

視線コミュニケーションを伴う擬人的媒体による 看板案内システムの検討

Investigation of Gaze-communicative Guideboard using Anthropomorphic Behaviors of Stuffed-toy Robot

米澤朋子^{1*} 山添大丈¹ 内海章¹ 安部伸治¹
Tomoko Yonezawa¹ Hirotake Yamazoe¹

¹ ATR 知能ロボティクス研究所

¹ ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories.

Abstract: In this paper, we propose and evaluate an interactive guideboard with an embodied stuffed-toy robot as an assistive expositor. The guide plate consists of multiple regions which have each informative content. The contents are constructed in hierarchical classifications. The system presumes which content the user is interested by detecting the user's gazing region. Correspondingly, the stuffed-toy robot can provide not only supplementary information by its voice and gestures but also a feeling of gaze-communication by gazing behaviors of the robot, joint attention and eye-contact reactions; the former can draw the user's interest to the object. The results of subjective evaluations show the inherent effectiveness of i) anthropomorphic existence, ii) gazing behaviors of the robot, and iii) the gaze-corresponding guidance.

1 はじめに

ロボットなどの擬人的媒体は、パートナーやエージェントといった用途が注目されるが、コミュニケーションを通じ親しみやすい情報提示を可能にする媒体としても機能する。擬人化された表現を通じた情報提示において、ユーザの意識的・無意識的な興味に応じた自然な案内を適切に行うことで、情報アクセス弱者に機器操作を強要することもない。本研究ではこの側面に着目し、看板案内における説明員を想定した、ぬいぐるみロボットによる案内システムを提案する。看板の案内コンテンツに階層性を持たせ、ユーザの興味に合わせた詳細な情報を、ぬいぐるみロボットを活用し自然に提示することを目指す。ユーザの興味や必要な情報を推定するため、視線検出手法 [30] を用いてユーザ視線の案内看板やぬいぐるみに対する相対位置を推定し、1) ぬいぐるみがユーザの看板上の視点に応じた案内の詳細内容を説明したり、2) ユーザが視線をさまよわせている場合は、ぬいぐるみの視線行動によりお勧め情報へユーザの視線を誘導し、積極的に案内するといった、受動的な案内と能動的な案内の側面を持たせた。

人の視線行動の社会的な機能については長い間議論されており [10]、特に子供の学習における母親との共同

注視の機能に着目した研究もある [12]。仮想もしくは実体を伴う擬人的媒体の視線行動プリミティブの有効性に関する多くの研究もこれまで行われている [5, 6, 11, 27, etc.]。提案するインタラクティブ看板案内システムでは、目的のない状態で歩き回っているユーザや、本来の外出の目的を忘れてしまっている状態のユーザに、視線に応じた擬人的な案内を提供することで、新しい目的を与えたり本来の目的を思い出させることを狙いとする。ユーザの視線に応じたインタラクティブ看板案内システムでは、商業施設などの案内に限らず、保育園や介護施設におけるユーザ行動の誘導などにおいても利用することを考慮する。既にロボットの擬人的側面についての議論 [4] やその側面を認知症患者や子供のケアに活用した研究事例 [13, 18] がある。保育士や介護士の現状の人数では提供できないサービスのある程度カバーするため、ぬいぐるみは単なる情報提供者ではなく、コミュニケーション相手として自然に振る舞うことが要求される。明示的な誘導ではなく、あくまでユーザの意識的/無意識的な視線からユーザの求める情報を提供しながら、ぬいぐるみの視線行動などによりユーザ行動を間接的に誘導することが望ましい。本稿では、提案システムの情報提供の側面と情報への誘導の側面について印象評定実験の結果より議論する。

*連絡先: ATR 知能ロボティクス研究所
(619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2-2)
E-mail: yone@atr.jp

