

擬人化エージェントとの視線・仕草による相互理解 — 「じーっ， うん」 でワカッテクレタ？ —

Mutual Understanding during HAI by Agent's Gazes and Nods

- "Look-at-My-Gaze-and-Nod. You-See?"

中島幸宏¹ 武川直樹¹ 湯浅将英¹ 大和淳司²

Yukihiro NAKAJIMA¹, Naoki MUKAWA¹, Masahide YUASA¹, and Junji YAMATO²

¹ 東京電機大学

¹Tokyo Denki University

²NTT コミュニケーション科学基礎研究所

²NTT Communication Science Laboratories

Abstract: In human-to-human interactions, one party expresses his/her intention and the other party receives and infers the intentions by their verbal and nonverbal information. In the same way it is widely acknowledged that personification agent needs to have the ability reading the human's intentions and expressing its intentions. The paper clarifies the mechanism of the *joint attention* in interactions between human and agent and compares several types of interaction behaviors of agent having different gaze and nod patterns. The Wizard of Oz experiments were performed. Experiment results show that users can establish joint attention by agent's gaze-and-nod behaviors when they are controlled appropriately. The experiments also show nodding of agents contributes not only to improve establishment of joint attentions but also to emphasis impression of friendliness and capability in the interactions.

1 背景

人同士のコミュニケーションにおいて、人は「自分の意図」を他者に表出するとともに他者の言葉や行動から「他者の行動」を読み取り、自分の行動を決めている。この自分や他者が表出する基本的な意図としては、「私はこうしたい」、「あなたにこうして欲しい」などの欲求の表出、「あなたの意図は分りましたよ」などの確認情報の表出があると考えられる。自分と他者が同一の対象物を見て、その存在を両者間で共有する「共同注意」は、「自分」、「他者」、「対象物」の3項関係から成り、自分と他者との間で欲求の表出と確認がなされるコミュニケーションの重要な要素である。たとえば、待合室に入ってきた人Aが、座っている人Bを見て、その次に、Bの隣の空いている椅子を見たとする、その行動から、Bは、「Aがその椅子に座りたく、自分にその椅子が空いているかを尋ねようとしている。」という解釈をすることができる。このように、言葉がなくても、人同士のコミュニケーションでは、3項関係の共同注

意による意思疎通が可能である。その結果、人は他者が伝えたい意図を読み取り、そこにある意図の予測や他者に対する次の対応へと繋げていき、社会的インタラクションを深めている。

一方、人とロボットや擬人化エージェント間でのコミュニケーション人と機械を繋ぐインターフェースとして期待されているが、現状では、機械側の言語の理解の能力、人のしぐさ（非言語情報）の理解の能力の低さから対等な会話にならず、人が機会の能力にあわせたコミュニケーションにならざるを得ない。従って、使いこなすためには人が意識的に努力することが必要となり、またコミュニケーションも手続き的な非直観的なものになっている。

本研究では、人とロボットらがコミュニケーションを図る手段の1つとして、「共同注意」を取り上げる。共同注意は、複数の個体（通常は人物、本研究ではこれをロボット、擬人化エージェントに拡張する。）が互い視線、顔の向きによって同一の対象物に注意を向け、さらにその対象物の存在を互いに認識し合うことをいう。擬人化エージェントを用いて、

人同士のコミュニケーション確立の要素となる共同注意の構造を解明するため、共同注意を確立する擬人化エージェントと人の行動の手順を分析し、さらに行動の省略、行動の手順の変更により、意図の解釈が変化する状況を明らかにする。本研究の結果、人の「他者の意図」を読み取る能力を模倣できるロボットが実現されれば、「他者の意図」を読み取る認知的メカニズムの解明が期待される。

