

一人用モビリティシステム利用時 の観光案内情報提示手法の評価

長田 颯斗^{1,a)} 吉野 孝^{2,b)}

概要：パーソナルモビリティを用いた従来研究として、ロボットやディスプレイを用いて利用者に情報を提示する研究がある。しかし、案内システムとして情報提示に関する部分を検証している研究は十分ではない。そこで、本研究では、パーソナルモビリティにおける適切な情報提示手法を検討するために、案内情報を提示するシステムの開発を行い評価実験を行った。比較実験を行うために合計4つのシステムを開発し、それらを用いて比較実験を行った。実験の結果、下記の知見を得た。(1) ぬいぐるみ等のキャラクター性を持った実物体を用いることは誰かと一緒に観光しているような気持ちになり楽しい観光を提供できる可能性がある。(2) 案内情報を伝えるには、音声による案内よりもディスプレイ等を用いて文字ベースで情報を提示した方がユーザにとって使いやすい可能性がある。(3) 能動的に操作する案内システムよりも受動的に案内情報を取得できるシステムの方が利用者にとって使いやすいシステムの可能性がある。(4) 周りの視線に関わらず恥ずかしいと感じながらもぬいぐるみシステムはモビリティシステムにとって最適な案内手法の可能性がある。

Evaluation of Tour Guide Information Presentation Method Using One-person Mobility System

Choda Hayato^{1,a)} Takashi Yoshino^{2,b)}

1. はじめに

近年、MaaS (モビリティ・アズ・ア・サービス) に対する関心が高まっている [1]。MaaS は ICT を活用して全ての交通手段によるモビリティをシームレスにつなぐ新たな移動の概念となっている。

また、モビリティシステムの一つであるパーソナルモビリティに対する関心が高まっており、企業や研究者らが研究開発を行っている。パーソナルモビリティの利用状況として、観光地等での案内が考えられる。例えば、Doog 社はスマートフォン操作で空港の搭乗ゲート等に案内するパーソナルモビリティロボット「ガルー」の製品化を発表した^{*1}。また、実際にモビリティシステムを用いた実証実験

もあり、モビリティシステム「WHILL」を用いて横浜のみなとみらいにおいてシェアリングの実証実験を行った^{*2}。このようにモビリティシステムを用いた案内が今後主流になると考えられる。

次に課題となるのは、観光案内等の際に観光客への情報提示手法である。現在、ほとんどのバスでは、GPS を用いて現在地の観光情報を音声案内するシステムを導入している^{*3}。KDDI は長野県飯田市において自動運転と連動した VR 観光案内の実証実験を行った^{*4}。NTTdocomo はパーソナルモビリティ「RODEM」を用いて、東京丸の内での観光客向け案内実験を行った^{*5}。AR を用いて建物に関する情報

¹ 和歌山大学システム工学研究科

² 和歌山大学システム工学部

a) choda.hayato@g.wakayama-u.jp

b) yoshino@wakayama-u.ac.jp

^{*1} <https://robotstart.info/2019/05/13/doog-mobility-robot-start.html> (参照 2020-01-28)

^{*2} https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/ondan/2019/WHILL.files/0005_20191105.pdf (参照 2020-01-28)

^{*3} <https://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/722195.html> (参照 2020-01-28)

^{*4} <https://time-space.kddi.com/au-kddi/20190111/2552> (参照 2020-01-28)

^{*5} https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_190318_00.pdf (参照 2020-01-28)

提示および多言語対応可能な音声案内等5つのコンテンツの内1つを選択してもらい観光案内を体験してもらった。SoftBankは沖縄県で自動運転バスを用いた案内実験を行っており[2]、自社のロボットであるPepper^{*6}を車載し、乗客の安心感を高める取り組みを行っている。

観光地での案内情報を提示する手法については、いくつかの企業が様々な方法で試みているが、パーソナルモビリティ利用時の観光客による評価および感想について結果を述べているのみであり、各手法の効果については明らかとなっていない。そこで、本研究では、モビリティシステム利用時の案内情報を提示するシステムの開発を行い評価実験を行った。従来のサービスおよび研究などから複数の案内手法を開発し比較することで、適切な案内手法を検討する。

本論文では、開発した複数の案内システムの案内手法についてまとめ、それぞれの案内システムのメリットおよびデメリットについてまとめる。

2. 関連研究

2.1 ロボットおよびぬいぐるみの視線誘導に関する研究

人同士の視線は、非言語コミュニケーションにおいて重要な役割を持っている。視線を合わせる事には、心理的距離を縮める効果もあると言われている。そこで、ロボットと人の視線に関してこれまでに多数研究されており、ロボットの視線は人の視線と同様に視線追従を行うことができることが明らかになった。ソニー社製のAIBO (ERS-7)を用いて、ロボットが正面を向くことによるアイコンタクトとロボットの手の形状による身体動作による注意誘導の効果を検証した[3]。アイコンタクトおよび手の形状は注意誘導につながったことを確認し、特に指差しの方が効果が高いことを確認した。人型のロボットとして、身体ひねりが可能なガイドロボットによる観客の移動、視線移動の分析により、ロボットの身体ひねりは人間の身体性を獲得している[4]。また、人とぬいぐるみの共同注視に応じた看板案内システムがある[5]。共同注視やアイコンタクトによる視線コミュニケーションによるぬいぐるみの案内は、ユーザの興味や案内への信頼性を向上させた。

2.2 ロボットを用いた案内に関する研究

近年、コミュニケーションロボットが普及しており、その利用状況の中にコミュニケーションロボットによる案内等があげられる。現在あるサービスとして、ソフトバンク社の「Pepper」は、人型のロボットであり、音声や胸のディスプレイを用いてコミュニケーションや案内を行う^{*7}。また、シャープ社のロボホンを用いた京都での観光案内があ

