

エージェントとの距離感に対して視線に表出される意図の推定

石津 拓 小林 一樹 北村 泰彦

擬人化エージェントとの距離感は、ユーザとのインタラクションにおいては重要な要素である。擬人化エージェントとの適切な距離をユーザの反応に応じて推定することができれば、インタラクションがより心地よいものとなることが期待される。本研究では、異なる距離においてエージェントとインタラクションを行う際の、ユーザの視線分析を行った。その結果、適切な距離、近すぎる距離、遠すぎる距離によって、特徴的な視線を表出することが明らかになった。更に分析結果をもとに、適切な距離を表す指標を提案する。

The distance between a user and a life-like agent is an important issue for comfortable human agent interactions. If we can estimate an appropriate distance according to the user's response, it we can make the interaction more comfortable. We analyze the gaze motion of users depending on the distance to an agent, and we found a few characteristics of gaze motion depending on the distance. Based on the characteristics, we propose an indicator to estimate the appropriate distance.

1 はじめに

近年、三次元仮想空間を利用する上で、人間とコンピュータのインタラクションメディアとして擬人化エージェントが注目されている[5]。これまで擬人化エージェントの設計にあたり、人工知能やCGなどの研究が中心に行われてきた。これらの研究に加え、近年、人とエージェントとのより良い関係を築くことに重点を置いたHAI(Human Agent Interaction)研究に注目が集まっている。

過去のHAI研究においては、ジェスチャーや音声対話などが扱われてきた[6]。しかし三次元仮想空間で動作するエージェントは、二次元空間で動作するエージェントとは異なり背景に奥行きが生じるため、人間とエージェントとの距離感を考慮する必要がある。

。一般に人間同士の適切な距離は、個人間の親密度や相手との関係によって異なる。人間は状況に応じて人と接する距離を使い分けており、親密に話す場合でも45cm程度の距離をとると言われている[3]。

三次元仮想空間で活動するエージェントが、過度に近くや遠くに感じる距離で表示された場合、ユーザに不快感や違和感を与える可能性がある。エージェントが人と同様にユーザとの適切な距離を保つことができれば、インタラクションがより心地よいものとなることが期待される。

しかし人間のエージェントに対する適切な距離は、大きな画面で見える場合と小さな画面で見える場合のように利用状況によって異なる可能性がある。我々は、異なる利用環境でエージェントと被験者とのインタラクション実験を行い、画面の大きさや背景が異なることで適切な対エージェント距離が変化することを確認した[4]。利用環境が異なることで、被験者がエージェントとの距離を変化させたことから、エージェントと人間との適切な距離は、その場の状況に応じて変化すると考えられる。

仮想空間におけるエージェントはネットワークを通して様々な環境で利用されることが想定される。その

Estimating Intention about Distance between User and Agent by Analyzing Gaze Motion.

Taku Ishizu, Kazuki Kobayashi, 関西学院大学大学院理工学研究科 Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University.

Yasuhiko Kitamura, 関西学院大学理工学部, School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University.

ため、エージェントとユーザとの適切な距離をエージェントの開発段階で予め設定しておくことは難しい。擬人化エージェントがユーザとの適切な距離を保つためには、ユーザの反応からユーザの距離に関する意図を判断し、距離を調節することが望ましい。

人間の意図が表れる特徴的な行動の一つとして視線が挙げられる。Argyleらの社会心理学における先行研究によって、視線と人間の心理には深い関係があることが知られている[1][2]。本研究では、人間の心理が表れる視線に注目し、ユーザがエージェントと接する際の視線を解析することで、ユーザの距離に関する意図を推定する方法を提案する。ユーザの距離に関する意図と視線との関係を明らかにすることで、ユーザの反応に応じて自律的に距離を調節するエージェントへの応用が期待される。

本論文では、2章において、メディアに対する距離感と、視線を用いた意図の解釈についての先行研究について述べる。次に、3章において、適切な対エージェント距離に利用環境が影響することを確認した予備実験について述べる。4章では、対エージェント距離に関して視線に表示される意図を調査した実験について述べる。5章で、実験データを基にした適切距離指標について考察する。6章で今後の課題について触れ、7章で本論文のまとめとする。

