られ方をすることがあるかどうかを確かめるために、ロボットに対する印象評価をアンケートにより調査する。また、乳幼児が親と注視対象の不一致を解消していく過程では、表情によるやりとりが欠かせない [8]。注視対象の不一致の顕在化がロボットの主体性の発揮として肯定的に受け取られるかを調査する中で、表情のやりとりという要素が主観評価にどのような影響を与えるのかを探索的に調査する（実験2）。

2 実験1：不一致の顕在化

実験の参加者はロボットとテーブルに向き合って座り、視線によるインタラクションを行なった（図1）。この際、発話は禁止するが、表情の変化については特

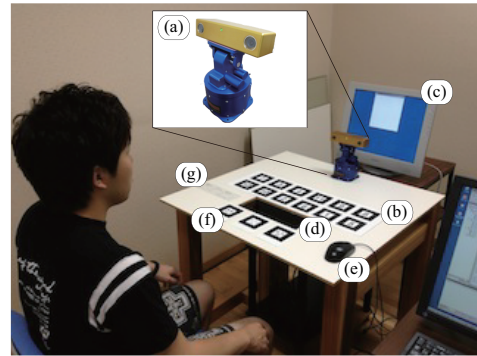


図1: 実験環境。(a) ロボット、(b)1 から 12 までの数字が印刷されたシート、(c) ロボットの注視状態を表示するモニター、(d) 視線計測装置。これはテーブルに切り欠きがあり、下から人の眼球を捉えてその注視点を計測する。(e) 注視対象の一致・不一致等を答えるためのマウス、(f)3 枚の表情カード、(g) 表情による数字の分類シート。(f),(g) は実験2のみで使用。

に指示をしなかった。テーブルの上には1から12までの数字を2行6列で印刷したシートを配置した。実験中、このシートは変更しなかった。ロボットには視線によるインタラクションを行なえるだけの最小限の機能と外観を用意した。眼球の移動はなく、参加者はカメラの向きによってロボットの注視対象を判断した。

課題:参加者には、自分の見るものを1つ決めてもらい、それをロボットに視線だけで伝えるように指示をした。1つの注視対象の伝達を1セッションとして、参加者は24セッションを行なった。つまり、1回のセッション中に、参加者は伝達対象を変更しなかった。ロボットは、基本的に人の視線を読み取り、その方向に視界を移動させて、いずれかの数字を注視したら、再び人の顔を見に戻るといった動作を繰り返した（交互凝視行動 [9]）。

手続き:実験への参加者は、日をおいて事前テストと事後テストに参加した。事前テストでは、参加者はロボットとの注視対象の確認は行なわず、自分の見ようとする対象が伝わったと思うまでインタラクションを続けた。ただし、1セッションのインタラクションは2分を上限とした。ここで、1回のセッションはマウスの左ボタンをクリックすることで開始され、注視対象が伝わったと判断した時点で再度マウスの左ボタンをクリックすることで終了した。また、2分が経過するとロボットは自動停止した。

ロボットの動作:事前テストでのロボットは、人の視線方向に無条件で一定の距離だけ視界を移動させた後、視界中心の最も近くにある数字を注視した¹。この

¹ここで言う注視は、視界中心に設けられた注視領域（視覚画像での直径50ピクセルの円内、視界は640×480ピクセルで取得）に

動作は、反射的な共同注視に相当する。

事後テストでは、参加者はロボットの1回の交互凝視行動ごとにロボットからの注視対象の提示を受け、手元に置かれたマウスの左クリックで一致を、右クリックで不一致を回答した。不一致の場合にロボットは再び交互凝視を行なった。不一致のやりとりが4回に達するか、もしくは2分が経過した時点で1回のセッションは自動的に終了した。ロボットの注視対象は、ロボットの背後に置かれたモニターに表示した。この数字の表示は、ロボットが人の顔を見てから、参加者が一致／不一致を伝えるためにマウスをクリックするまで行なわれた。

事後テストでのロボットは、人の視線からその方向にあるだろう数字を想起して、その想起した対象を注視した。これが意図的主体性を形成するアルゴリズムを実装した動作になる。このとき、ロボットは数字と同時にその数字を注視したときの自分の姿勢²を想起して、その状態に姿勢を変化させた後で、視界に映った想起対象を注視した。ここで、ロボットの想起には、事前テストでの全ての参加者との注視体験を蓄積した頻度分布を用いた。これは、複数人数との注視体験が一般化された頻度分布を使うことで、個人とのずれが生じることを狙ったものである。想起対象は、頻度分布を使ったルーレット選択により決定した。