る[6]^{*8}。これは、ロボホンが位置情報や施設に設置されているビーコンに反応して、観光案内を行う。他にも、研究としては、山添らのユーザの上腕にぬいぐるみを装着するウェアラブルぬいぐるみ案内の研究がある[7]。ユーザの上腕に触覚による刺激を与えることで案内方向を提示する。また、Totsukaらの視覚シーンに適した対話内容を話すことで優れたコミュニケーションロボットを目指した研究がある[8]。このようにぬいぐるみおよびロボットがガイドの役割となり観光地等を案内する研究やサービスがある。

2.3 モビリティシステム利用時の案内に関する研究

自動運転システム利用時にロボットが案内する研究がある。Fukudaらは、自立型車椅子利用におけるロボットの視覚的な行動の影響に関して調査した[9]。この研究でのロボットの動きは、WoZ法を用いて制御している。本研究でも同様に車椅子に案内ぬいぐるみを用いて案内する。しかし、屋外での案内においては、利用者の立ち位置および利用者の向いている方向等の要因によりまったく同じように回転することは少ない。そのため、本研究では、案内対象を振り向くための回転角度を動的に設計することでどのような場所においても案内対象へと振り向く設計を行った。

2.4 自動運転システムを用いた案内に関する研究

近年、人間が運転操作を行わなくても自走する自動運転車に対する関心が高まっている。自動運転車には様々なニーズがあり、ニーズの一つとして、自動運転技術を用いた観光案内がある。須田らは、「自動運転の実用化は観光において重要な移手段になり、より楽しく快適な観光を提案することができる」と述べている[10]。これまで、自動運転車を用いて観光案内の実験は行われている。例えば、世界遺産と周辺地域の観光施設を結んで新たな観光の流れを確認する実験が行われた^{*9}。また、KDDIらが自動運転と連動したVR観光案内の実証実験を行った^{*10}。このように様々なサービスが提案されているが実際にどのようなサービスが求められているのかは現在検討中である。

2.5 モバイルナビアプリに関する研究

本研究は自動運転モビリティに乗り、和歌山大学内を案内することを最終目的としている。大学内には異なる地点に案内標識などが建てられているため、初めて訪れる人は大学内で迷うことは少ないが目的の場所を目指すとなると時間とエネルギーを要する。大学内を案内するモバイルシステムに関する研究として、Tonyらは、ユーザ要件の分析を行い、人々が使いやすい地図ベースのアプリケーションを開発した[11]。Mustafaらは、地図ベースのアプリ

^{*6} <https://www.softbank.jp/robot/pepper/> (参照 2020-01-28)

^{*7} <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/robots>

^{*8} <https://robotstart.info/2017/12/08/robotabi-jtb.html>

^{*9} <https://response.jp/article/2017/11/17/302623.html?from=tptr>

^{*10} <https://time-space.kddi.com/au-kddi/20190111/2552>

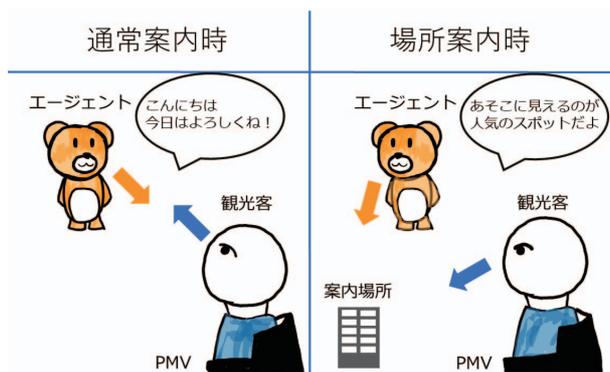


図 1 システムの設計方針

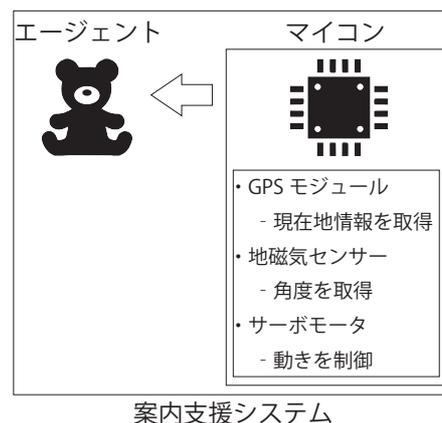


図 2 システムの構成図

リケーションにおける 2D または 3D 表示におけるユーザの評価を検証した [12].

3. 情報提示手法

本研究では、モビリティシステム乗車時に案内場所がどこにあるのか気づきを与えることを目的とし、目の前にある実物体が案内場所を指し示すことで気づきを与えるガイドシステムを開発した。本章では、本研究の目的を達成するための設計方針を明らかにし、案内場所を指し示す手法について述べる。さらに、比較実験用に開発したシステムについても述べる。

3.1 設計方針

国土交通省の効果的な観光情報提供のための資料 [13] によると、観光中の情報提供に関して必要とされる情報として以下の 2 つがある。

- (1) 公共交通の場合は乗り継ぎや時刻表、自動車の場合は案内表示などの交通に関する情報
- (2) 移動中の景色や立ち寄り先での飲食および買い物等の観光ルート上にある施設の情報

交通に関する (1) の情報は、モビリティシステム開発の際に必要な情報ではあるが、本研究に関しては不必要な情報である。そのため、交通に関する (2) の情報である、観光地における観光ルート上にある案内場所に対する情報提供を本研究の目的とした。現在システムを使わない案内として、例えば、バスガイド^{*11} や人力車^{*12} などの人手での案内がある。これらは、案内場所が近づくまでは乗客と観光地に対する説明等の対話を行い、案内場所が近づいた際に案内場所がどこにあるのかの場所の情報およびその場所がどのような場所なのかの説明を行う。そこで、本システムは案内を行うエージェントを用いて案内場所がどこにあるのかおよび案内場所についての説明を行うことをコンセプトとして設計した。システムの設計方針を図 1 に示す。

^{*11} <https://nouhibus.hida-ch.com/e933679.html> (参照 2020-01-28)

