

往来者の注意を喚起する ヴァーチャルヒューマン広告提示システム

森 博 志^{†1} 白 鳥 和 人^{†1} 星 野 准 一^{†1}

表示と通信にデジタル技術を活用した広告媒体であるデジタルサイネージは、近年パブリック空間の様々な場所で活用例を見ることができる。しかし、客の商品に対する注意や関心を喚起する機能は、人間の店員による能動的な働きかけによる宣伝活動と比較すると、いまだ十分ではないと考えられる。そこで本稿では、パブリック空間における往来者に対して能動的に注意喚起と情報提示を行うことができるヴァーチャルヒューマン広告提示システムを提案する。本システムでは、人の注意を引き付ける役割を持つ、人の非言語的コミュニケーションの要素に着目し、商品の説明を行うヴァーチャルヒューマンに注意を引き付けるうえで重要なコミュニケーション要素であるアイコンタクトと身体的距離に応じた接客行動を導入する。

The Digital Signage System Using Virtual Human for Getting Attention of Passersby

HIROSHI MORI,^{†1} KAZUHITO SHIRATORI^{†1}
and JUN'ICHI HOSHINO^{†1}

Recently, we can see the digital signage using the digital technology to display and to communicate in various places of the public space. However, the effect of a digital signage is lower than that of the propaganda in a potential interest rousing to the commodity by shop assistant. In this paper, we propose the digital signage system using virtual human for getting attention of passersby. In our proposed system, the virtual human presented on a large display gives an explanation according to mutual distance with the user to improve the user's attention and the concern.

^{†1} 筑波大学
University of Tsukuba

1. はじめに

ショッピングにおける広告は、消費者に対して情報を伝えるための重要な役割を果たしている。広告の提示方法として、より効果的、効率的に商品を宣伝する手段が求められており、近年では、紙媒体による広告だけでなくオンラインショッピングの普及やデジタルサイネージの活用など、宣伝手段には様々な変化が見られる。

表示と通信にデジタル技術を活用した広告媒体であるデジタルサイネージは、近年パブリック空間の様々な場所で活用例を見ることができる^{1),2)}。しかしながら、静止画から動画へと従来のメディア形式を変換して提示しているにすぎず、次世代の表現形態として飛躍するための新たな技術が求められている。たとえば、インタラクティブな動画の提示による広告は、「呼び込み」や「客寄せ」といった人間同士のコミュニケーションがともなう実際の宣伝活動と比較すると、客の商品に対する注意や関心を喚起する機能としていまだ不十分であると考えられる。

人同士のコミュニケーションがともなう宣伝活動の特徴として、非言語的コミュニケーションがともなう説明での顧客の注意喚起の存在をあげることができる。非言語的要素として、アイコンタクトや表情、身体的な距離、ジェスチャなどをあげることができる。その中でも、対象を定め、情報伝達の用意があることを知らせるアイコンタクトと適切なコミュニケーション内容を決定する身体的距離は、マーケティング分野で知られる消費者の顧客が商品を購入するまでに注意、関心、欲望、購買の段階を踏むといった購買行為に至るプロセスの初期の段階から影響を与える重要な要素になっている^{3),4)}。

そこで我々は、パブリック空間で行き交う往来者に対して能動的に注意喚起と情報提示を行うことができる、ヴァーチャルヒューマン広告提示システムを提案する。本システムでは、人の注意を引き付ける役割を持つ、人の非言語的コミュニケーションの要素に着目し、商品の説明を行うヴァーチャルヒューマンに注意を引き付けるうえで重要なコミュニケーション要素であるアイコンタクトと身体的距離に応じた接客行動を導入する。アイコンタクトによって、情報伝達の用意ができていることをユーザに伝えて、身体的距離に応じた接客行動によって説明を聞きに来てもらうように能動的に仕向ける点が特徴となっている。

以下、2章では従来研究について述べる。3章で提案システムの概要について述べた後、4章でカメラ画像からのユーザ距離の推定方法、5章でその距離に応じたヴァーチャルヒューマンの接客行動制御方法について述べる。6章で提案システムの有効性を確認するためにに行った実験結果について述べる。

2. 従来研究

店舗や交通機関、街頭、キャンパス、オフィスなどのパブリック空間に設置されたディスプレイに、広告や情報を提示するデジタルサイネージは、新たな広告媒体として普及が進んでいる。近年では、高精細度映像の大衆化や3D映像機器の普及の開始、スマートフォンをはじめとした高解像度ディスプレイの携帯型情報端末機器の普及など、多様な広告媒体基盤の増加と認知度の向上によって、映像広告として注目が集まっている。

近年では、時間によって異なる動画を放映するような大型ディスプレイによる情報提示にとどまらず、利用者情報を利用したデジタルサイネージが提案されている。Interactive Fliers⁵⁾は、システムが広閲覧者の接近を広告主に知らせることで宣伝を行う機能や、閲覧者が詳細情報を広告主に問い合わせる機能を持ち、消費者が興味のある商品情報の取得をやすくしている。次世代自販機⁶⁾はセンサによって年代や性別などの顧客情報や、季節や時間帯といった情報から大型ディスプレイに商品情報を提示し、商品の推薦や需要の喚起を行うシステムになっており、商品の販売も含めた導入事例となっている。ユビキタス情報提供システム⁷⁾や Suipo⁸⁾は携帯型情報端末を利用することで利用者自身が興味のある情報の詳細を取得することができる。また、ディスプレイへの情報提示だけでなく、利用者への情報提示インタフェースとしてロボットを利用する取り組みが行われている⁹⁾。身体性のある対話ロボットがユーザとの距離に応じて情報提供や案内を行う情報提供システムが提案されている^{10),11)}。

マーケティングの分野では、顧客の購買プロセスを示すモデルとして AIDA モデルが古くから知られている⁴⁾。AIDA モデルは販売意思決定プロセスを購買者の心理的な側面から示したものであり、注意 (Attention)、関心 (Interest)、欲望 (Desire) の段階を経て行為 (Action) として購買行動を行うものとしている。そこで、本研究では情報を提供する前段階の、まず広告に気づいて関心を持ってもらうという段階に着目した。そこで本稿では、顧客の注意や関心を向上させるために実際の間人同士のコミュニケーション心理に着目し、ヴァーチャルヒューマンを用いた情報提示システムを提案する。

