視線誘導エージェントを用いた PMVのための観光案内支援システムの開発

長田 颯斗[1]　吉野 孝[1]

概要：近年，自動運転技術の発達により，様々な研究が行われている．自動運転車を用いたニーズの一つに観光案内がある．しかし，自動運転技術を用いた観光案内についてあまり検証されていない．そこで，本研究では，視線誘導エージェントを用いた自動運転車のための観光案内支援システムの開発を行った．本研究は，自動運転システムを用いて屋外での利用を前提としている．そのため，案内対象へと視線を誘導させるおよび案内対象を気づかせる必要がある．そこで，提案システムの設計方針として，（１）案内エージェントが回転することによる視線誘導，（２）案内対象を向きながら音声による案内，の２点を行った．案内エージェントが回転することおよび案内エージェントが話すことによる効果の検証を行った．検証の結果，（１）案内エージェントが回転し，案内対象を向くことで視線を誘導できることが分かり，（２）ぬいぐるみが話すことに関して抵抗感を感じる実験協力者は少なかった．

Development of Tourism Information Support System for PMV Using Visual Guidance Agent

HAYATO CHODA[1]　TAKASHI YOSHINO[1]

1. はじめに

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．2020 年の東京オリンピックを目途に実用化を目指している．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動手段になり，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 [1]．また，日本交通公社による自動運転車の観光利用に関する意識調査 [2] では，完全自動運転車が十分に普及した社会になった場合，7 割の人が旅行に行く回数が増えると回答した．これまでに，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 [3]．しかし，自動運転車乗車時の観光案内についてあまり検証されていない．

そこで，本研究では，自動運転車を用いた観光案内手法の検討を行った．現在の案内として，例えば，観光ツアーなどにおける「バスガイド」および浅草などにおける「人力車」などのように人手での案内があげられる．これらは，観光客を目的地まで運びつつ，目的地までの道中で案内や対話を行うことで観光客を楽しませるサービスとなっている．そこで，提案手法では,「バスガイド」などの代わりとなる案内エージェントを用意する．案内エージェントにより，案内対象の確認・案内対象の説明を行うことで自動運転技術を用いた案内手法を目指す．今回，提案手法を実装したシステムを開発し，システムを用いた案内の効果を検証した．

また，本研究における自動運転システムとして，同大学の中嶋らが開発している Personal Mobility Vehicle(以下 PMV として表記する)[4] および，同大学の野村らが開発している自律走行システム [5] を用いる．

2. 関連研究

2.1 視線誘導と案内システムに関する研究

人同士の視線は，非言語コミュニケーションにおいて重

[1] 和歌山大学
Wakayama University Sakaedani 930, Wakayama, 640–8510 Japan

© 2018 Information Processing Society of Japan

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 [6]．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．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 [7]．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．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た [8]．これまでの研究は，室内での利用であったり，案内対象の近くにシステムを設置することが多い．しかし，本研究は，屋外での利用を前提としているため，案内対象へと視線を誘導させるおよび案内対象を気づかせる必要がある．そこで，提案手法では，あらかじめ案内エージェントと利用者が向き合って視線を合わしている状態を基本とする．案内対象が近づくと，エージェントが回転し案内対象へと向くことで自然に視線が外されることによる視線誘導を行う．

2.2 ターンテーブル型の視線誘導

ターンテーブルのように物を動かすことで人の注目を集める方法がある．SyncPresenter[9] では，説明したい物をターンテーブルに乗せ，任意に動かし（回転）ながらその物の説明を行うことで，入力した内容とまったく同じように動作する．物が動きながら音声を再生することで人の視線の注目を実現した．また，考察において，ナビゲーションや展示物の案内などの場面でも利用できると述べている．提案手法では，同様に回転し音声を再生することで案内を行う．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，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．

2.3 ロボットによる案内

現在，人手の代わりに案内の場面において，ロボットが使われている．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 [*1]．シャープ社の「ロボホン」[10] を用いて，京都での観光案内を行うサービスを開始している [*2]．このように，ロボットを用いた案内システムは既に存在する．音声での案内などは従来の物と変わらないが，案内する際に回転することによる視線誘導を行う点が異なる．

