

招待論文 WanderGuide: 視覚障害者の探索を支援する地図なし案内ロボット

栗林 雅希^{*†} 上原 康平[†] Allan Wang[†] 森島 繁生[‡] 浅川 智恵子[†]

概要. 視覚障害者が大規模公共施設において、事前に準備した地図を使用せずに単独での探索を可能にする WanderGuide を提案する. まず WanderGuide をデザインするために、商業施設および科学博物館において 10 名の視覚障害者参加者を対象にシステム要件の調査を実施した. その結果、ユーザの嗜好に応じて周囲を記述する詳細度を三段階で提供する必要があることが明らかになった. この調査結果をもとに、システムには記述の詳細度を調節可能な機能および興味地点に関して音声対話で質問・移動指示を行える機能を備えた WanderGuide を開発した. 5 名の視覚障害者を対象とした評価実験により、WanderGuide を用いることで視覚障害者は単独で周囲の探索を楽しむことができるようになったことが示された.



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う必要があるが、晴眼者からの助けが常に得られるわけではない [3, 15].

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 [9, 7, 14]. 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を使用し、地図を参照することで、ユーザを案内しつつ、周囲の情報を伝える [17, 16, 8, 2, 5]. 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 [10, 11, 4, 13]. 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 [11, 10] や標識 [10]）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 [6] 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、既存の視覚障害者案内ロボット [18] 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 (MLLM) 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. システムをロボットに実装した理由は、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 [12].

2 実験

2.1 初期調査

開発したシステムが周囲をどのように説明する必要があるのかを調査するために 10 名の視覚障害者を対象に虎ノ門ヒルズの飲食店フロア（5 名）および日本科学未来館（5 名）で初期調査を行った（図 1）. その後、参加者は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

Copyright is held by the author(s). This paper is nonrefereed and non-archival.

^{*} 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

ら、ロボットと共にフロアを一周歩いた。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。

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。MLLM 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。一方で、改善点として、店舗の具体的な名前などの詳細な情報を説明してほしいという要望があった。説明方法の好みは3種類に分かれた。7名はMLLMの説明を聞きながら探索するのが好み、そのうち3名はより多くの情報を求めた。一方、3名は詳細説明に魅力を感じず、目的地を決めるために必要な短い情報だけを望んだ。また、一度訪れて興味の持った場所を再度訪れたいという要望や興味地点に関して音声対話をしたいという声も得られた。

2.2 本実験

初期調査の結果を踏まえ、三つの改善を施した上で、日本科学未来館において5名の視覚障害者を対象に本実験を行った。まず、より詳細かつ精度の高い周囲情報を伝達できるよう、ロボットのハンドル近くに高解像度の魚眼カメラを新たに設置した。次に、初期調査で明らかになった説明量に関する好みの違いに対応するため、ハンドルに取り付けたボタン操作により「短い」「中くらい」「長い」の三段階から説明の長さを選択できるようにした。さらに、一度訪れた場所を再訪できるよう、過去の訪問履歴をもとに目的地を指定できる機能を追加した。ユーザが行きたい場所を言葉で伝え、システムは蓄積された画像群に対してCLIPによる類似度計算を行い、全探索のうち最も類似度の高い場所を特定し、そこまで案内する。また、ロボットに説明した内容に対して質問できる対話機能も追加した。実験では、参加者が日本科学未来館の1フロアを20分間探索するタスクを行った。すべての参加者はシステムを使って2フロア探索した。

本実験の結果、システムの使いやすさ(SUS)は平均80.5点と高く評価され、「目的地を決めずに気の向くまま歩ける自由を感じた」といった肯定的なコメントが得られた。7段階のリッカート尺度による質問項目「散策を楽しむことができた」(1:全くそう思わない, 7:とてもそう思う)に対して、中央値が6であったことから、参加者は本システムによる自由散策体験を概ね好意的に評価した。さらに、実験時の負荷を表すRaw-TLX[1]の平均値は22.6点であり、全体として参加者は大きな負担を感じなかったといえる(数値が低いほど負荷が低い)。認知的・身体的・時間的負荷はいずれも中央値が2と低かった一方で、パフォーマンスや作業成績などの他の項目の中央値はそれぞれ4以上5以下となり、これらの負荷が相対的に高い傾向が見られた。これは、MLLMが依然として抽象的な情報の説明に留まり、ユーザが求める視覚的な具体情報を十分に提示できなかったことが一因と考えられる。また、博物館で実験を行ったため、さまざまな方向から音が聞こえてくる環境下にあり、参加者の多くがそれらの音に興味を示した。しかし、システムは周囲で聞こえる環境音の発生源などの聴覚的情報を説明することができなかったことも、要因の一つである。

3 終わりに

本研究では、視覚障害者が自由に探索できる地図なし案内システムWanderGuideを開発した。10名の視覚障害者を対象とした初期調査の結果、システムが生成する説明文の詳細度に関して、3種類の異なる好みが存在することが明らかになった。さらに本実験を通じて、音声認識機能の導入やMLLMによる説明項目の改善が今後のシステム発展における重要な次のステップであることがわかった。

謝辞

本研究はJSPS科研費(JP23KJ2048)の助成を受けた。

参考文献

- [1] J. C. Byers, A. Bittner, and S. G. Hill. Traditional and raw task load index (TLX) correlations: Are paired comparisons necessary. *Advances in industrial ergonomics and safety*, 1:481–485, 1989.
- [2] 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.
- [3] C. Engel, K. Müller, A. Constantinescu, C. Loitsch, V. Petrausch, G. Weber, and R. Stiefelhagen. 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.
- [4] 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.
- [5] IncNavi. IncNavi. Retrieved in September 8, 2024 from https://www.nihonbashi-tokyo.jp/inclusive_navi/, 2024.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] M. Kuribayashi, K. Uehara, A. Wang, S. Morishima, and C. Asakawa. Wanderguide: Indoor map-less robotic guide for exploration by blind people. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–21, 2025.
- [13] 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.
- [14] K. Manjari, M. Verma, and G. Singal. A survey on Assistive Technology for visually impaired. *Internet of Things*, 11:100188, 2020.
- [15] K. Müller, C. Engel, C. Loitsch, R. Stiefelhagen, 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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ー「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.