

# ウェアラブル視線誘導エージェントによる 自動観光案内システムの開発

## Development of Tour Guide System Using Wearable Gaze Guidance Agent

長田 颯斗<sup>1\*</sup> 吉野 孝<sup>2†</sup>  
Hayato Choda<sup>1</sup> Takashi Yoshino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>2</sup> 和歌山大学システム工学部

<sup>2</sup> Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

**Abstract:** 近年、コミュニケーションロボットの普及により、ロボットを用いた案内が行われている。本研究では、腕に装着するウェアラブル型の視線誘導エージェントによる案内システムを開発した。エージェントが左右に回転することで視線を誘導し、案内対象を提示する。また、腕に触覚刺激による視線誘導を行うことでシステムの動作に気づかせるよう設計した。システム利用における利用負荷および触覚刺激について検証を行ったところ、システムを腕に装着することに抵抗を感じる人が少なく、触覚刺激を用いることで、エージェントへの視線誘導が可能であることがわかった。

## 1 はじめに

近年、コミュニケーションロボットが普及している。コミュニケーションロボットは日常でもよく利用されており、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。例えば、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<sup>1</sup>。このように人手によらないロボットによる案内が主流になりつつある。これまでのロボットによる案内は屋内向けの案内システムが多い。屋外での案内の課題として、どのように利用者に連れ添いながら案内するかが課題となる。そこで、屋外での案内方法として様々な研究およびサービスがある。山添らは、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 [1]。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、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 [2]<sup>2</sup>。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。しかし、複数建物が並んでいる際に、これらの手法ではどの建物を

案内しているのかがわからない。

そこで、著者らは、これまでに、ぬいぐるみの回転動作と視線誘導に着目し、ぬいぐるみが左右に回転することで視線を誘導し、案内を行うシステムを開発した [3]。検証実験の結果から、ぬいぐるみの回転動作は視線誘導において有効であることを示した。しかし、実験の結果から、従来システムは利用者に負荷を与える課題があった。本稿では、従来のシステムの課題を改善し、システム利用における利用負荷およびユーザの行動について検証を行った。

## 2 関連研究

### 2.1 ロボットの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 [4]。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

\*連絡先： 和歌山大学大学院システム工学研究科  
〒 640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 9 3 0  
E-mail: s195040@center.wakayama-u.ac.jp

†連絡先： E-mail: yoshino@sys.wakayama-u.ac.jp

<sup>1</sup><https://www.ald.softbankrobotics.com/en/robots>

<sup>2</sup><https://robotstart.info/2017/12/08/robotabi-jtb.html>

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 [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。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 [6]。これまでの研究は、室内での利用および案内対象の近くにシステムを設置することが多い。本研究は、屋外での建物の場所の案内を行うことを想定している。屋外での案内は、利用者の立ち位置および利用者の向いている方向等のシステム利用者の動き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。

## 2.2 回転による視線誘導

ターンテーブルのように物を回転させることで人の注目を集める方法がある。SyncPresenter[7]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。物が動きながら音を再生することで人の視線の注目を実現した。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、同様に回転し音を再生することで案内を行う。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。

## 3 従来システム

著者らはこれまでに、ぬいぐるみの回転動作と視線誘導に着目し、ぬいぐるみが左右に回転することで視線を誘導し、案内を行うシステムを開発した [3]。このシステムは、案内対象が近づくとぬいぐるみが左右に回転し案内対象を向く、システム利用者はぬいぐるみが回転することで無意識的に視線を誘導され、案内対象の場所に気づく。開発システムを用いて実験を行った結果、ぬいぐるみの回転による視線誘導の有効性を示した。しかし、実験の結果から、利用者にとって負担となる課題をみつけた。従来システムの課題を以下にまとめる。

### (1) システムのサイズ

従来は、システムがどのような動作をしているおよびどこを向いているのかがわかりやすくするため大きめに設計をした。しかし、実験において、大きすぎることで利用者に負担をかけていること

表 1: 従来システムとの比較

	従来システム	提案システム
サイズ (Wcm × Hcm × Dcm)	30 × 32 × 30	10 × 20.5 × 9.5
重さ (g)	約 600	約 240

がわかった。また、本システムの最終目的として、中嶋らが開発している PMV (Personal Mobility Vehicle) に載せて案内を行う [8]。しかし、従来のシステムのサイズが大きすぎるため、PMV に載せる場所を十分に確保することが難しい可能性がある。

