

擬人化エージェントの視線による印象操作

深山 篤¹, 大野 健彦², 武川 直樹³, 澤木 美奈子⁴, 萩田紀博^{5*}

日本電信電話株式会社¹²³⁴
NTT コミュニケーション科学基礎研究所
神奈川県厚木市森の里若宮 3-1

ATR メディア情報科学研究所⁵
京都府相楽郡精華町光台 2-2-2

{fukayama¹, mukawa³, minako⁴}@eye.brl.ntt.co.jp,
takehiko@brl.ntt.co.jp², hagita@atr.co.jp⁵

概要

本稿では、擬人化エージェントの視線によって、ユーザに伝わるエージェントの印象を操作する方法を提案する。印象伝達に関連する3種類の視線パラメータを過去の研究から選び、その値にしたがって視線を出力する視線移動モデルを構築した。これを擬人化エージェントに組み込んで行った主観評価実験の結果から、エージェントの視線のみからユーザが受ける印象を操作できることを示す。さらに、印象操作のための視線パラメータの操作方法を提示する。

Gaze Control Method for Impression Management

Atsushi Fukayama¹, Takehiko Ohno², Naoki Mukawa³,
Minako Sawaki⁴, Norihiro Hagita^{5*}

NTT Communication Science Laboratories¹²³⁴
NTT Corporation
3-1, Morinosato Wakamiya, Atsugi-shi,
Kanagawa, Japan

ATR Media Information Science Laboratories⁵
2-2-2, Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun,
Kyoto, Japan

Abstract

We propose a method to manage impressions of anthropomorphic interface agents by controlling their gaze. In this paper, we propose a gaze control model with three parameters that precedent psychological studies indicated to effect on impressions. Through an experiment in which an agent with the gaze control model was presented to subjects, we show that the agent can control its impression by only its gaze and how the three parameters effect on the impression.

1 はじめに

コミュニケーションを行うとき人は視線を様々な方法で使っている。例えば、「自己紹介」という場面を想定してみる。自己紹介をする相手が、たまたま長距離列車で向かいに座った人、どうしても就職したいと思っている会社の人事担当者、好意を持っている異性、というように変わった場合に、視線の使い方は同じだろうか？

これらの場合の視線は全く違うものになると想像できる。具体的には、最初の例よりも2番目、3番目の例の方がより多く相手の目を見るであろう。このような場合、我々は視線を使って何を相手に伝えようとしているのであろうか？自己紹介の言語的内容「日本に住んでいます」「血液型はO型です」などと同じように、何か明示的に相手に伝えようと思う情報があつて、それを目で表現しているのであろうか？

我々の日常的な感覚に基づく、相手に何かを伝えるためと言うよりは、相手に何かを期待してそのような視線をしているのだと言える。就職面接の場合は採

*本研究は著者が NTT コミュニケーション科学基礎研究所在籍中に取組んだものである。

用してもらうために、好意を持っている異性に対してはこちらに好意を持ってもらうために、これらの意図を達成するに相応しい印象を与えるべく、相手の目をしっかりと見て自己紹介をする。

このような観点に立って人とコンピュータのインタラクションを考えてみると、現在のところ両者の間でやりとりされている情報は、その伝達方法が言語的であれ非言語的であれ、上記の例の「自己紹介の言語的内容」に相当する、明示的に相手に伝達しようと意図されたものである。言換えると、システムの状態、環境からの情報、ユーザからのコマンド及びそれに対する応答など、相手にある情報を伝えること自体がインタラクションの目的となっている。

コンピュータが単なる情報処理のための道具として使用されている間は、このようなインタラクションの枠組みで十分であろう。しかし今後、コンピュータの適用範囲がさらに広がり、ユーザの行動の決定に積極的に関与する場面、例えば、商品の販売やコンサルタントなどに適用された場合、相手に対する潜在的な意図を達成するためのインタラクションが、人とコンピュータの間にも重要になってくる。

著者らは、この「相手に対する潜在的な意図を達成するためのインタラクション」を人とコンピュータの間に実現することを目指している。このようなインタラクションにおいて、人は相手に伝わる自分の「印象」を適切に操作することで、相手に対する潜在的な意図を達成しようとするのが知られている [1]。前出の面接の例では、例えば自信があり勤勉そうな印象を相手に与えようとするのが予想される。

このような背景のもと、擬人化エージェントを使って様々な視線をユーザに送ることでユーザがエージェントから受ける印象を操作する方法を提案した。本稿では提案手法の詳細と、同手法を使った印象評価実験について述べる。

2 関連研究

2.1 視線の機能

視線の機能分類の代表例として Kendon によるものがある [2]。Kendon によると視線の機能には、対象の視覚情報を取得する「監視機能」(“monitoring function”), 会話における発言権の授受を調整する「調整機能」(“regulatory function”), 意図や感情などを相手に伝達する「表現機能」(“expressive function”)があるとされる。それぞれの機能について、その後詳細な研究が行われている。