2 関連研究

2.1 メディアに対する距離感

エージェントのようなメディアとの距離感の研究として、[7]では、ヒト画像のようなメディアと人間との関係において、距離感が重要になることが主張されている。この研究では、被験者の第二課題反応時間測定法と被験者の主観評価を用いることでメディアとの距離によって注意力やメディアに対する評価が異なると述べられている。実験において、被験者に画面に映るものを見るように提示し、後で見たことについて質問するので画像にはよく注意するように指示する。これが第一課題となる。さらに画像を提示している間、音を聞くように指示し、被験者はある音が聞こえたらジョイスティックのボタンをなるべく早く押すように指示される。これが第二課題となる。第二課題の反応

時間が遅いほど、第一課題の画像に対する注意が高いといえる。この実験では、顔画像が大きく表示されるほど、画像に対する注意と評価が高くなった。この結果から、Reevesらは距離が近いほどメディアに対する評価や注意が高くなると結論付けているが、利用者とメディアとの適切な距離については触れていない。本研究では、人とインタラクションメディアの一つであるエージェントとの適切な距離を対象とする。

2.2 視線を用いた意図解釈

SalvucciらはHMM(Hidden Markov Model)を利用して、視線からユーザの意図を自動的に推定する手法を提案した[8]。本手法は、観察された視線データから、あらかじめユーザの作業をプロセスモデルとして表現したものの中で、もっとも一致しているものをHMMによって算出する。Salvucciらは、本手法を単語入力システムに適用し、有効に機能することを確認している。本手法では、視線データをユーザの意図解釈に用い、視線を利用したインタフェースへの応用の可能性を示唆している。

また、高木は英文と和文の対訳コーパスを用いた翻訳支援環境を題材として、ユーザの「迷い」検出をおこなっている[9]。彼の実験では、翻訳支援環境において英文と和文の対訳を領域として並べ、ユーザの視線が領域間を遷移する状態をN-gramモデルを用いて分析し、ユーザの「迷い」と視線パターンの関係を求めている。

3 対エージェント距離に対する利用環境の影響

われわれは、ユーザの対エージェント距離が利用環境によって異なることを予備実験によって確認した[4]。実験は、3次元仮想空間においてエージェントが行う道案内に対して、ユーザ自身が視点を操作し追従する方法で行った。ユーザが自由に視点を操作することができるため、エージェントとの距離をユーザ自身が決められる。従ってユーザは、自身にとって適当と感じる距離で追従すると考えられる。

実験は、画面サイズの認知距離に対する影響を調べるために、縦 8.5cm × 横 11.5cm の画面サイズと縦



図 1 実験環境

17cm × 横 23cm の 2 種類で行った．さらに 2 種類の仮想空間の背景を用いることで，背景の影響も調査した．

ユーザとディスプレイとの距離が変化すると，認知距離に影響を与える可能性があるため，ユーザの頭をディスプレイと 50cm の距離に固定して実験を行った．その結果，2 種類の画面サイズで被験者がエージェントに対してとった距離が，仮想空間内の距離で平均約 1m 異なった．また，仮想空間の背景が変化することでも，平均約 20cm の違いが見られた．

被験者がエージェントとの距離を利用環境によって変化させたことから，エージェントとの適切な距離は，その場の状況に応じて変化すると考えられる．そこで，エージェントがユーザと適切な距離をとるためには，ユーザの反応に応じてエージェントがユーザとの距離を調節することが望ましい．

本研究では，ユーザの意図が表れる反応の一つである視線に注目し，視線とユーザのエージェントとの距離に関する意図との関係を明らかにする．

4 評価実験

4.1 実験方法

本実験は対エージェント距離に関するユーザの意図と視線との関係を明らかにすることを目的とする．

実験には，図 1 のように，21.2inch ディスプレイ (解像度:1280 × 1024) を利用し，視線追跡装置 Tobii Eye Tracker と視線解析ソフト ClearView を用いた．3 次元仮想空間には，仮想空間作成ソフト OmegaSpace を用い，関西学院大学神戸三田キャンパスの仮