人とのインタラクションを目的としたヴァーチャルヒューマン、アニメーション対話エージェントの初期研究では、実際の間人同士のコミュニケーションにおいて言葉以外の手段である非言語情報が互いの意思伝達に大きな役割を占めていることが知られており¹²⁾、人間の非言語情報を再現することで、ユーザに対してより効率的に情報を伝達することを目的としている。文献 13) では会話の中で最も強調される共通の箇所でジェスチャと発話が同

調するといった構造に着目し、適切で表現力のある会話動作を行わせている。ユーザの教育を目的とした教育エージェント Pedagogical Agent¹⁴⁾ は、人間のような行動をとまなびながら作業の説明を行い、ユーザの学習を手助けしている。移動しながら説明を行うエージェントとして提案されている Cosmo¹⁵⁾ は、仮想世界内に存在する情報をエージェントが移動しながら説明することで、エージェントの存在感を高めることを目指している。板垣らの研究ではエージェントが音や音声をともなって存在感を持つことで、ユーザとの親密性が増し、ユーザの理解を促すことができるということを示唆している¹⁶⁾。

このようなアニメーション対話エージェントを説明コンテンツに用いた取り組みは、ユーザがコンテンツにすでに注目し情報を取得する意思がある状態を前提にしているものがほとんどであり、コンテンツにユーザを注目させることを目的としていない。本研究では、コンテンツに注目し情報取得の準備が整う前の段階のユーザの注意や関心を促すプロセスを重視する。すなわち、提案システムでは、ヴァーチャルヒューマンを情報提示インタフェースとし人のコミュニケーション要素であるアイコンタクトと身体的距離に応じた接客行動を導入することで、いわゆる街頭における“実演販売”や“客寄せ”のように注意を喚起し、ユーザに広告に対して関心を持って近づいてきてもらい適応的な商品の説明を受けてもらうというプロセスが特徴的な点となっている。

3. ヴァーチャルヒューマン広告提示システムの概要

本システムでは、パブリック空間においてユーザの認識を行い、一定距離内のユーザに対してヴァーチャルヒューマンが、ユーザとの身体距離に応じた接客行動により、能動的に注意喚起と商品情報の説明を行う。

図 1 にシステムの概要を示す。本システムは、大画面スクリーンに仮想的な店舗の一角を表示し、3D 仮想物体としての商品と、スクリーン手前に陳列された実世界の商品の両者をシームレスに取り扱い、ヴァーチャルヒューマンがユーザの状況に対して適応的に注意喚起と商品説明をするシステムである。ユーザの状態およびスクリーン手前に陳列された商品は、スクリーン上部に設置されたカメラを用いて情報を取得する。

図 2 に本システムの処理プロセスを示す。大画面スクリーン上部に設置された 2 台のカメラによってユーザの状態とスクリーン手前に陳列された商品を認識する。カメラ画像から対象となるユーザを決定し、距離や立ち位置、停留時間に応じた接客行動制御を行う。ヴァーチャルヒューマンによる接客行動は大きく、アイコンタクトと、音声とジェスチャによる接客行動の 2 つに分けられ、それぞれ適応的に行動を出力することで、ユーザに注意喚起と情

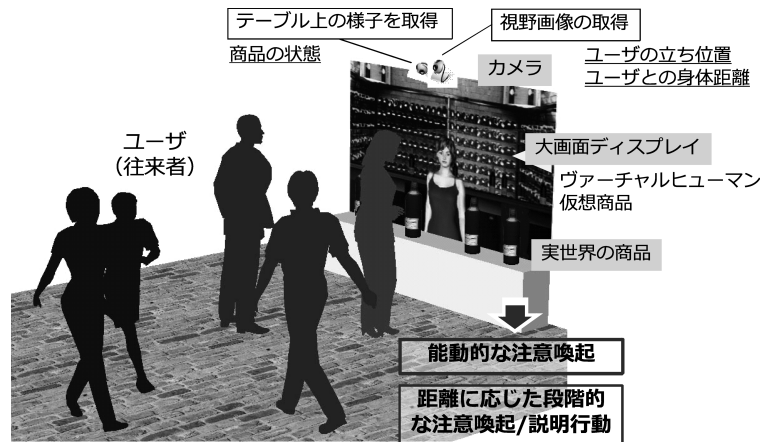


図1 ヴァーチャルヒューマン広告提示システム
Fig. 1 The digital signage system using virtual human.

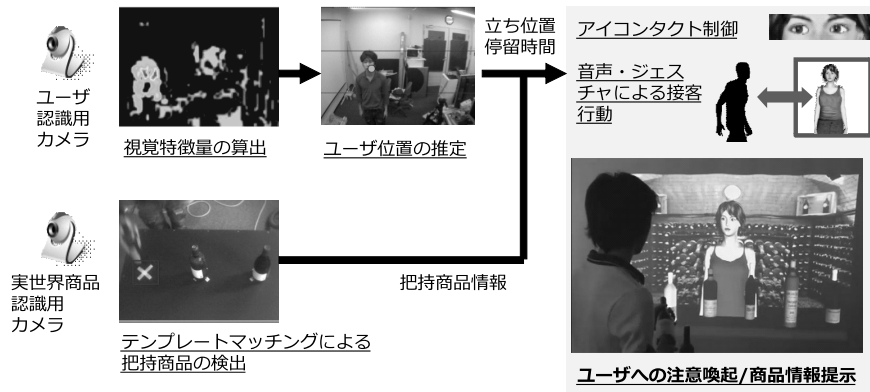


図2 処理の流れ
Fig. 2 The process flowchart.

報提示を行う。また、一般的に実世界のショッピングにおいて、顧客は興味のある商品を手にとって観察する傾向が見られる。そのため、本システムではユーザが商品を手にとった時点でその商品に興味があるものとして、テンプレートマッチングが成立した箇所に配置され

た実世界の商品について情報提示を行う。

4. カメラ画像を用いたユーザ距離の推定

4.1 身体距離に基づいたユーザ状態の分類

ヴァーチャルヒューマンは、パブリック空間における顧客の位置関係に応じて、適切に接客行動を行う必要がある。人の実店員の接客行動を見ても、顧客との相互距離に応じて接客行動が変化することが確認できる。

心理学、認知科学の分野では、従来から人同士の相互作用と距離についての多くの研究が行われている^{3),17)}。西出¹³⁾は人同士が会話を行う際の距離が会話状況から5つの領域に分類できるものとしている。