本研究の目的である印象伝達は、これらの機能の内の表現機能に分類することができる。視線によって印象が伝達されることは、多くの研究で確かめられている。詳細は 4.1 で述べるが、相手を見つめる時間の割合がその人物の潜在力や好悪の印象に影響するとする Cook と Smith の研究 [3]、キョロキョロしたり目を伏せたりすることが不安を表すとする Waxer の研究 [4] などがある。

なお、「印象」という言葉は心理学の分野においても

明確な定義は見られないが、上記の例を含む印象に関する研究を参考にすると、人格の予測や好悪・善悪などの評価から成る、対象人物の心的イメージといった意味であると考えられる。これを本研究における印象の定義とする。対象の印象を評価する方法は 5.2 節で詳細に述べる。

2.2 社会的エージェント

我々が目指しているような、ユーザの態度・行動や対人的な関係を意識してコミュニケーションを行うエージェントを、ここでは社会的エージェントと呼ぶ。このような社会的エージェントの研究も既に始まっている。

Reeves と Nass は Media Equation[5] に関する一連の研究において、人間がコンピュータプログラムやイラスト上の人物などに対して無意識の内に対人的な対応をすることを明らかにした。この結果は社会的エージェントの妥当性を示すものとして、多くの研究で引用されている。Bickmore と Cassell はタスク (不動産紹介) に先立って世間話から会話を始めることで、エージェントに対するユーザの信頼が向上することを示した [6]。このようなタスクではユーザの信頼はエージェントとの会話の開始や継続に必要であると述べられている。Takeuchi らは、ユーザのアバタが Web ページ管理者のアバタに丁寧な言葉遣いをするることにより、Web ページへの敬意をユーザに感じさせることを試みている [7]。

これらの研究は、エージェントの会話戦略によってユーザの行動に影響を与えることを目指している。本論文では、視線から感じられる印象を操作することによって、将来的に同様のことを実現することを試みるものである。

2.3 視線エージェント

Kendon の視線機能分類 (2.1 節) のうち、調整機能についてはすでに擬人化エージェントへの実装が行なわれている。

Vertegaal らは人どうしの複数人会話における視線の詳細な分析を行ない、その結果を基にユーザがどのエージェントに話し掛けているのかを認識する、複数エージェントとの対話システムを構築した [8]。Colburn らは人の視線の調整機能を模した視線モデルを擬人化エージェントに実装した [9]。実験の結果、このエージェントの視線がユーザの視線を変化させることが示された。帆足らは、視線を使って発言権の譲渡と保持をユーザに伝える擬人化エージェントシステムを作成した [10]。実験の結果、ユーザが発話するまでのポーズ時間、発話が許されないときのユーザ発話回数などの指標に有意な改善が見られた。この結果はこれまでに音声対話ロボットに実装されている。

このように、ユーザとエージェントのコミュニケーションにおいても視線は重要な意味を持つと考えられる。我々の研究は、エージェントの視線に表現機能を付加するものであると捉えることができる。

3 研究の方針

我々は、ユーザがエージェントに対して抱く印象を視線によって操作することを現在の研究の目的としている。そのためのアプローチとして本研究では、視線を特徴付ける統計量のうち印象に関連すると考えられるものを、過去の研究に基づいて抽出する(「視線パラメータ」)。続いて、視線パラメータの値によって定義される視線パターンを生成する「視線移動モデル」を構築する(図1)。さらに、伝達すべき印象と視線パラメータの対応関係を定義する「印象伝達モデル」を構築することを目指し、視線パラメータを振って被験者が受ける印象を調べる印象評価実験を行う。その際、再現性を保証するために、心理学的研究及び我々の過去の研究をもとに両者の関係の仮説を立て、検証するという方針を取る。また、印象評価実験で被験者に視線パターンを提示するために用いた擬人化エージェントは、純粋に視線による印象を抽出するために、眼球のみから成るものを用いる。

このようにして視線あるいはその他の言語的／非言語的行動によってユーザに適切な印象を抱かせることが、今後の人-エージェントのコミュニケーションにおいて重要である。例えば、擬人化エージェントが商品を販売するといった応用では、誠実そうな印象を与えることがエージェントの勧奨にユーザが従うことを助けるかもしれない。また、必ずしもポジティブな印象だけが重要である訳ではなく、例えば、エージェントが謝罪するような場面では、頼りなさそうな印象を与えた方がユーザの許しを得るには効果的かもしれない。このようなユーザの態度・行動を分析するためには、その要因となる視線パターンが視線パラメータにより定量的に定義されている本研究のアプローチは非常に重要である。

本研究で視線を印象伝達の手段として採用した理由を3点に分けて以下にまとめる。1点目は既に述べた通り、視線は人物の印象を左右する重要な要素であると過去の研究から分かっている、ということである。例えば表情も強力なコミュニケーション手段であるが、その主な役割は一時的な情動を伝達することであり、笑顔などの特定の表情をその人の人格(2.1節参照)に帰着させるとは考えにくい。

2点目は、日常生活において視線を意識的に操作することは少ない、ということである。一般的に、人間は意識的に操作しにくい行動を信じる傾向にあることが知られており、ユーザの行動や態度に影響を与えることを目指す、という目的の下では、視線のこのような性質は重要である。