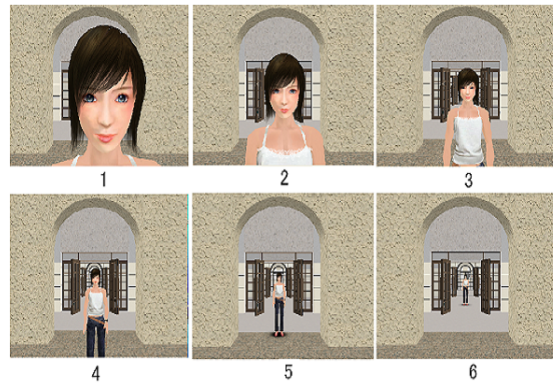


図 2 表示したエージェントの映像

想空間である VKSC (Virtual Kobe Sanda Campus) を利用した．VKSC は擬人化エージェント Suzie がキャンパスを案内するシステムである [5][4]．

実験では，図 2 のように VKSC における擬人化エージェントの映像を，6 種類 (1~6) の距離でそれぞれ 23 秒間提示する．エージェントとの距離を表す基準は，エージェントと仮想空間内のカメラとの距離とする．仮想空間内のカメラとエージェントとの距離は，最もユーザに近い距離 (図 2 の 1) から最もユーザと遠い距離 (図 2 の 6) まで，順に 2 倍とする．エージェント映像を提示すると同時に，視線追跡装置及び視線解析ソフトによってユーザの視線行動を保存する．

大学生の女性 4 名が被験者として実験に参加し，被験者に対してランダムに 6 種類の映像を提示した．実験に際して被験者を集中させるため，予め終了後に案内内容に関する問題を解いてもらう旨を説明した．インタラクション終了後，ユーザに対して 6 種類の距離のうち最も良かった距離をインタビューし，その時に得られた視線の特徴を調査した．

4.2 結果

エージェントとのインタラクション開始直後と案内音声終了後から数秒は視線が乱れたため，23 秒間の映像のうち前後 1.5 秒のデータは省き，20 秒間のデータを扱った．被験者 2 名は図 2 の映像 2 を，他 2 名は映像 3 を適切な距離と感じている．