- 排他域—0.5m以下、会話などを行わない他人を入れたくない範囲
- 会話域—0.5m～1.5m、日常の会話が行われる範囲
- 近接域—1.5m～3m、しばらく会話をしないでいると居心地が悪くなる範囲
- 相互認識域—3m～20m、挨拶が発生する程度の範囲
- 識別域—20m～50m、相手が知人であってもほとんどかわりあいにならない範囲

このような人同士の空間的位置関係とコミュニケーションの関連性を擬人的ロボットに応用し、ロボットの振舞いを制御することで人との自然な相互作用を行うことを目的とした研究も見られる^{18),19)}。

ヴァーチャルヒューマンがユーザに対して、より違和感なく働きかけるためには、ユーザとの位置関係に応じた適切な振舞いが必要である。そこで先に述べた会話状況によって決定される5つの領域を基に、認識領域を3つに分割することで、近距離、中距離、遠距離に分類する(図3)。

相互距離に応じたユーザの状態を以下の3つに分類する。

- 説明対象者：近距離でショッピングキャラクタの説明を直接受けるユーザ
- 説明候補者：中距離で止まりシステムに注目しているユーザ
- 潜在的顧客：遠距離において通行しているユーザ

ただし、ヴァーチャルヒューマンの立ち位置は表示されているスクリーンから0.5m程度後方であるとしており、図3中の距離は仮想空間距離とスクリーンとユーザとの物理的距離の和を表している。

4.2 ユーザ特徴量の算出と注視点の選択

カメラから取得した視野画像からヴァーチャルヒューマンが視線を向けるべき対象となる

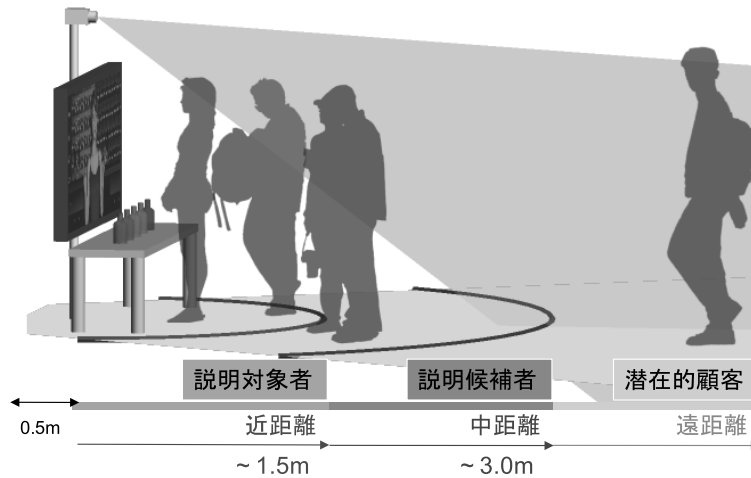


図3 距離に基づくユーザ状態の分類
Fig. 3 The state of user based on the distance.

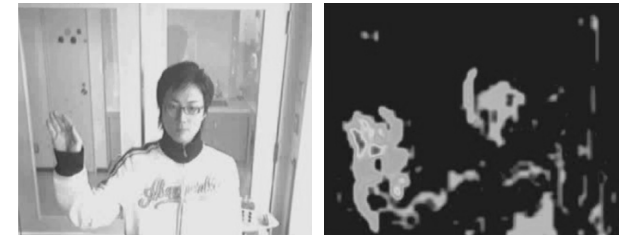
ユーザの位置を推定する。

視覚的な刺激量を定量化する手法については従来様々な議論がなされており, Ittiらは静止画像中に存在する物体の重要度を表す指標である顕著度を視覚処理アルゴリズムを用いて求め, 視線の移動は顕著度の大きい物体から順に行われるなど, 実際の人間の視線移動を予測できることを示している^{20),21)}。

本手法では従来の視覚探索で提案されているアルゴリズムを簡略化し, 色成分, 方向成分, 移動成分といった初期視覚過程において抽出される特徴をもとに視覚的特徴量を求める。

はじめにカメラから得られた画像をガウシアンピラミッドにより縮小, 平滑化を行う。次に画像中の各点における色相, 彩度, 明度の値, また色相, 彩度, 明度の各方向成分を計算し視覚的特徴量として計算する。また, ユーザへの視線移動を多く生成するために, 肌色成分 C_{skin} を抽出し色成分が肌色に近いほど特徴量が大きくなるように重みづけを行い, 以下の式により色相を求め閾値処理により肌色領域を検出する。

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{(G - B) + (G - R)}{\sqrt{(G - B)^2 + (G - R)(B - R)}} \right\} \quad (1)$$



(a) (b)

図4 視覚特徴マップ
Fig. 4 The visual feature map.

$$C_{skin}(m, n) = \begin{cases} 0 & (30 < H(m, n) < 360) \\ 1 & (0 \leq H(m, n) \leq 30) \end{cases} \quad (2)$$

これらの視覚的特徴成分を重み付けて足し合わせたものを, それぞれの視覚的特徴量 $V(m, n)$ とし, 以下の式で表す。

$$V(m, n) = \sum_{i=H,S,V,D} (w_i \cdot C_i(m, n)) + \sum_{i=H,S,V} (w_i \cdot O_i(m, n)) + w_{skin} \cdot C_{skin}(m, n) \quad (3)$$

図4(a)はカメラからリアルタイムで得られた画像, 図4(b)は視覚的フレーム間差分処理によって検出された移動領域と検出された肌色領域に重み付けをすることで得られた視覚的特徴量を表している。ただし, 青色ほど特徴量が小さく, 赤色に近づくほど特徴量が大きくなるものとして表示し, このマップを視覚的特徴マップとする。

4.3 カメラ画像を用いたユーザ状態の判別

4.1節で分類したユーザ状態は, スクリーン上部に設置したカメラから取得した視野画像を用いて判別を行う。カメラはスクリーン上部高さ $h_c = 210$ cm, 角度 $\theta_c = 45$ 度で下方斜め向きに設置した。

ここでユーザの位置の認識のための前処理として, カメラ画像上のユーザの顔領域の重心位置 $p_{camera} = [x_c, y_c]^T$ と, スクリーン前方のユーザの3次元位置 $p_{user} = [x_u, y_u, z_u]^T$ の対応関係を複数点サンプリングを行い変換行列 R を求める(図5)。ただし今回は $y_u = 160$ cm として変換行列 R を求めた。3次元位置とカメラ画像中の点の対応関係から, ユーザ領域