最後に、擬人化エージェントの実装上の利点である。擬人化エージェントに目さえあれば、いつでもどこを見るか指定するだけで視線は生成できる。従って、表情やジェスチャに比べて生成が容易であり、非常に単純なデザインのものを含む幅広い擬人化エージェントに適用可能であることを意味する。

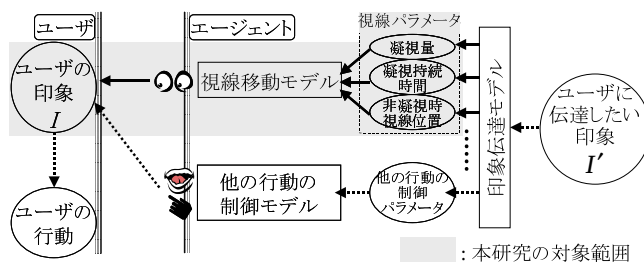


図1 印象伝達を行うエージェントの概念図

4 印象伝達のための視線移動モデル

4.1 視線パラメータ

本研究では、過去の研究をもとに印象に関係すると予想される以下の3種類の統計量を視線パラメータとして採用する。それぞれの意味及び背景となる研究について述べる。なお、以下の議論で、凝視とは相手の目を見つめることを指す。アイコンタクトとは異なり、相手の目を一方的に見ている場合も凝視とみなす。ただし、凝視している間、視線は全く動かないわけではなく、1回の凝視の間にも視線は停留と移動を繰り返している。

凝視量: R [-] 本稿では凝視量(R)を、全会話時間に対して相手を凝視していた時間の割合と定義する。凝視量は視線を分析する際に最もよく用いられる統計量である。

Cook と Smith はサクラと被験者の会話においてサクラの凝視量を変化させる実験を行い、被験者がサクラから受ける印象が変化することを確認した[3]。具体的には、サクラの潜在力(“potency”)に関する印象とサクラの凝視量に正の相関が認められ、サクラを好きかどうか(“like/dislike”)の評定については、凝視量が中程度のときに被験者は最も高い評価を示した。

また、人と人之间には両者の関係において適切な親密性のレベルがあり、話題や対人距離がそのレベルに相応しくないと感じた場合、凝視量を増減させることで親密性のレベルの知覚を調節している[11]とする、Argyle と Dean による親密性のバランス理論は、後の多くの研究に影響を与えている。この理論に基づけば、相手の自分に対する親密さの印象に凝視量が影響を与えると期待される。

このような多くの先行研究から、擬人化エージェントの凝視量がユーザが受ける印象に影響を与えることが期待される。

凝視持続時間: L [ms] 凝視持続時間(L)とは、1回の凝視が持続する平均の時間である。

Waxer は精神病患者を対象にした精神の不安傾向を測る心理テストを行なった後、患者を高不安群と低不安群に分け、被験者に両群の患者の様子を観察させて患者のどのような行動に不安が現れているかを記述させた。その結果、相手と目を合わせない、目をキョロキョロさせる、目を伏せることが多い、などの行動に不安が現れていると結論付けている[4]。

上記の3種類の観察結果のうち、「相手と目を合わせない」は「凝視量が少ない」と表される．2番目の「目をキョロキョロさせる」については、凝視持続時間を用いて数量化し、視線パラメータに採用することとした．凝視持続時間を短くすることで、目をキョロキョロさせるという視線行動を表現できる．

非凝視時視線位置： $\mathcal{P} \subset \{(x, y) | -\infty \leq x, y \leq \infty\}$ 非凝視時視線位置 ($\mathcal{P}$) は、凝視以外のときに見ている場所であるとする．既に述べたとおり、人間の視線はどこかを見つめているときも移動と停留を細かく繰り返している．そのため、非凝視時視線位置は一点ではなく上記のような領域 $\mathcal{P}$ として表現されている．また、 $\mathcal{P}$ が2次元であるのは、後述の通り本研究では擬人化エージェントの視線をユーザの顔表面付近にディスプレイと平行に張った2次元平面上の座標として表現するためである．

前述の Waxer の3番目の観察結果「目を伏せることが多い」を採用し、3番目の視線パラメータを非凝視時視線位置とした．「目を伏せることが多い」は、凝視量 R が小さく、非凝視時視線位置 $\mathcal{P}$ が相手の顔よりも低い領域に存在する、という視線パラメータの組合せに相当する．

4.2 視線移動モデルの実装

以上で述べた視線パラメータに従う視線を出力するための視線移動モデルについて詳述する．

4.2.1 注視点座標系

本研究では、図2に示すようなディスプレイ面中心を原点とする3次元座標系を仮定し、擬人化エージェントはこの座標系を用いて3次元形状モデルとして表されている．擬人化エージェントの視線は、時刻 t において擬人化エージェントの両眼の眼球中心と瞳孔中心を結ぶ直線が交わる点（注視点） $\mathbf{g}(t) = (g_x(t), g_y(t), g_z(t))$ の時系列として表現される．ただし、本報告の段階ではユーザの顔領域のトラッキングは行っていないため、ユーザの顔表面は $z = D$ ($= 600[\text{mm}]$) 平面上に存在するものと仮定し、 $g_z(t) = D$ for $\forall t$ としている．したがって、以下の議論では注視点を2次元ベクトル $\mathbf{G}(t) = (g_x(t), g_y(t))$ として表記する．また、顔の大きさのユーザ間の違いに対応するため、 x 座標と y 座標はそれぞれユーザの顔の幅と高さの $1/2$ で正規化している．