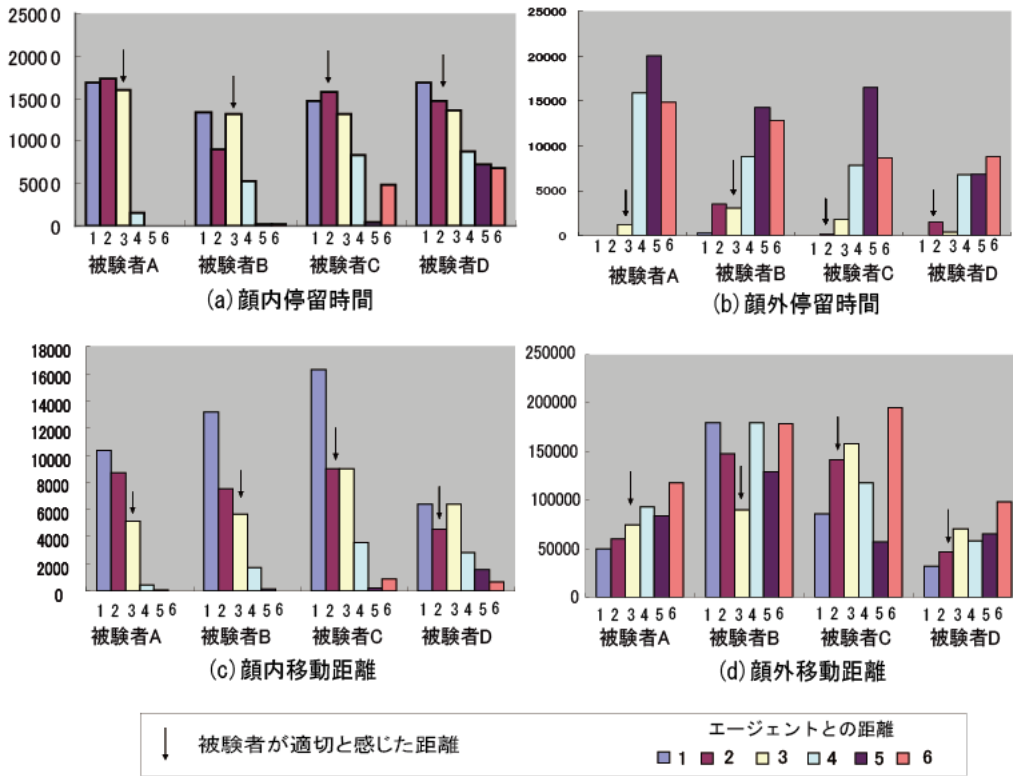


図 3 実験結果

人間同士のインタラクションでは顔に注目することから、データの解析において、顔内の視線と顔外の視線に着目し、以下の4つの視線行動を解析した。

- 顔内停留時間
- 顔外停留時間
- 顔内移動距離
- 顔外移動距離

図3(a)は、エージェントの顔内における視線総停留時間と最もインタラクションに適しているとユーザが感じた距離との関係を表している。停留時間は、100ms以上視線が停留していたものの合計値を算出している。被験者の顔内停留時間は、適切と感じた距離より近い時に大きな値をとっている。

図3(b)は、エージェントの顔外における視線総停留時間と最もインタラクションに適しているとユーザが感じた距離との関係を示している。被験者が適切と答えた映像より遠い映像では顔外での停留時間が大きくなっている。

図3(c)は、エージェントの顔内における視線の総移動距離をピクセル単位で表したものである。総移動距離は、20msごとの視線の座標値から算出している。被験者が適切と感じた距離よりも近い場合に、大きな値をとっている。また、顔内での視線の停留時間が多いもの(図2の映像1, 2, 3)のうち、顔内移動距離は、4名中3名の被験者で最も少なくなり、1名の被験者で2番目に少なくなっている。

図3(d)は、エージェントの顔外における視線の総移動量を表している。各被験者によって異なり、特徴的な傾向は見られなかった。

これらの結果から、適切な距離、近すぎる距離、遠すぎる距離での傾向を以下に示す。

- 適切な距離
 - － 顔内停留時間が長く、顔内移動距離は短い。
- 近すぎる距離
 - － 顔内停留時間が長く、顔内移動距離は長い。
- 遠すぎる距離

表 1 適切距離指数算出結果

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4
1	1.636	0.998	0.897	2.630
2	1.978	0.744	1.721	2.921
3	2.921	1.795	1.266	2.087
4	-31.799	-2.010	0.139	0.690
5	-260.208	-117.277	-72.777	0.286
6	-	-503.240	-4.270	-2.739

太字:被験者が適切と感じた距離

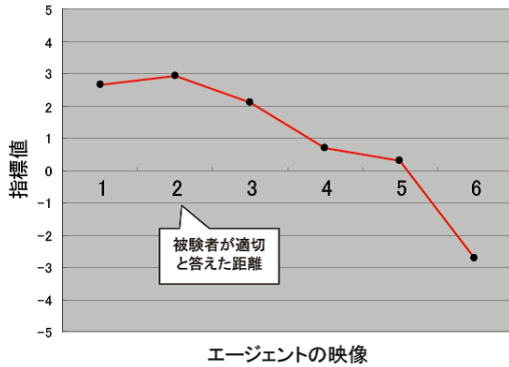


図 4 被験者 4 の指標値算出結果

- 顔外停留時間が長い。

5 考察

実験では、エージェントとの距離に関するユーザの意図と視線に関連があることが明らかになった。

適切と感じている距離において被験者は、顔内に視線を停留させ、視線をあまり動かさない傾向が見られる。エージェントとの距離が近すぎる場合には、エージェントの顔には目を向けているものの、視線が頻繁に移動している。近い距離で、エージェントに対して注意が向いているという点で、[7]と同様の結果が得られた。更に本実験結果の視線が大きく移動しているという点から、近すぎる場合にはユーザが落ち着いていないと推測することができる。また遠すぎるとユーザが感じている場合、視線をエージェントの顔外で停留している時間が長い。これは、被験者の興味がエージェントに対して向いていないと考えられる。