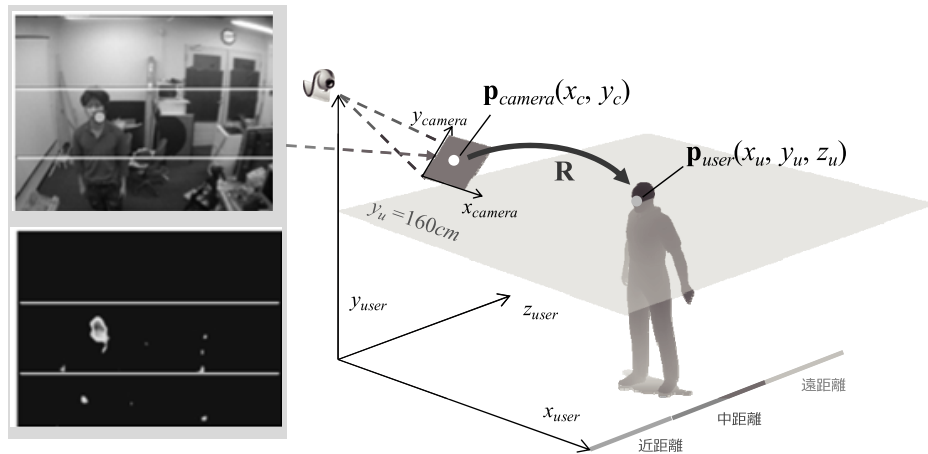


図5 カメラ画像とユーザ位置の関係

Fig. 5 The relationship of camera image and user position.

を判別するための2本の境界線をカメラ画像上に設定する。これによりカメラ画像中のユーザの顔領域の重心位置から、ユーザの3次元位置を推定し、ユーザ状態を判別することができる。

図5左にカメラ画像から得た視覚的特徴マップと選択された注視点を示す。カメラ画像上の円は選択された注視点、白線はユーザ状態を分類するための境界線を表している。

5. ユーザとの距離に応じた接客行動制御

5.1 アイコンタクト制御モデル

5.1.1 視線方向による胴体・頭部・眼球の回転比率の決定

本稿では、視線移動における胴体、頭部、眼球の回転の比率を分担比として定義する。人間は胴体、頭部、眼球の回転をともない視線を移動させるため、視線方向はこれらの回転の和によって近似できる^{22),23)}。

また、人間が静止目標を注視しながら頭部を回転させる場合、環境に対する頭部の回転と、目標を見続けるために生じる眼球の回転が生じる。そこで、視線移動を行う際の眼球動作と頭部動作の動的分担機構を実現するため、前庭動眼反射 (Vestibulo-ocular reflex: VOR) を考慮する¹⁹⁾。前庭動眼反射とは、頭部が回転した場合に、眼球が反射的に頭部の回転方

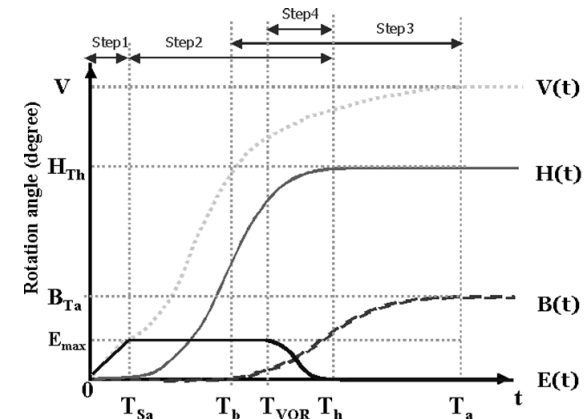


図6 眼球・頭部・胴体の回転の時間特性

Fig. 6 The temporal property of rotate angle of eyes, head and body.

向と反対方向に動くという現象である。以下の式により前庭動眼反射を定義する。

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_{pitch} \\ \dot{E}_{yaw} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{H}_{pitch} \\ \dot{H}_{yaw} \end{bmatrix} \quad (4)$$

これらの傾向をもとに、胴体、頭部、眼球の回転の分担比を DB, DH, DE とし以下の式で定義する。

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_x + H_x + B_x \\ E_y + H_y + B_y \end{bmatrix} \quad (5)$$

ただし、 E_x, E_y を眼球、 H_x, H_y を頭部、 B_x, B_y を胴体の水平方向、垂直方向の回転角とする。分担比は個人や年齢によって差が大きい²⁴⁾、本稿では重み $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1), \beta (0 \leq \beta \leq 1)$ により調整する。

5.1.2 胴体・頭部・眼球の遷移モデル

図6は3.1節で述べた $\alpha = \beta = 1.0, 50^\circ < |V_x| \leq 130^\circ$ において視線方向を変化させたときの、視線角度 $V(t)$ と眼球の回転 $E(t)$ 、頭部の回転 $H(t)$ 、胴体の回転 $B(t)$ の関係を示している。このモデルは以下の4ステップからなる。

[Step1]: 眼球の角速度は頭部・胴体の角速度よりも非常に大きい²⁴⁾ため眼球が先に動き出

し、サックード後に眼球の回転角が眼球の限界角に到達する。

[Step2]: 頭部が回転を始める。頭部は分担比によって計算された角度になるまで回転し続け、眼球はしばらく最大角を保ち続ける。

[Step3]: 頭部の重量は胴体の重さよりも軽いため、頭部の回転に遅れ胴体が回転を始める。頭部の最大角度に達した後、または頭部の回転開始後に胴体の回転が発生し、分担比によって計算された角度になるまで回転し続ける。

[Step4]: 眼球がしばらく最大角を保ち続けた後に、頭部の回転にともなって前庭動眼反射が発生し、眼球が頭部とは逆方向に回転し始める。2章で述べたとおり前庭動眼反射とは頭部が回転した場合に、眼球が反射的に頭部の回転方向と逆方向に動くという現象である。

Step2の頭部回転は、角速度をシグモイド状に変化しながら頭部を回転させることが分かっているため^{25),26)}、頭部の回転は角速度をシグモイド状に変化させることで行う。また、同様に Step3の胴体の回転と Step4の眼球の前庭動眼反射もシグモイド状に変化させる。

ただし、図6の E_{max} を眼球の限界角度、 V を最終的に到達する注意角度とし、 H_{Th} 、 B_{Ta} をそれぞれ分担比によって算出された頭部、胴体の角度とする。 T_{Sa} はサックードに要する時間であり Step1の所要時間を表す。 T_b は胴体の回転が開始する時間、 T_{VOR} は眼球の前庭動眼反射が開始する時刻、 T_h は頭部の回転が終了する時刻とする。 T_a は視線を向けるまでの所要時間を表す。