^{*12} https://www.lifehacker.jp/2017/12/171226_asics-gt-2000-newyork6.html (参照 2020-01-28)

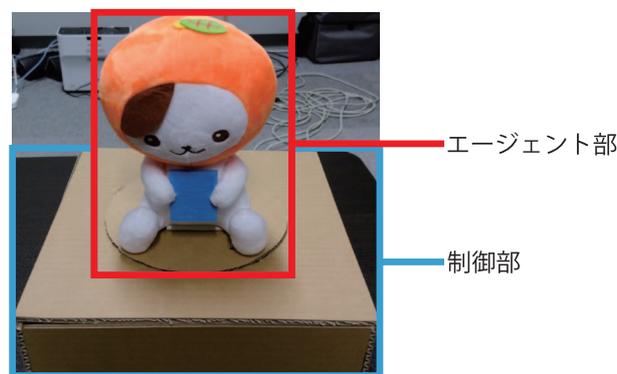


図 3 システムの外観

(1) 通常案内時

図 1 の通常案内時では、案内対象に近づくまで、エージェントと観光客はお互いに向き合った状態で音声による案内を行う。エージェントと対話することで観光地に関する情報提供を行う。また、エージェントが話すことおよび観光客の方向を向いていることにより、観光客の視線を引き付ける。

(2) 場所案内時

図 1 の場所案内時では、案内対象に近づくとき、エージェントは案内対象の方向に回転し、案内対象の説明を行う。音声のみを用いた観光案内における問題点として、音声だけではガイドが案内している場所がわからないことがある。そこで、本システムは、案内対象に近づくときエージェントが回転し案内対象を向くことによる視線誘導を行う。

3.2 案内システム

開発した案内システムの構成を図 2 に示す。開発した案内システムはマイコンを用いて案内エージェントを制御し、利用者に案内情報を提示する。システムを制御するにあたって、Linux マイコンである Raspberry Pi3 を用いて現在の場所や地磁気の情報等の情報を取得する。そして、取得したデータをもとにサーボモータを用いてエージェン

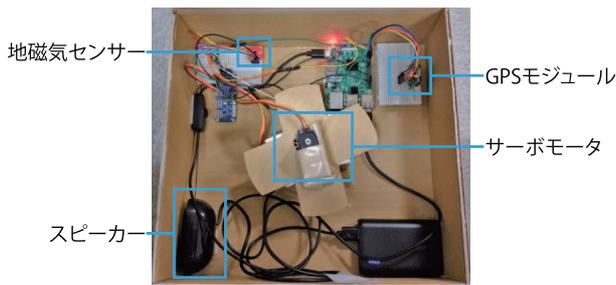


図 4 制御部の内部

トを回転させることで観光案内を行う。

システム構成から開発したシステムを図 3 に示す。開発したシステムはエージェント部と制御部に分けられ、以下に説明をまとめる。

(1) エージェント部

図 3 の赤い枠線がエージェント部である。本研究では、案内エージェントとしてぬいぐるみを用いる。本研究の目的の一つに、オープンキャンパスなどで和歌山大学に来た高校生に利用してもらい和歌山大学内を案内することも考えている。そのため、和歌山大学の公式マスコットキャラクターである「わだにゃん」のぬいぐるみを用いた^{*13}。橋本らは、「ロボットを触るなどすると親しみが持続しにくい。逆に、ぬいぐるみは何も出来なくても長年親しまれている」と述べている [14]。本研究で用いるエージェントにも、観光客が親しみをもちやすいガイドになることを期待している。今回の提案システムではぬいぐるみ部分に何かシステムを組み込むことを行わない。そのため、ぬいぐるみの代わりに別のロボットおよびぬいぐるみを置いても問題はない。例えば、観光地に合わせてご当地キャラクターのぬいぐるみが案内すれば地域活性にも繋がるのではないかと考えている。

また、従来の研究では、案内エージェントにロボットおよびぬいぐるみ型ロボットを用いている。ロボットの場合、上半身や首のみといったように自由に回転するように設計できるが、今回用いるぬいぐるみはそのように回転することができない。そこで、提案手法では回転する台の上にぬいぐるみを置くことで疑似的に回転動作を可能とした。

(2) 制御部

図 3 の青い枠線がシステムの制御部であり、図 2 におけるマイコンに位置する。エージェントを制御するための機能が制御部の中に全て入っており、箱の中に Raspberry Pi3 やセンサーなどが入っている。図 4 に制御部の箱の中身を示す。箱の中のセンサーとしては、GPS モジュールを現在位置の緯度経度情報の取得のために、地磁気センサーをぬいぐるみが向いてい



図 5 案内手法のフローチャート

る角度のデータの取得のために用いた。サーボモータは、エージェントの回転動作の制御のために用いている。スピーカーは、案内場所に近づいた際に音声で案内するために用いている。

3.3 案内手法

本システムの案内手法のフローチャートを図 5 に示す。図 4 の中にある、GPS モジュールを用いて数秒おきに現在地の緯度・経度データを取得し、現在地と案内対象の距離が 40m 以内に近づくまで位置情報を取得し続ける。また、この 40m という距離は案内対象の緯度経度のデータから道の真ん中の場所までの距離とした。案内場所との距離が 40m 以内になるとシステムが動作し、現在地と案内場所の緯度経度情報からぬいぐるみを回転する角度を計算する。そして、計算した回転角度のぬいぐるみを回転させ、音声で案内を行う。

音声案内の方法として「案内場所がどちらの方向にあるのか?」および「案内場所はどのような場所なのか?」が伝わるような音声を生じた。また、音声の生成には Voicetext を用いた^{*14}。

3.4 比較システム

(1) 地図システム

地図アプリを図 6 に示す。本システムはスマートフォンを用いて案内を行う Web システムとなっている。システムを起動すると、標準の画面が開かれ、ユーザの現在地および案内場所の情報が画面上に映る。ユーザの現在位置情報はスマートフォンの GPS を用いて位置情報を取得している。また、案内場所のピンをク