2 関連研究

2.1 ユーザ視線感応型システム

ロボットなどの実体を持つエージェントによる、ユーザの視線と関連付けられた身体動作に関する多くの研究がある。Castelliniらはユーザの視線を入力として導入したロボットの遠隔操作手法を提案している [3]。しかしこの研究は、制御のための入力チャンネルとしての視線に焦点を当てており、ロボットをコミュニケーションに用いておらず、視線を用いることの社会的・心理的影響力には言及していない。これに対し小川原ら [28] は、視線により迷いの状態を検出することで効率的な協調作業を進めるシステムを提案している。

一方で、人間とロボット間の社会的インタラクションについて検討しているいくつかの研究もある。Scassellatiはヒューマノイドロボットに対する幼児の心理に関する理論とインタラクションの設計について述べている [19]。また、中野ら [29] はユーザの視線に応じた観光案内エージェントの挙動を扱っている。しかしこれらは実験などによる十分な検証はなされていない。Breazealらは、他者のまねをするようなロボットのふるまいが社会的コミュニケーションにおいて効果を発揮する可能性を示唆している [1]。また、Sidnerら [22] はロボットによって共同注視行動や様々なジェスチャを含めた身体動作を実現し、ユーザの注意を引き付けるのにこのようなジェスチャが有効であることを示している。さらに、Thomazら [25] はロボット Leonardo を用い、指差しなどの社会的参照行為のモデルに基づいて感情に関して議論している。これらの研究は、コミュニケーションにおける人間の行動のモデルをそれぞれ実現しているが、これらは共同注視を取り上げているにもかかわらず、視線コミュニケーションを段階的に構成するように複数種類の視線行動を組み合わせたりその構成を十分に検証するなどの議論はされていない。よって本研究では、人間とぬいぐるみロボット間の視線コミュニケーションにおけるアイコンタクト反応と共同注視行動のそれぞれの単一の効果と同時に、看板案内における応用でのこれらのロボットの視線行動の作用についても検証する。

2.2 ガイドエージェントシステム

実体を伴う、もしくは仮想エージェントによるガイドシステムは、直感的に人々の活動を間接的にサポートする存在を活用するものとして、これまでも研究されてきている。ポスターなどの展示における個人向けガイドシステム [20, etc.] や 3次元仮想空間内でのトレーニングガイドシステム [8] など、エージェントを用いたガイドシステムは多岐にわたる。一方、片桐ら [9] は、ガイドエージェントの異なる行動がユーザの知識や実際の行動能力に影響することを示した。本稿では、

仮想エージェントの上記のような擬人的な誘引力の中でも、特にロボットの視線行動によりユーザをガイドへ誘引することを狙う。

実体型エージェント(パートナー)システムに関する研究も近年増加している。博物館ツアーガイドをインタラクティブに提供するロボットシステム [2] や、アニメーションコンテンツを案内するパートナーロボット [24]、実際の介助シーンでガイドを行うモバイルロボットの研究もある [16, 17, etc.] など、実体を伴うガイドエージェントの存在の有効性が様々なシーンで取り上げられている。博物館ツアーガイドロボットは、ある程度の群集を相手として、その人々の全体的な様子に応じて柔軟なガイドを行うのに対し、本稿で提案する看板案内ガイドシステムでは、特定の人の視線に忠実に反応しガイドを行うことで、擬人的コミュニケーションをより直感的に実感させることができると考えられる。アニメーションパートナーロボットの研究では、ロボットとの対面状態が及ぼすユーザのシステムの印象への影響を示唆している。しかしユーザがロボット自身を直接動かして仮想世界の表示を制御するシステムであるため、ユーザの直感的もしくは無意識的な興味に即時に反応を返すといったような微妙なコミュニケーションを実現することが難しい。

Taggardらは、高齢被験者がインタラクティブロボット Paro と関わる様子を報告した [23]。一部の被験者はロボットの電源が入るとロボットを避けようとするのに対し、ロボットと積極的にコミュニケーションを行うおうとする被験者も見られた。積極的に話しかけてくる親しみやすいロボットが必ずしもユーザに快適な生活を提供するとは限らない。ここで、擬人的なインタフェースを持つシステムを設計する際には、インタラクションを簡単に回避できるような仕組みを準備することが重要だと考えられる。これに対し、本稿で提案する看板案内システムでは、ユーザが意識的もしくは無意識的に視線をそらす行動が繰り返された場合に、ユーザの回避意図を汲み取ることも可能である。

