

## 推薦論文

## 擬人化エージェントの印象操作のための視線制御方法

深山 篤<sup>†</sup> 大野 健彦<sup>†</sup> 武川 直樹<sup>†</sup>  
澤木 美奈子<sup>†</sup> 萩田 紀博<sup>†</sup>

本論文では、ユーザに伝わる印象を操作するための、擬人化エージェントの視線制御方法を提案する。人の視線と印象に関する従来研究をもとに印象伝達に関連する3種類の視線パラメータを選び、その値に従ってエージェントの視線を出力する視線移動モデルを構築した。これを実際にエージェントに組み込んで主観評価実験を行った結果から、本視線制御方法を用いることによって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。

## Gaze Control Method for Impression Management of Interface Agents

ATSUSHI FUKAYAMA,<sup>†</sup> TAKEHIKO OHNO,<sup>†</sup> NAOKI MUKAWA,<sup>†</sup>  
MINAKO SAWAKI<sup>†</sup> and NORIHIRO HAGITA<sup>†</sup>

We propose a method to control gaze of anthropomorphic interface agents that manage users' impressions of the agents. 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 our proposed method enabled the agent to control the subjects' impressions by only its gaze.

## 1. はじめに

本論文では、ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI: Human-Computer Interaction) における視線情報の新たな用途として、擬人化エージェントの視線による印象操作を提案する。そのための視線制御方法を提案し、本方法を実装した擬人化エージェントを用いて行った印象評価実験の結果を示す。実験結果から、本方法により擬人化エージェントからユーザが受ける印象を操作することが可能であることを示す。

近年、HCIの研究分野において、視線が注目を浴びつつある。「目は口ほどにものを言い」といわれるように、コミュニケーションにおいて視線が重要であることは経験的に理解されており、HCIにおける利用価値も高いと期待される。

まず、人同士のコミュニケーションにおける視線の

機能、HCIにおける視線の応用について整理する。

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”)、会話における発話権の授受を調整する「調整機能」(“regulatory function”)、その他の情報を相手に伝達する「表現機能」(“expressive function”)がある<sup>1)</sup>。視線の監視機能の応用としては、ユーザのしている位置を検出しポインティング手段に用いる研究<sup>2),3)</sup>があげられる。また、調整機能に着目したのものとして、Vertegaalらは複数人対話において視線から話者とその話しかけている相手を認識する研究を行っている<sup>4)</sup>。擬人化エージェントやロボットの視線に調整機能を実装することでユーザとの円滑な対話を目指した研究も見られる<sup>5),6)</sup>。

一方、表現機能についてはHCIへの応用は見られないものの、人のコミュニケーションにおいてこの機能を調べた研究は多く行われている。たとえば、相手を見つめる時間の割合(凝視量)がその人物の力量や好悪の印象に影響するとするCookらおよびArgyleら

<sup>†</sup> 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation  
現在、ATR メディア情報科学研究所  
Presently with ATR Media Information Science Laboratories

本論文の内容は2002年3月のインタラクション2002シンポジウムにて報告され、シンポジウムプログラム委員長により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

の研究<sup>7),8)</sup>,好悪の印象に凝視量と発言の親和性の交互作用が見られるとする Ellsworth らの研究<sup>9)</sup>,キョロキョロしたり目を伏せたりすると不安そうに見えるとする Waxer の研究<sup>10)</sup> などがある.このように,視線はそれを表出した人物に対する印象形成に深く関わっている.

我々は,ユーザがコンピュータに対していただく印象がユーザの行動を左右するという仮説(2章)のもと,HCIにおける視線情報の新たな利用方法を提案するという観点から,視線で伝達される印象のモデル化に取り組んでいる.

以下,2章ではHCIにおける印象の重要性として印象操作の概念を述べる.3章では視線による印象操作について本論文のアプローチと提案手法について述べる.4章では提案手法の詳細,5章で同手法を用いた主観評価実験について述べる.6章では実験結果の考察から視線による印象伝達の可能性と残された課題を明らかにする.最後に7章で本論文の結論を示す.

## 2. 印象の役割と重要性

本章では,人同士のコミュニケーションにおいて印象が果たしている役割をまとめ,適切な印象を相手に伝達する「印象操作」が重要であることを述べる.さらに,HCIにおける印象の重要性と有効性について述べる.なお,本研究において印象とは,ある人物に関する個性(外向的,あたたかい,など)の予測や好悪・善悪などに関する評価から成る,対象人物の心的イメージと定義とする.

