

# 視覚障害者の探索を支援する事前準備した地図を必要としない案内ロボット

栗林 雅希<sup>\*†</sup> 上原 康平<sup>†</sup> Allan Wang<sup>†</sup> 森島 繁生<sup>‡</sup> 浅川 智恵子<sup>†</sup>

**概要.** 視覚障害者にとって目的もなく新しい場所を単独で歩いて楽しんで探索することは困難である。既存の視覚障害者のための案内システムも移動中に周囲の情報を提供するが、事前に準備された地図や自己位置推定のためのインフラストラクチャが必要であるため、多くの場所で使用できない。我々は視覚障害者用の案内ロボットを地図がなくても走行できるように改良し、さらにマルチモーダル言語モデルと統合することで様々な場所で探索を可能とするプロトタイプシステムを開発した。次にプロトタイプシステムがどのように周囲を説明しきれにどのような機能が必要なのかを調査するために、ショッピングモールと科学博物館で10名の視覚障害者を対象に調査を行った。その結果、システムのニーズ、ユーザーの好みに基づいて周囲を3つの詳細レベルで説明する必要があることや、特定の場所で重要になる情報が明らかになった。



図 1. 実験に使用された案内ロボットおよび実験風景.

## 1 はじめに

視覚障害者にとって目的もなく新しい場所を単独で歩いて（探索して）楽しむことは困難である。探索を行うには、彼らは家族などの晴眼者と一緒に歩いて、周囲を説明してもらい必要があるが、晴眼者からの助けが常に得られるわけではなく、配慮も必要とするため、視覚障害者の探索には大きな障壁が存在する [2, 13].

視覚障害者の移動を支援しつつ周囲にあるものを説明するシステムはこれまで数々提案されてきた [8, 6, 12]. これらのシステムは通常、事前に作成された地図や環境に備え付けられた自己位置推定のためのインフラ (Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコン等 [16, 14, 7, 1, 4]) を使用し、ユーザの現在の位置情報を推定しつつ、ターンバイターンの

案内をする。また、事前に作成された地図を使用することで、移動中に近くの Point of Interest (POI) についての情報を伝えることもできる。例えば、視覚障害者向けの案内ロボットの AI スーツケース [17] は、LiDAR センサで事前に作成した LiDAR マップ、目的地と分岐点のつながりと各地点の簡単な文章での情報を含むトポロジカルルートマップを利用し、スマートフォンを通じて指定された目的地までユーザを自動で案内しつつ途中にある施設について簡易的な説明をする。しかし、地図とインフラの準備やメンテナンスには人的・金銭的なコストがかかるため、多くの施設ではこれらシステムの導入が進んでいない。従って、視覚障害者が様々な場所で探索するためには、事前に準備された地図やインフラに依存しない案内システムの開発が必要である。

これまでも視覚障害者を案内するための事前に準備された地図やインフラに依存しない案内システムがいくつか開発されてきた [9, 10, 3, 11]. しかし、これらのシステムは主にユーザを目的地まで案内することに焦点を当てており、ユーザにはナビゲーションに関連する情報 (交差点 [10, 9] や標識 [9]) のみが伝えられる。探索の場面では、特定の目的地にたどり着くための情報だけでなく、今現在周囲で何が起きているか、周囲の構造の情報 [5] など、環境を学習するための様々な情報も重要である。

そこで我々は、AI スーツケースを改良し、ロボットが地図情報を持たない未知の環境でも走行可能とした。図 1 に使用したデバイスを示す。ユーザが周囲の情報を知れるように、マルチモーダル大規模言語モデル (GPT-4o [15]) を組み合わせることで、移動しながらカメラが捉える周囲の状況を説明できるシステムとした。システムを案内ロボット上に実装した理由は、案内ロボットはユーザを障害物を避けつつ案内できるため、ユーザは衝突回避などの行動に認知負荷を割くことなく、システムの説明を聞き

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 早稲田大学

† 日本科学未来館

‡ 早稲田大学理工学術院総合研究所



ここは色鮮やかな展示が特徴の近未来的な展示ホールです。左手には木製のユニークな形状のテーブルとアーチがあります。前方にはカーブしたデザインの青いソファと「入口」と書かれた白い案内版が見えます。右手には大きなカラフルなパネルが並び、未来や健康に関する情報が掲載されています。