2 共同注意のモデル図

始めに、本研究における共同注意の定義し、次に共同注意を成立するために基本行動シーケンスについて説明する。共同注意とは、「自分」、「他者」、「対象物」の3つの要素があるとき、自己と他者が同一の対象物を見て、その存在を両者間で共有することと定義される。図1を用いて共同注意の行動シーケンスの例を説明する。はじめに「自分」Aと「他者」Bが出会うとき、まずAの視線はBに向き、Bの視線もAに向き、互いがそれを理解する。これによりAとBは互いにコミュニケーションする準備ができたことになる。次に、AがBのそばにある「対象物」椅子に目を向けたとする。(図1「自分の視線」) Bは、Aの視線がB自身から反れたことに続いて、Aのしている先が何かを特定するために、Aの顔向きと視線か対象物を推測する。(図1「他者の視線」) その結果、BはAの視線が椅子に向いていると判断する。(できなければ、Aの視線から再び対象を特定する) 最後に両者は互いに視線を合わせる。これにより、両者は椅子を興味の対象としていることが確認でき、共同注意が成立する。(図1「注意の共有の確認」)

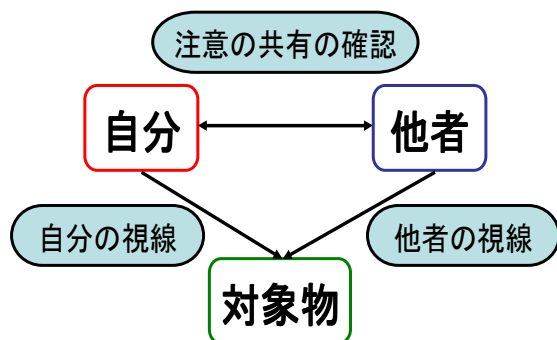


図1 共同注意のモデル図

3 従来研究

教育心理学の研究では、乳幼児期の発達過程における社会的認知の能力を分析している。乳幼児は、生後12ヶ月までに、乳児の視野範囲における、母親

の注意や意図を感じ取り、母親とその視線が指示する対象を結ぶ線を探すような行動が出現することを明らかにしている。また、生後14ヶ月頃には、乳児は、行為者の行為に含まれた注意・意図の方向を手がかりに行動できるようになると報告されている。さらに、生後15ヶ月頃、行為者の行為が完遂されていなくても、その行為の意図を理解して意図された行為を模倣できることが示唆されている[1][2]。認知心理における心の理論で研究では、人が意図、信念や思考、知識といった他者の心的状態を、3~5歳の間に理解できるようになることが示唆されている[3]。また、Baron-Cohenは、視線により人の意図を推定するための脳内メカニズムがあることを明らかにしている[4]。しかし、これらの研究では「自分」、「他者」、「対象物」の3つの要素があるときに、その要素をどの手順にどの行動を行うことが共同注意を成立させ、そのある要素を省略し、また順番を変えることによって共同注意の状態がどのように変容するかについては十分に解明されていない。すなわち、共同注意成立の必要十分条件が明確になっていない。

工学の分野においては、ロボットや擬人化エージェントの自律的に行動し、人とロボットのインタラクションを成立させる試みが進んでいる。小嶋らは、人とロボット間において共同注意が成り立つこと、幼児型ロボットに人が親近感をもつことを明らかにした[5]。中野らは、ユーザのエージェントと対象物に対する視線を認識して、それを会話の制御に利用することにより、ユーザとエージェントとのより自然なインタラクションが実現することを示唆した[6]。しかし、人とエージェント、あるいはロボットとの共同注意の過程において、視線以外の非言語情報(うなずきなど)の重要性は明らかにされていない。人とエージェントとの関係構築には、単に共同注意が成り立つだけではなく、友好性、有能性などエージェントに抱く印象も重要であると考えられるが、それについては十分に分かっていない。

4 本研究のアプローチ

エージェントと人との共同注意の構造を解明するため、共同注意を構成する行動の要素、行動の手順を変化させ、そこから人が受ける意図の解釈の変化を調べる。具体的には、擬人化エージェントによる共同にかかると想定される動作を6通り作成し、擬人化エージェントとユーザのインタラクションを通じて、ユーザに伝わる意図、印象を評価実験により評価する。