3 システム構成

3.1 視線に応じた案内システム

看板案内システムが人をひきつけ、自然に案内を提供するためには、ユーザの興味を反映した意識的もしくは意識下の視線の動きに適切に反応することが重要だと考えられる。そこで本稿では、段階的に変化する擬人的媒体との視線コミュニケーションモデル [26] を導入した、ユーザの視線に応じたぬいぐるみロボットによる看板案内システムを提案する。この視線コミュニケーションモデルによるぬいぐるみの視線行動は、まずユーザのしている位置に顔を向ける共同注視行動(図 1-A)により間接的にユーザの興味をひきつけ、コミュニケー

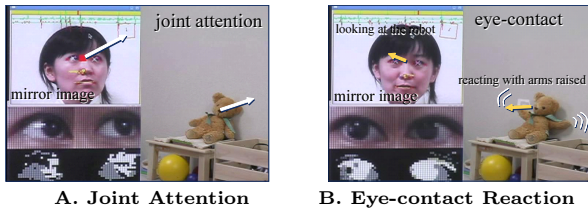


図 1: Gaze-communicating Behaviors

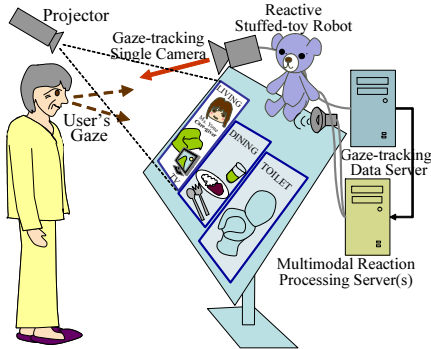


図 2: System Structure

シヨンのきっかけとする。次に、ユーザのロボットへの視線に対し、アイコンタクトが成立したとみなした反応を返す(図 1-B)。ここでは、IP RobotPhone [7, 21] を用い、頭と両腕のそれぞれ 2 自由度の間接によるジェスチャと音声によるマルチモーダル表現により視線コミュニケーションシステムを実現している。

図 2 にシステム構成の概要を示す。3 領域の説明看板を高さ 110cm 位置、地面に対し約 30 度で設置し、その上部にぬいぐるみロボットを配置した。また、ロボットと看板の間に、その時々ユーザの視線位置に応じた反応を準備するための、ユーザの顔画像を得るための単眼カメラを設置した。視線推定サーバ(Linux)により顔画像から得られた視線角度(α β)とユーザと看板の 3 次元位置関係が、マルチモーダル反応生成サーバ(Windows XP)へ送られる。ロボットの制御はこの PC 上で専用 SDK を用いたプログラムにより行う。

この看板案内システムでは、上記のマルチモーダル反応生成サーバにおいて、ユーザの視線方向に応じ、1) ロボットの視線行動、2) ロボットの発声(案内音声)、および 3) 看板上の案内領域に対するプロジェクション(領域全体に白色のプロジェクションを照射する)をそれぞれ制御する。視線コミュニケーションを導入したロボットによる案内は、大きく分けて、i) 視線コミュニケーション反応を生成する段階と ii) 視線に応じた看板案内をする段階に分けられる。i) は案内における擬人的なコミュニケーションの基盤として、ユーザにはじめに提供するためのものであり、ii) はユーザの意識的もしくは意識下の要求に応えるためのものである。