擬人化エージェントの3次元形状モデルと注視点座標系から、ディスプレイ上の2次元映像を生成する際には、ユーザの顔領域の大きさ、ユーザとディスプレイ間の距離 D 、ディスプレイの単位長さ当たりピクセル数などの情報を定数として描画プログラムに与える．

4.2.2 注視点系列の生成

視線パラメータから、そのパラメータが表す特徴に合った注視点座標系列を生成するために、本研究では2状態 (S_G, S_A) のマルコフモデルを用いている． S_G はユーザを凝視している (gazing) 状態に相当し、 S_A は相手 (ユーザ) から視線を外している (averting) 状態に

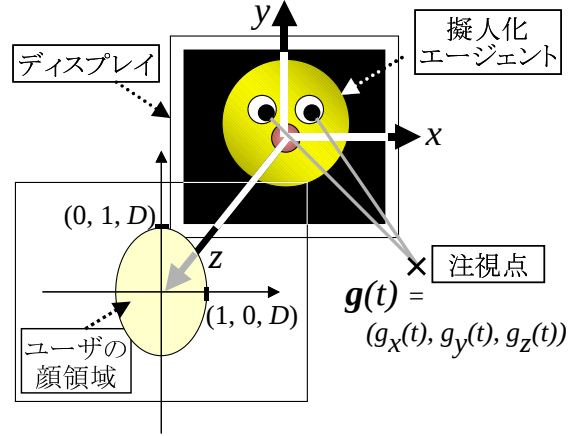


図2 注視点座標系

相当する．状態遷移確率は以下のように定義される．

$$p_{AG} = p_{GG} = R \quad (1)$$

$$p_{AA} = p_{GA} = 1 - R \quad (2)$$

ただし、 p_{ij} は状態 S_i から状態 S_j へ遷移する確率で、定常である．また、状態遷移が発生する周期 τ [ms] は、状態が S_G に遷移してから次に S_A に遷移するまでの平均時間を L に一致させるため、以下の式によって調整される．

$$\tau = (1 - R) \cdot L \quad (3)$$

出力は状態遷移の有無に関わらず 300[ms] ごとに行われる．各時刻 $t = n \cdot 300$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) における出力 $\mathbf{u}(t)$ は2次元ベクトルであり、2次元一様乱数によって決定される．状態が S_G であるとき一様乱数の値域は $\mathcal{P}_G = \{(x, y) | -0.2 \leq x, y \leq 0.2\}$ である．状態が S_A である場合、一様乱数の値域は非凝視時視線位置 $\mathcal{P}$ である．

以上のように定義されるマルコフモデルの出力 $\mathbf{u}(t)$ を $\mathbf{G}(t)$ として用いる ($\mathbf{G}(t) := \mathbf{u}(t)$) ことで、視線パラメータ $R, L, \mathcal{P}$ で表される特徴を持った注視点座標系列が得られる．

4.3 視線パラメータの値

本節では、以降の章で示す実験で用いた視線パラメータの値をまとめておく (表1)．視線パラメータで添字が0の値 $R_0, L_0, \mathcal{P}_0$ は「基準値」として、平均的な値を割り当てた．これら基準値は後の実験において、被験者が擬人化エージェントを印象評価する際の判断の基準となるものである．

凝視量： R [-] 凝視量は4種類の値を用いた．まず、基準値として $R_0 = 0.5$ を設けた．これは、Kendon の研究 [2] から引用したもので、14人の被験者の凝視量の平均値である． $R_{++} = 1.0$ が常に相手を凝視する視線に相当し、それらを均等に内挿・外挿したものが $R_+ = 0.75, R_- = 0.25$ である．

表 1 視線パラメータとその値

視線パラメータ	実験に使用した値
凝視量： $R [-]$	$R_- = 0.25, R_0 = 0.5,$ $R_+ = 0.75, R_{++} = 1.0$
凝視持続時間： $L [ms]$	$L_- = 500, L_0 = 1000,$ $L_+ = 2000$
非凝視時 視線位置： $\mathcal{P} \subset \{(x, y) $ $-\infty \leq x, y \leq \infty\}$	$\mathcal{P}_0 = \{(x, y) -1.2 \leq x, y \leq 1.2\},$ $\mathcal{P}_H = \{(x, y) -1.0 \leq x \leq 1.0,$ $0.7 \leq y \leq 1.1\},$ $\mathcal{P}_L = \{(x, y) -1.0 \leq x \leq 1.0,$ $-0.9 \leq y \leq -1.3\},$ $\mathcal{P}_R = \{(x, y) -2.0 \leq x \leq -1.2,$ $-0.4 \leq y \leq 0.4\}$