### 2.1 行動決定要因としての印象

自分が他者に対して感じた印象がその人物に対する行動を決定する1つの要因になっていることは,経験として多くが感じていることであろう.

このことを最もよく表している場面の1つに就職面接がある.自分が面接者になって就職面接をしている場面を想像してみる.ある求職者はまっすぐこちらを見て話しており,別の求職者は自身の足下ばかりを見て話している.話の内容や声の大きさなど他の条件がまったく同じであったとすると,前者からはより積極的で力強い印象を受け,後者からはその逆の印象を受けるであろう.その結果,前者の方がより採用されやすいということになる.したがってこの例では,求職者から感じた印象が,採用という面接者の行動に影響しているといえる.

これを実験により確かめるため,Imadaらは仮想的な就職面接状況において面接者の方をよく見て顔を多く行った被験者と,それらの行動をあまり行わな

かった被験者を比較した<sup>11)</sup>.その結果,前者の被験者群の方が面接者に好ましくかつ有能であるという印象を与え,より適任であると評価されたと報告している.

### 2.2 印象操作

多くの場合,自分の行動が相手にどのような印象を与えているかを意識することはない.しかし,上の例のように相手に対して潜在的な意図を持っている場合,自分自身の行動や外見を意図的に制御することで相手が自分に対していただく印象を操作し,相手の行動や態度を意図に沿った方向へ変化させようと試みる必要がある<sup>12)</sup>.これを本論文では「印象操作」と呼ぶ.

就職面接の例で面接者の方を見て話していた求職者は,意識的にそれを行っているということは十分にありうる.採用してほしいという意図を達成するためには,積極的な人物であるという印象を面接者に与えることが有効であると考え,視線行動を意図的に制御するわけである.

このように,自分の発する印象を操作することで相手の行動を意図的に左右できる可能性がある.これが,我々が印象伝達の問題が重要であると考えられる理由である.

### 2.3 HCIにおける印象操作の重要性

本節では,人のコミュニケーションにおける情報伝達を整理し,それをもとにHCIにおける印象操作の重要性を述べる.

印象操作の観点から人のコミュニケーションにおける情報伝達をその目的によって整理すると,2種類の情報が平行してやりとりされていると解釈できる.1つは相手にその情報を知らせること自体が目的の明示的情報伝達である.就職面接の例において面接者の質問に答えて自分の職歴などの情報を伝えることがこれにあたる.もう1つが自分の潜在的な意図を達成するために必要な印象を伝える情報伝達である(2.2節).

このような観点に立ってHCIの現状を考えてみると,両者の間の情報伝達は,その伝達方法が言語的であれ非言語的であれ,前者の明示的情報伝達に焦点が当てられている.いい換えると,システムの状態,ユーザからのコマンドおよびそれに対する応答など,何らかの作業を行うために必要な情報を相手に伝えること自体が,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場合は,このような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,ユーザの行動決定に積極的に関与する場面,たとえば,商品の販売やコンサルタントなどに適用された場合,ユーザに対してコンピュータ側(運用者,

設計者など)が持っている潜在的な意図を達成するために、印象操作の概念が重要になってくる。たとえば、商品販売やコンサルタントでは誠実そうな印象を与えることがコンピュータの動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わけではなく、コンピュータ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。

このような観点から、我々はコンピュータからユーザが感じる印象を操作することが重要であると考える。

#### 2.4 コンピュータによる印象操作の有効性

前節において HCI における印象操作の重要性を述べたが、有効性については疑問が残る。そもそもコンピュータから対人的な印象を受けることがあるのか、また、受けた印象によってユーザの行動は変化しうるのであるか？ この疑問に対して我々は、HCI においてもコンピュータによる印象操作がユーザ行動に影響するという同様の枠組みが成り立つと仮定している。

その有力な根拠として、Reeves らの Media Equation<sup>13)</sup> に関する一連の研究がある。その中で彼らは、人間はコンピュータプログラムやイラスト上の人物に対して、無意識のうちに対人的な反応をすることがあるということを示している。さらに、人がコンピュータから受ける印象についても調べられており、ユーザがコンピュータから対人的な印象を感じることで、ユーザは自分と印象が似ているコンピュータを好むことなどをあげている。

また近年、擬人化エージェントを用いることで人同士のコミュニケーションの枠組みを HCI に応用する研究が多く行われている。Bickmore らは、初対面の人同士が行う世間話の効果に着目し、タスク(不動産紹介)に先立って世間話から会話を始める擬人化エージェントを提案し、ユーザの信頼感が有意に向上することを示した<sup>14)</sup>。Nass らは個性が類似した者同士は親密さを覚えるという知見を、書籍購入 WWW サイトにおける書評朗読というタスクに応用した<sup>15)</sup>。外向的および内向的な個性を象徴する 2 種類の声質を用意し、ユーザ自身の外向性/内向性との一致による効果を調べた。その結果、個性が一致する声質から魅力的で信用できるという印象を受け、本を購入する確率が高まったと報告している。