^{*13} <http://www.wakayama-u.ac.jp/mascot/> (参照 2020-01-28)

^{*14} <http://voicetext.jp/> (参照 2020-01-28)



図 6 ナビアプリ

リックすることで、案内情報提示招待となり、案内場所の情報が表示される。案内場所の情報として、案内場所の画像および案内場所の情報を文字による説明で情報の提示を行う。

(2) 音声による案内システム

開発したぬいぐるみシステムからぬいぐるみを取り除き音声のみで案内を行う手法となっている。システムの動作のフロー流れは図 5 と同様であり、ぬいぐるみの回転角度に関する部分を除いたものとなっている。

(3) AR エージェントによる案内システム

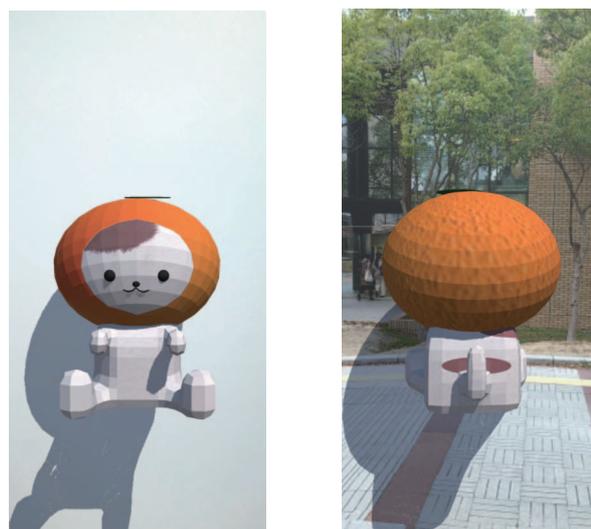
AR エージェントによる案内システムを図 7 に示す。本システムはスマートフォン、Android の端末のセンサーおよび Android のカメラを用いて画面上のキャラクターが全方向に回転することで案内を行う。図 7 の左側のように、案内場所が近づくまではぬいぐるみはこちらを向いている。そして、案内場所が近づくと、図 7 の右側のように、ぬいぐるみが案内場所を向き音声による案内を行う。ただ、本システムはぬいぐるみ案内とは異なり、案内場所が近づくと案内エージェントが左右に回転を始める。そして、案内対象の方向を向き続けるエージェントを宝探しのようにスマートフォンを動かしながら案内場所がどこにあるのか探すシステムとなっている。また、本システムは Unity にて開発した。システムの基本的なフローチャートは、案内場所に近づくことでスマートフォン画面上のキャラクターが、案内場所を指し示すことによる案内場所の提示および音声による案内場所の情報を提示する。

4. 評価実験

本章では、開発したぬいぐるみ案内システムに関して検証実験と結果について述べる。

4.1 複数の案内手法による利用者に与える影響に関する実験

ぬいぐるみの回転動作に関する検証を行った。今回の実験は、複数の案内手法と比較することで、利用者に与える



正面を向いている状態

案内対象を向いている状態

図 7 AR 案内システム

効果および利用者にとってどの案内手法が高評価を得るのかを検証する。

4.1.1 実験概要

提案システムの評価実験を行った。実験では、和歌山大学内をスマートフォンアプリ手法、ぬいぐるみ手法、音声手法の 3 つの手法が利用者にとって適切であるか比較する。案内距離は約 500m で、スタート地点からゴール地点まで案内し、実験時間として 1 周約 10 分程度要し合計 30 分案内を行った。また、モビリティシステムの利用状況に近づけるため車いすを用いて和歌山大学内を案内した。実験協力者は和歌山大学の学生 10 名（女性 3 名、男性 7 名）に行った。

図 8 は実験中の様子を示す。ぬいぐるみが案内場所の方向を向いており、実験協力者がその様子を見ている光景となっている。実験協力者にはどの場所で案内を行うのかの説明はしておらず、また、順序効果および案内場所の位置の理解を考慮し、被験者ごとに案内手法の実施順序が異なり、案内手法ごとに案内する場所は異なる。実験終了時に実験アンケートを実施し、評価した。質問項目は以下の 4 つである。

- (1) 案内場所の位置がわかりやすかった順番
- (2) 案内場所の情報がわかりやすかった順番
- (3) 一人で観光する際に使いたいと思う順番
- (4) 楽しく観光できたと思う順番

表 1、表 2、表 3、表 4 に実験結果のアンケート結果を示す。アンケートは 3 つの案内手法についての順位付けおよび自由記述を用いた。合計点は実験協力者による順位付けを 1 位：3 点、2 位：2 点、3 位：1 点として換算した合計である。実験協力者が 10 名のため、最も高い合計点数は 30 点、最も低い合計点数は 10 点となる。合計点数の高



図 8 実験の様子

表 1 案内場所の位置についての比較 (順位付け)

| | 質問項目 | 評価の分布 | | | 合計点 |
|-----|-----------|-------|-----|-----|-----|
| | | 1 位 | 2 位 | 3 位 | |
| (1) | スマートフォン手法 | 3 | 4 | 3 | 20 |
| (2) | ぬいぐるみ手法 | 6 | 3 | 1 | 25 |
| (3) | 音声手法 | 1 | 3 | 6 | 15 |

・評価の分布の数値は実験協力者の順位付けの人数の結果である。
 ・3つの表示方法を1位から3位まで順位付けしている。
 ・合計点は1位：3点，2位：2点，3位：1点として換算した合計である。

表 2 案内場所の情報についての比較 (順位付け)

| | 質問項目 | 評価の分布 | | | 合計点 |
|-----|-----------|-------|-----|-----|-----|
| | | 1 位 | 2 位 | 3 位 | |
| (1) | スマートフォン手法 | 6 | 1 | 3 | 23 |
| (2) | ぬいぐるみ手法 | 3 | 5 | 2 | 21 |
| (3) | 音声手法 | 1 | 4 | 5 | 16 |