凝視持続時間: $L [ms]$ 基準値 $L_0 = 1000[ms]$ と $L_+ = 2000[ms]$ は R_0 と同じく Kendon の研究からの引用である。それによると、14 人のアイコンタクト持続時間の平均値が約 1 秒、10 人の凝視持続時間の平均値が約 2 秒であったと報告されている [2]。

ここで、視線パラメータ L はアイコンタクトではなく一方的な凝視の持続時間であるにもかかわらず、アイコンタクトの平均的な持続時間 $1000[ms]$ を L の基準値 L_0 として採用した。これは予備検討の結果、平均的な凝視持続時間 $2000[ms]$ はエージェントがユーザを凝視する時間が非常に長いと感じられたためである。この原因としては、以下の実験では被験者は擬人化エージェントの印象を評定するために常にエージェントを凝視しており、エージェント側が凝視すれば必ずアイコンタクトが成立するためであると考えられる。

非凝視時視線位置: $\mathcal{P} \subset \{(x, y) | -\infty \leq x, y \leq \infty\}$ 基準値 $\mathcal{P}_0$ はユーザの顔及びその周辺を均等に見ることに相当する。 $\mathcal{P}_H, \mathcal{P}_L, \mathcal{P}_R$ はそれぞれユーザの顔の上、下、右を見ることに相当する。なお、ここでは擬人化エージェントがユーザの顔の右を主に見た場合と、左を見た場合の間に有意な印象の差は生じないと仮定している。

5 印象評価実験

5.1 実験の目的

本章で紹介する実験の目的は、視線パラメータ $(R, L, \mathcal{P})$ に基づいて生成された視線パターンから受ける印象を調べることである。視線パラメータの値を先に述べたように各々3から4段階に変化させて調べることで、各視線パラメータと印象の関係を明らかにする。

5.2 印象の測定方法

本実験では、視線パラメータを変化させて生成した視線パターンに従って視線を動かしている擬人化エージェントの映像を被験者に提示し、そこから受ける印象を7段階のSD法 (Semantic Differential Method) によって回答するように指示した。回答の方法は、図3の

図 3 質問紙

ような質問紙の形容詞対のどちらにどの程度合致するかを判断してマークするというものである。用いた形容詞対は以下の通りである。

社会的な-内向的な, 思いやりのある-思いやりのない, 自信のある-自信のない, 協調性のある-協調性のない, あたたかい-つめたい, 強い-弱い, 責任感強い-無責任な, 心の広い-心の狭い, 成功した-成功していない, 心遣いの出来る-心遣いの出来ない, 魅力のある-魅力のない, 注意深い-不注意な, 付き合いやすい-付き合いにくい, 誠実な-不誠実な, 丁寧な-高慢な, 親密な-疎遠な, 柔軟な-頑固な, 友人になりたい-友人になりたくない, こちらに興味がある-興味がない, 怠惰な-勤勉な

従って、被験者がある視線パターンから受けた印象は、各次元7段階の20次元ベクトルとして表現される。

5.3 仮説

本実験では、過去の心理学的研究及び我々が過去に行なった研究を基に視線パラメータと印象の關係に関する仮説を設け、それを検証することで、両者の関係を明らかにすることを目指した。ここでは、それら仮説について述べる。

凝視量: $R [-]$ 4.1 節で述べたとおり、凝視量に関しては多くの先行研究がある。先述の Cook と Smith の研究 [3] においては、対話相手 (サクラ) の凝視量が中程度の時に、被験者がサクラを「好き」とであると評定する程度が最も高かった。また、凝視量が大きいほど、サクラの「潜在力」に関する印象が高かったことも報告されている。これらの実験は人と人のコミュニケーションの場合であるが、人とエージェントを用いた我々の実験においても同様の傾向が確認されている [12]。「好き」「潜在力」に類似の意味を持つ印象の評定項目を 5.2 節のリストから選び、次の仮説を設けた。

仮説 1: 凝視量 (R) が中程度の時、「親密な」「友人になりたい」などの印象の評定が最も高い
 $R = R_0$ のときにこれらの評定が最高で、他の値 R_-, R_+, R_{++} のときに評定が有意に低ければこの仮説が支持されたとする。

仮説 2: 凝視量 (R) と「強い」「自信のある」などの印象の評定は正の相関を持つ
これらの印象の評定値が R_-, R_0, R_+, R_{++} の順に有意に高くなればこの仮説が支持されたとする。

凝視持続時間 : L [ms] この視線パラメータを小さくすると「目をキョロキョロさせる」という視線パターンが表現される．前述の Waxer の研究によるとこれは不安を表す視線である [4]．先述の我々の研究では，故意に目をキョロキョロさせて測定した人間の視線を擬人化エージェントに実装し印象を評価したところ，「強い」「自信のある」などの印象が低いという結果が得られた．これらのことから，

仮説 3 : 凝視持続時間 (L) が小さい場合，「強い」「自信のある」などの印象の評定が低い

L_+ のときのこれらの印象の評定が， L_0 よりも有意に低い場合，この仮説は支持される．

非凝視時視線位置 : $\mathcal{P} \subset \{(x, y) | -\infty \leq x, y \leq \infty\}$ 既出の我々の研究において，ある人物が故意にうつむき加減で喋っているときの視線を擬人化エージェントに実装したときに受ける印象は，同様に故意に上や横を見ているときの視線に比べて，「暖かい」「親しみ易い」といった側面では高い評価を得，「強い」「自信のある」といった側面では低い評価を得た．これらのことから，