5.2 音声とジェスチャによる接客行動制御

ユーザとの身体距離を考慮しないシステムでは、身体距離を考慮しないために、認識範囲内にいるユーザに対して画一的な接客行動を行うことになるため、状況に適さない商品の説明をする可能性がある。たとえば、商品がよく見えない遠い位置にいるユーザに対して商品の詳細についていきなり説明をし出すといった問題が起こることが考えられる。これでは、状況に適さない働きかけのために、違和感があり説明を受け入れにくいという問題がある。

そこで、本システムではユーザが説明を受け入れやすくするような段階的な注意喚起を実現するために身体距離に基づいた接客行動制御を行う。

これにより、遠くにいるユーザに対して商品の詳細をいきなり説明し出すのではなく、まずは呼び込みなどの注意喚起を行い、興味を持って近づいてきてもらおうといったような状況に適した注意喚起を可能にする。

実店員の販促行動を基に各ユーザ状態に応じて表1のようにヴァーチャルヒューマンの接客行動を分類した。近距離、中距離のユーザに対しては、対人距離の関係から、ヴァー

表1 ユーザ状態に応じたヴァーチャルヒューマンの接客行動
Table 1 The clearing activity for the state of user.

ユーザ状態	ショップキャラクタの振り舞い
説明対象者 (近距離)	アイコンタクト、説明する商品の注視、ユーザが手に取った商品を説明、立ち位置に応じた商品の詳細説明
説明候補者 (中距離)	アイコンタクト、説明する商品の注視、お勧めの商品などの不特定のユーザへの宣伝
潜在的顧客 (遠距離)	アイコンタクト、挨拶

チャルヒューマンが商品に関する説明や宣伝が行っていてもユーザに受け入れやすい。一方、遠距離のユーザに対しては、ヴァーチャルヒューマンとの距離が少なくとも3.0m以上離れており、ヴァーチャルヒューマンによる対応は不自然に感じられると予想できるため、アイコンタクトや「いらっしゃいませ」といった挨拶を行うだけで十分な振り舞いである。

図7にヴァーチャルヒューマンの接客行動の様子を示す。図7では下に向かって時間軸が設定されており、左側がシステムの体験の様子を撮影した画像、真ん中がユーザ認識用のカメラから得られた画像、右側が視覚特徴マップとなっている。図7(a)は遠距離から中距離へとユーザ状態が遷移したユーザに対する振り舞いを示している。遠距離のユーザのときは目立った説明動作は行っていないが、ユーザ状態が中距離に遷移すると商品に関する説明動作を行い、ユーザ状態に応じて行動が分類されている。

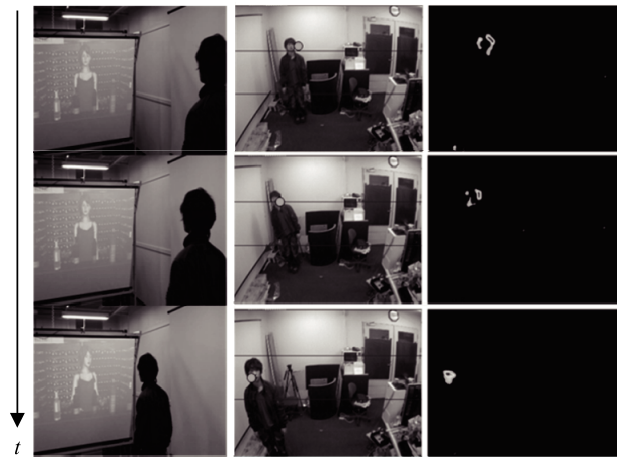
また、図7(b)は近距離のユーザに対して説明動作を行っている最中に遠距離のユーザが後方から近付いてくる様子を示している。近距離の注視候補点を優先して注視点として決定するため、近距離にいるユーザに対して優先的に説明動作を行っていることが確認できる。

6. 実験

6.1 ユーザの立ち位置に応じたヴァーチャルヒューマンの視線制御の評価

以降、本システムにおいて商品情報の提示を行うヴァーチャルヒューマンをキャラクタと呼称する。まず、ユーザの立ち位置に応じて、提案手法に基づいたキャラクタの視線制御を評価するために実験を行った。

本実験におけるCG映像の投影環境は、短焦点プロジェクタを用いてスクリーンに映像



(a) ユーザ状態が遷移したときの振舞い



(b) 別のユーザが接近したときの振舞い

図 7 ヴァーチャルヒューマンの接客行動の様子
Fig. 7 The appearance of clearing activity.



図 8 アイコンタクトの感じ方に関する評価用紙

Fig. 8 Evaluation form concerning how to feel eye contact.

を前面から投影しており、投影領域は約 1,600 [mm] × 1,200 [mm] である。室内は通常照明による明るさで、スクリーンを正面にとらえた際に投影映像を視認できることを確認している。

本実験では、システムの利用を想定したときのスクリーン前の領域において被験者が自分に向けられるキャラクタの視線を認識することができるのか確認するために、スクリーン前面の幅 2,000 [mm]、奥行き 5,000 [mm] の領域をそれぞれ 5 分割した合計 25 カ所の領域でキャラクタの視線の認識度合いを調べた。

本実験の被験者は 20 代の男子学生 10 名で、実験の手順は次のとおりである。

- 1) 25 カ所の領域のうち、指定した 1 カ所に被験者に立ってもらう。
- 2) 画面中央の正面を向いたキャラクタが合図をしてから 1~2 秒後にユーザの立ち位置に視線を向ける。
- 3) 被験者に確認してもらい、図 8 に示す質問用紙に従って視線の認識度合いを 5 段階で評価し記入する。

手順 1) における立ち位置の指定はランダムに行い、手順 1)~3) を繰り返し、合計 25 カ所の領域で確認してもらった。

図 9 はアンケート結果に基づき被験者のキャラクタの視線の認識度合いをマップにした

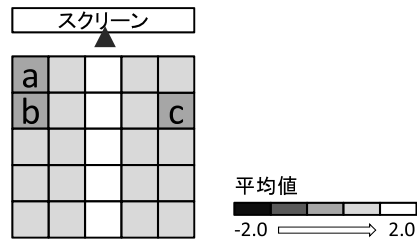


図9 ユーザの位置とアイコンタクトの認識度合い

Fig. 9 The position and recognition level of eye contact.