得られた視線データを元に適切な距離の指標 B を

提案する。

$$B = \frac{D_i - D_o}{G} \quad (1)$$

ここで、 D_i は顔内停留時間、 D_o は顔外停留時間、 G は顔内移動距離であり、 B の範囲は \pm である。本式は、顔内移動距離が小さく、顔外停留時間と比較して顔内停留時間が大きい時、大きな値をとる。被験者 4 名の適切距離指数を算出した結果を表 1、被験者 1 名 (被験者 4) の指標値をグラフ化したものを図 4 に示す。

表 1 において、被験者が適切と感じている際の値を太字で表しており、全ての被験者において適切と感じている距離で最大値をとっている。本式を用いることで、視線から距離に関するユーザの意図を推定できると考えられる。

6 今後の課題

本研究ではユーザの適切と感じている距離と視線との関係を明らかにする実験を行ったが、視線データはノイズを含みやすく、現在のところ被験者数が少ないため、今後より多くの被験者で実験を重ね、適切距離指標値の有効性を統計的に示す必要がある。

また今回は、画面の大きさなどの利用環境は変化させずに行ったが、様々な利用環境によっても同様の結果が得られるかを確かめる必要がある。

更に今回の実験では、エージェントとの距離感に関する研究の導入として、エージェントはジェスチャーなどの動作を行わない設定とした。今後、エージェントの動きやコンテンツに応じた適切な距離を明らかにする必要がある。

7 まとめ

本研究では、ユーザとエージェントが異なる距離で接する際の視線を解析し、ユーザの距離に対する意図と視線との関係を明らかにした。

エージェントとの距離が遠すぎる場合には、ユーザは視線をエージェントの顔内に停留させ、あまり動かさないことが判明した。また近すぎる場合には、ユーザはエージェントの顔内に視線を停留させるが、視線は大きく移動することが明らかになった。更に、遠すぎる場合には、ユーザはエージェントの顔外に視

線を停留させることが明らかになった。

ユーザとエージェントとの距離に関して、近すぎる場合、適切な場合、遠すぎる場合の視線データを基に、適切な距離を表す指標値を算出した。本指標値を用いることで、ユーザとエージェントとの適切な距離を判断できる可能性がある。今後、この指標値の有効性を被験者を増やすことで統計的に示す必要がある。

本研究の成果からユーザの距離に関する意図を学習し、適切な距離を自律的に調節するエージェントの開発が期待される。今後実験を重ね、ユーザの意図をより正確に判断することが可能となるような視線を明らかにしていきたい。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(B)(課題番号:17300050)によるものである。

参考文献

- [1] Argyle, M., Dean, J. Eye Contact, Distance and Affiliation. *Sociometry*, 28, pp.289-304, 1965.
- [2] Argyle, M. The Psychology of Interpersonal behavior. Penguin Books, 1967.
- [3] E. T. Hall, The Hidden Dimension, Garden City, NY:Doubleday, 1965.
- [4] 石津拓, 北村泰彦, 小林一樹:仮想空間における対エージェント認知距離の測定, 第69回情報処理学会全国大会 1Y-7, 2007.
- [5] Y. Kitamura, N. Nagata, M. Ueno, and M. Nagamune, Toward Web Information Integration on 3D Virtual Space. ICEC2005, Lecture Notes in Computer Science 3711, pp.445-455, 2005.
- [6] H. Nakanishi, S. Shimizu and K. Isbister. Sensitizing Social Agents for Virtual Training. *Applied Artificial Intelligence*, Vol.19, No.3-4, pp.341-361, 2005.
- [7] B. Reeves and C. Nass, The Media Equation, CSLI Publications, 1998.
- [8] Salvucci, D. D., Inferring Intent in Eye-Based Interfaces: Tracing Eye Movements with Process Models. CHI'99 Conference, pp.254-61, 1999.
- [9] 高木 啓伸. 視線の移動パターンに基づくユーザの迷いの検出-効果的な作業支援を目指して. 情報処理学会論文誌. vol.41, No.5, pp1317-1327, 2000.