看板は 3 領域に分けられており、それぞれに様々な写真が掲載されている。ユーザが見た領域に応じ、領域

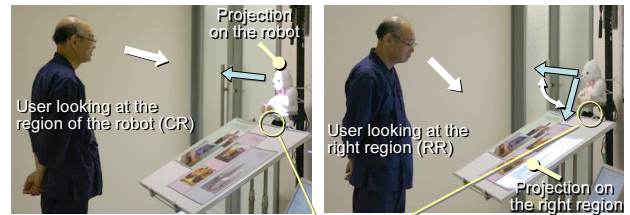


図 3: View of Gaze-communicative Guide System

に割り当てられた複数の案内コンテンツをロボットが紹介すると同時に、その領域にプロジェクションする。案内コンテンツには案内音声とそれに応じたロボットの動作が含まれる。詳細案内のコンテンツは、概要説明と詳細説明により構成される。まず概要説明の案内を行うことで無意識的なユーザの興味を具現化した案内を提供することができると考えられる。そして、ユーザがその領域を見つめ続ける時間に応じて詳細説明を加えていくことにより、ユーザの意図しているであろう更なる情報の要求に応えることができる。看板領域に対する案内コンテンツだけではなく、ぬいぐるみロボットへの視線に応じたアイコンタクト反応データセットを準備することで、ロボットに対するコミュニケーションの要望にこたえながら案内を提供することを狙った。ロボットの動作は、案内コンテンツの当該領域に対する共同注視行動と、ユーザの顔方向へ注視行動を繰り返し行うものを準備した。

認知症や子供のいる施設内での日常生活のガイドを想定し、以下の 3 領域からなる看板を準備し、看板上部にぬいぐるみロボットを設置した。視線検出の対象推定は、

- 1) テレビやソファなどリビングの写真の領域(LR)
- 2) 飲食物や冷蔵庫など台所の写真の領域(CR)
- 3) 洗面・トイレの写真の領域(RR)

の各領域に対し行う。上記に加え、ロボットの位置から半径 30cm を、ロボットを見た判断する領域とする。この構成において、システムデザインの通り、ユーザの視線位置と状況に応じて、視線コミュニケーションを示す反応と日常生活のガイドの両方が段階的に実施されたことが確認できた。また、ユーザの視線に自然に応答する上で、先に示した視線対象の推定が十分な速度精度であったことが分かった。図 3 にシステム動作例の様子を示す。図 3-A は視線コミュニケーション(アイコンタクト反応)時の動作風景である。図 3-B は領域 LR に対し共同注視行動を織り交ぜながらガイドを行っている状態の動作例である。

システムの利用例としてはまず、道に迷ったり、目的もなく歩き回っているユーザを引き付けるため、ユーザが検出された段階でユーザの視線方向に対するロボットの共同注視行動を示す。そのロボットの行動により

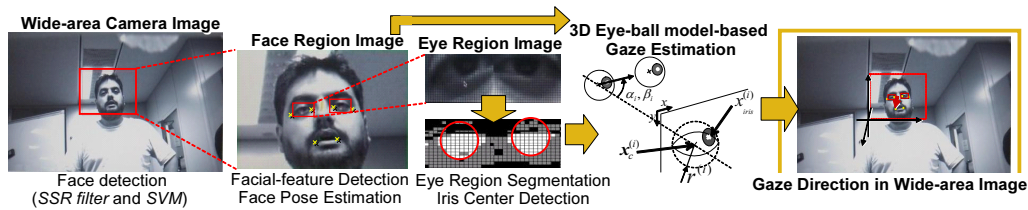


図 4: Remote Gaze-tracking Method

ユーザの視線が一旦ロボットにひきつけられると、ロボットはアイコンタクト反応を示す。これらの視線コミュニケーション行動により、ユーザはインタラクションにひきつけられる。次に、看板上で推薦したい案内領域を、ロボットの共同注視行動により示し、ユーザの興味を看板上に引き付ける。そして、ユーザが特定の領域上の写真を見つめた時、ロボットはまず共にその領域に対し共同注視行動を示し、その後当該領域の案内を開始する。ロボットは案内時に当該領域への共同注視行動とユーザに対する注視を繰り返し、説明内容を視線行動によって示すと同時にユーザに確認を取るかのようにふるまう。看板案内システムの上方に取り付けられたプロジェクターにより、案内している領域をライトアップする。このような案内インタラクションにより、目的なく歩き回っていたユーザに新しい目的を与えたり、本来の目的を忘れていたユーザに、それを思い出させたりすることができる考えた。