### (2) 利用者の視線

従来の実験において、利用者がエージェントに視線を向けてもらうように促した。しかし、観光案内システムとして、エージェントの方ばかり視線を向けているのは問題である。そのため、システムが案内を行うときに利用者がエージェントに視線を向けるよう設計する必要がある。

そこで、設計方針として、以下の2点を行った。

### (1) システムの小型化

本システムは、小型化しリストバンドを用いて腕に装着するウェアラブル型となっている。従来のシステムは持つところが無かったため、システムを持ち続けることが負担となっていた。そこで、リストバンドを用いることで片手でシステムを持つことができるよう設計し、腕に着けることで PMV にシステムを載せる際の課題を解決する。

### (2) 触覚フィードバックによる視線誘導

案内する際にエージェントが声を出すことで視線を誘導できる可能性もあるが、従来システムの実験の際に、風等の環境音によって音声が聞こえにくいことがあった。そこで、利用者に触覚フィードバックを与えることで視線を誘導するよう設計した。案内対象に近づくと、振動のフィードバックを与えることで利用者の視線をシステムに誘導する。また、触覚フィードバックを用いることで周囲の環境状態に関わらずシステムの動作に気づきを与えられると考え設計した。

## 4 ウェアラブル視線誘導システム

### 4.1 システム構築

システム構成を図 1 に示す。本システムは、Linux マイコンである Raspberry Pi3 を用いて現地の場所

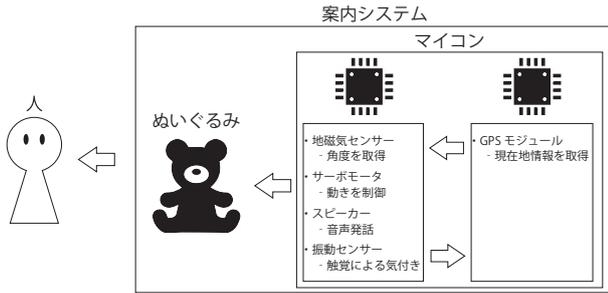


図 1: システムの構成図



図 2: システムの外観

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。本システムを開発する上で、システムを小型化する必要および Raspberry Pi3 のピンの数の関係上、GPS モジュールだけ別の Raspberry Pi3 で取得する。また、表 1 に従来のシステムと提案システムの重さおよびサイズの比較を示す。サイズに関しては、幅と奥行きを従来システムの 1/3 になるように設計した。また、小型のぬいぐるみを用いたことで高さも従来システムの 2/3 とした。また、重さに関しては、必要最低限度のシステムのみ組み込むことで、従来システムの約半分となった。

#### (1) エージェント部

システムの外観は図 2 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

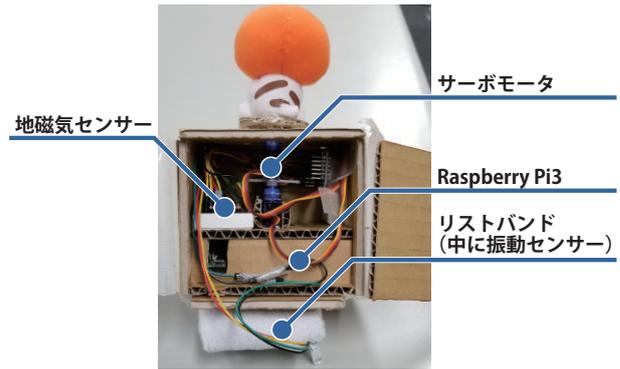


図 3: システムの中身

だにゃん」のぬいぐるみを用いた<sup>3</sup>。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、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き、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 3 である。これは、図 2 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) 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ぬいぐるみの位置を設定した。

##### (b) サーボモータ

ぬいぐるみ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。

##### (c) 振動センサー

利用者の視線を誘導する時に用いる。振動センサーはリストバンドの中に入っている。

箱の中には入っていないが利用している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<sup>4</sup>。