仮説 4 : 相手の顔より低い所を見る視線パターン ($\mathcal{P} = \mathcal{P}_L$) は，「暖かい」「親しみ易い」などの印象に高い評定を得る．

$\mathcal{P}_L$ に対するこれらの印象の評定が， $\mathcal{P}_0$ より高ければ支持される．

仮説 5 : 相手の顔より低い所を見る視線パターン ($\mathcal{P} = \mathcal{P}_L$) は，「強い」「自信のある」などの印象に低い評定を得る

$\mathcal{P}_L$ に対するこれらの印象の評定が， $\mathcal{P}_0$ より低ければ支持される．

5.4 実験の方法

被験者 被験者は男性 6 人女性 7 人の 13 人である．年齢は 20 代～30 代である．実験終了後，被験者には実験とその準備にかかった時間に応じて謝礼を支払った．

提示映像 本研究では，視線だけで伝わる印象を調べることが目的である．そのため，被験者に提示された映像は，図 4 に示すような眼球のみから成る擬人化エージェントが視線移動モデルによって眼球を動かしているものである．再生時間は約 60 秒である．

映像と合わせて擬人化エージェントとユーザの会話の音声も提示される．会話の内容はユーザが目的地までの電車の乗り継ぎ方をエージェントに尋ねる，一問一答形式の会話であり，会話の内容によって特定の強い印象を被験者に感じさせるものではない．エージェントの音声は合成音声，ユーザの音声は実験実施者の録音音声である．音声で提示される会話を実際にエージェントと行っていると想定して印象を評価するよう，被験者には教示した．

実験条件 本実験では視線パラメータ $R, L, \mathcal{P}$ の値をそれぞれ 4 種類，3 種類，4 種類に振って印象を測定した．しかし，パラメータの全ての組合せについて行うと実験条件数が多くなり，実験の実施が困難であった

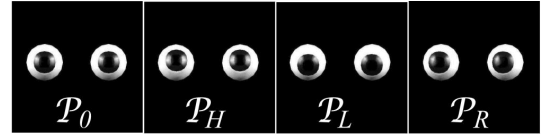


図 4 実験用擬人化エージェント

ため，本実験では各パラメータの主効果のみを調べることにした．即ち，同時に 2 種類以上のパラメータの値を操作することはせず，2 種類は基準値に固定し，残りの視線パラメータの値のみを変化させた．従って，実験条件は 9 種類であった．

手順 各測定試行において，被験者にはまず基準となる映像を提示した．これは既に述べたとおり，全ての視線パラメータを平均的な値に設定したときの視線パターンを示す擬人化エージェントの映像である．被験者には基準映像中の視線パターンが平均的なものであると伝え，次に提示される映像の視線パターンを観察して印象を評価するように指示した．基準映像と評価用映像が提示された後に被験者は質問紙に受けた印象を記入した．

実験条件 9 種類に対する試行に加え，初期の学習効果を取り除くために無作為に選んだ 3 つの条件に対しても測定を実施したため，各被験者に対して合計 12 回の試行を行った．

5.5 実験結果

上記の実験の結果，9 種類の視線パターンの印象が 13 人の被験者から測定された．各測定値は，前述の印象を表す形容詞対 20 項目に対する 7 段階の評定値から成る．このデータに対し因子分析を行った結果が表 2 である．

因子分析の結果，3 種類の主因子が抽出された．因子 1 は「親しみ易い」「寛容な」「親密な」といった印象と相関が高い．因子 2 は「強い」「自信のある」「成功した」などと相関が高い．過去の研究において印象の主要な評価尺度は，「友好的」(“friendliness”)，「支配的」(“dominant”) であると言われている [5]．因子 1，2 は各々「友好的」「支配的」に近い意味を持つと考えられるため，これらを因子の解釈として採用する．

これにより，各実験条件下で測定された 20 次元の印象評定値が，3 次元の因子得点として表現された．全被験者について平均を取った因子得点を図 5, 6 に示す．また，条件間での因子得点に有意差が存在した視線パラメータの値の組を表 3 に挙げる．表中の表記 $X_i - X_j$ は視線パラメータ値 X_i と X_j に対する因子得点の間に有意な差があったことを示している．

6 考察

6.1 仮説の検証

図 5, 6 と表 3 を用いて仮説を検証していく．これらの仮説が支持されれば他の研究や我々の過去の研究で

表 2 主因子と相関の高い形容詞

因子 (寄与率)	形容詞 (相関係数)
因子 1 (29%) 「友好的」	付き合い易い (0.82), あたたかい (0.77), 友人になりたい (0.75), 親密な (0.73), 心の広い (0.67), 柔軟な (0.58), 協調性のある (0.56)
因子 2 (24%) 「支配的」	自信のある (0.84), 強い (0.83), 成功した (0.70), 責任感がある (0.61), 注意深い (0.59), 勤勉な (0.48)