擬人化エージェントは外見やコミュニケーション方法が人間に近いインタフェース形態である。したがって、Reeves らが示したユーザの無意識の対人的反応<sup>13)</sup>が誘発されやすく、人同士のコミュニケーションの枠組みが成り立ちやすくなると期待できる。我々もこれ

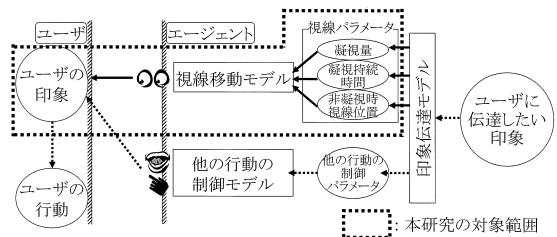


図 1 印象操作を行う擬人化エージェントの概念図

Fig. 1 Interface agent with impression management.

らの研究と同様、擬人化エージェントを用いることで、印象操作という人同士のコミュニケーションで得られた知見を HCI に実現することを目指している。

### 3. 視線による印象操作

#### 3.1 研究の方針

我々は、ユーザの行動決定に積極的に関与していく擬人化エージェントの実現を目指し、エージェントの行動を制御することによりユーザが感じる印象を操作することを現在の目標としている(図 1)。

これを実現するため、擬人化エージェントの行動とそこから誘発されるユーザの印象の間の関係を、定量的な形でモデル化するという方針を採用する。従来、擬人化エージェントがユーザに与える印象を扱うには、デザイナーの直観や経験に頼るしかなかった。ユーザの印象を定量的にモデル化することで、これを工学的問題として定義できるようになると期待できる。このことは、印象操作による効果を評価する際の実験統制といった面からも重要である。

#### 3.2 視線による印象操作の利点

印象の伝達手段は視線だけでなく、外見、仕草、顔の表情など視線のほかにも様々な候補が存在する。本節では、それらの中で視線を選んだ理由を述べる。まず最初にあげられるのは、1 章の文献(7)~(10)が示すように、印象伝達が視線の重要な機能の 1 つであるという点である。たとえば表情やジェスチャも強力なコミュニケーション手段である。しかし、その主な役割は一時的な情動や発話内容を補助する情報の伝達であるため、人物の印象よりそれらの情報のみが強く意識されてしまう可能性がある。

次に重要な点として、視線は数量化が容易であるということがあげられる。表情やジェスチャなどは自由度が高く定量的な定義が困難であるが、視線は各時刻にどこを見ているかを示す座標系列だけで一意に定義できる。

それに関連する実装上の利点として、擬人化エー

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、仕草や表情に比べて生成が容易である。これは、非常に単純なデザインのものから写実的なものまで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。

我々はこれらの利点から、視線による印象操作というアプローチが有効であると考える。

### 3.3 提案手法の概要

本節では視線による印象操作を行うための手法を述べる。まず、擬人化エージェントの視線を生成するための特徴量(「視線パラメータ」)を設ける。その際、人の視線と印象に関する従来研究に基づいて、印象に関連すると期待される視線の統計量を選び出す。次に、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。

手法の妥当性を検証するために、視線パラメータを変化させたときに被験者が受ける印象を調べる印象評価実験を行う。再現性を確認するために、人の視線と印象に関する従来研究およ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とる。また、実験に用いた擬人化エージェントは、純粹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ととする。

以上が本論文で報告する範囲である(図1)。さらに今後、望みの印象をユーザに伝達できるようにするには、ユーザに伝達すべき印象と視線パラメータの対応関係を詳細に調べ、モデル化しなければならない(「印象伝達モデル」)。

## 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

本研究では従来研究をもとに、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。以降の節ではそれぞれの意味および背景となる研究について述べる。なお、本論文では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見なす。ただし、凝視時でも視線は静止しているわけではなく、相手(本論文ではユーザ)の目の周辺の一定領域内で視線は停留と移動を繰り返しているものとする。また、停留中でも視線はたえず微少な運動を繰り返している。