<sup>3</sup><http://www.wakayama-u.ac.jp/mascot/>

<sup>4</sup><http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09991/>

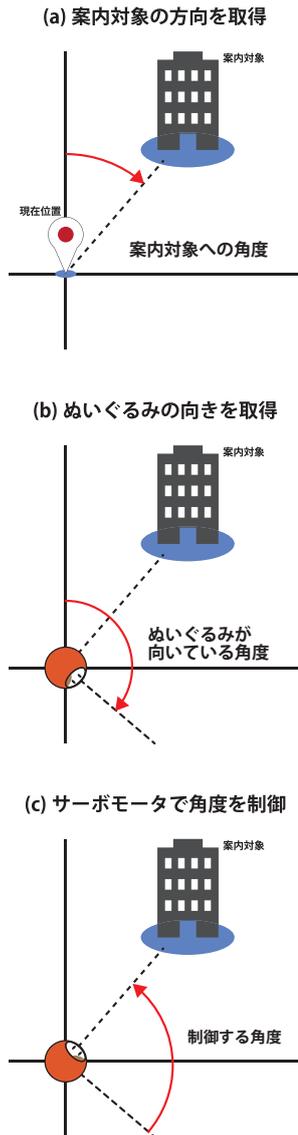


図 4: 案内手法

(b) 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<sup>5</sup>。

## 4.2 案内手法

本システムの案内手法を図 4 に示す。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近づくと、システムが動作する。この距離は案内対象から歩道の真ん中辺りの場所までの距離とした。システムが動作すると、リストバンド内の振動センサーが振動することで利用

者の視線をシステムに誘導する。そして、(a)、(b) および (c) により、回転する角度を計算し、ぬいぐるみを回転させることで、利用者の視線を案内対象に誘導させる。最後に、音声で案内対象の説明を行う。以下に回転角度を計算するまでの手法をまとめる。

(a) 案内対象の方向を計算

図 4 (a) 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。

(b) ぬいぐるみの向きを取得

図 4 (b) 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 3 の地磁気センサーによって取得する。(a) 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。

(c) 回転する角度を計算

図 4 (c) にサーボモータでの回転角度の計算を示す。(a) で取得した案内対象の角度および (b) で取得したぬいぐるみが向いている角度の差を計算する。サーボモータを用いて角度の差分回転することで案内対象へぬいぐるみが向く。

## 5 検証実験

提案システムの評価実験を行った。実験では、PMV 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。実験で案内した範囲は図 5 である。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。案内距離は約 700m で、スタート地点からゴール地点まで案内した。実験時間として約 15 分程度要した。今回の実験は案内経路を全員統一し、①から⑦の番号の順番に案内した。実験中に青い番号のところ近づくとぬいぐるみが回転し、案内対象の方を向き案内個所の説明を行った。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 6 に実験中の様子を示す。図 6 は実験開始直後であり、腕に装着した本システムを見ている図である。

## 6 実験結果と考察

### 6.1 システム利用による抵抗感の検証

システムの重さおよび大きさに関して質問した結果 (表 2 (1) ~ 表 2 (2))、システムの重さに関する評価値の中央値および最頻値は 2 となっており、システムの重さは軽いと感じることがわかった。自由記述において、「あまり重たいと感じなかった」および「肘置

<sup>5</sup><http://voicetext.jp/>

表 2: システムのサイズ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)	システムの重さについて	1	6	1	2	0	2	2
(2)	システムの大きさについて	1	2	2	4	1	4	4
(3)	システムを腕に装着することに抵抗があった.	5	3	1	1	0	1	1

- (1) に関する評価項目: 1: 大変軽かった, 2: 軽かった, 3: どちらともいえない, 4: 重かった, 5: 大変重かった  
 (2) に関する評価項目: 1: 大変小さかった, 2: 小さかった, 3: どちらともいえない, 4: 大きかった, 5: 大変大きかった  
 (3) に関する評価項目: 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

表 3: システムの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)	ぬいぐるみは案内対象を向いていた.	1	2	2	6	0	4	4
(2)	振動したときにぬいぐるみを見た.	3	0	1	3	3	4	1,4,5

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



図 5: 実験範囲

きに手を置いていたので特に意識しなかった」等の意見がえられた。実際に、PMVにも肘置きが存在するため、システムの重さに関してそこまで問題にならないと考えられる。

次に、システムの大きさに関する評価値の中央値および最頻値は4となっており、大きく感じるということがわかった。自由記述において、「ぬいぐるみの下の段ボールの制御部が大きかった」および「段ボールの制御部に対してぬいぐるみが小さかった」等の意見がえられた。今回、システムを小型化するためにあたって、最低限必要なセンサー等のみ制御部に入れた。しかし、実際にシステムを利用する上では、まだまだ大きく、実験協力者の中には負荷を感じた人もいた。