ものである。図9から評価値の平均は全体的に正の値を示しており、今回確認したスクリーン前面の領域については、被験者はキャラクターの視線をおおむね認識できたと考えられる。しかし、図9に示すa, b, cの領域については評価値が低く、画面中央にいるキャラクターの視線を他の領域と比較して認識しにくかったという結果が得られた。このことから、本システムの投影環境においては、キャラクターの立ち位置正面から30度程度まではアイコンタクトが成立し、それ以下では成立しにくい可能性があると考えられる。

このアイコンタクトが成立しにくくなるキャラクターとユーザの立ち位置の関係は、近距離においてユーザが説明対象者となった場合があてはまる。しかし近距離においては、キャラクターは説明対象者であるユーザの正面に移動しアイコンタクトをとめない商品情報提示を行うため、この視線の認識結果はシステムの運用上許容できるものであると考えられる。

6.2 ワイン広告コンテンツによる視線移動の評価

図10に実装したワイン広告コンテンツによるシステムの外観を示す。このコンテンツではキャラクターが9本のワインについて商品説明を行う。9本のワインのうち6本は画面内のCGモデル、残り3本はスクリーン前方のテーブル上に陳列された実物である。ワイン広告コンテンツにおけるキャラクターの動作例は次のとおりである。

- 1) 遠距離からのユーザの接近を検知しユーザに話しかける。
- 2) 中距離にユーザが滞在した場合、不特定のユーザを意識した商品の概要の説明を行う。
- 3) 近距離にユーザが滞在した場合、特定の商品の前での停留時間、特定の商品の把持時間が一定時間を超えた場合、その商品を詳細な説明を行う対象としてシステムが判断する。
- 4) 商品説明時のジェスチャの動作データと音声ファイルを再生して、商品を説明する。

動作例3)における詳細の説明を行う商品の判定のための、前方停留時間および把持時間は2.0秒とした。また、商品説明時の音声データの再生例を上記のキャラクターの動作例に



図10 実装システムの外観

Fig. 10 The scenery of the implementation.

沿って以下に示す。

- 1) 「いらっしゃいませ。」
- 2) 「今日のお勧めは“River Crest”です。“River Crest”はカリフォルニアの太陽をたくさん浴びた葡萄で作られています。軽い果実の風味とエレガントな味わいが特徴です。」
- 3) 「こちらは“Yellow Tail”になります。」
- 4) 「“Yellow Tail”はオーストラリア産のワインです。ワラビーが名前の由来です。果実の風味が特徴で飲みやすいですよ。お求めの際はお近くの店員にお申し付けください。」

このワイン広告コンテンツを用いて、キャラクターの視線移動をとまなう商品説明がユーザに与える効果を検証するために、注視点をつねに一定の座標に固定した場合(設定1)、被験者の移動に応じた視線移動によって被験者の顔を注視点としてアイコンタクトを行った場合(設定2)の2つの注視点の設定を用いて比較実験を行った。

被験者は、ワインに対して一般的な知識を持ち、システムを初めて体験する20代の男子学生6人で、各被験者に両方の設定におけるワイン広告コンテンツを体験してもらった。なお、各設定における体験順序の影響を考え、3人ずつ各設定の体験順序を逆にしている。

本実験では、提案システムを室内の奥に設置し、被験者にはシステムの詳細については伏せて室内に設置してあることのみを伝えて、入口から室内に入ってもらい遠方から近づく形

表 2 アンケート項目と結果
Table 2 The result of questionnaire.
(a) アンケート項目

質問1	キャラクタが説明している商品に興味を持ちましたか？
質問2	キャラクタの説明をもっと聞きたいと感じましたか？
質問3	キャラクタに存在感を感じましたか？

(b) アンケート結果

	設定1	設定2	標準誤差	t
質問1	0.50	0.67	0.167	1.00
質問2	0.50	1.17	0.333	2.00
質問3	0.33	1.67	0.421	3.16

で体験してもらった。

体験時の様子として、

- 遠方から近づいた際にキャラクタの呼びかけに気がついて接近する、
- 正面に立って様子を眺める、
- 正面に立って様子を眺めた後で、陳列されているワインを手にとって、その説明を聞く、
- 陳列されたワインを次々に持ち替え説明を聞く、
- 画面に表示された CG モデルのワインを指さす、

といった被験者の行動を観察できた。

体験後、表 2 (a) に示すアンケート用紙に回答した各評価項目に対し「非常にそう思わない」-2 点、「ややそう思わない」-1 点、「どちらともいえない」0 点、「ややそう思う」1 点、「非常にそう思う」2 点の 5 段階で評価を行ってもらった。被験者間の平均点をそれぞれの設定の得点としたアンケート結果と、設定 1-2 間の各質問に関して、t 検定を行った結果を表 2 (b) に示す。

表 2 (b) より、質問 1 の「キャラクタが説明している商品に興味を持ちましたか？」に関してはアイコンタクトの有無でほとんど差が認められなかった。これは被験者がすでにスクリーン正面に立った状態で商品の説明を聞いていたため、正面に視線を向ける視線移動と正確に被験者の顔の位置に視線を向ける視線移動とにほとんど差が見られなかったためだと考えられる。また、両設定で共通してキャラクタが商品説明時に商品に対して視線を移す動

作が含まれるため、商品に対する被験者の視線誘導は共通して生じていたからだと考えられる。

また質問 2 の「キャラクタの説明をもっと聞きたいと感じましたか？」に関しては、有意差が認められなかった。これも質問 1 と同様に商品の詳しい説明を聞く段階では、スクリーンの正面に立った状態であったため、アイコンタクトの有無による差がほとんどなかったためだと考えられる。

質問 3 の「キャラクタに存在感を感じましたか？」では有意水準 5% で有意差が認められ、注視点を固定したときと比較して、被験者の位置に応じて注視点を移動させアイコンタクトをとるキャラクタの方が、被験者にキャラクタの存在感を感じさせることができるという結果であった。これは画面正面に立って商品説明を聞く前段階、すなわち被験者がシステムに接近する際の移動量が多い段階において、キャラクタが被験者に視線を向けて話しかけることから、アイコンタクトによって自分へ注意を払っているように感じたためだと考えられる。

また、自由記述にあったコメントを見ると視線方向が固定されている場合は被験者が自身から視線を合わせようとした際に、眼を逸らされているようで感じが悪いが、提案手法を用いたキャラクタは目が合ったため良い印象を受けたといった意見を得ることができた。このことから、被験者の移動量が多く視線が自分の方を向いているか否かが明確なときや、被験者が自分から視線を合わせようとした際に、正確にキャラクタとアイコンタクトをとることがキャラクタに対する印象決定に重要な役割を果たしていると考えられる。