家族、友人など親しい人同士の場合には、共同注意に関わるある動作を省略しても、相手の日ごろの

行動やそのときの状況の文脈から意図が伝わることもある。しかしエージェントの場合には、そのような文脈が共有されているとはいえない。また、仮に意図が通じたとしても、注視動作や確認動作によって、親しさや丁寧さなどの印象も変わると予想される。そのため、評価は、意図の伝達と対エージェント印象2つの項目に関して実施する。

5 実験方法

5.1 実験環境

実験環境を図2に示す。実験協力者には、左側のモニターの正面に着座してもらい、協力者とエージェントが視線によって相互に共同注意動作を行う。実験者は、被験者の隣(図2右側のモニター正面)に座り、モニターに表示される被験者の視線を見ながら、キーボードからCGエージェントの動作を選択し、ユーザとエージェントがWoZ(Wizard of Oz)法により適切なインタラクションができるよう工夫している。実験協力者の視線情報は図2左の視線計測装置(Nack社製)により計測される。これは、近赤外線を被験者に照射し、その反射光をもとに被験者の視線を計測するものである。ユーザには、「装置の調整のために隣に待機する。」とだけ伝え、実験者がエージェントを操作していることは伝えていない。

させる。次節で説明する擬人化エージェントの6通りの動作パターンの提示順序は、被験者ごとにランダムにした。



図2 実験環境

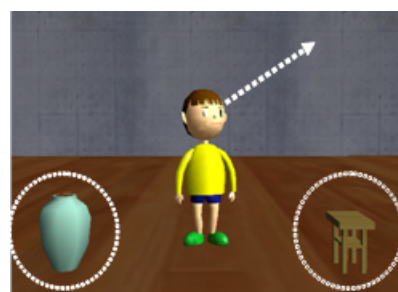


図3 提示画像例

5.3 インタラクション刺激の手順

実験協力者に提示する刺激例を図3に示す。図3のようにエージェントをモニター中央に、被験者が選択する対象物(ツボとイス)を左右に配置した。図3の矢印は、エージェントの初期状態の視線方向を示す。(エージェントが被験者の存在に気がついていないという状態を表す。)なお、図中にあるエージェントの視線の矢印、物体を囲む点線は、実験者には表示されない。

エージェントとのインタラクションに際して、実験者は、被験者に図3の映像を提示し、2つ(ツボかイス)のうちから任意の1つを選択し、エージェントに「こちらのもの(つぼ、または、いす)を持ってきて」ということを念じて(意図して)、対象物とエージェントを交互に見るように指示した。実験者は、図2の右側のモニターに出力された被験者の視線情報を目視で確認し、キーボード入力によって、被験者が見ている擬人化エージェントを操作する。これにより被験者と擬人化エージェントが視線により共同注意を行える。実験後、被験者は擬人化エージェントに意図が伝わったと感じたか否かを評価させ、また対擬人化エージェントに感じた印象を評価

5.3 インタラクション刺激の作成

共同注意を模擬する擬人化エージェントのインタラクション動作として以下の6パターンを用意する。

- (1)同一対象注視
擬人化エージェントが被験者と注視した対象物と同じ対象物に顔を向ける動作。
 - (2)同一対象注視後ユーザ注視傾き
エージェントが(1)の動作後に、被験者の方向を見て、傾く動作。
 - (3)別対象注視
擬人化エージェントが被験者と注視した対象物と別の対象物に顔を向ける動作。
 - (4)別対象注視後ユーザ注視傾き
エージェントが(3)の動作後に、被験者を見て、傾く動作。
 - (5)被験者注視後傾き
擬人化エージェントが被験者に顔を向け傾く動作。
 - (6)視線回避
擬人化エージェントが左上に顔を向ける動作。
- なお、上記(1)から(4)まで被験者がつぼ、いすどちらの対象物を注視するかによらず、擬人化エージェ