3.2 遠隔視線検出手法

ユーザの視線に応じて看板内容を自然に案内するシステムを構築するためには、視線検出をユーザに意識させることなく視線を取得できる必要がある。しかし従来の視線検出装置では、頭にカメラを装着したり [14, etc.]、ユーザに決まった参照点を注視させるキャリブレーションを必要とした [15, etc.]。これに対し手法 [30] は、非装着でユーザが特殊なキャリブレーションを行うことなく視線検出が可能のため、提案システムに採用した。

手法 [30] では、まず画像から目・口といった顔特徴点を抽出する。次に、目周辺領域から虹彩領域を抽出するとともに、楕円近似により虹彩中心を推定する。同時に、顔特徴点から眼球中心位置を推定し、3次元眼球モデルに基づき、眼球中心と虹彩中心を結ぶ3次元ベクトルを視線方向として推定する(図4)。視線推定精度は約±約6°であり、ユーザが看板中のどの領域を見ているか、それともぬいぐるみロボットを見ているかなどを判断するには十分な精度が得られている。

4 擬人的案内の効果に関する評価

21~40才の被験者25名(男性12名女性13名)による評価実験を行い、本システムで狙う、視線コミュニケーションによるぬいぐるみ動作のユーザ誘引効果に

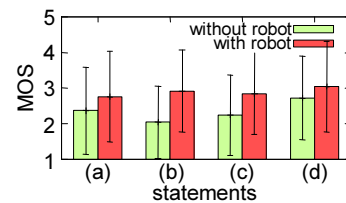


図 5: Evaluations for Robot's Existence

表 1: ANOVA of Evaluations for Robot's Existence

| 項目 | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|------|------|------|------|
| F 値 | 9.6 | 27.9 | 12.0 | 5.37 |
| p 値 | <.01 | <.01 | <.01 | .029 |

ついて検証した。実験では、看板案内システムのコンテンツを単純なものとするため、 LR に三角柱の図、 RR に立方体の図を載せ、 CR には何も描かれていない。被験者は、各実験の条件毎に異なる刺激提示を見た後に、5: 高い~1:低いとした5段階で、案内に対する{(a)確信度, (b)魅力度, (c)自然性, (d)興味の変化,}の各項目について評価する。実験の比較条件と案内(LR or RR)はランダムに入れ替え、順序交差も行った。

4.1 ぬいぐるみの存在の効果

仮説: ユーザが受身であるときの看板案内は、ぬいぐるみの存在の有無がユーザの印象に影響する。

実験刺激: 条件 A-ぬいぐるみを隠した看板案内システム, 条件 B-動かないぬいぐるみが存在する看板案内システムとして、「クッキーについて話します」という音声案内の後 LR または RR の詳細案内がなされる。この実験ではぬいぐるみロボットは動作しない。

実験結果: 各評価項目について条件ごとに集計し(図5)、条件 A と条件 B を反復測定 1 要因分散分析(自由度 24, 棄却率 5%)で検定したところ、これらすべての評価項目において有意差が確認された(表1)。

4.2 ぬいぐるみ動作の効果

仮説: ユーザが受身であるときの看板案内は、ぬいぐるみの説明対象への顔向け動作の有無がユーザの印象に影響する。

実験刺激: 条件 C-ぬいぐるみ動作無看板案内システム, 条件 D-ぬいぐるみの案内方向への首向け動作付き看板案内システムとして、「ケーキについて話します」という音声案内の後 LR または RR の詳細案内がなされる。

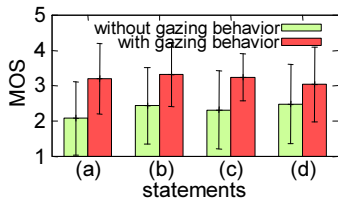


図 6: Evaluations for Motion of Joint Attention

表 2: ANOVA of Evaluations for Motion

| 項目 | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-----|------|------|------|------|
| F 値 | 23.1 | 27.9 | 23.3 | 7.19 |
| p 値 | <.01 | <.01 | <.01 | .013 |

実験結果: 各評価項目について条件ごとに集計し (図 6), 条件 C と条件 D を反復測定 1 要因分散分析 (自由度 24, 棄却率 5%) で検定したところ, これらすべての評価項目において有意差が確認された (表 2) .