人から不一致と判断されたとき（マウスの右ボタンがクリックされたとき）、ロボットは人の視線から再度数字を想起して、一度不一致だったものを除外しつつその対象を注視した。ただし、2回目の共同注視では人の視線を確認せず、最初の想起で二番目の候補に挙がっていた対象を注視した。これは、先回りの動作によってロボットの主体性を演出することを狙った仕組みである³。

調査方法：事前・事後の両テストで、人とロボットの注視対象の不一致が発生することが予想されるが、事前テストではそれが顕在化せず、事後テストではそれが顕在化する。この違いによって、ロボットに対する理解度や印象の評価がどのように変わるかをアンケートにより調査した。

ロボットに対する理解度の主観評価のアンケート（付録A）では、主にロボットの注視対象の理解に関する評価（Q2.1,2.2）と、意図性に関する評価（Q2.3,2.4）を7段階のリッカート尺度（非常に・かなり・やや・どちらでもない・やや・かなり・非常に）で訊ねた。また、印象評価に関しては、神田らの先行研究 [10] で使用された28個の形容詞対（付録B）を用いた。それぞ

認識した数字の中心位置が一定時間収まることとした。

²人であればこれは自己受容感覚に相当する

³想起の仕組みを持つからこそ実現できる動作ではあるが、現時点では2回目にだけこれを行なうことが埋め込まれているため、演出の域を出るものではない。人の視線方向を再確認するかどうか学習によって調整されるようになれば、それを越えることができるかもしれない。

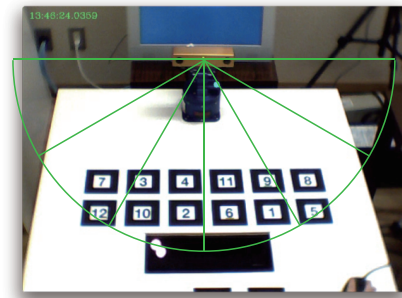


図2: ロボットによる人の視線方向の認識解像度。画像は人の後方上部に設置されたUSBカメラによるもの。視線計測装置はこの画像内で人の注視点がどこにあるのかを計測する。ロボットはそのデータに基づいて視線方向を算定する。

れの形容詞対に対して、参加者はQ2と同様に7段階のリッカート尺度でロボットの印象を答えた。

2.1 設備

ロボットはステレオカメラ（Point Grey Research社製Bumblebee2）とパンチルトヘッド（TRAC Labs社製Biclops）の結合によって構成し、これをPC（OS: WindowsXP）で制御した。人の視線方向の検出と注視対象の判定には、据え置き型の視線計測装置（Tobii社製X120）を使用した。視線計測装置で実環境での注視点を計測するため、人の後方上部よりテーブル上を撮影するUSBカメラを取り付け、それをPCに接続した。

PCと視線計測装置はTCP/IPのイントラネットで接続し、Tobii社より無償で提供されるSDKを利用して、人の注視点をロボット制御にリアルタイムに活用できるようにした。しかし、今回は注視対象の不一致を起こすことが目的になるので、このデータは視線方向の割り出しにのみ利用した⁴。ロボットによる人の視線方向の認識は、ロボットを中心にした30[deg]間隔とした（図2）。図のとおり、ロボットは数字のある領域をおよそ4つの方向で識別するようになっていた。

ロボットの数字の識別にはARToolkit[11]を、顔の識別にはOpenCV[12]をそれぞれ利用した。テーブルに配置した数字はARToolkitで識別できるよう、8cm四方の領域を2cmの黒枠で囲み、中央に残る4cm四方の白い領域に黒字で1から12までの数字を描いた⁵。8cm四方のマークはそれぞれ2cmの間隔をあけて並べた。この間隔は、ロボットの姿勢から注視対象が明確に判別できないように調整した。