#### 4.1.1 凝視量: $R$

凝視量( $R$ )は、全会話時間に対する相手を凝視していた時間の割合である。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らは実験協力者(サクラ)と被験者の会話において実験協力者の凝視量を変化させる実験を行い、被験者が実験協力者から受ける印象が変化することを確認した<sup>7)</sup>。具体的には、実験協力者の力量(“potency”)に関する印象と実験協力者の凝視量に正の相関が認められ、実験協力者を好きかどうか(“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、Argyleらは、人と人の中には両者の関係において適切な親密性のレベルがあり、それに合うようお互いが感じる親密さを調節するために凝視量や対人距離などを増減させているとする親密性のバランス理論を提唱した<sup>16)</sup>。

これらの理論に基づけば、自らの凝視量を変化させることで自分に対する力量や親密さの印象に影響を与えることができると期待される。

#### 4.1.2 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は精神病患者の様子を被験者に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<sup>10)</sup>。

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。

#### 4.1.3 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。4.1節で述べたとおり、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、非凝視時視線位置を1点ではなく広がりを持った領域として表現する。また、 $\mathcal{P}$ が2次元であるのは、後述のとお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次元平面上の座標で表現するためである(図2)。

非凝視時視線位置は、Waxerの研究における「目を伏せることが多い」などを表現するために採用した。「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。

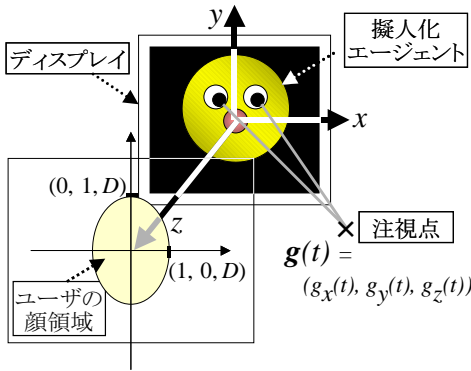


図 2 注視点座標系  
Fig. 2 Coordinates of gaze points.

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 次元座標系を仮定する。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。時刻  $t$  における注視点を、両眼の眼球中心と瞳孔中心を結ぶ直線が交わる点  $g(t) = (g_x(t), g_y(t), g_z(t))$  と定義すると、擬人化エージェントの視線は注視点の時系列として表現される。ただし、ユーザの顔位置は固定であると仮定し、顔表面は  $z = D (= 600 [mm])$  平面上に存在するものとしている。したがって、以下の議論では注視点を 2 次元ベクトル  $G(t) = (g_x(t), g_y(t))$  として表記する。また、顔の大きさの個人差に対応するため、 $x$  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あ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

視線パラメータに従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) 状態に相当する。状態遷移確率は以下のように定義される。

表 1 視線パラメータとその値  
Table 1 Gaze parameters and their values.

| 視線パラメータ             | 実験に使用した値   |
|---------------------|--|
| 凝視量：<br>$R$         | $R_- = 0.25, R_0 = 0.5,$<br>$R_+ = 0.75, R_{++} = 1.0$   |
| 凝視持続時間：<br>$L$ [ms] | $L_- = 500, L_0 = 1000,$<br>$L_+ = 2000$   |
| 非凝視時視線位置：<br>$P$    | $P_0 = \{(x, y)   -1.2 \leq x, y \leq 1.2\},$<br>$P_H = \{(x, y)   -1.0 \leq x \leq 1.0,$<br>$0.7 \leq y \leq 1.1\},$<br>$P_L = \{(x, y)   -1.0 \leq x \leq 1.0,$<br>$-0.9 \leq y \leq -1.3\},$<br>$P_R = \{(x, y)   -2.0 \leq x \leq -1.2,$<br>$-0.4 \leq y \leq 0.4\}$ |

$$p_{AG} = p_{GG} = R \tag{1}$$

$$p_{AA} = p_{GA} = 1 - R \tag{2}$$

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  $\tau$  [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。

$$\tau = (1 - R) \cdot L \tag{3}$$

出力は状態遷移の有無にかかわらず 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  $u(t)$  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  $\{(x, y) | -0.2 \leq x, y \leq 0.2\}$  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  $P$  である。

以上のように定義されるマルコフモデルの出力  $u(t)$  を  $G(t)$  として用いる ( $G(t) = u(t)$ ) ことで、視線パラメータ  $R, L, P$  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、5 章で示す印象評価実験で用いる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  $R_0, L_0, P_0$  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。

4.3.1 凝視量 ( $R$ ) の値

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<sup>1)</sup> 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。 $R_{++} = 1.0$  がつね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。

### 4.3.2 凝視持続時間 ( $L$ ) の値

基準値  $L_0 = 1,000$  [ms] と  $L_+ = 2,000$  [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<sup>1)</sup>．