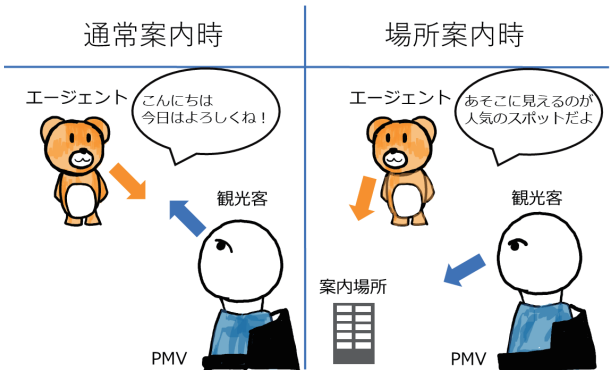

図 1　システムの概要

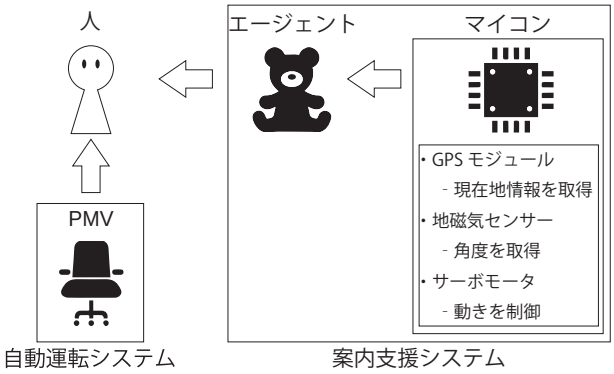

図 2　システムの構成図

3. 観光案内支援システム

3.1 システムの概要

システムの概要を図 1 に示す．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の示す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．

(1) 通常案内時
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
案内対象に近づくと，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．エージェントが視線を逸らすことによる，視線誘導を行う．

3.2 システム構成

システム構成を図 2 に示す．本システムは，Linux マイ

*1 https://www.ald.softbankrobotics.com/en/robots

*2 http://www.sharp.co.jp/corporate/news/171208-a.html

© 2018 Information Processing Society of Japan

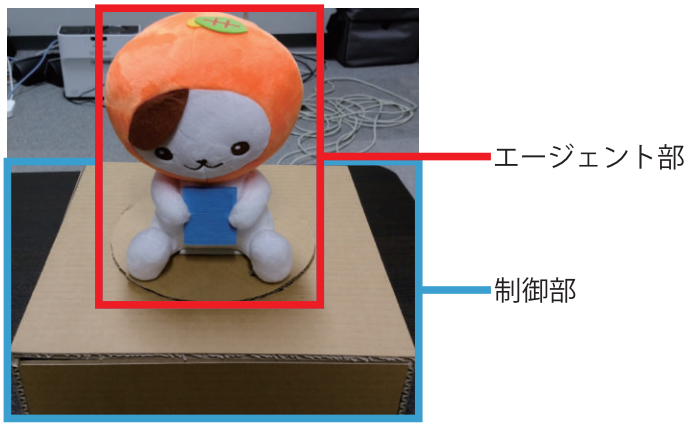

図 3　システムの外観

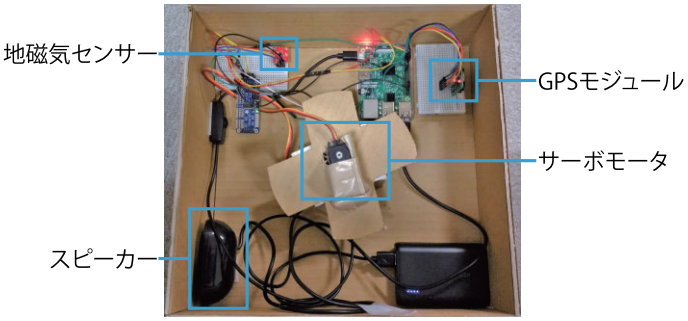

図 4　システムの中身

コンである Raspberry pi3 を用いて現在地の場所や地磁気の情報を取得する．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トを操作し観光案内を行う．

(1) エージェント部

システムの外観は図 3 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を考えている．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 [*3]．また，従来の研究では，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，本提案手法では，回転する台の上にぬいぐるみを置く．そして，台を回転することで疑似的に回転動作を可能とした．