6.3 パブリック空間への設置によるシステム評価

6.2 節における実験は狭い実験室内の環境において実施したため、商品説明時に被験者の立ち位置がほぼ正面にとどまってしまうことが問題となった。そこで、システムの設置を想定している、人が行き交うパブリック空間において一般の往来者が本システムに対してどのような行動をとるか実験を行った。2009 年 1 月 15 日に「イースつくば」内のアミューズメント施設、ナムコランドに展示し、ショッピングセンターにおいて幅広い商品に関して需要を有した人々を対象とした実験を行った (図 11)。本実験では 6.2 節の実験と同様ワイン広告コンテンツを用いて、

- キャラクタが一定時間ごとに仮想世界内に配置されたワインを順番に紹介する映像
- 提案手法に基づいた接客行動制御によるキャラクタが仮想世界内のワインを紹介するインタラクティブな映像

の 2 つのパターンをそれぞれ 2 時間 30 分ずつ、通路付近のスペースの壁際に設置したスク



図 11 展示の様子
Fig. 11 The appearance of exhibition.

リーン上に投影し、施設内の一般客の反応を観察した。なお設置の都合上、説明対象のワインは画面内の CG モデル 6 本のみとなっている。

実験時には (i) と (ii) のそれぞれのパターンについて、スクリーン前方を通過した客の人数、スクリーンに注目した客の人数、および注目時間を計測した。ただし、未成年と思われる客は対象として除外した。

計測の結果、単純な動画再生の (i) では、スクリーン前方を通過した客の人数が 461 人、スクリーンに注目した客の人数 106 人、スクリーンに注目した客の 1 人あたりの平均注目時間は約 1.57 秒であった。一方、提案システムの (ii) では、スクリーン前方を通過した客の人数が 489 人、スクリーンに注目した客の人数 201 人、スクリーンに注目した客の 1 人あたりの平均注目時間は約 2.83 秒という結果が得られた。

図 12 に (i) と (ii) の、スクリーンに注目した人と注目しなかった人の割合を示す。2 つのパターンにおいて注目した人の割合を比較すると、提案手法を用いた (ii) の方が通行人に注目される頻度が高く、客がスクリーンに注目する平均時間も増加していることが分かる。

システム展示時の客の振舞いとして (ii) では、

- 通りかかった際にスクリーンに顔を向けた状態から「いらっしゃいませ」という呼びかけに気づいて、スクリーンに近づく、

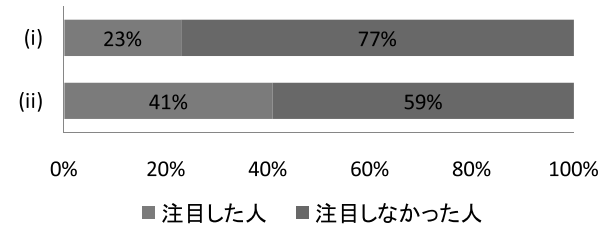


図 12 スクリーンに注目した人の割合
Fig. 12 The rate of the person induced interest.

- スクリーン前でスクリーンに注目し、長時間立ち止まって説明を聞いている、
- 立ち位置によって説明対象が異なることに気づき、位置を変え順に説明を聞いている、
- スクリーンに表示された CG モデルのワインを指さし、「これはいくらですか？」とキャラクターに話しかけ説明を促している、

といった (i) では見られなかった反応を観察することができた。これらの反応が見られた理由として、通りかかった際にアイコンタクトと再生音声によって自分に対して声をかけてきたと感じたことや、画面に表示されたキャラクターを見た際に自分に対して視線が向けられていることを認識したこと、自分の立ち位置に応じてキャラクターの視線や立ち位置、説明動作が変化することによる広告コンテンツへの関心からくる行動であると考えられる。また長時間立ち止まって説明を聞いている様子や商品を指さし説明を促したりする行動は、6.2 節ではほとんど差がでなかった質問 1 と質問 2 の各項目のキャラクターが説明している商品への興味や、説明を聞きたいという関心が表れた行動であると見ることができる。

この (i) と (ii) のパターンの比較の結果から、通行する客の広告コンテンツへの注目人数とその注目時間が増加したのは、キャラクターがインタラクティブに反応することによって注意を喚起された結果であると考えられる。以上のことから、アイコンタクトやユーザの位置に応じた説明動作をともなったキャラクターによる商品紹介が、単純な動画再生のキャラクターによる商品紹介と比較して、商品に対する注意や関心といった購買行為のきっかけとなりうる購買プロセスの初期段階に顧客を誘導するのに有効であることが確認できたと考えられる。

7. おわりに

本稿では、パブリック空間で行き交う往来者に対して能動的に注意喚起と情報提示を行う

ことができる, ヴァーチャルヒューマン広告提示システムを提案した. 本システムでは, 人の注意を引き付ける役割を持つ, 人の非言語的コミュニケーションの要素に着目し, 商品の説明を行うヴァーチャルヒューマンに注意を引き付けるうえで重要なコミュニケーション要素であるアイコンタクトと身体的距離に応じた接客行動を導入した. アイコンタクトによって, 情報伝達の用意ができていることをユーザに伝えて, 身体的距離に応じた接客行動によって説明を聞きに来てもらうように能動的に仕向ける点が特徴となっている.

ショッピングセンターへの設置における往来者の行動観察の結果から, 単純な動画再生の商品紹介と比較して, 注意や関心といった購買行為のきっかけとなりうる購買プロセスの初期段階に顧客を誘導するのに提案手法が有効であることを確認した.

今回はユーザの身長を 160 cm 程度と想定していたが, ユーザの身長によっては視線方向に誤差やユーザ検出精度が低くなる場合が見られた. 今後はこのようなユーザごとの身体的特徴を認識したヴァーチャルヒューマンの振り舞い制御を行うことが必要であると考えられる. そのために, たとえば, 大人や子供といった異なるユーザ層を対象とした展示を行い, ユーザ層ごとに必要となる機能について検証することが考えられる.

謝辞 本稿の作成にあたり協力いただいた益子宗氏, 長谷将生氏に感謝する. 本研究は科研費(21500116)の助成を受けたものである.