図 6: 実験の様子

最後に、システムを腕に着けることによる抵抗感について質問した結果(表2(3)), 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、「システムのサイズは少し大きく感じたが軽かったので邪魔にはならなかった」および「普段から時計をつけているので抵抗を感じなかった」等の高評価意見が多かった。そのため、システムのサイズや大きさに関わらずシステムを腕に着けることに関する抵抗感を与えないという結果となった。一方で、「リストバンドが小さくて少しキツかった」および「腕に物を付けるのが好きではない」等の否定意見も一部得られた。実際に実験を開始する際に、リストバンドに腕を通すことが厳しい協力者が数名いた。そのため、今後はリストバンドではなく粘着テープのような利用者の手のサイズに関わらず自由に取り外ししやすい設計を行う必要がある。

## 6.2 システムの動作に関する検証

ぬいぐるみの視線先に関して質問した結果(表3(1)), 評価値の中央値は4, 最頻値は4という比較的高評価となった。そのため, ぬいぐるみのサイズによらず回転動作による視線誘導および案内することが可能である。自由記述において, 「ぬいぐるみが向いている方向に案内対象があった」といった高評価意見がえられた。しかし, 高評価および低評価に関わらず, 「一部案内対象の方向が間違っていた」といった意見が多くみられた。実験中において, システムが案内対象とは違う方向に回転したことやそもそもシステムが反応しない状況があった。これは, GPS情報が正確に取得できていないことが問題となっている。提案システムが案内する条件として, 現在地と案内対象がある一定の距離近づくとシステムが実行される。そのため, GPSが正確に取得できないと正しく案内することができない。今後, 和歌山大学において, どの地点でGPSの精度が低下するのか調査を行う。

振動したときの視線について質問した結果(表3(2)), 評価値の中央値は4, 最頻値は1,4,5という評価となった。自由記述において, 「急に振動したのでぬいぐるみの方を向いた」および「腕に振動を感じたのでぬいぐるみに何かが起こるのかと思って見た」といった高評価意見がえられた。一方で, 低評価の意見として, 「振動を感じなかった, 振動がわからない, 振動の機能自体をアンケートで気づいた」といった振動に気づかなかったという意見が得られた。そのため, 振動に気づいた人にとっては, 有益であるという結果となった。この原因として, 車いすの振動による影響があると考えられる。高評価意見の中に, 「基本的に振動を感じたが, 一部車いすが揺れたせいで振動に気づかなかった」という意見があった。今回, 和歌山大学内で実験を行ったが, 和歌山大学の地面がデコボコしていたことから, 案内中に車いすが揺れることが多々起こったためこのようなことが起きたと考えられる。しかし, この原因はあくまで著者の推測の範囲でしかないので今後検証を行っていく。

## 7 おわりに

本研究では, ウェアラブル視線誘導エージェントによる自動観光案内システムの開発を行った。システムを小型化することで利用者の負荷を軽減し, 触覚フィードバックを用いることで, 環境音等によらず利用者の視線を誘導するよう設計した。システムを用いた案内の実験を行い, システムの利用による抵抗感およびシステムの回転および振動に関する効果を検証し, 以下を明らかにした。

- (1) 重さおよび大きさに関わらず, システムを腕に装着することに関して抵抗感を感じる人は少なかった。
- (2) ぬいぐるみが小さくても回転動作による案内は可能である。触覚フィードバックによって視線を誘導できる可能性がある。

今後, 中嶋らが開発した運転システムを用いて実験を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 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オン, Vol.1-6F-01, pp.106-109 (2017).
- [2] 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).
- [3] 長田颯斗, 吉野孝: 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, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, pp.1073-1078 (2018).
- [4] 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).
- [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オン, 信学技報.HCS 研究会, 107(552), pp.53-58 (2008).
- [6] 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).
- [7] 渡邊恵太, 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, インタラクシオン, pp.488-489 (2013).
- [8] Shuro Nakajima: Evaluation of the Mobility Performance of a Personal Mobility Vehicle for Steps, IEEE Access, Vol.5, issue.1, pp.9748-9756 (2017).