⁴実験後の注視対象の分析にはこのデータを使用した。

⁵ARToolkitでは、事前に識別するマークの登録を行なう。

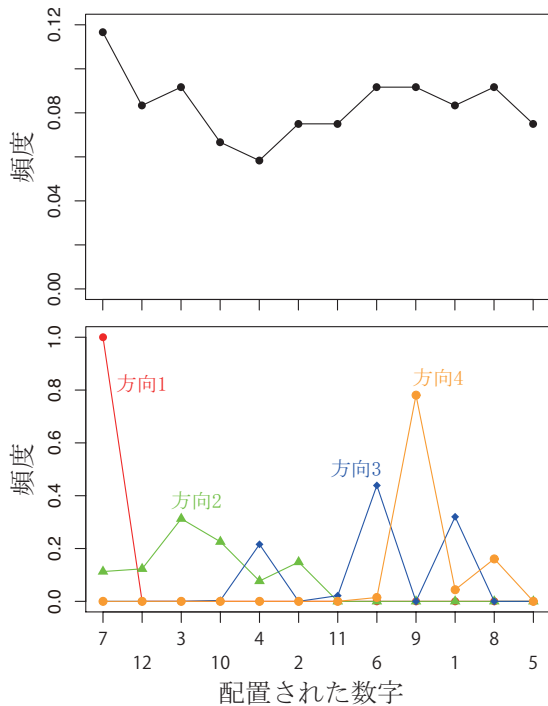


図 3: 人の注視頻度分布 (上) とロボットが蓄積した注視対象の頻度分布 (下). いずれも正規化したものを示した.

2.2 参加者

北陸先端科学技術大学院大学の院生 5 名 (うち女性 2 名) が実験に参加した. 年齢は 26.8 歳 ($SD=2.8$) だった. 事前テストに参加してから事後テストに参加するまでの日数は平均 3.8 日 ($SD=1.1$) だった. 参加者数が非常に少ないので, 以降の結果に関してはあくまでも予備的な報告であると捉えていただきたい.

2.3 結果

事前テストで, 参加者が注視した対象の頻度分布と, それによってロボットが形成した数字の想起分布を図 3 に示した. これを見ると, 人は事前テストで数字をある程度一様に伝達の対象としていたのに対して, ロボットはかなり偏って数字を見ていたことが分かる. これは, 事前テストで注視対象の不一致がかなり起こっていたことを示唆する.

次に, 1 セッションあたりのロボットとの交互凝視の平均回数と, 注視対象の一致率を図 4 に示した. 事後テストは回数の上限を 4 回としたため, 標準誤差がとても小さくなっているが, 両テストはほぼ同じ回数になっている. これに対して, 注視対象の一致率は事後テストの方, つまり不一致を確認した場合の方が, 注

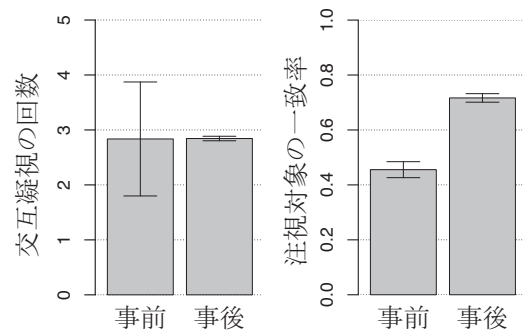


図 4: ロボットの交互凝視回数 (左) と注視対象の一致率 (右). エラーバーは標準誤差.

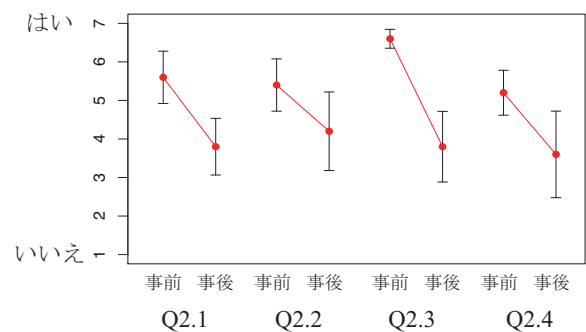


図 5: ロボットに対する人の理解度評価 (付録 A). エラーバーは標準誤差. Q2.1,2.2 がロボットの理解度に関する評価を, Q2.3,2.4 がロボットの意図性に関する評価を表わす.