4.3 ユーザ視線に対応した案内の効果

仮説: ユーザ視線に応じて反応する看板案内は, ぬいぐるみの顔向き (効果 1) と音声案内 (効果 2) がそれぞれ視線方向と適合しているか否かが, ユーザの案内に対する印象へ影響する .

実験刺激: 条件 E-ぬいぐるみの共同注視行動 + 視線方向コンテンツ音声案内 (*rp-rv*), 条件 F-ぬいぐるみの共同注視行動 + 視線と反対方向コンテンツの音声案内 (*rp-ov*), 条件 G-ぬいぐるみの反対側注視行動 + 視線方向コンテンツ音声案内 (*op-rv*), 条件 H-ぬいぐるみの反対側注視行動 + 視線と反対方向コンテンツの音声案内 (*op-ov*) として, として, ユーザはまず「ケーキについて話します」という音声案内をされた後, *LR* もしくは *RR* を見る . 条件に応じ, 視線位置に対する詳細案内がなされる . その後, 逆側の領域を見つめ, 同様に詳細案内を受ける . ユーザの視線推定誤差要素を排除するため, 実験は Wizard of Oz 方式にて行った .

実験結果: 各評価項目について条件ごとに集計した (図 6) 後に, 要因 1: ユーザ視線とぬいぐるみの注視方向の関係, 要因 2: ユーザ視線と案内コンテンツの方向として, 反復測定 2 要因分散分析 (自由度 24, 棄却率 5%) で検定したところ, すべての質問項目において, 効果 1 に有意差が確認された . しかし, 効果 2 については有意差は確認されず, それぞれの交互作用は項目 (a) においてのみ確認された (表 3) .

5 考察

実験では, 看板案内においてぬいぐるみロボットが存在することにより, 案内自体に対する信頼度や魅力, および自然性が高まる事が確認された . これは, 擬人的な存在が案内音声の発話者として捉えられた結果だと推測される . ロボットの共同注視行動の有無によ

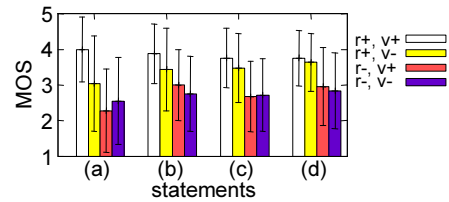


図 7: Evaluations for Gaze-corresponding Guide

表 3: Two-factor ANOVA of Gaze-correspondence

| 対象 | 値 | (a) | (b) | (c) | (d) |
|-------------------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| rp vs op (direction) | $F_{(1,24)}$ p | 11.6 <.01 | 14.3 <.01 | 23.8 <.01 | 14.2 <.01 |
| rv vs ov (voice) | $F_{(1,24)}$ p | 3.68 0.067 | 4.11 0.054 | 0.61 0.442 | 1.13 0.298 |
| interaction | $F_{(1,24)}$ p | 9.17 <.01 | 0.342 0.563 | 1.30 0.266 | 0 1 |

る効果も上記と同様に有意な結果が得られた . これは, ユーザがぬいぐるみの視線を「説明中の対象を示している」と認識し, 人同士のインタラクションと同様により丁寧で積極的な説明と捉えた結果と考えられる . また, ぬいぐるみの様子の自然性や案内とぬいぐるみの行動の一体感においても有意差が認められたことにより, 自然な案内を提供する上でぬいぐるみロボットの共同注視行動は有用であることが分かった . そして最後に, ロボットの注視行動の方向と案内内容を入れ替えて 2 要因で分析した結果, 案内内容が変化してもシステム評価に影響しないが, ぬいぐるみの注視方向が異なるとすべての評価項目において有意差が示された . これは, 説得力のないコンテンツであっても, ロボットの共同注視行動によりユーザの案内に対する信頼や興味を引き付けることができると解釈できる .