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 1,000 [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 2,000 [ms] はエージェントがユーザを凝視する時間としては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つね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．

### 4.3.3 非凝視時視線位置 ( $P$ ) の値

実験で用いる  $P$  の値はすべて，表 1 に示すとおり矩形領域として表現する．基準値  $P_0$  はユーザの顔およびその周辺を均等に見ることに相当する． $P_H, P_L, P_R$  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ため，左を見る状態は除外している．

## 5. 印象評価実験

### 5.1 実験の目的

本実験の目的は，視線パラメータ ( $R, L, P$ ) 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，各視線パラメータを変化させて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 のような質問紙に記された形容詞対の，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に示す 20 種類である．したがって，被験者がある視線パターンから受けた印象の評定値は，各次元 7 段階の 20 次元ベクトルとして表現される．

社会的な-内向的な，魅力のある-魅力のない，思

図 3 質問紙

Fig. 3 Questionnaire.

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

### 5.3 仮説

本実験では，人の視線と印象に関する従来研究および我々が過去に行った研究を基に視線パラメータと印象の関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．

#### 5.3.1 凝視量 ( $R$ ) についての仮説

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．Cookらおよび Argyle らの研究<sup>7),8)</sup> においては，実験協力者 (サクラ) の凝視量が中程度のときに，被験者が実験協力者を「好き (“liking”)」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，実験協力者の「力量 (“potency”)」に関する印象が高かったことも報告されている．なお「好き」は「思いやりのある (“sympathetic”)」 「あたたかい (“warm”)」 「魅力のある (“attractive”)」 など 「力量」は「支配的 (“dominant”)」 「活発 (“active”)」 「自信のある (“self-confident”)」 など，互いに相関が高い印象評定の項目群をまとめた印象の因子である<sup>8)</sup>．我々は本研究においても同様の傾向が見られることを予想し，以下に示す仮説 1, 2 を立てた．

ただし，擬人化エージェントの視線で伝わる主要な印象を明らかにするため，本研究では Argyle らの研究やその他多くの対人印象研究と同様，印象に関する多数の項目 (5.2 節) の評定値を因子分析し，より一般化された概念として印象の因子を取り出す．したがっ

てそれら本研究の因子が従来研究の「好き」「力量」因子と一致することは保証されず、従来研究の結果と直接比較ができない。そこで、従来研究の印象評定項目と本研究で用いる項目(5.2節)の間で共通するもののみで仮説を記述した。共通する項目をとにも含む因子同士は類似の概念を表現するものと認め、共通項目を含む因子の傾向が仮説に従えば、仮説は支持されるという立場をとる。以下、他の視線パラメータに対する仮説でも同様である。

仮説 1: 「思いやりのある」「あたたかい」「魅力のある」の印象評定値は、凝視量( $R$ )が中程度のときに最も高い

$R = R_0$  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: 「自信のある」の印象評定値は、凝視量( $R$ )と正の相関を持つ

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。

### 5.3.2 凝視持続時間( $L$ )についての仮説

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<sup>10)</sup>。過去の我々の研究では、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、「有能さ」因子(「強い」「自信がある」などの印象評定値と相関が高い)が低いという結果が得られた<sup>17)</sup>。これらのことから、

仮説 3: 「強い」「自信のある」の印象評定値は、凝視持続時間( $L$ )が小さい場合に低くなる

$L_-$  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。

### 5.3.3 非凝視時視線位置( $P$ )についての仮説

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、「好ましさ」因子(「あたたかい」「親しみやすい」といった印象評定値と相関が高い)には高い評価を得、「有能さ」因子では低い評価を得た。これらのことから、

仮説 4: 「あたたかい」「親しみやすい」の印象評定値は、相手の顔より低い所を見る視線パターン( $P = P_L$ )のときに高くなる

$P_L$  に対するこれらの印象の評定が、 $P_0$  より高ければ支持される。

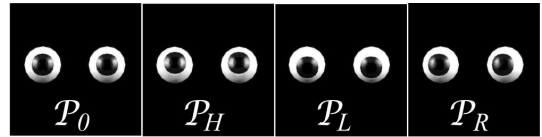


図 4 実験用擬人化エージェント

Fig. 4 Agents used for the experiment.