(2) 制御部

システムの中身は図 4 である．これは，図 3 のぬいぐるみの下の箱の中身である．箱の中に，Raspberry pi3 やセンサーなどが入っている．箱の中のセンサー等を以下にまとめる．

(a) GPS モジュール

現在位置の緯度経度情報および案内対象との距離，角度の取得に用いる．GPS の取得にみちびき対応の GPS モジュールを用いた [*4]．

(b) 地磁気センサー

ぬいぐるみが向いている角度のデータの取得に用いる．地磁気センサーの向きに合うようにエージェントの位置を設定した．

(c) サーボモータ

エージェントの回転動作の制御を行う．案内の際に全方向を回転できるように 360 度回転できるようにした．

(d) スピーカー

音声案内を行う際に用いる．また，音声の生成には Voicetext を用いた [*5]．

*3 http://www.wakayama-u.ac.jp/mascot/

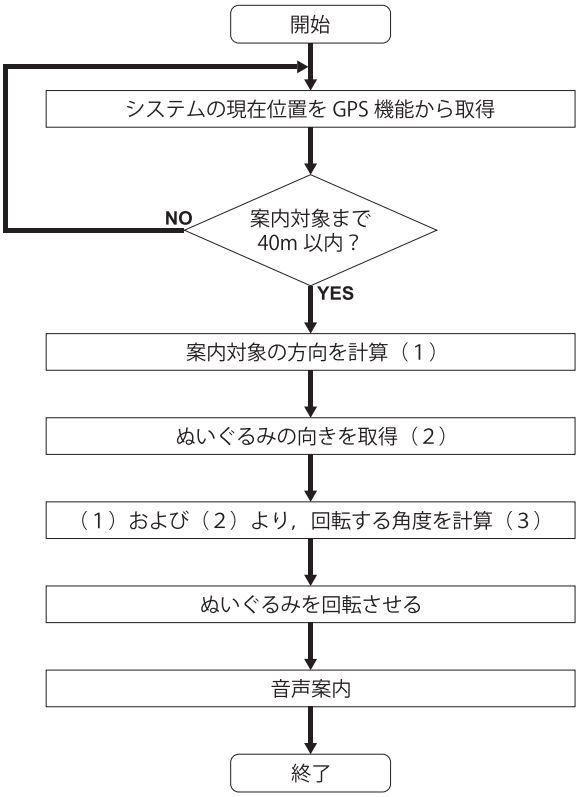

図 5　案内手法のフローチャート

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．制御部の中にある，GPS モジュールを用いて数秒おきに現在地の緯度・経度データを取得する．現在地と案内対象の距離が 40m 以内に近づくと，システムが動作する．この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．（1），（2）および（3）により，回転する角度を計算し，エージェントを回転させ，視線誘導を行

*4 http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09991/
*5 http://voicetext.jp/