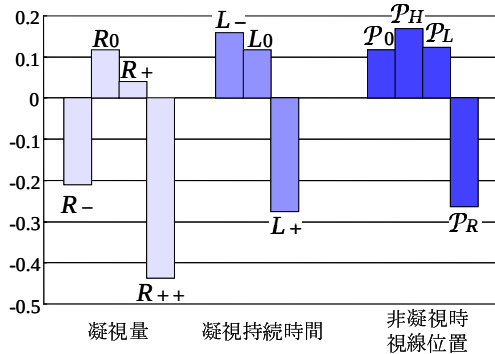


図 5 因子得点 (第 1 因子)

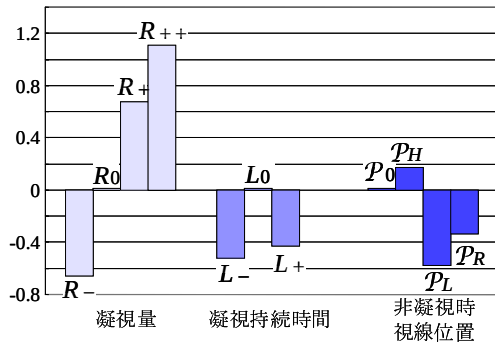


図 6 因子得点 (第 2 因子)

示唆された内容が確認されたことになり、仮説に述べた視線パラメータと印象の関係は、一般性を有するものであると結論付けられる。

各々の仮説は、質問紙上の印象に関する個別の形容詞を用いて既述されているが、以下ではそれらを最も相関の高い因子に置き換えて議論する。 $F_i(X=x)$ は視線パラメータ X の値が x であるときの第 i 因子の因子得点を表す。

仮説 1: 凝視量 (R) が中程度の時、「親密な」「友人になりたい」などの印象の評定が最も高い

図 5 において大小関係 $F_1(R=R_0) > F_1(R=R_-)$ 及び $F_1(R=R_0) > F_1(R=R_{++})$ には有意な差があると確認されている。この結果から仮説 1 は支持される。また、この仮説の「中程度」の凝視量とは $R_0 = 0.5$ 付近の値であると考えられる。

仮説 2: 凝視量 (R) と「強い」「自信のある」などの印象の評定は正の相関を持つ

表 3 因子得点の有意差検定の結果

	視線パラメータ		
	R	L	P
因子 1 (友好的)	$R_- - R_0$ $^\dagger R_0 - R_{++}$		
因子 2 (支配的)	$R_- - R_0$ $^\dagger R_- - R_+$ $^\dagger R_- - R_{++}$ $^\dagger R_0 - R_+$ $^\dagger R_0 - R_{++}$	$^\dagger L_- - L_0$ $L_0 - L_+$	$^\dagger P_0 - P_L$ $^\dagger P_H - P_L$ $P_H - P_R$ $^\dagger P_L - P_R$

$^\dagger: p < 0.01$, その他: $p < 0.05$

$F_2(R=R_-) < F_2(R=R_0) < F_2(R=R_+)$ が確認された。また、 $F_2(R=R_+) < F_2(R=R_{++})$ の t 検定における p 値は、 $p = 0.06$ と有意水準 0.05 に近い値を示す。これらのことから、仮説 2 は支持される。

仮説 3: 凝視持続時間 (L) が小さい場合、「強い」「自信のある」などの印象の評定が低い

$F_2(L=L_-) < F_2(L=L_0)$ は確認された。よって仮説 3 は支持される。

仮説 4: 相手の顔より低い所を見る視線パターン ($P = P_L$) は、「暖かい」「親しみ易い」などの印象に高い評定を得る。

$F_1(P=P_L) \neq F_1(P=P_0)$ は確認されなかった。よって仮説 4 は棄却される。我々の先行研究 [12] の中で、非凝視時視線位置 P が上記の印象に与える効果は凝視量 R の値に依存することを示唆する結果も得られており、仮説 4 については、視線パラメータ間の交互作用などより詳細な検討を要する。

仮説 5: 相手の顔より低い所を見る視線パターン ($P = P_L$) は、「強い」「自信のある」などの印象に低い評定を得る

$F_2(P=P_L) < F_2(P=P_0)$ が確認されており、仮説 5 は支持される。

6.2 視線パラメータによる印象の操作

以上述べてきた本実験の結果から、視線パラメータを適切に制御するだけで、非常に単純なデザインの擬人化エージェントでも、ユーザが感じる印象を操作できることが明らかになった。

本実験の結果はさらに、印象操作のための視線パラメータ制御の指針も示している。それらを表 4 にまとめた。表 4 の中で、+ と - はそれぞれ、視線パラメータ (R または L) を基準値 (R_0 または L_0) より増やす、減らすに相当する。視線パラメータ P の列にある記号は 4.3 節に示したとおりである。 $\nearrow$ と $\searrow$ は各因子と正の相関のある印象の評定を上げる、下げるに相当し、各行は対応する印象評定操作のための視線パラメータ制御方法を示している。 ‡ は過去の研究の示唆を本実験で仮説として検証し、支持されたもの、その他は本実験で新たに確認されたものである。