図 2. 実際に撮影された画像と生成された説明文章の例

つつ探索に集中できるためである。一方で、このようなシステムが実環境で「探索」のために機能するのか、説明内容や機能にどのような要件があるかは未検証である。そこで、本研究では「視覚障害者の探索を支援する地図なし案内システム」の実現のための調査を行い、システムの要件を整理した。

## 2 実験

### 2.1 設定

開発したプロトタイプシステムが視覚障害者の探索を可能とするためにどのように周囲を説明する必要があるのか、またどのような機能が必要なのかを調査するために10名の視覚障害者を対象にショッピングモールの飲食店フロアおよび科学博物館（日本科学未来館）で初期調査を行った。5名の参加者はショッピングモールで、5名の参加者は科学博物館で調査を行った。まず、各参加者に対して実験前インタビューを行い、日常的な探索の経験について質問した。その後、参加者は各実験場所で案内ロボットのハンドルを持ち、ロボットに取り付けられたカメラの画像をもとに生成する周囲の説明を聞きながら、フロアを一周歩いた。図1にタスクの様子を示す。また、図2に案内ロボットから撮影された画像と実際に読み上げられた説明を記載する。その後、インタビューにて、説明内容が十分だったか否か、他に得たい情報はないか、などの意見を収集した。

### 2.2 結果

10名中、日常的に単独で探索している参加者は1名のみであった。とある参加者は単独で探索しない理由として、「(視覚障害者にとって探索は非常に困難なので、しないように) そのように飼育慣らされてしまった」とコメントした。10名中7名の参加者はシステムを用いて探索を楽しむことができたコメントした。AIは晴眼者ガイドが説明してくれない壁の模様、床の色、光の差し具合などの情報までも読み上げるため、先天性の人にとっては視界がどう言うものなのかを想像させ、後天性の人には目が

見えた頃の記憶を思いだすきっかけとなった。システムは多くの場合、周囲のおおまかな理解ができる情報(通路の形やどんなジャンルのお店があるかなど)を伝達した。一方で、改善点として、店舗の具体的な名前、空いている席の有無、その場にいる人が店員か否かなどの情報も説明してほしいという要望があった。盲導犬ユーザーからは「レストラン内の広いテラス席の有無や、そこで盲導犬が待機可能か否かの情報がほしい」との声もあった。システムの説明方法の好みとして、3種類あることが確認された。7名はAIによる説明を聞きながらその場を探索する事を好んだ。特に探索を非常に楽しんだ3名はAIが提供する全ての情報を好み、「とにかくより多くの情報が欲しい」とコメントした。AIによる説明を聞きながらその場を探索する事を好んだ7名のうち残りの4名はAIからの情報を部分的に削りたいとコメントした。一方で3名はAIが説明する詳細な情報にあまり魅力を感じず、「右手に中華系のレストラン、左手にフレンチのレストラン」等より短く、自分の目的地を決めるために必要な情報のみ欲しいといった。