視対象の一致率が高かった. ここで, 1 セッションの一致・不一致は, 事前テストでは参加者が注視対象とした数字をロボットが一回でも注視すれば一致とした. 事後テストでは交互凝視回数が 4 回に達する前にロボットがモニターに表示した数字が参加者の注視対象と一致すれば一致とした.

では, ロボットに対する理解度評価はどうだっただろうか. 図 5 に理解度評価アンケート (付録 A) の結果を示した. これを見ると, いずれの項目も事後テストで評価が低下している. 注視対象の一致率は高くても, 理解度の評価は悪化するという結果だった.

さらにロボットの印象評価を確認する. 印象評価は, 本来であれば因子分析を行なった上で要因を構成する因子で検討すべきだが, 参加者数が少ないため, 変化のあった形容詞対についてのみ取り上げ, その傾向を検討する (図 6). 図の 0 度の位置にある項目 (Q2. やさしい) から反時計回りに見ていこう. 主にロボットとの親和性を測る形容詞対 (やさしい, かわいらしい, 面白い, 近づきやすい, 愉快的, 親しみやすい) は, 総

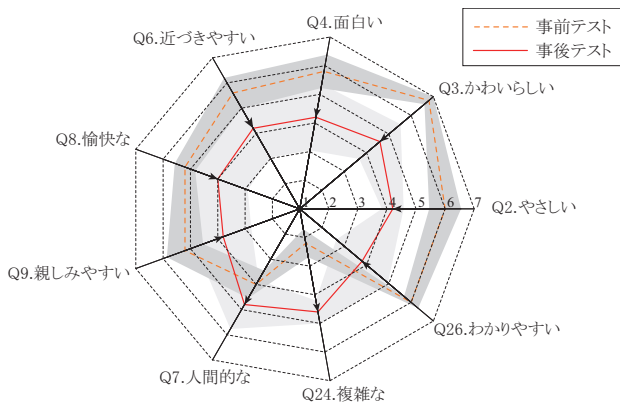


図 6: ロボットに対する人の印象評価 (付録 B)。灰色の領域は標準誤差。

じて事後テストで低下するという結果になった。これは逆の印象に振れるほどではないが、少なくとも事前テストで感じられていた親和性がなくなってしまったことを示唆している。

また、複雑さやわかりやすさに関しても「どちらでもない」状態に変化していた。これは、事前テストでは単純で分かりやすかった印象が、事後テストでは消える傾向にあったことを示唆している。さらに、人間的か機械的かという設問においては、事後テストでは人間的であるとする印象がわずかながら増していた。

以上の結果から、実験手続きによる注視対象の不一致の顕在化は、単純さや分かりやすさがなくなり、親和性を低下させるが、人間的であるとする印象は増す、という効果があったことが示唆される。

3 実験 2：表情提示の導入

実験 1 では、注視対象を確認した場合に、その一致率が高くなったにも関わらず、理解度や印象に関して評価が低下するという傾向が見られた。これに対して、表情をやりとりするという要素が加わると、人の理解度評価と印象評価はどのように変化するだろうか。当初は、実際に人の表情をロボットが識別することを考えたが、実験 1 で用意したような統制された環境で、かつロボットに対して人が自然に表情を表出するとは考えにくい。そこで我々は、人に表情カードを提示してもらうという方法を採用した。

手続き：参加者には予め 1 から 12 までの数字を 4 つずつ「好き」「中立」「嫌い」の 3 つのカテゴリに分類してもらった (図 7)。この分類に基づいて、参加者が注視対象を 1 つ決めたとき、目の前に配置された 3 枚の表情カード (図 1(f)、カードには図 7 と同じ表情のマークが印刷されている) のうち 1 枚をロボットに提

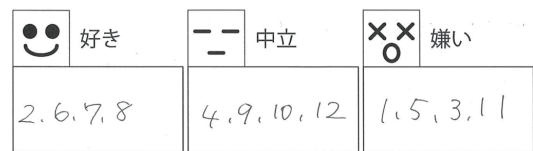


図 7: 1 から 12 の数字を好みに応じて 4 つずつに分類するためのシート。上記はある参加者の分類例。

示してから、その注視対象を視線で伝えてもらうように指示をした。実験 2 の手続きは、表情提示の追加以外は実験 1 と同じとした。

ロボットの動作：ロボットは提示されたカードを識別すると、背後に置かれたモニターに表情カードと同じマークを表示した。参加者には同じマークが表示された後は、カードを提示し続ける必要がないことを説明した。12 個の数字をどのカテゴリに分類したかを記した紙をテーブル横に置いて (図 1(g)) いつでも参照できるようにした。なお、表情カードは ARToolkit で識別できるように、1 から 12 までの数字と同じように 8cm 四方のマークとした。