・評価の分布の数値は実験協力者の順位付けの人数の結果である。
 ・3つの表示方法を1位から3位まで順位付けしている。
 ・合計点は1位：3点，2位：2点，3位：1点として換算した合計である。

い手法ほど高評価のシステムである。

4.1.2 案内場所の位置についての検証

「案内場所の位置がわかりやすかった順番」について、3つの手法の順位付けのアンケートの結果(表1)より、1位は「ぬいぐるみ手法」であった。合計点数が25点で10人中6人が1番案内場所がどこにあるのかわかりやすい手法だと回答した。2位は20点の「スマートフォン手法」であり、3位は15点の「音声手法」であった。実験結果からぬいぐるみ手法が案内場所の位置をユーザに示すうえで一番わかりやすいことがわかった。自由記述において、「ぬいぐるみが回転することで視覚的にどこにあるのかわかりやすい」および「音声だけの案内と比べてぬいぐるみがある方がわかりやすい」等の意見がえられた。

4.1.3 案内場所の情報についての検証

「案内場所の情報がわかりやすかった順番」について、3つの手法の順位付けのアンケートの結果(表2)より、1位は「スマートフォン手法」であった。合計点数が23点で10人中6人が1番案内場所がどこにあるのかわかりやすい手法だと回答した。2位は21点の「ぬいぐるみ手法」であり、3位は16点の「音声手法」であった。実験結果から

表 3 一人での利用についての比較 (順位付け)

| | 質問項目 | 評価の分布 | | | 合計点 |
|-----|-----------|-------|-----|-----|-----|
| | | 1 位 | 2 位 | 3 位 | |
| (1) | スマートフォン手法 | 4 | 2 | 4 | 20 |
| (2) | ぬいぐるみ手法 | 4 | 3 | 3 | 21 |
| (3) | 音声手法 | 2 | 5 | 3 | 19 |

・評価の分布の数値は実験協力者の順位付けの人数の結果である。
 ・3つの表示方法を1位から3位まで順位付けしている。
 ・合計点は1位：3点，2位：2点，3位：1点として換算した合計である。

スマートフォン手法が案内場所の情報をユーザに示すうえで一番わかりやすいことがわかった。自由記述において、「何度も情報を見返せるのでスマートフォンがわかりやすい」および「スマートフォンの画面で文字を読み取るのがわかりやすかった」等の意見がえられた。音声を用いた案内では、聞き漏らしおよび風などの外的要因によって聞こえなかった場合が実験中に発生した。そのため、案内場所アイコンをタップするだけで情報が確認できるスマートフォン手法が高評価だった。

4.1.4 システム利用についての検証

「一人で観光する際に使いたいと思う順番」について、3つの手法の順位付けのアンケートの結果(表3)より、1位は「ぬいぐるみ手法」であり、合計点数が21点で10人中4人が1番だと回答した。2位は20点の「スマートフォン手法」であり、ぬいぐるみ手法と同じく10人中4人が1番だと回答した。また、3位は19点の「音声手法」であった。そのため、「一人で観光する際に使いたいか」という質問に関しては、合計点数に大きな差はみられず、実験協力者一人一人にとって使いたいシステムが異なることが考えられる。そこで、1位が4票と同数のぬいぐるみ手法およびスマートフォン手法に注目する。

ぬいぐるみ手法の自由記述において、高評価意見としては「ぬいぐるみが話してくれた方が楽しく観光できる」等の意見がえられた。案内を行うエージェントに対して好意的な意見がえられた。一方で低評価意見として、「一人でシステムを使うとなると恥ずかしい」および「一人でシステムを使うのは抵抗がある」等の意見がえられた。案内実験を行った際に、通行人が複数いた。そのような人々が実験中のこちらの姿を見るたびに、恥ずかしさを感じる実験協力者もいた。また、そもそもぬいぐるみと観光すること自体に抵抗を感じる男性被験者もいた。

スマートフォン手法の自由記述において、高評価意見としては「一人で観光するならスマートフォンが無難」等の意見がえられた。2017年の世帯におけるスマートフォン保有率は75.1%となっており、今後もスマートフォン保有率は増加するといわれている[15]。そのため、スマートフォンアプリケーションの方が利用者にとって抵抗が少ない観光案内を提供できる可能性がある。一方で低評価意見として、「スマートフォンを見ていると色々な景色を見逃しそ

表 4 楽しさについての比較 (順位付け)

| | 質問項目 | 評価の分布 | | | 合計点 |
|-----|-----------|-------|----|----|-----|
| | | 1位 | 2位 | 3位 | |
| (1) | スマートフォン手法 | 0 | 2 | 8 | 12 |
| (2) | ぬいぐるみ手法 | 9 | 1 | 0 | 29 |
| (3) | 音声手法 | 1 | 7 | 2 | 19 |

・評価の分布の数値は実験協力者の順位付けの人数の結果である。
 ・3つの表示方法を1位から3位まで順位付けしている。
 ・合計点は1位：3点、2位：2点、3位：1点として換算した合計である。

案内対象



図 9 実験の様子

う」等の意見がえられた。今回の実験においては、地図システムで案内を行ったが、案内システム次第ではぬいぐるみシステムよりも高評価になる可能性があると考えられる。

4.1.5 楽しさについての検証

「楽しく観光できたと思う順番」について、3つの手法の順位付けのアンケートの結果(表4)より、1位は「ぬいぐるみ手法」であった。合計点数が29点で10人中9人が1番楽しく観光できたと回答した。2位は19点の「音声手法」であり、3位は12点の「スマートフォン手法」であった。自由記述においても、「ぬいぐるみが話してくれるのが楽しかった」等の高評価意見が多くみられた。

一方で、これまで表1～表3までの3つのアンケートにおいて好評であったスマートフォン手法が低評価という結果となった。自由記述において、「日常的に利用しているので楽しくはない」および「ただの地図システムは面白くなかった」等の意見がえられた。そのため、実験結果とは対照的にスマートフォンでの観光案内は利用者にとって楽しくない可能性がある。