© 2018 Information Processing Society of Japan

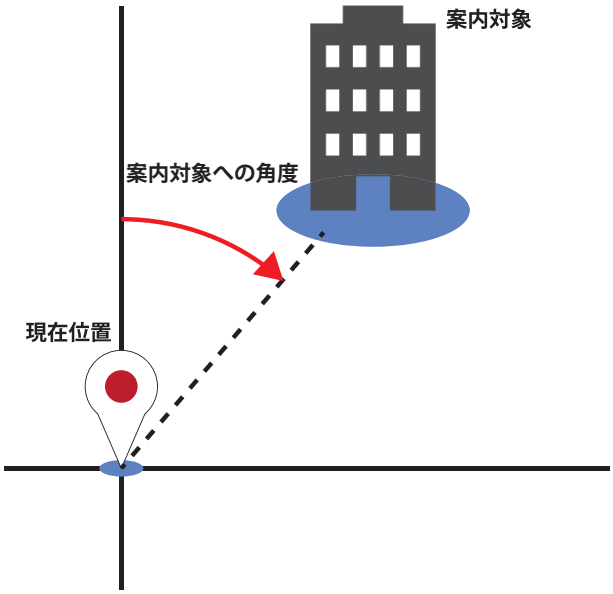

図 6　案内対象の方向を計算

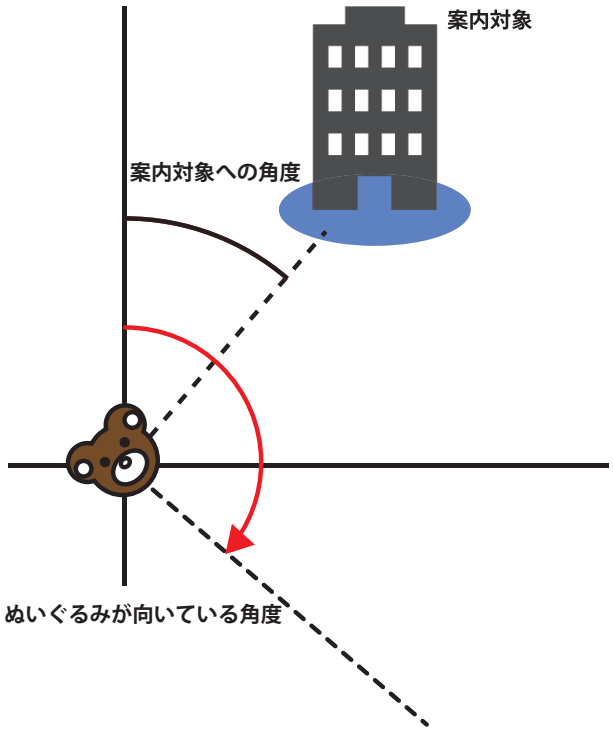

図 7　ぬいぐるみの向きを取得

い，音声で案内を行う．以下に回転角度を計算するまでの手法をまとめる．

(1) 案内対象の方向を計算
図 6 に案内対象方向の計算手法を示す．案内対象と現在位置の緯度経度のデータより方位角を計算する．方位角は北を 0 度としている．

(2) ぬいぐるみの向きを取得
図 7 にぬいぐるみの方位角の取得方法を示す．ぬいぐるみが向いている角度は，図 4 の地磁気センサーによって取得する．（1）で取得したデータと同様に方位角は北を 0 度としている．

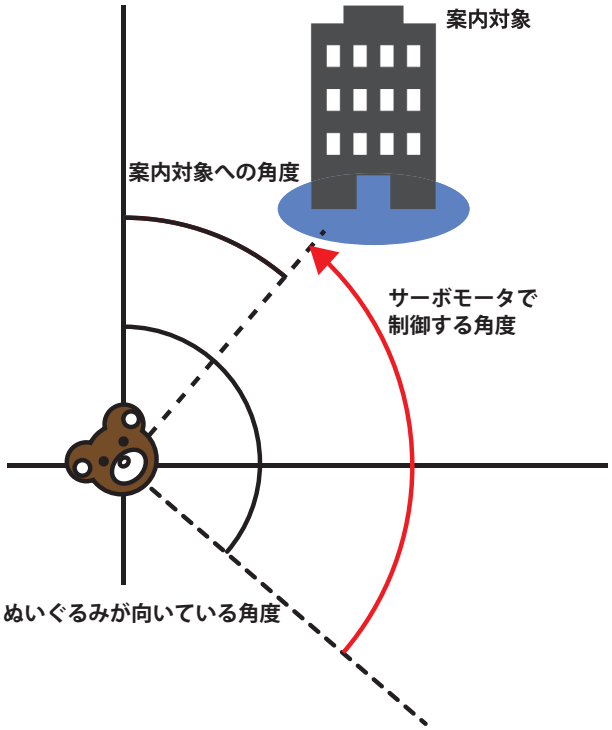

図 8　回転する角度を計算

(3) 回転する角度を計算
図 8 にサーボモータでの回転角度の計算を示す．（1）で取得した案内対象の角度および（2）で取得したぬいぐるみが向いている角度よりサーボモータで制御する角度を計算する．

4. 検証実験

4.1 実験概要

提案手法の評価実験を行った．実験では，システムを持ってもらい和歌山大学内を歩く実験を行い，実験で歩いた範囲は図 9 となっている．実験の説明として，大学内のある案内対象に近づくと案内を行うことだけ伝えた．歩いた距離は約 550m で，実験時間として約 10 分程度要した．また，今回の実験は歩いた経路を全員統一し，①から⑤の番号の順番に歩いてもらった．実験中に青い番号のところに近づくとエージェントが回転し，案内対象の方を向き案内個所の説明を行った．また，今回はシステムの有用性を検証するため，PMV を使わずに提案システムを持って大学内を歩いてもらった．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 10 に実験中の様子を示す．図 10 は和歌山大学教育学部棟を向いているエージェントを見ている様子である．