実験 2 の事後テストで、ロボットが人の視線から数字を想起する際には、従来の想起分布と共に表情カードに応じた数字の想起分布を使用した。この想起分布は、提示された表情カードに対して、ロボット自身が注視した数字を頻度分布に蓄積することで構築した。また、この頻度分布には参加者全員との事前テストでの注視体験を蓄積した。これは、ロボット独自の数字の好みについてのカテゴリを形成することを狙ったものである。これにより、ロボットによる注視対象の偏りが生じやすくなることが期待できる。こうして人の視線と表情カードから 12 個の数字を想起する 2 つの分布を用意し、注視対象はそれらを掛け合わせた上でルーレット選択によって決定した。

3.1 参加者

実験 1 とは異なる北陸先端科学技術大学院大学の院生 5 名 (うち女性 1 名) が実験に参加した。年齢は 26.6 歳 ($SD=5.5$) だった。事前テストに参加してから事後テストに参加するまでの日数は平均 5.6 日 ($SD=1.8$) だった。

3.2 結果

事前テストで参加者が注視した対象の頻度分布と、それによってロボットが形成した数字の想起分布は、実験 1 の結果 (図 3) とほぼ同じだった。これにより、表情提示プロセスを追加しても、事前テストでのロボッ

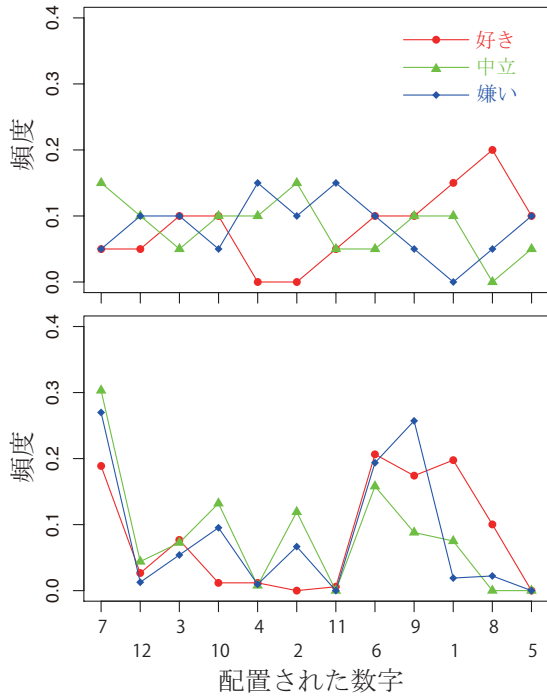


図 8: 3つの表情カテゴリに分類された全参加者の数字の頻度分布(上)とロボットが事前テストから形成した、表情カテゴリごとの数字の頻度分布(下)。いずれも正規化したものを示した。

トの注視行動に大きな差がなかったことが伺える。ただし事後テストでは、視線に応じた数字の想起分布と共に表情カードに応じた数字の想起分布が用いられたので、注視行動に後者の分布の影響が反映された変化が生じたものと考えられる。

図 8には、3つの表情カテゴリに分類された全参加者の数字の頻度分布と、ロボットが事前テストから形成した、表情カードに応じた数字の想起分布を示した。ロボットは人の視線に対応した頻度分布に、提示された表情に応じた頻度分布を乗じた分布を作成し、その分布に基づくルーレット選択により注視対象を想起した。

実験 1と同様に、まず 1セッションあたりのロボットとの交互凝視の平均回数と、注視対象の一致率を図 9に示した。比較のために実験 1の結果も併せて掲載した。実験 2の事前テストでは実験 1と違って交互凝視の平均回数が増えたが、一致率は同じ傾向(事後テストの方が高い)だった。

ロボットに対する理解度評価アンケート(付録 A)の結果を図 10に示した。これを見ると、実験 1では総じて事後テストで評価が低下していたのに対して、実験 2では特に、意図性の評価に関する二つの設問(Q2.3 ロボットがあなたの見るものを理解しようとしているように感じたか、および Q2.4 ロボットに何かをしようと