ントに被験者と同じ対象物を向かせるように制御したときには「同一対象注視」、別の対象を向かせるように制御したときは「別対象注視」動作とする。

6 仮説と評価法

従来研究に基づき、エージェントの共同注意インタラクションの動作に関する以下の仮説を立てる。

仮説1:擬人化エージェントが被験者と同じ物を見る動作を行ったとき、被験者は、被験者のエージェントに対する「これとって持ってきて」の意図が、エージェントに伝わったと感じる。

仮説2:擬人化エージェントが被験者と同じ物を見る動作をしたとき、擬人化エージェントの『同一対象注視後ユーザ注視向き』パターンは『同一対象注視』パターンだけに比べ、擬人化エージェントの「有能性」、「親和性」に関する印象が強い。

仮説3:擬人化エージェントが被験者と違う物を見る動作をしたとき、擬人化エージェントの『別対象注視後ユーザ注視向き』パターンは『別対象注視』パターンだけに比べ、擬人化エージェントの「有能性」、「親和性」に関する印象が強い

意図伝達性と対エージェント印象について仮説を検証するため次の評価を行う。

意図伝達性：

被験者が擬人化エージェントに対して行う「これとって持ってきて」の意図表出に対し、どの程度擬人化エージェントにその意図が伝わったと感じたかを図4に示す5段階評価で回答させた。

対エージェント印象：

擬人化エージェントが被験者に対して行う共同注意被験者模倣動作について、被験者が感じた擬人化エージェントの印象を5段階SD法により評価させた。「有能性」については図5、「親和性」については図6に示す形容詞対を用いた。

＜使用した項目＞

強く思う(+2)、やや思う(+1)、どちらでもない(±0)、あまり思わない(-1)、全く思わない(-2)

エージェントにユーザの意図がどの程度通じたと思いますか？

強く思う やや思う どちらでもない あまり思わない 全く思わない
+2 ——— +1 ——— 0 ——— -1 ——— -2

図4 意図伝達の評価

＜有能性因子を含む形容詞対＞ (計10個)

理解力が高いー理解力が低い、手際いいー手際が悪い、
読みが深いー読みが浅い、物分りがいいー物分りが悪い、
判断力がいいー判断力が悪い、察がいいー察が悪い、
洞察力が高いー洞察力が低い、学習能力が高いー学習能力が低い、
認識が早いー認識が遅い、賢いー愚か

図5 有能性を含む形容詞対

＜親和性因子を含む形容詞対＞ (計10個)

頼みやすいー頼みにくい、気が利くー気が利かない、
親切ー悪意、まじめー不まじめ、
誠実ー不誠実、素直ーひねくれた、
やさしいー冷たい、信用できるー信用できない、
好意が持てるー好意が持てない、温和ー冷たい

図6 親和性を含む形容詞対

7 実験結果

20代前半の理系大学男子学生12名に対し実験を実施した。

意図伝達性

図7に意図伝達性に対する被験者の平均評点を示す。擬人化エージェントが被験者と同じ対象物を見た場合、被験者は「意図が伝わった」という印象を持ち、さらに被験者を見て、頷く動作を付加すると「意図が伝わった」という評点が高くなった。一方、擬人化エージェントが被験者と違う対象物を見た場合、「意図が伝わらない」と評価されたが、「別対象注視後ユーザ注視向き」ではその評価が軽減された。被験者の注視した対象物を見ず、「ユーザ注視向き」は、「意図が伝わらない」とは評価されず、どちらともいえないと評価された。そして、「視線回避」では、「意図が伝わらない」と評価された。