実験終了時に実験アンケートを実施し，評価した．アンケートは 5 段階のリッカート尺度による評価を用いた．質問項目は以下の 4 つである．

(1) ぬいぐるみの回転は案内方向を向いていた．
(2) ぬいぐるみの回転は案内場所を知るきっかけになった．
(3) ぬいぐるみが話すことに抵抗感を感じた．

© 2018 Information Processing Society of Japan

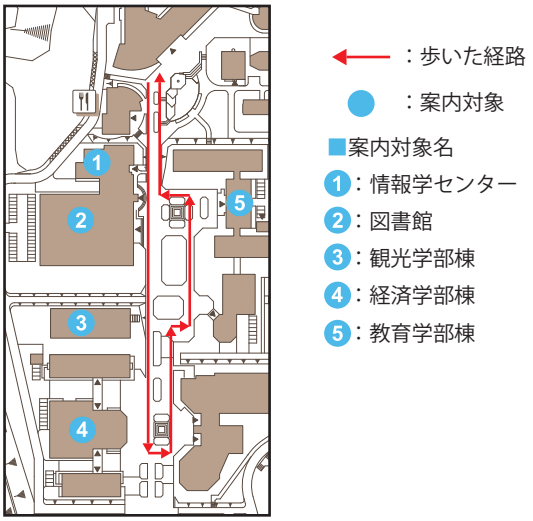

図 9　実験範囲

図 10　実験の様子

(4) ぬいぐるみが話す案内内容は聞き取れた．

5. 実験結果と考察

5.1 回転による視線誘導の検証

表 1 にアンケートの結果を示す．ぬいぐるみの回転の正確性について質問した結果（表 1（1）），中央値および最頻値ともに 4 という評価となった．自由記述において，「ある程度あっていた」および「どこを指しているのか混同することがあった」等の意見がみられた．これらの意見の主な原因として，以下の 2 点が問題であったと考えられる．

(1) 案内対象が近いことによる混同
実験の際，図 9 における，①と②の案内対象が隣り合ってることからどちらの場所を案内しているのかわからないという意見があった．しかし，今回の実験協力者が和歌山大学の学生であったため，音声による案内を聞くことで，どちらの場所を案内しているのかが分かった人もいた．

(2) 物理的制約による案内が困難
図 11 に実験中の様子を示す．これは，案内対象の方向にぬいぐるみが回転し，実験協力者がその方向を見ている図である．この図のように，案内対象とシステムの間に木が生えており案内対象が見えないことがあった．これは，今回の手法が案内対象とシステムの距離のみでの案内手法によるものである．そのため，今後障害物などを考慮した案内手法を検討する必要がある．

図 11　物理的制約による問題点

また，GPS モジュールの精度によって，システムが動作する場所や回転する角度も異なっていることがあった．さらに，今回の提案手法では一度システムが動作すると案内が終わるまでぬいぐるみの角度は固定される．そのため，わだにゃんが案内中に実験協力者が動くおよび向きを変えることで，わだにゃんの向いている角度がズレることがあった．そのため，今後，実験協力者の移動や向きを追従してより動的にわだにゃんを回転させる必要がある．以上のように，現在の案内手法では正確に案内対象を向いていないことが分かった．

次に，回転による視線誘導について質問した結果（表 1（2）），中央値および最頻値ともに 5 という高評価となった．自由記述においても，「方向を向いてくれるのはわかりやすい」および「回転してくれてるのでわかりやすい」等の高評価が多くみられた．また，回転動作終了時に再度実験協力者の方を向くことに関しても高評価が得られた．しかし，今回の実験の際に，案内対象および回転することを伝えていなかったため，突然システムが動作し回転することで驚く人が多かった．また，回転の際のモータ音が不快に感じた人もいたので，今後システムの動作速度などについて再検討を行う必要がある．