4.2 実物体と仮想物体による利用者にも与える影響に関する実験

複数の案内手法による評価実験の結果から以下の3点を明らかにした。

(1) ぬいぐるみによる案内システムは評価が高かったこと

(2) スマートフォンを用いて案内を行うこと自体は評価が高かったこと

(3) ぬいぐるみシステムは利用者にも恥ずかしさを与えること

そこで、同じくスマートフォンを用いたシステムであるARエージェントによる案内システムとぬいぐるみシステムを比較することで評価が高かった2つの案内手法の更なる比較を行う。

4.2.1 実験概要

実験の目的として、エージェントの存在による利用者にも与える影響について調査を行う。これまでにエージェントによる評価実験は既に行われている[16], [17]。しかし、従来の研究では、人目にさらされるような環境で実験を行っていないため、本研究の実験結果とは異なる可能性がある。そこで、以下の3つの仮説を立て、実験を行った。

仮説1 実物体と仮想物体で比較すると実物体の方が案内場所がどこにあるのかわかりやすい

仮説2 実物体と仮想物体で比較すると実物体の方が楽しい観光を提供できる

仮説3 実物体と仮想物体で比較すると仮想物体の方が周りの視線に気にならなくなる(恥ずかしさを軽減できる)

案内距離は約350mで、スタート地点からゴール地点まで案内し、実験時間として1周約8分程度要し合計20分程度案内を行った。

実験協力者は、20代の男性7名、女性3名である。実験協力者は、ぬいぐるみを用いた案内手法とAR案内システムを交互に利用した。順序効果を考慮するためシステムを用いる順番は実験協力者によって異なる。また、案内システムによって、案内場所が一部異なるように実験を設定した。システム順序効果によって案内場所がどこにあるのかわげられることを防いだ。一つのシステムを利用して案内が終わるたびにアンケートに回答してもらった。

図9に実験中の様子を示す。AR案内システムが案内場所の方向を向いており、実験協力者が案内場所を探し、その様子を見ている光景となっている。

4.2.2 案内場所の位置に関する検証

表5に、アンケート結果を示す。アンケートには5段階のリッカートスケールと自由記述を用いた。表5(1)の「案内場所がどこにあるのかわかりやすかった」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値および最頻値共に5、ARシステムは中央値および最頻値共に4という結果となった。また、p値が0.0065であったことから有意差もみられた。そのため、ぬいぐるみシステムはARシステムよりも案内場所の情報を示すうえで優れている可能性がある。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「わだにゃんが声で分かりやすく方向を教えてくれるうえにちゃんと

表 5 実験に関するアンケート (5 段階評価)

| 質問項目 | 案内システム | 評価の分布 | | | | | 中央値 | 最頻値 | 有意確率 |
|--------------------------|--------|-------|---|---|---|---|-----|-----|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| (1) 案内場所がどこにあるのかわかりやすかった | ぬいぐるみ | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 5 | 5 | 0.0065* |
| | AR | 0 | 2 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | |
| (2) 一人で観光するときに使いたい | ぬいぐるみ | 0 | 2 | 1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 0.56 |
| | AR | 0 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3.5 | 3,4 | |
| (3) システムを使うことは負担にならなかった | ぬいぐるみ | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 5 | 5 | 0.015* |
| | AR | 1 | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| (4) 楽しく観光できた | ぬいぐるみ | 0 | 0 | 1 | 2 | 7 | 5 | 5 | 0.014* |
| | AR | 0 | 0 | 2 | 6 | 2 | 4 | 4 | |
| (5) 周りの歩行者の視線が気になった | ぬいぐるみ | 0 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3.5 | 2 | 0.023* |
| | AR | 2 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | |
| (6) 案内場所以外の周りの景色も観た | ぬいぐるみ | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 5 | 5 | 0.034* |
| | AR | 1 | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | |

- ・評価の分布の数値は実験協力者の順位付けの人数の結果である。
- ・評価項目： 1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する
- ・*: 有意差あり p<0.05
- ・有意確率には, ウィルコクソンの符号順位検定を使用。

表 6 2つのシステムの対比較の結果 (5 段階評価)

| | 質問項目 | 評価の分布 | | | | | 中央値 | 最頻値 |
|-----|-----------------------|-------|---|---|---|---|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| (1) | どちらのシステムを観光中に使いたいですか? | 2 | 4 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| (2) | どちらのシステムが楽しく観光できましたか? | 3 | 6 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |

評価項目： 1: ぬいぐるみ, 2: どちらかといえばぬいぐるみ, 3: どちらともいえない, 4: どちらかといえば AR システム, 5: AR システム

案内場所の方向を見てくれていたので分かりやすかった」および「音声だけでなく方向をぬいぐるみが教えてくれるので分かりやすかった」等の高評価の意見が多かった。

AR システムに関する自由記述として、「自分で案内場所がどこにあるのか探すので案内場所がどこにあるのかわかりやすかった」および「案内対象へスマートフォンを近づけるとぬいぐるみが案内対象を向くのでどこにあるのかわかりやすかった」等の高評価の意見が得られた。一方で、同意しないと回答した2名からは「システムがグルグル回り続けてどこにあるのかわかりづらかった」および「左右に回転するのでどこにあるのかわかりづらかった」等の低評価の意見も見られた。

4.2.3 システムの利用に関する検証

表 5 (2) の「一人で観光するときに使いたいですか?」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値および最頻値共に 4, AR システムは中央値は 3.5, 最頻値は 3 および 4 という結果となった。ただ、p 値が 0.56 であったことから有意な差がみられなかった。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「わだにゃんが声で分かりやすく方向を教えてくれるうえにちゃんと案内場所の方向を見てくれていたので分かりやすかった」および「初めての観光地だと目的地に辿り着くだけで精一杯になりがちなのでぬいぐるみがあつた方が観光自体が楽しくなると感じた」等の高評価の意見がみられた。一方で、低評価の意見として、「声とわだにゃんの動きが周りに見