これらの実験により, 看板案内システムの動作を確認すると同時に, ぬいぐるみロボットによる案内がユーザの興味や案内への信頼性を向上させる上で有効であることが示された . この結果から, 従来の音声看板案内システムに対する心理面での障害を, 視線コミュニケーションを初期段階で行うシステム構成により緩和できる可能性が考えられる . 擬人的なマルチモーダル表現の特性を生かした実体を伴うロボットによる案内では, その視線行動の有効性により, 看板内容のより魅力的な案内を行うことが期待される . 看板上での視線位置に応じて変化するロボットのふるまいと領域プロジェクトの連携については, ターゲットとなるドメインのユーザ層が理解しやすい案内となるよう構成することが重要である .

6 おわりに

本稿では, ぬいぐるみロボットによる看板案内において, ユーザの視線位置に応じて概要情報と詳細情報を提示するシステムを紹介し, ロボットによる共同注視を伴う看板案内の要素に関し被験者実験によりその

有効性を示した。提案した看板案内システムでは、ぬいぐるみの案内音声や動作を通じて、複数の領域から成る看板内容に対しそれぞれ割り当てられた案内コンテンツを、階層的に提示する手法を取った。ぬいぐるみの共同注視やアイコンタクトを通じた視線コミュニケーションにより、案内提供者が特定したコンテンツにユーザの興味などを引き付け誘導したり、ユーザの視線位置に合わせた案内を自然なやりとりの中でインタラクティブに提供できるシステム動作を確認できた。

このシステムにより、道に迷ったユーザや、目的を失って（もしくは忘れて）しまったユーザに、新規に具体的な目的や場所を提示したり、外出の本来の目的を思い出させたりすることができる。認知症や子供のケアセンターなど情報弱者を対象とするに限らず、ホテルやショッピングモール、遊園地など公共スペースにおける案内としても活用が期待される。今後は、ロボットの視線行動と連携したプロジェクションなどの表示のあり方についても検討していきたい。