仮説 5: 「強い」「自信のある」の印象評定値は、相手の顔より低い所を見る視線パターン( $P = P_L$ )のときに低くなる

$P_L$  に対するこれらの印象の評定が、 $P_0$  より低ければ支持される。

## 5.4 実験方法

### 5.4.1 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。

### 5.4.2 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構成された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とした。擬人化エージェントの顔幅(両眼球領域の中心を通る直線を眼球の外側で切り取った線分の長さ)は約 20 cm、映像の再生時間は約 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た。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。

### 5.4.3 実験条件

本実験では視線パラメータ  $R$ ,  $L$ ,  $P$  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。パラメータのすべての組合せについて行くと実験条件数が多くなり、実験の実施が困難であったため、本実験では各パラメータの主効果のみを調べることとした。すなわち、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。したがって、実験条件は 9 種類であった。

### 5.4.4 手順

各試行において、被験者にはまず基準となる映像を

表 2 主因子と相関の高い形容詞  
Table 2 Adjectives related with common factors.

| 因子 (寄与率)            | 形容詞 (相関係数)   |
|---------------------|--|
| 因子 1 (29%)<br>「友好的」 | 付き合いやすい (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%)<br>「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)                     |

提示した。これはすでに述べたとおり、すべ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 9 条件の中から無作為に選んだ 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、2 種類の主因子が抽出された。因子 1 は「親しみやすい」「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」(“friendly”)「支配的」(“dominant”)であるといわれている<sup>13)</sup>。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、2 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とった因子得点を図 5、図 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 にあげる。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、図 6 と表 3 を用いて 5.3 節で示した仮説を検証する。仮説が支持されれば他の研究や我々の過去の研究で示唆された内容が再確認されたことになるた

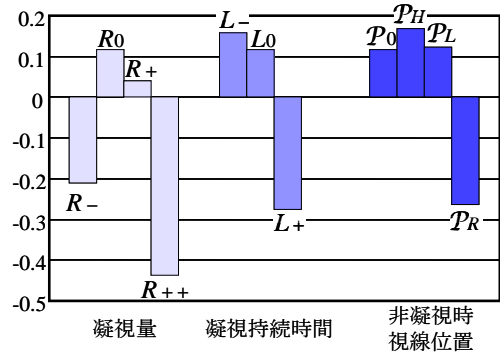


図 5 因子得点 (第 1 因子)  
Fig. 5 Factor score (primary factor).

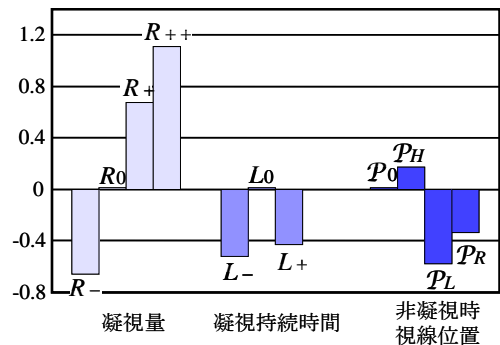


図 6 因子得点 (第 2 因子)  
Fig. 6 Factor score (secondary factor).

表 3 因子得点の有意差検定の結果  
Table 3 Significant difference among the factor scores.

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

$\dagger : p < 0.01$ , その他:  $p < 0.05$

め、その仮説で述べた視線パラメータと印象の関係は再現性を有していると結論付ける。

各々の仮説は、質問紙上の印象に関する個別の評定項目を用いて表されているが、以下ではそれらと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: 「思いやりのある」「あたたかい」「魅力のある」の印象評定値は、凝視量 ( $R$ ) が中程度の



ときに最も高い

図 5 において大小関係  $F_1(R = R_0) > F_1(R = R_-)$  および  $F_1(R = R_0) > F_1(R = R_{++})$  には有意な差があると確認された。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: 「自信のある」の印象評定値は、凝視量 ( $R$ ) と正の相関を持つ

$F_2(R = R_-) < F_2(R = R_0) < F_2(R = R_+)$  が確認された。また、 $F_2(R = R_+) < F_2(R = R_{++})$  では  $t$  検定における  $p$  値は  $p = 0.06$  であり、さらなる実験により確認する必要があるが、有意差の存在を示唆する結果となっている。これらのことから、仮説 2 は支持されると結論付けた。

仮説 3: 「強い」「自信のある」の印象評定値は、凝視持続時間 ( $L$ ) が小さい場合に低くなる

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

仮説 4: 「あたたかい」「親しみやすい」の印象評定値は、相手の顔より低い所を見る視線パターン ( $P = P_L$ ) のときに高くなる

$F_1(P = P_L) \neq F_1(P = P_0)$  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<sup>17)</sup>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: 「強い」「自信のある」の印象評定値は、相手の顔より低い所を見る視線パターン ( $P = P_L$ ) のときに低くなる