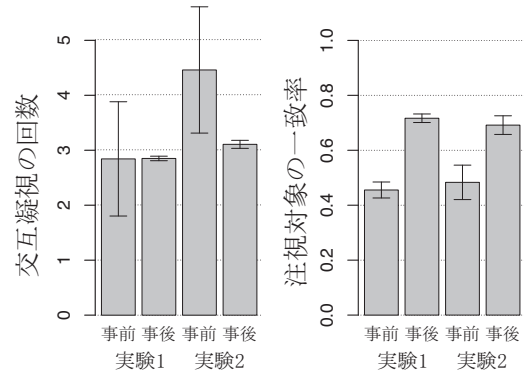


図 9: ロボットの交互凝視回数(左)と注視対象の一致率(右)。エラーバーは標準誤差。比較のために実験 1のデータと共に掲載。

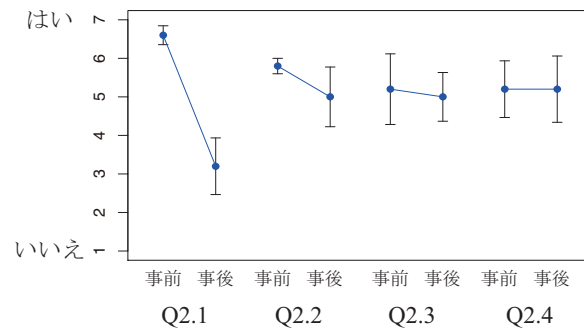


図 10: ロボットに対する人の理解度評価(付録 A)。エラーバーは標準誤差。

する意図を感じたか)で減少傾向が見られなくなった。これは、理解度の評価に関して実験 1と同様に、見ているものが伝わっているようには感じられなくなったし(Q2.1)、見ているものも分かりにくくなった(Q2.2)が、意図性に関する評価は低下が防がれたことが伺える。

続いて図 11に、印象評価で変化のあった形容詞対を示した。実験 1の場合と同様に 0度の位置にある項目(Q2. やさしい)から反時計回りに順に見ていこう。実験 2では、主に親和性を測ると思われる形容詞対(やさしい、近づきやすい、親しみやすい)に実験 1と同様の評価の低下が見られたが、他の可愛らしさや面白さ、愉快さにおいてはその低下が見られなくなる傾向があった。また、人間らしさや複雑さ、わかりやすさに関しては実験 1と同じ傾向にあった(事後テストで注視対象の不一致が顕在化すると、ロボットの単純さや分かりやすさがなくなり、親和性が低下するが、人間的であるとする印象は増すという傾向)。加えて、表情カードを提示した場合には、ロボットの意図性や面白さといった観点での印象の低下が起こらなくなって

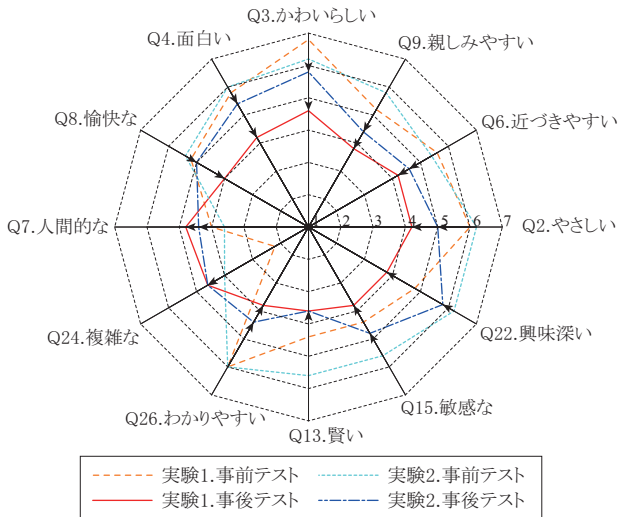


図 11: ロボットに対する人の印象評価 (付録 B)

いたようである。

上記の形容詞対では、実験 1 に比べて印象の低下が抑えられていたが、逆に「賢さ」については実験 2 の方で低下傾向が強くなっていた。これは、表情カードを提示しながら、注視対象の不一致が顕在化しない状態の事前テストで、ロボットをより賢く感じていたことを示唆している。また、敏感さや興味深さでは実験 2 の方が印象の評価が全体的に高くなっていたが、これは、実験 2 で表情カードを提示した場合の方が、参加者がロボットに対する敏感さや興味深さを感じていたことを示唆している。