謝辞

本研究は情報通信研究機構 (NICT) の研究委託により実施した。看板案内システムの評価実験にご協力をいただいたATRの皆様に感謝する。

参考文献

- [1] C. Breazeal, D. Buchsbaum, J. Gray, D. Gatenby, and B. Blumberg. Learning from and about others: Towards using imitation to bootstrap the social understanding of others by robots. *Autonomous Robots*, 11, 2005. Issues 1-2.
- [2] Wolfram Burgard, Armin B. Cremers, Dieter Fox, Dirk Hahnel, Gerhard Lakemeyer, Dirk Schulz, Walter Steiner, and Sebastian Thrun. Experiences with an interactive museum tour-guide robot. *Artificial Intelligence*, 114(1-2):3-55, 1999.
- [3] C. Castellini and G. Sndini. Gaze tracking for robotic control in intelligent teleoperation and prosthetics. In *CO-GAIN 2006*, pages 73-77, 2006.
- [4] B. R. Duffy. Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3):177-190, 2003.
- [5] A. Fukayama, T. Ohno, N. Mukawa, M. Sawaki, and N. Hagita. Messages embedded in gaze of interface agents - impression management with agent's gaze-. In *Proc. ACM SIGCHI2002*, volume 1, pages 41-49, 2002.
- [6] M. Imai, T. Ono, and H. Ishiguro. Physical relation and expression: Joint attention for human-robot interaction. In *IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication*, pages 512-517, 2001.
- [7] IWAYA-Corporation: "IP RobotPHONE", <http://www.iwaya.co.jp/Fgoods/ip.html>, 2002.
- [8] Lewis Johnson, Jeff Rickel, Randy Stiles, and Allen Munro. Integrating pedagogical agents into virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(Issue 6):523-546, 1998.
- [9] Y. Katagiri, T. Takahashi, and Y. Takeuchi. Social persuasion in human-agent interaction. *Second IJCAI Workshop on Knowledge and Reasoning in Practical Dialogue Systems*, IJCAI-2001:64-69, 2001.
- [10] A. Kendon. Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta Psychologica*, 26:22-63, 1967.
- [11] H. Kojima. Infanoid: A babybot that explores the social environment. *Socially Intelligent Agents*, K. Dautenhahn and A. H. Bond and L. Canamero and B. Edmonds, Kluwer Academic Publishers, pages 157-164, 2002.
- [12] C. Moore, P. J. Dunham, and P. Dunham. *Joint Attention: Its Origins and Role in Development*. Lawrence Erlbaum, 1995.
- [13] D. Moore. 'it's like a gold medal and it's mine' - dolls in dementia care. *Journal of Dementia Care*, Vol 9 No.6 2001, 9(6):20-22, 2001.
- [14] nac image technology Inc. eye mark recorderEMR-8B. http://www.ceatec.com/en/2005/news/ne_web_detail.html?volume=15.
- [15] T. Ohno, N. Mukawa, and S. Kawato. Just blink your eyes: A head-free gaze tracking system. In *Proc. CHI2003*, pages 950-951, 2003.
- [16] J. Pineau. Towards robotic assistants in nursing homes: challenges and results. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(Issues 3-4):271-281, 2003.
- [17] M. Pollack, S. Engberg, J.T. Matthews, Sebastian Thrun, L. Brown, D. Colbry, C. Orosz, B. Peintner, S. Ramakrishnan, J. Dunbar-Jacob, C. McCarthy, Michael Montemerlo, Joelle Pineau, and Nicholas Roy. Pearl: A mobile robotic assistant for the elderly. *Workshop on Automation as Caregiver: the Role of Intelligent Technology in Elder Care (AAAI)*, 2002.
- [18] S. Ratjataan. Tsunami children foundation (tcf) psychological support services, 2005. <http://tsunamicf.org/psychological.htm>.
- [19] B. Scassellati. Theory of mind for a humanoid robot. *Autonomous Robots*, 12, 2002.
- [20] Y. Sumi, T. Etani, S. Fels, N. Simonet, K. Kobayashi, and K. Mase. C-map: Building a context-aware mobile assistant for exhibition tours. *Community Computing and Support Systems*, LNCS 1519:137-154, 1998.
- [21] D. Sekiguchi, M. Inami, and S. Tachi. RobotPHONE: RUI for interpersonal communication. In *CHI2001 Extended Abstracts*, pages 277-278, 2001.
- [22] C. Sidner, C. Lee, C. D. Kidd, N. Lesh, and C. Rich. Explorations in engagement for humans and robots. *Artificial Intelligence*, 12, 2005. Issues 1-2.
- [23] Will Taggart, Sherry Turkle, and Cory D. Kidd. An interactive robot in a nursing home: Preliminary remarks. *CogSci 2005 Android Science Workshop*, pages 56-61, 2005.
- [24] Hiroko Tochigi, Kazuhiko Shinozawa, and Norihiro Hagita. User impressions of a stuffed doll robot's facing direction in animation systems. *Proc. of ICMI*, pages 279-284, 2007.
- [25] A. L. Thomaz, M. Berlin, and C. Breazeal. An embodied computational model of social referencing. *ROMAN 2005*, 2005.
- [26] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, and S. Abe. Gaze-communicative behavior of stuffed-toy robot with joint attention and eye contact based on ambient gaze-tracking. *Proc. of ICMI2007*, 2007.
- [27] Y. Yoshikawa, K. Shinozawa, H. Ishiguro, N. Hagita, and T. Miyamoto. The effects of responsive eye movement and blinking behavior in a communication robot. In *Proc. IROS2006*, pages 4564-4569, 2006.
- [28] 小川原, 崎田, 池内: "視線運動からの意図推定に基づいたロボットによる行動支援", インタラクシオン 2005 情報処理学会シンポジウム, pp. 103-110 (2005).
- [29] 中野, 岡, 佐藤, 西田: "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た会話の円滑化-", 第19回人工知能学会全国大会, pp. 3B2-08 (2005).
- [30] 山添, 内海, 米澤, 安部, "3次元眼球モデルを利用した単眼カメラによる遠隔視線推定," MIRU2008, pp.1650-1655, 2008.