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

### 6.2 視線による印象操作の可能性

今回の実験結果は視線による印象操作の可能性を示している。その根拠として、まず、各々の視線パラメータを変化させた際に、有意に異なる印象が得られたことがあげられる(表 3)。これは、印象伝達のための視線移動モデル(4章)の妥当性を示している。また、各視線パラメータと印象の関係が人の視線に関する従来研究とほぼ一致したことから、多少の条件の変化に大きく左右されることなく再現性のある印象伝達が可能であることが期待できる。これらの結果から、本方法によって視線による印象操作が可能であることが示唆される。

表 4 印象操作のための視線パラメータ制御指針  
Table 4 Guidelines to control gaze parameters for impression management.

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

### 6.3 視線パラメータと印象の関係

実験結果から得られた印象操作のための視線パラメータの制御指針を表 4 に示す。表中、 $+$  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。↗ と ↘ 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。 $\ddagger$  は従来研究と一致する結果、その他は本実験で新たに確認された結果である。

$\ddagger$  の付された制御指針は従来研究との一致により再現性が認められる。それ以外についても本実験では有意な変化が認められたが、被験者数が必ずしも十分でないことなどから、さらに検討を要すると考える。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。

### 6.4 視線による印象操作のための課題

実験結果から、視線による印象操作の可能性を示したが、印象操作を実現するためにはまだ解決すべき課題が多く残されている。

#### 6.4.1 印象評定値の定量化

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。すなわち、本実験で用いた印象評価法では被験者によって評価基準が異なる。そのため、大小関係は保存されるが、異なる被験者から得られた印象評定値の間の比較は意味をなさない。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。印象評定値の基準となる視線パターンを固定的に設ける、などの対策が必要である。

#### 6.4.2 他の要因の影響評価

本論文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。そのため、他の要因が変動した際に、視線パラメータと印象の関係がまったく異なったものにならないか、評価する必要がある。我々はエージェントのデザインに関しての検討を行い、エージェントの顔のデザインを2種類に変化させた際に、任意の一对の視線パターンの印象評定値の間の大小関係は、顔デザインを変えても保存されていることを確認した<sup>17)</sup>。この結果は、エージェントの顔デザインが変化した際にも、表4に示した印象操作の指針が適用できる可能性があることを示すものである。

#### 6.4.3 ユーザ行動への影響評価

2章で述べたとおり、我々の研究はユーザの行動へ影響を与えることを目的としているため、その評価は必須である。また、今回のようなSD法を用いた印象評価では被験者にアンケートを書かせることで印象を顕在化している。したがって、アンケートがない実際の応用においてもユーザが何らかの印象を感じることを示すという意味からも、ユーザ行動への影響評価は重要である。与えられたタスクの中で被験者が行う選択行動に、擬人化エージェントの推奨やその他の行動がどのように影響するかを調べる実験設定が考えられる<sup>18)</sup>。今後、どのようなタスクが適切か検討する必要がある。

## 7. 結 論

本論文では、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。印象に影響を与えることが予想される視線に関する統計量を、視線パラメータ(凝視量,凝視持続時間,非凝視時視線位置)として選び出し、それに基づいた視線を出力する視線移動モデルを作成した。人の視線と印象に関する従来研究をもと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。その結果、ユーザの感じる印象に各視線パラメータが影響すること、観察された視線パラメータと印象の関係は従来研究と共通性を有することが確認された。これらの結果は、本手法を用いることで視線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可能であることを示している。