参 考 文 献

- 1) Kern, D., Harding, M., Storz, O., Davis, N. and Schmidt, A.: Shaping how advertisers see me: User views on implicit and explicit profile capture, *CHI '08: Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, ACM, pp.3363–3368 (2008).
- 2) Peltonen, P., Salovaara, A., Jacucci, G., Ilmonen, T., Ardito, C., Saarikko, P. and Batra, V.: Extending large-scale event participation with user-created mobile media on a public display, *MUM'07: Proc. 6th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, New York, NY, USA, ACM, pp.131–138 (2007).
- 3) Hall, E.T.: *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company (1966). 日高敏隆, 佐藤信行 (訳): *かくれた次元, みすず書房* (1970).
- 4) フィリップ・コトラー (著), 木村達也 (訳): *コトラーの戦略的マーケティング—いかに市場を創造し, 攻略し, 支配するか*, *ダイヤモンド社* (2000).
- 5) 根本博明, 西本一志, 山下邦弘: 広告主・閲覧者間コミュニケーションを促進するコミュニティ向け電子広告システムの提案, *情報処理学会論文誌*, Vol.46, No.1, pp.115–126 (2005).
- 6) 株式会社 JR 東日本ウォータービジネス: *夢の飲料自販機エキナカ本格展開へ—マー*

ケティング頭脳を搭載した次世代自販機. <http://www.jre-water.com/>

- 7) 高橋三恵, 中尾敏康: コピキタス情報提供システムの検討と試作, *情報処理学会研究報告*, Vol.2002, No.94, pp.47–54 (2002).
- 8) Tsunoda, F., Matsumoto, T. and Utsunomiya, M.: Implementation of interactive poster “SuiPo”, *CHI '07: Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp.1863–1868 (2007).
- 9) Hayashi, K., Sakamoto, D., Kanda, T., Shiomi, M., Koizumi, S., Ishiguro, H., Ogasawara, T. and Hagita, N.: Humanoid robots as a passive-social medium: A field experiment at a train station, *HRI '07: Proc. ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, ACM, pp.137–144 (2007).
- 10) 佐竹 聡, 神田崇行, Dylan F. Glas, 塩見昌裕, 石黒 浩, 萩田紀博: 環境情報を理解してサービス提供を行うロボットの実現, *インタラクシオン 2009*, pp.173–180 (2009).
- 11) Kanda, T., Glas, D.F., Shiomi, M., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Who will be the customer?: A social robot that anticipates people's behavior from their trajectories, *UbiComp '08: Proc. 10th International Conference on Ubiquitous Computing*, Vol.344, ACM, pp.380–389 (2008).
- 12) マジョリー・F・ヴァーガス (著), 石丸 正 (訳): *非言語コミュニケーション*, 新潮社 (1987).
- 13) Stone, M., DeCarlo, D., Oh, I., Rodriguez, C., Stere, A. Lees, A. and Bregler, C.: Speaking with hands: Creating animated conversational characters from recordings of human performance, *ACM Trans. Graphics*, Vol.23, No.3, pp.506–513 (2004).
- 14) Johnson, W.L., Rickel, J.W. and Lester, J.C.: Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, pp.47–78 (2000).
- 15) Lester, J., Voerman, J., Towns, S. and Callaway, C.: Cosmo: A Life-like Animated Pedagogical Agent with Deictic Believability, *Working Notes of the IJCAI '97 Workshop on Animated Interface Agents: Making Them Intelligent*, pp.61–69 (1997).
- 16) 板垣祐作, 小川浩平, 小野哲雄: エージェントの存在感によるインタラクシオン—音を用いた存在感の創出, *HAI シンポジウム* (2006).
- 17) 西出和彦: 人と人との間の距離—人間の心理・生態からの建築計画①建築と実務, 5, pp.95–99 (1985).
- 18) Nakauchi, Y. and Simmons, R.: A Social Robot that Stands in Line, *Proc. IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.357–364 (2000).
- 19) Walters, M.L., et al.: The influence of subjects' personality traits on personal spatial zones in a human-robot interaction experiment, *IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication*, pp.347–352 (2005).
- 20) Itti, L. and Koch, C.: Computational Modeling of Visual Attention, *Nature Re-*

views Neuroscience, Vol.2, No.3, pp.194–203 (2001).

- 21) Itti, L. and Koch, C.: A Saliency-Based Search Mechanism for Overt and Covert Shifts of Visual Attention, *Vision Research*, Vol.40, pp.1489–1506 (1999).
- 22) Bahill, A.T., Brocken brough, A. and Troost, B.T.: Variability and development of a normative data base for saccadic eye movement, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, Vol.21, pp.116–125 (1981).
- 23) Leigh, R. and Zee, D.: *The Neurology of Eye Movements*, 2nd ed., FA Davis (1991).
- 24) Yamada, M.: The analysis of head and eye coordination according to age, *NHK STRL R&D*, No.44, pp.29–37 (1997).
- 25) Takagi, H. and Takeda, T.: Movement Models of Head and Eyes for Computer Graphics, *Trans. IEICE*, Vol.J80-A, No.8, pp.1304–1311 (1997).
- 26) Sandor, P.B., Hortolland, I., Poux, F. and Leger, A.: Gaze orientation under G/sub z/-load, methodological aspects, preliminary results, *Proc. Virtual Interfaces: Research and Applications*, pp.13/1–7, Lisbon, Portugal (Oct. 1993).

(平成 22 年 6 月 28 日受付)

(平成 23 年 1 月 14 日採録)



森 博志 (正会員)

2002 年筑波大学卒業, 2007 年同大学大学院修了. 2008 年から同大学院システム情報工学研究科研究員, 2010 年から同大学院人間総合科学研究科研究員. 工学博士. エンタテインメントコンピューティング等の研究に従事, IPSJ 会員.



白鳥 和人 (正会員)

1986 年千葉大学大学院工学研究科修了. 同年大日本印刷 (株) 生産技術研究所, 1988 年セコム (株) IS 研究所主任研究員, 2005 年筑波大学システム情報工学研究科研究員 (JST), 2010 年から同大学院人間総合科学研究科研究員, 現在に至る. ユーザインタフェース研究に従事.



星野 准一 (正会員)

1989 年早稲田大学理工学部電子通信工学科卒業, 同年セコム IS 研究所, 1991 年 MIT メディアラボ客員研究員, 1999 年新潟大学自然科学研究科助手, 2000 年筑波大学機能工学系准教授, 同年 JST さきがけ 21 領域研究員兼務. 工学博士. エンタテインメントコンピューティング研究に従事. IEEE, ACM 各会員.