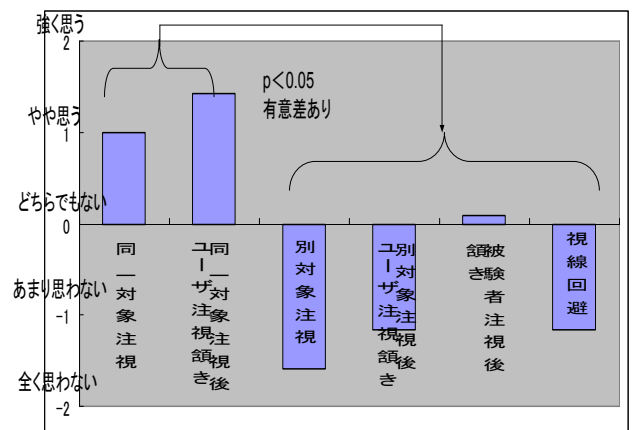


図7 意図伝達の評価結果

対エージェント印象

図8に各インタラクション動作に対する印象評価結果を示す。図8の縦軸は「有能性」、横軸は「親和性」を表す。図より擬人化エージェントが「同一対象注視」するだけの行動の親和性が0であったのに対し、「同一対象注視後ユーザ注視頷き」の親和性は1.01と向上した。また、擬人化エージェントと被験者が違う対象物の場合、有能性、親和性とも低い評価であったが、この動作に頷きを付加した、「別対象注視後ユーザ注視頷き」動作では、有能性は変化がないが親和性が好印象となることがわかった。

擬人化エージェントが対象物を見ていない「ユーザ注視後頷く」動作のとき親和性は0.63と、被験者の擬人化エージェントへの親和性印象は比較的高い数値となった。「視線回避」動作は有能性、親和性とも低い評価となった。

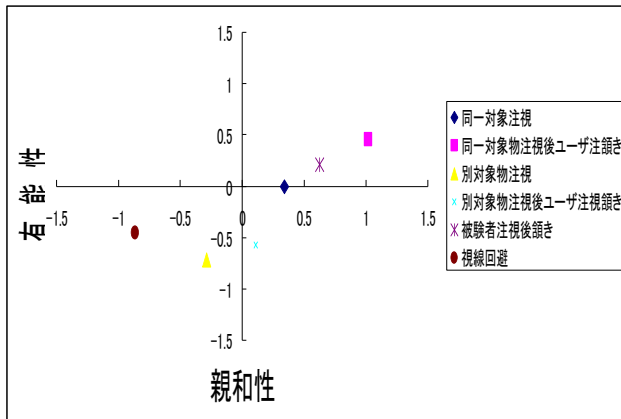


図8 印象評価結果

8 考察

8.1 仮説の検証

仮説1

分散分析を行い仮説1の検証を行った。多重比較の結果、被験者と擬人化エージェントが同対象物を見る「同対象物注意」と「同対象注視後ユーザ注視頷き」は、それ以外のすべての他パターンと比較したとき、「意図の伝達」が有意に高いことが分った

($p < 0.05$)。人とエージェントが同一対象物を注視することにより、人には意図が伝わったと感ずることが明らかにされた。また、「同対象物注意」と「同対象注視後ユーザ注視頷き」の間には有意差は見られなかった。

仮説2

分散分析を行い仮説2の検証を行った。多重比較の結果、「同じ物を見る」に比べ「同じ物を見て、

頷く」場合、親和性、有能性ともに有意に高いことが支持された($p < 0.05$)。これにより、同じ物を見た場合では、頷きにより印象の良さが上がることが検証された。

仮説3

分散分析を行い仮説3の検証を行った。多重比較の結果、「違う物を見る」と「違う物見て、頷く」の間で親和性、有能性ともに $p > 0.05$ となり、仮説3は棄却された。その結果、エージェントが違う物を見たときでは、頷き動作の印象の悪さを軽減するとはいえなかった。

8.2 エージェント設計への示唆

人とエージェントの共同注意を確立するためには、被験者が、「こちら(対象物)をとって持ってきて」という意図をエージェントに送るためエージェントと対象物を交互に見ることに始まり、続いてエージェントが「その対象物を見る」動作が不可欠である。