‡ の付された指針は繰り返して確認されており、再現性が認められる。それ以外は、さらに実験を繰り返すこ

表 4 印象操作のための視線パラメータ制御指針

		視線パラメータ		
		R	L	P
因子 1 (友好的)	↗			
	↘	$+^{\dagger}/-^{\dagger}$		
因子 2 (支配的)	↗	$+^{\dagger}$		
	↘	$-^{\dagger}$	$+^{\dagger}/-$	$P_L^{\dagger}$

とでその再現性を確認する必要がある。また、因子 1 の評定を上げるための指針など、視線による印象操作方法の表現能力を広げるための検討も今後必要である。

6.3 印象の尺度

表 4 で示した視線制御の指針には、印象の因子と視線パラメータが増減で表され、具体的な値は記されていない。これは、視線パラメータは完全に定量化された値は一意に決めることができるが、印象の評定が完全には定量化できていないためである。即ち、本研究で用いた SD 法のような印象評価法では、結果として得られる印象評定値は順序尺度であり、ある印象因子上での視線パラメータの大小関係しか議論できないためである。これは、印象のような感性量を扱う研究にとって本質的な問題である。視線から受ける印象を表す比例尺度を、その値が一般的に解釈可能な形で構成できないか、現在検討中である。

6.4 視線以外の要因の影響

本稿では視線の動きだけで印象を操作するための方法について述べてきたが、実際には、表情、発言内容、エージェントのデザインなど、様々な要因が印象に影響すると考えられる。我々はこの点に関する検討も行っており、前出の研究 [12] では、エージェントの顔のデザインを 2 種類に変化させ、9 種類の視線パターンについて印象を測定した。その結果、視線パターンから受ける印象の評定値 (被験者平均) の大小関係は、2 種類の顔の間で変化しなかったことが確認されている。この結果は、エージェントの顔そのものが持つ印象が変化した際にも表 4 に示した印象の操作方法が有効であることを示唆するものである。

7 結論

本稿では、擬人化エージェントの視線によってユーザがエージェントから受ける印象を操作する方法を提案した。印象に影響を与え得ると考えられる視線に関する統計量である視線パラメータ (凝視量, 凝視持続時間, 非凝視時視線位置) を選び出し、それに従って多様な視線を出力する視線移動モデルを作成した。過去の研究を基に、視線パラメータと印象の関係を仮説立て、被験者による主観評価実験を行い、仮説の検証を行った。実験の結果、視線のみによってユーザが擬人化エージェントから受ける印象を操作し得ることが示され、また、

ユーザが受ける印象を操作するための視線パラメータの制御指針が得られた。

謝辞 日頃よりご指導頂いている、NTTコミュニケーション科学基礎研究所 石井健一郎所長、同研究所メディア情報研究部 村瀬洋部長、並びに所員の皆様に感謝致します。本論文について貴重なコメントを頂いた査読者の方々に深謝致します。

参考文献

- [1] Patterson, M.L., “Nonverbal Behavior: A functional perspective”, Springer-Verlag New York, 1983
- [2] Kendon, A., “Some Functions of Gaze-direction in Social Interaction”, *Acta Psychologica*, vol.26, pp.22-63, 1967
- [3] Cook, M., Smith, M.C., “The Role of Gaze in Impression Formation”, *Br. J. Clin. Psych.*, vol. 14, pp.19-25, 1975
- [4] Waxer, P., “Nonverbal Cues for Anxiety: An examination of emotional leakage”, *J. Abnormal Psych.*, vol.86, pp.306-314, 1977
- [5] Reeves, B., Nass, C., “The Media Equation”, Cambridge University Press, 1996
- [6] Bickmore, T. and Cassell, J., “Relational Agents: A Model and Implementation of Building User Trust”, *Proc. CHI2001*, pp.396-403, 2001
- [7] Takeuchi, Y., Katagiri, Y., and Takahashi, T., “Learning Enhancement in Web Contents through Inter-Agent Interaction”, *Proc. INTERACT2001*, pp.480-487, 2001
- [8] Vertegaal, R., Slagter, R., Veer, G.v.d., and Nijholt, A., “Eye Gaze Patterns in Conversations: There is More to Conversational Agents Than Meets the Eyes”, *Proc. CHI2001*, pp. 301-308, 2001
- [9] Colburn, A., Cohen, M.F., and Drucker, S.M., “The Role of Eye Gaze in Avatar Mediated Conversational Interfaces”, *Report MSR-TR-2000-81*, Microsoft Research, 2000
- [10] 帆足 啓一郎, 横山 真男, 荒井 大輔, 安藤 義範, 白井 克彦, “人間型対話ロボットにおける非言語情報の役割”, 情処研報, 97-SLP-15-11, pp.67-73, 1997
- [11] Argyle, M., Dean, J., “Eye-Contact, Distance and Affiliation”, *Sociometry*, vol.28, pp289-304, 1965
- [12] Fukayama, A., Sawaki, M., Ohno, T., Murase, H., Hagita, N., and Mukawa, N., “Expressing Personality of Interface Agents by Gaze”, *Proc. INTERACT2001*, pp.793-794, 2001