5.2 ぬいぐるみが話すことによる検証

表 2 にアンケートの結果を示す．ぬいぐるみが話すことへの違和感について質問した結果（表 2（1）），中央値および最頻値ともに 1 という評価となった．自由記述においても，「特に違和感を感じなかった」および「Pepper などロボットが話すことに慣れているので特に違和感を感じなかった」という意見がみられた．これは，自由記述に書い

© 2018 Information Processing Society of Japan

表 1　ぬいぐるみの回転動作に関するアンケート結果 (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)	ぬいぐるみの回転は案内方向を向いていた.	0	0	0	6	4	4	4
(2)	ぬいぐるみの回転は案内場所を知るきっかけになった.	0	0	0	2	8	5	5

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

表 2　ぬいぐるみが話すことに関するアンケート結果 (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)	ぬいぐるみが話すことに違和感を感じた.	6	4	0	0	0	1	1
(2)	ぬいぐるみが話す案内内容は聞き取れた.	0	1	1	4	3	4	4

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

ているように，ロボットや Siri[*6] などの音声発話を行うシステムの普及によるものだと考えられる．そのため，ぬいぐるみが話すことに関しては特に問題点はみられなかった．

次に，ぬいぐるみが話す案内内容が聞き取れたのか質問した結果（表 2（2）），中央値および最頻値ともに 4 という評価になった．自由記述において，「聞き取れた，聞き取りやすかった」のような好意的意見がある一方で，「聞き取りずらかった，音量が少し小さかった」などのように否定的意見も見られた．個々人によって，最適な音の大きさは異なるため，音のサイズを調整する必要がある．また，「風などの環境音によって聞こえにくいときがあった」という意見もあった．これは，実験を行った日は風が強かったため，風や風によって揺れている木の音などによって聞こえにくいことがあった．環境音による問題は，屋外での案内システム特有の問題だと考えられるので，今後の改善すべき目的とする．

6. おわりに

本研究では，自動運転車を用いた観光案内手法の検討を行うにあたって，視線誘導エージェントを用いた案内システムを開発した．視線誘導の手法としてエージェントを回転させることで，案内対象へと自然に視線を誘導するシステムを開発した．システムを用いた案内の実験を行い，以下を明らかにした．

(1) 回転による視線誘導の検証の結果，エージェントが回転し，案内対象を向くことで視線を誘導できることが分かった．
(2) ぬいぐるみが話すことによる検証の結果，ぬいぐるみが話すことに関して抵抗感を感じる人は少なかった．

今後の目的として，人手での案内の場合，案内対象についての質問などあれば対話することができる．そこで，本システムも同様に，音声認識技術を用いて音声対話をシステムを実装する予定である．また，ぬいぐるみに触れることにより，利用者にフィードバックを返すインタラクションなシステムを目指す．

また，今回は，システムの有効性を検証するために案内システムを持ってもらい大学内を歩いてもらった．今後，実際に自動運転システムである PMV を用いて案内実験を行う予定である．自動運転システムに乗ることによる利用者の視線の動きと案内手法について検証していく．

*6 https://www.apple.com/jp/ios/siri/

参考文献

[1] 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，68 巻 2 号，pp.95-98（2016）.

[2] 公共財団法人 日本交通公社：「自動運転車の観光利用に関する意識調査」(2017 年版), https://www.jtb.or.jp/wp-content/uploads/2017/10/self-driving-report2017.pdf.

[3] 世界遺産まで自動運転で…観光に新たな流れをつくる実証実験へ, https://response.jp/article/2017/11/17/302623.html?from=tprt.

[4] Shuro Nakajima：Evaluation of the Mobility Performance of a Personal Mobility Vehicle for Steps，IEEE Access，Vol.5，issue.1，pp.9748-9756（2017）.

[5] 野村雅也，中村恭之，八谷大岳：自由領域制限による経路教示と経路計画のハイブリッド自律走行，ロボティクスシンポジア，pp.1-8（2018）.

[6] 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，pp.615-618（2007）.

[7] 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，信学技報.HCS 研究会，107(552)，pp.53-58 (2008).

[8] 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).

[9] 渡邉恵太，鈴木涼太，神山洋一，稲見昌彦，五十嵐建夫：SyncPresenter：動きと音声が同期したターンテーブル型プレゼンテーションシステム，インタラクション，pp.488-489 (2013).

[10] 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）.

© 2018 Information Processing Society of Japan