「同一対象物注視」動作だけでも「意図が伝わった」と感じさせることができるのは、この実験の実験デザインが事前に「対象物を選択し、持ってくる」とあることが示されているためと考えられ、対象物がどちらかであることがわかっただけでユーザには必要な情報が伝わったと解釈されたという可能性がある。「被験者を見て、頷く」だけの動作に対しては、被験者の「意図が伝わった」度合いがどちらともいえないと評価された。人同士のコミュニケーションでは、頷きだけで理解を示したことになる状況もあるが、エージェントの場合には、ユーザの視線情報がエージェントに伝わったことがユーザに理解されずに、「どちらともいえない」ことになったと考えられる。以上からエージェントと人が共同注意を確立するためには、視線の動作と頷き動作の両方が必要であることが示唆された。

また、共同注意においては、意図伝達性に加え、エージェントが人間らしく振舞うことにより、人がエージェントに対していかに印象を制御できるようにすることもエージェント設計上重要と考える。人は相手に対して抱いた印象によって相手への行動を変化させるため、エージェントが自身の印象表出を制御して人とエージェントのインタラクションに社会的関係も導入することができると考えられる。実験評価の結果からは、頷き動作に、伝達した意図を確認する意図伝達の効果だけでなく、相手に与える親和性印象を良くする効果があることがわかる。また、「同一対象物注視」のみでは意図伝達性があるものの、有能性印象評価は高くない。すなわち、有能性は、単に意図の伝達だけでなく、その意図の再確認を含めた全体的な能力をユーザが判断した結果と

考えられる。したがって、エージェントの設計には、
頷きによる動作が重要であることが示唆された。

9 まとめ

人と擬人化エージェントとがインタラクションを行って共同注意が成立される行動条件を調べた。ユーザのエージェントと対象物への視線に応じ、エージェントの視線を対象物へ向け、次にユーザに向けて頷く動作をさせる条件のとき、共同注意が成立するとともに、ユーザのエージェントに対する親和性、有能性の評価が最も高くなった。擬人化エージェントの視線動作を変更したり、頷き動作を省略したりする動作は、ユーザに「意図伝達」の印象を低下させた。エージェントが対象物を見ずに「被験者を見て、頷く」だけの動作は、意図の伝達が中立的であるもののエージェントへの親近感を抱かせる結果となった。この解釈については課題の文脈などの影響が考えられ、さらに検討を必要とする。

今回の共同注意の課題においては、人が始めに「もってこい」という意図をエージェントに対して表出し、その意図をエージェントが理解し、それがまた人に伝わるかを調べるものである。逆に、エージェントが人に「もってこい」などの意図を表出し、それを人が解釈して、さらにそれをエージェントに伝えるという課題についても、その動作条件の明確化が必要である。これについては今後取り組む予定である。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金萌芽研究 19650213, 2008, 東京電機大学総合研究所一般研究課題 Q07J-14 および東京電機大学先端工学研究所重点課題による。

参考文献

- [1] 大神英裕, 実藤和佳子: 共同注意—その発達と障害をめぐる諸問題, The Annual Report of Education in Psychology in Japan, Vol. 45, pp. 145-154, (2006)
- [2] 大藪泰: 共同注意—新生児から2歳6ヶ月までの発達過程—, 川島書店 2004
- [3] Chris Moor, et al. (大神英裕訳): ジョイントアテンション -心の起源とその発達を探る-
- [4] Baron-Cohen: Mindblindness -An Essay on Autism and Theory of Mind-, MIT Press (1995)
- [5] 小嶋秀樹: 発達ロボティクスからみた模倣とコミュニケーションのなりたち, バイオメカニズム学会誌, Vol.29, No.1(2005)
- [6] 中野有紀子, 岡兼司, 佐藤洋一, 西田豊明: ユーザの視線に気づく会話エージェント—アテンションの知覚

と制御を利用し会話の円滑化—, The 19th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, (2005)