謝辞 日頃よりご指導いただいている、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、ならびに所員の皆様に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Kendon, A.: Some Functions of Gaze-direction in Social Interaction, *Acta Psychologica*, Vol.26, pp.22-63 (1967).
- 2) Jacob, R.J.K.: What You Look At Is What You Get: Eye Movement-Based Interaction Techniques, *Proc. CHI90*, pp.11-18 (1990).
- 3) Zhai, S., Morimoto, C. and Ihde, S.: Manual and Gaze Input Cascaded (MAGIC) Pointing, *Proc. CHI99*, pp.246-253 (1999).
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) 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, 情報処理学会研究報告, 97-SLP-15-11, pp.67-73 (1997).
- 7) Cook, M. and Smith, M.C.: The Role of Gaze in Impression Formation, *Br. J. Clin. Psych.*, Vol.14, pp.19-25 (1975).
- 8) Argyle, M., Lefebvre, L. and Cook, M.: The Meaning of Five Patterns of Gaze, *Eur. J. Soc. Psych.*, Vol.4, No.2, pp.125-136 (1974).
- 9) Ellsworth, P.C. and Carlsmith, J.M.: Effects of Eye Contact and Verbal Content on Affective Response to A Dyadic Interaction, *J. Personality and Soc. Psych.*, Vol.10, No.1, pp.15-20 (1968).
- 10) Waxer, P.: Nonverbal Cues for Anxiety: An examination of emotional leakage, *J. Abnormal Psych.*, Vol.86, pp.306-314 (1977).
- 11) Imada, A.S. and Hakel, M.D.: Influence of Nonverbal Communication and Rater Proximity on Impressions and Decisions in Simulated Employment Interviews, *J. Applied Psych.*, Vol.62, pp.295-300 (1977).
- 12) Patterson, M.L.: *Nonverbal Behavior: A functional perspective*, Springer-Verlag New York (1983).
- 13) Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation*, Cambridge University Press (1996).
- 14) Bickmore, T. and Cassell, J.: Relational Agents: A Model and Implementation of Building User Trust, *Proc. CHI2001*, pp.396-403 (2001).
- 15) Nass, C. and Kwan, M.L.: Does Computer-Generated Speech Manifest Personality? An

Experimental Test of Similarity-Attraction, *Proc. CHI2000*, pp.329-336 (2000).

- 16) Argyle, M. and Dean, J.: Eye-Contact, Distance and Affiliation, *Sociometry*, Vol.28, pp.289-304 (1965).
- 17) 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).
- 18) Shinozawa, K., Yamato, J., Naya, F. and Kogure, K.: Quantitative Evaluation of Effect of Embodied Conversational Agents on User Decisions, *Proc. HCI International 2001*, pp.998-1002 (2001).

(平成 14 年 4 月 22 日受付)

(平成 14 年 10 月 7 日採録)

## 推薦文

本論文は、インタラクション 2002 シンポジウムに投稿された 30 件の論文の中で、査読スコアが他論文より明らかに高かった論文である。論文の内容は以下のとおりである。擬人化エージェントの視線を制御することによりユーザへの印象を操作する方法を提案し、有効性を確認した。印象に関する過去の研究に基づいて視線の制御パラメータを 3 種類選び、それらの値を調整することでユーザに伝わる印象を操作している。これらパラメータと印象の関係について仮説を立て、SD 法に基づく主観評価実験を行った。実験結果から仮説を検証し、提案方法によりユーザへの印象が操作できることを示した。本論文は擬人化エージェントの設計にとって重要な結果を示しており、また今後のインタラクション研究に影響を与えうる提案を行っている。以上の査読者評価、および論文の重要性から、推薦論文に値するものと考えらる。

(インタラクション 2002 シンポジウムプログラム委員長 垂水 浩幸)



深山 篤 (正会員)

昭和 49 年生。平成 11 年京都大学大学院工学研究科修士課程(精密工学専攻)修了。同年日本電信電話(株)入社。現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所勤務。動画像

からの人物属性推定、人と人/人と擬人化エージェントの非言語的コミュニケーション、特に視線を介したコミュニケーションの分析・モデル化の研究に従事。ACM、電子情報通信学会各会員。



大野 健彦 (正会員)

昭和 44 年生。平成 6 年東京工業大学大学院理工学研究科情報科学専攻修士課程修了。同年日本電信電話(株)入社。現在 NTT コミュニケーション科学基礎研究所研究主任。視線

インタフェース、視線測定法、コミュニケーションの解明などの研究に従事。ACM、日本認知科学会各会員。



武川 直樹 (正会員)

昭和 49 年早稲田大学理工学部電子通信工学科卒業。昭和 51 年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現 NTT)入社。以来、画像符号化、画像処理、画像認識、

コンピュータビジョン、ロボットビジョンの研究開発に従事。平成 6 年~12 年(株)NTT データにおいて画像システムの研究開発に従事。平成 12 年より NTT。現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所環境理解研究グループリーダー。工学博士。IEEE、電子情報通信学会各会員。



澤木美奈子

昭和 42 年生。平成元年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。同年日本電信電話(株)入社。文字認識の研究に従事。現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所補佐担

当課長。電子情報通信学会、映像情報メディア学会各会員。



萩田 紀博 (正会員)

昭和 53 年慶應義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年、日本電信電話公社(現 NTT)入社。以来、文字・文書・画像認識、

コミュニケーション科学、インタラクション・メディア、コミュニケーション・ロボットの研究に従事。工学博士。現在、ATR メディア情報科学研究所長、ATR 知能ロボティクス研究所長。IEEE、電子情報通信学会、人工知能学会各会員。