られた恥ずかしかった」等と同様の意見がみられた。また、恥ずかしさに関しては、「同意する」と回答した2名からも恥ずかしいという意見がみられた。

次に、AR システムに関する自由記述として、「スマートフォンの方が一人でも使えそうだと思う。人形よりも恥ずかしさが減ったので」および「AR システムがある場合の方が何もシステムを使わないよりも楽しい観光ができる」等の高評価の意見が得られた。一方で、「アバターがずっと中央にいるのは観光の邪魔になっていた」および「操作が難しかったので使いたくない」という低評価意見がみられた。

今回の実験結果からは、一人で観光するときに使いたくなるシステムは今回の実験からでは明確に判断できない結果となった。

表 5 (3) の「システムを使うことは負担にならなかった」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値および最頻値共に 5, AR システムは中央値および最頻値共に 4 という結果となった。また、p 値が 0.015 であったことから有意差もみられた。そのため、ぬいぐるみシステムは AR システムよりもシステム利用の負担を感じない結果となった。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「自分が直接何か操作をするわけじゃないので苦じゃない」という意見が多くみられた (10 名中 7 名)。

次に、AR システムに関する自由記述として、「スマー

トフォンを持っているだけだったので楽だった」という高評価の意見が得られた。また、高評価、低評価に関わらず「スマートフォンをずっと持っているのは疲れた」という意見もみられた。

表5(4)の「楽しく観光できた」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値および最頻値共に5、ARシステムは中央値および最頻値共に4という結果となった。また、p値が0.014であったことから有意差もみられた。そのため、ぬいぐるみシステムはARシステムよりも楽しい観光を提供できる結果となった。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「わだにゃんと観光で来て楽しかった」および「特に自分が何か操作するとかなかったので気軽に観光できた」等の高評価意見が得られた。

次に、ARシステムに関する自由記述として、「可愛いキャラクターが案内してくれて楽しかった」というぬいぐるみシステムと同様な意見が得られた。

そのため、キャラクター性は観光案内において必要な要因であると再確認できた。

4.2.4 周囲の情報に関する検証

表5(5)の「周りの歩行者の視線が気になりましたか?」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値は3.5、最頻値は2という結果となり、ARシステムは中央値および最頻値共に2という結果となった。また、p値が0.023であったことから有意差もみられた。そのため、ARシステムはぬいぐるみシステムよりも歩行者の視線が気にならない可能性があることがわかった。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「特に気にならなかった」および「注目されているように感じたが観光する際には特に気にならなかった」等の視線に関して特に気にしない意見がみられた。一方で、同意するおよび強く同意すると回答した人からは「わだにゃんの声が出ると歩行者がみってくるので恥ずかしかった」、「1人で観光していたので気になった」および「多くの人がこっちを見るので気になった」等の視線に関して気になった人が多かった。

次に、ARシステムに関する自由記述として、「車椅子に乗っていたので目立っていたがARシステムを使うことに集中していたので特に気にならなかった」および「ただスマホを持っているだけなので変な目で見られることはなかった」等の視線に関して特に気にしない意見がみられた。一方で、同意するおよび強く同意すると回答した人からは「見てくる人が気になる」等の視線に関して気になった人が多かった。

表5(6)の「案内場所以外の周りの景色も観た」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムは中央値および最頻値共に5という結果となり、ARシステムは中央値は4、最頻値は5という結果となった。また、p値が0.034であったことから有意差もみられた。そのため、ぬいぐる

みシステムはARシステムよりも周囲の景色を観る可能性があることがわかった。

ぬいぐるみシステムに関する自由記述として、「人形も見ていたが周りの景色も見ていた」および「わだにゃんが動作するまでは自由に周りを見て観光を楽しんだ」等の高評価意見が多かった。

次に、ARシステムに関する自由記述として、「わだにゃんが反応するかもと思ってスマートフォンを色々な所に動かしたので色々な景色を観た」および「スマートフォン越しに周りの景色を観た」等のしっかり周りの景色を確認できた人がいた。一方で、「ついスマートフォンの方を向いていた」および「スマートフォンのわだにゃんが気になったのでスマートフォンの方を見るが多かった」等のようについスマートフォンを見てしまう実験協力者もいた。今回の実験結果から、ぬいぐるみシステムの方が利用ユーザの視野が広くなると考えられる。

4.2.5 システムの全体の評価

表6に、2つのシステムの一対比較の結果を示す。表6(1)の「どちらのシステムを観光中に使いたいですか?」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムを使いたいと回答した人は強く同意する2名、同意する4名であり、ARシステムを使いたいと回答した人は強く同意する1名、同意する3名であった。

ぬいぐるみシステムの自由記述において、「スマートフォンを持つことがなく自由に観光できた」および「ARの方が画面に集中する必要があったので観光に集中しづらかった」等の意見がえられた。また、「実体の方が楽しく観光できた」および「ぬいぐるみの方が見ていて楽しかった」等の実物体の方が好印象を与えることがわかった。

ARシステムの自由記述において、「使いやすさと周囲の視線の2点からARシステムの方が使いたかった」とおよび「ARシステムの方が自分で操作できるところが魅力的だった」等の意見がえられた。

表6(2)の「どちらのシステムが楽しく観光できましたか?」という質問を行ったところ、ぬいぐるみシステムを使いたいと回答した人は強く同意する3名、同意する6名であり、ARシステムを使いたいと回答した人は同意する1名であった。

ぬいぐるみシステムの自由記述において、「周りの景色をよく観れたのはぬいぐるみシステムの方だった」および「ぬいぐるみシステムの方が親近感がわき、一緒に観光している感じが強かった」等の意見がえられた。また、「実物体であったほうが楽しさを感じた」等の実物体の方が好印象を与えることがわかった。