4 議論

共同注視の場面では、同じ方向に視線を向けていても、異なる対象に注目していることが多々ある。ロボットのような人工物との間でこういった不一致が顕在化すると、我々の実験からは、ロボットに対する理解度の評価が低下し、意図性や親和性に関する印象も低下することが示唆された。この傾向は、注視対象を確認した場合に、交互凝視の回数が同じかもしくは少なく、かつ注視対象の一致率が高い状態にも関わらず現れていた。

この結果は逆に、同じ方向を向いてさえいれば、不一致が顕在化しない限り、人は概ね好意的な評価を下すということを示唆している。また、表情をやりとりした場合には、賢さについての印象評価が高い傾向にあることも確認された。これは、人から提供される情報が増えたことに対して、ロボットはそれを理解し利用していると人が（一方的に）判断した可能性が考えられる。これらはロボットとのインタラクションをデザ

インする際の有効な知見になるのではないかと考えられる。

しかし、視線を介したより調和的なインタラクションを実現するためには、注視対象の不一致をロボットが乗り越えていく必要がある。この目標への足掛かりとして、まずは注視対象の不一致が、人どうしの場合のように相手の主体性として捉えられるのかを検討する必要があると我々は考えた。これに対する印象評価の調査結果は、親和性の低下と同時に、分かりにくさや複雑性、および人間らしさの印象が増すという傾向を示していた。これは、主体性が発揮された結果として起こる不一致に対して、分かりにくさや複雑性が生じられ、それが人間らしさの印象を増すという関連を持つかもしれない。もしそうであれば、ロボットはその不一致を足掛かりに、自らの主体性に基づいた人との注視対象の調整を行なっていくことが可能になるのではないかと考えられる。

また、親和性の低下を補う方法としては、表情のやりとりが有効かもしれない。実験 2 での表情カードの提示では、面白さに関する印象評価の低下が和らげられる傾向が見られた。さらに興味深さに関する印象も、表情提示において増すという傾向があった。この理由については良く分からないが、こういった効果が本当にあるのなら面白い。実験への参加者を増やして確認することを今後の課題としたい。

乳幼児の共同注視の発達過程では、必ずしも右肩上がりに行動のパフォーマンスが向上するわけではなく、その発達曲線は U 字シェイプを描くことが知られている [13]。また U 字シェイプの過程では、乳幼児の内部で、現象の理解に関する質的な構造の変化が起こると考えられている [14]。パフォーマンスの低下が、不一致の顕在化によって起こるのだとすれば、ロボットが主体性の発揮として人と違う対象を注視することの顕在化は、まさにロボットが U 字シェイプの前半部にいることを意味するかもしれない。そうだとすれば、理解度や印象の評価の低下を超えて、質的に異なるパフォーマンスが発揮される段階へシフトするためのメカニズムの解明が今後の重要な課題になるものと考えられる。

5 結論

人とロボットが同じ方向を見ながらも注視対象が一致していない状況を顕在化させる実験を行なった。すると、その不一致の顕在化は複雑さや人間らしさの印象を強める傾向がある一方で、顕在化する前にあったやさしさや親しみやすさのような親和性に関する印象が消える傾向があることが確認された。これは、不一致の顕在化がロボットの主体性の発揮による複雑さや人間らしさの現れとして解釈される可能性を示唆する

一方で、注視対象の不一致が顕在化していなければ、人はロボットに対するある種の思い込みとして親和性を感じやすい傾向があることを示している。ただし、不一致を顕在化させた場合にも、追加の実験からは、そこに表情のやりとりがあれば、親和性に対する印象評価の低下が起こりにくくなる可能性があることが示唆された。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金（課題番号：23320002, 21700285）を受けて行なわれた。ここに記し謝意を表す。