## 3 終わりに

本研究では様々な場所で運用可能な案内システムを開発するために、マルチモーダル大規模言語モデルとロボットのカメラを組み合わせる周囲の状況を説明するシステムの要件の調査を行なった。結果として、システムのニーズ、現状のマルチモーダル大規模言語モデルによる周囲説明の利点と改善、特定の場所で特に重要になる情報(店員であるか否かや、盲導犬が待機可能かなど)、説明分量の好みの個人差など非常に興味深い知見が得られた。本実験で得られた知見を生かして、視覚障害者がいかなる場所でもその場を探索して楽しむことのできるシステムの構築を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 (JP23KJ2048) の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] H.-E. Chen, Y.-Y. Lin, C.-H. Chen, and I.-F. Wang. BlindNavi: A navigation app for the visually impaired smartphone user. In *Proceedings of the 33rd annual ACM conference extended abstracts on human factors in computing systems*, pp. 19–24, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [2] C. Engel, K. Müller, A. Constantinescu, C. Loitsch, V. Petrausch, G. Weber, and R. Stiefelwagen. Travelling More Independently: A Requirements Analysis for Accessible Journeys to Unknown Buildings for People with Visual Impairments. In *ASSETS '20*, New York, NY, USA, 2020. ACM.
- [3] N. Fallah, I. Apostolopoulos, K. Bekris, and E. Folmer. The user as a sensor: navigating users with visual impairments in indoor spaces using tactile landmarks. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 425–432, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [4] IncNavi. IncNavi. Retrieved in September 8, 2024 from [https://www.nihonbashi-tokyo.jp/inclusive\\_navi/](https://www.nihonbashi-tokyo.jp/inclusive_navi/), 2024.
- [5] G. Jain, Y. Teng, D. H. Cho, Y. Xing, M. Aziz, and B. A. Smith. "I Want to Figure Things Out": Supporting Exploration in Navigation for People with Visual Impairments. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7(CSCW1):1–28, 2023.
- [6] S. Khan, S. Nazir, and H. U. Khan. Analysis of Navigation Assistants for Blind and Visually Impaired People: A Systematic Review. *IEEE Access*, 9:26712–26734, 2021.
- [7] J.-E. Kim, M. Bessho, S. Kobayashi, N. Koshizuka, and K. Sakamura. Navigating Visually Impaired Travelers in a Large Train Station Using Smartphone and Bluetooth Low Energy. In *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing*, p. 604–611, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [8] B. Kuriakose, R. Shrestha, and F. E. Sandnes. Tools and Technologies for Blind and Visually Impaired Navigation Support: A Review. *IETE Technical Review*, 0(0):1–16, 2020.
- [9] M. Kuribayashi, T. Ishihara, D. Sato, J. Vongkulbhisal, K. Ram, S. Kayukawa, H. Takagi, S. Morishima, and C. Asakawa. PathFinder: Designing a Map-less Navigation System for Blind People in Unfamiliar Buildings. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–16, New York, NY, USA, 2023. ACM.
- [10] M. Kuribayashi, S. Kayukawa, J. Vongkulbhisal, C. Asakawa, D. Sato, H. Takagi, and S. Morishima. Corridor-Walker: Mobile Indoor Walking Assistance for Blind People to Avoid Obstacles and Recognize Intersections. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6(MHCI):1–22, 2022.
- [11] G. Lacey and S. MacNamara. Context-aware shared control of a robot mobility aid for the elderly blind. *The International Journal of Robotics Research*, 19(11):1054–1065, 2000.
- [12] K. Manjari, M. Verma, and G. Singal. A survey on Assistive Technology for visually impaired. *Internet of Things*, 11:100188, 2020.
- [13] K. Müller, C. Engel, C. Loitsch, R. Stiefelwagen, and G. Weber. Traveling More Independently: A Study on the Diverse Needs and Challenges of People with Visual or Mobility Impairments in Unfamiliar Indoor Environments. *ACM Trans. Access. Comput.*, 15(2):1–44, 2022.
- [14] M. Murata, D. Ahmetovic, D. Sato, H. Takagi, K. M. Kitani, and C. Asakawa. Smartphone-based indoor localization for blind navigation across building complexes. In *2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pp. 1–10, Piscataway, NJ, USA, 2018. IEEE.
- [15] OpenAI. Hello GPT-4o — OpenAI. Retrieved in September 8, 2024 from <https://openai.com/index/hello-gpt-4o/>, 2024.
- [16] D. Sato, U. Oh, J. Guerreiro, D. Ahmetovic, K. Naito, H. Takagi, K. M. Kitani, and C. Asakawa. NavCog3 in the wild: Large-scale blind indoor navigation assistant with semantic features. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 12(3):14, 2019.
- [17] 高木啓伸, 村田将之, 佐藤大介, 田中俊也, 藪内智浩, 粥川青汰, 木村駿介. アクセシビリティのプラクティス—「誰一人取り残さない」ための情報技術: 招待論文: 2. 自律型視覚障がい者ナビゲーションロボットの普及を目指して. *情報処理*, 63(11):d12–d29, 2022.