ARシステムの自由記述において、「一人での観光の場合ぬいぐるみの説明だけよりも遊び要素のあるARシステムの方が楽しかった」との意見がえられた。

今回の実験結果からは、ぬいぐるみシステムの方が楽し

く観光できたと回答した人が多かった。ただし、ぬいぐるみシステムを選んだ人の自由記述で「ARシステムがもっと色んな動きとかしてほしかった」という意見がみられた。

4.2.6 仮説の検証

表5(1)「案内場所がどこにあるのかわかりやすかった」の結果から、ぬいぐるみシステムの方が案内場所がどこを差しているのかがわかりやすいことがわかった。表5(2)「一人で観光するときに使いたいですか?」、表5(3)「システムを使うことは負担にならなかった」および表5(4)「楽しく観光できた」の結果から、ぬいぐるみ手法の方が楽しい観光を提供できることがわかった。ただ、一人で観光する時に使いたいシステムに関しては利用するユーザーによると考えられる。表5(5)「周りの歩行者の視線が気になりましたか?」および表5(6)「案内場所以外の周りの景色も観た」の結果から、仮想物体の方が周りの歩行者の視線が気にならないことがわかった。一方で、ついスマートフォンを見すぎてしまうことで周りの景色を見る機会を失っている可能性もあることがわかった。

5. おわりに

本研究の目的である適切な案内情報を提示するシステムの検討を行うため複数のシステムを開発し、比較を行った。以下に比較を行ったシステムをまとめる。

- (1) ぬいぐるみエージェントによる案内システム
- (2) スマートフォンを用いた地図システム
- (3) 音声のみによる案内システム
- (4) AR エージェントによる案内システム

これらのシステムと比較した実験より、以下の知見が得られた。

- (1) ぬいぐるみ等のキャラクター性を持った実物体を用いることは、誰かと一緒に観光しているような気持ちになり楽しい観光を提供できる可能性がある。
- (2) 案内情報を伝えるには、音声による案内よりもディスプレイ等を用いて文字ベースで情報を提示した方が、ユーザーにとって使いやすい可能性がある。
- (3) 能動的に操作する案内システムよりも受動的に案内情報を取得できるシステムの方が、利用者にとって使いやすいシステムの可能性がある。
- (4) 周りの視線に関わらず恥ずかしいと感じながらも、ぬいぐるみシステムはモビリティシステムにとって最適な案内手法の可能性がある。

参考文献

- [1] 国土交通省・Maas (モビリティ・アズ・ア・サービス) について: https://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2018/69_1.pdf (参照 2020-01-28)。
- [2] 須山温人: 次世代交通を支える自動運転モビリティサービスの紹介, 計測と制御, Vol.57, No.3, pp.193-195 (2018)。
- [3] 鈴木祐也, 葛岡英明, 山下淳, 山崎敬一, 山崎晶子, 久野

- 義徳: 無言のロボットによる注意誘導の研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.615-618 (2007)。
- [4] 山崎晶子, 荻野洋, 山崎敬一, 葛岡英明: 科学博物館における身体ひねりを用いたロボット (TalkTorque-2) と観客との相互行為の分析, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J97-D, No.1, pp.28-38 (2014)。
- [5] 米澤朋子, 山添大丈, 内海章, 安部伸治: ユーザ視線に応じた看板案内ぬいぐるみインタラクション, 電子情報通信学会技術研究報告ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol.107, No.552, pp.53-58 (2008)。
- [6] 江角直起, 小柳津拓也, 志々見亮: ココロ, 動く電話, ロボホン, 人工知能学会研究会資料, Vol.B5, No.02, pp.39-40 (2016)。
- [7] 山添大丈, 米澤朋子: 装着型ぬいぐるみロボットのための空気圧アクチュエータアレイによる触覚表現手法, 情報処理学会インタラクション2017, pp.106-109 (2017)。
- [8] Ryusuke Totsuka, Satoru Satake, Takayuki Kanda, Michita Imai: Is a Robot a Better Walking Partner If It Associates Utterances with Visual Scenes?, Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp.313-322 (2017)。
- [9] Hisato Fukuda, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, Yosuke Saito, Emi Iiyama, Seiji Yamazaki, Yoshinori Kobayashi, Yoshinori Kuno, Kei: Enhancing Multiparty Cooperative Movements: A Robotic Wheelchair that Assists in Predicting Next Actions, Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction, pp.409-417 (2018)。
- [10] 須田義大, 大口敬, 中野公彦, 大石岳史, 小野晋太郎, 吉田秀範, 杉本敏之: 自動運転システムの社会実装に関する課題と展望, 生産研究, Vol.68, No.02, pp.95-98 (2016)。
- [11] Tony Shu-Hsien Wang, Dian Tjondronegoro, Michael Docherty, Wei Song, Joshua Fuglsang: A Recommendation for Designing Mobile Pedestrian Navigation System in University Campuses, In Proceedings of the 25th OzCHI, pp.3-12 (2013)。
- [12] Mustafa Esengün, Gökhan İnce: Comparative Assessment of Mobile Navigation Applications using 2D Maps and Augmented Reality Interfaces, ACHI2016, pp.423-428 (2016)。
- [13] 国土交通省・観光地が取り組む効果的な観光情報提供のための資料集: <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/kankojoho/> (参照 2020-02-03)。
- [14] 橋本悠希, 梶本裕之: 生物感提示装置, インタラクション2008, pp.159-160 (2008)。
- [15] 総務省: 情報通信機器の保有状況: <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd252110.html> (参照 2020-01-28)。
- [16] Miguel Sarabia, Yiannis Demiris: A Humanoid Robot Companion for Wheelchair Users, Proceedings of International Conference on Social Robotics, pp.432-411 (2013)。
- [17] Takahiro Tanaka, Kazuhiro Fujikake, Takashi Yonekawa, Makoto Inagami, Fumiya Kinoshita, Hirofumi Aoki, Hitoshi Kanamori: Effect of Different in Form of Driving Support Agent to Driver's Acceptability - Driver Agent for Encouraging Safe Driving Behavior (2), Journal of Transportation Technologies 08, pp.194-208 (2018)。