参考文献

- [1] Butterworth,G.E. and Jarrett,N.L.M.: What minds have in common is space: Spatial mechanisms serving joint visual attention in infancy, *British Journal of Developmental Psychology*, Vol.9, pp.55-72 (1991)
- [2] Tomasello,M.: *The cultural origins of human cognition*, Harvard University Press, Cambridge (2000)
- [3] Tomasello,M., Carpenter,M., Call,J., Behne,T., and Moll,H. : Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition, *Behavioral and brain sciences*, Vol.28, No.5, pp.675-690 (2005)
- [4] Premack,D. and Premack,A.: *Original Intelligence -Unlocking the Mystery of Who We Are-*, McGraw-Hill Companies,Inc. (2003)
- [5] 友永雅己: 霊長類における三項関係と心の創発, 動物心理学研究, Vol.56, No.1, pp.67-78 (2006)
- [6] 金野 武司, 橋本 敬: 乳幼児の視線: 交互凝視行動の計算論的研究, 認知科学, Vol.15, No.2, pp.233-250 (2008)
- [7] 金野 武司, 柴田 正良: 回帰的意図理解をめざす共同注意ロボット, 科学哲学, Vol.44, No.2, pp.29-45 (2011)
- [8] 山口 真美: 赤ちゃんは顔をよむ —視覚と心の発達学—, 紀伊國屋書店 (2003)
- [9] Tomasello,M.: Joint attention as social cognition, In Moore,C. and Dunham,P.J. (Ed.), *Joint Attention: Its Origins and Role in Development*, pp.103-130, Lawrence Erlbaum (1995)
- [10] 神田 崇行, 石黒 浩, 小野 哲雄, 今井 倫太, 中津 良平: 人間と相互作用する自律型ロボット Robovie の評価, 日本ロボット学会誌, Vol.20, No.3, pp.315-323 (2002)
- [11] 谷尻 豊寿: 拡張現実感を実現する ARToolkit プログラミングテクニック, カットシステム (2008)
- [12] Bradski,G. and Kaebler,A.: 詳解 OpenCV —コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識, 松田 晃一 (訳), オーム社 (2009)

[13] P. Mundy, J. Block, C. Delgado, Y. Pomares, A. Van Hecke, and M. Parlade: Individual differences and the development of joint attention in infancy, *Child development*, Vol.78, No.3, pp.938-954 (2007)

[14] Karmiloff-Smith,A.: 人間発達の認知科学 —精神のモジュール性を超えて, 小島 康次, 小林 好和 (訳), ミネルヴァ書房 (1997)

付録

A 理解度評価アンケート

フェイス項目（氏名, 年齢, 性別, メガネやコンタクトレンズの有無等）に続けて, ロボットの理解度評価を訊ねた。参加者はそれぞれの設問に7段階のリッカート尺度（非常に・かなり・やや・どちらでもない・やや・かなり・非常に）で答えた。

Q2.1 ロボットにはあなたの見ているものが伝わっていましたか？

Q2.2 あなたはロボットの見ているものが分かりましたか？

Q2.3 あなたは, ロボットがあなたの見るものを理解しようとしているように感じましたか

Q2.4 ロボットに何かをしようとする意図を感じましたか？

B 印象評価アンケート

ロボットに対する理解度評価の項目に続いて, 参加者はロボットの印象評価として, 28個の形容詞対についての印象を7段階のリッカート尺度（非常に・かなり・やや・どちらでもない・やや・かなり・非常に）で答えた [10]。

Q1. 悪い, 良い, Q2. こわい, やさしい, Q3. にくらしい, かわいらしい, Q4. つまらない, 面白い, Q5. 冷たい, 暖かい, Q6. 近づきがたい, 近づきやすい, Q7. 機械的な, 人間的な, Q8. 不愉快な, 愉快的な, Q9. 親しみにくい, 親しみやすい, Q10. 嫌いな, 好きな, Q11. 陰気な, 陽気な, Q12. 感じのわるい, 感じのよい, Q13. 愚かな, 賢い, Q14. 地味な, 派手な, Q15. 鈍感な, 敏感な, Q16. 空虚な, 充実した, Q17. 暗い, 明るい, Q18. 消極的な, 積極的な, Q19. 堅苦しい, うちとけた, Q20. 遅い, 速い, Q21. のろい, すばやい, Q22. 退屈な, 興味深い, Q23. わがままな, 思いやりのある, Q24. 単純な, 複雑な, Q25. 危険な, 安全な, Q26. わかりにくい, わかりやすい, Q27. おだやかな, はげしい, Q28. 弱気な, 強気な。