

フロアマップ解析と交差点検出を利用した視覚障害者のための案内システム

久保田 雅也^{*†} 栗林 雅希^{*†} 粥川 青汰[‡] 高木 啓伸[‡] 浅川 智恵子^{§¶} 森島 繁生^{**}

概要. 視覚障害者が不慣れな屋内で目的地にたどり着くためには晴眼者の手助けが必要である。既存研究では事前に準備した地図を利用したシステムが提案されているが、使用できる場所が限られている。本研究では、フロアマップ解析を利用した視覚障害者のための案内システムを開発した。提案システムは晴眼者が利用するフロアマップ解析機能と視覚障害者が利用する案内機能で構成される。まず晴眼者がフロアマップの写真を撮影し、その写真を解析してシステムが交差点、現在地、行くことのできる目的地の位置関係を情報として持つノードマップを作成する。次に、視覚障害者が目的地を選択するとシステムが現在地から経路を計画する。システムは交差点の認識を行い、形状をノードマップと照合することでユーザのノードマップ上での位置を更新し、目的地まで案内する。また、システムはユーザが歩いた交差点間の距離とノードマップ上の長さを比較することでノードマップの縮尺の推定を行い、目的地までの距離を提示する。

1 はじめに

視覚障害者にとって不慣れな屋内で単独で目的地まで辿り着くことは困難であり、晴眼者による手助けが必要である。単独での歩行を支援するために既存研究では、事前に準備した地図とビーコンなどを用いた自己位置推定手法を組み合わせる視覚障害者を案内するシステムが提案されている [1, 4, 7, 8]。これらの手法は手間がかかるため、使用できる場所も限られている。一方で事前準備を必要としない研究もなされている。事前準備をしない手法ではシステムが屋内の事前知識を持っていないため、目的地までの経路情報が必要となる。既存研究には不慣れな屋内で晴眼者から経路の説明を得る状況を想定した研究が存在する [5]。しかし、複数の目的地に行く場合には、視覚障害者が晴眼者に何度も経路を聞く必要がある。また、晴眼者による経路の説明は誤っている可能性もある。手間がかかる事前準備を必要としない案内を行うために、経路の説明ではない方法で案内に用いる情報を得ることが必要である。

そこで、本研究では建物の入り口やショッピングモールに存在するフロアマップの解析を利用した案内システムを提案する。提案手法はフロアマップの写真から案内に必要な経路の情報を得ることで、事前準備した地図や晴眼者からの経路の説明の必要を無くす。提案手法は、視覚障害者が不慣れな屋内で

目的地に向かうために、まず周囲の晴眼者に頼んでフロアマップの写真を撮影してもらおう。その後、フロアマップ写真から抽出した情報を用いてシステムは案内を行い、視覚障害者は単独で目的地に向かう。具体的には、提案手法はフロアマップ解析機能と案内機能で構成される。フロアマップ解析機能では、晴眼者が撮影したフロアマップ写真からフロアマップ解析機能を用いて、交差点や行先候補の位置関係を点と直線で表現したノードマップを出力する (図 1)。次に視覚障害者ユーザがノードマップに基づいた案内機能を利用する。提案手法は交差点を認識することによってノードマップ上でのユーザの位置を更新しながら案内を行う。また、提案手法はノードマップの縮尺の推定を行うことで、距離情報を用いた案内をする。

2 実装

提案手法では LiDAR を搭載したスマートフォンを使用する。

2.1 フロアマップ解析機能

フロアマップ解析機能では晴眼者による操作とフロアマップ解析アルゴリズムを用いて、ノードマップの出力を行う。晴眼者がすぐに利用することを想定しているため、システムは音声による指示を行う。まず、提案手法は晴眼者にフロアマップを撮影することを指示し、晴眼者は撮影を行う。フロアマップの写真は画面上に表示される。次にシステムは視覚障害者の位置と方向を入力するように指示し、晴眼者は入力を行う。システムは撮影されたフロアマップから解析アルゴリズムを用いてノードマップを出力する。

フロアマップ解析アルゴリズムでは視覚障害者ユーザの案内のために、(1) 交差点、(2) 行先候補、

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.

* Authors contributed equally.

† 早稲田大学

‡ IBM Research - Tokyo

§ 日本科学未来館

¶ IBM Research

** 早稲田大学理工学術院総合研究所

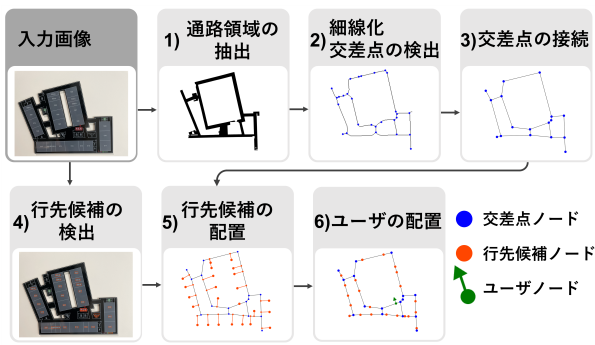


図 1. フロアマップ解析機能

(3) ユーザの位置と方向を表す三種類のノードと、通路を表す直線で構成されているノードマップを出力する。まず Connected Component アルゴリズムによって閉領域を抽出し、最大領域を通路領域とする (図 1-1)。その通路領域に細線化アルゴリズム [10] を適用することで細線画像を得る。次に細線画像にハリスコーナー検出アルゴリズムを適用することで交差点ノードを検出する (図 1-2)。検出した交差点ノードを細線画像に基づいて接続する。この際、交差点ではない通路の直線上に余分な交差点ノードが検出されている。そこで、二つのノードと接続し、なす角度が 140 度以上の交差点ノードは直線上に存在する余分なノードと判定し、除去する。結果として、交差点ノードのみのノードマップを得る (図 1-3)。また、フロアマップ写真に optical character recognition (OCR) [3] を適用することで、行先候補の名前をテキスト情報として持つバウンディングボックスを得る (図 1-4)。バウンディングボックスの中心座標を行先候補の位置とする。この行先候補の位置を交差点ノードのみのノードマップの最も近い直線に垂直にマッピングする (図 1-5)。ノードマップには行先候補が通路のどちら側にあるかが情報として含まれている。最後に、晴眼者が入力した視覚障害者ユーザの位置と方向を情報として持つノードをマッピングし、目的のノードマップを生成する (図 1-6)。

2.2 案内機能

ノードマップに基づいて、視覚障害者の案内が行われる。視覚障害者が目的地を選択すると、システムはノードマップ上で現在地からの経路をダイクストラ法 [2] を用いて計画する。経路を案内するために、ユーザがノードマップ上でどの位置にいるのかをシステムが認識している必要がある。そこで提案手法では到着した交差点の形状を認識し、ノードマップ上で交差点の形状と照合することで、ノードマップ上でユーザの位置を更新する。交差点形状の認識には既存手法 [6] を用いる。システムはスマートフォンに搭載されている LiDAR センサを用いて周

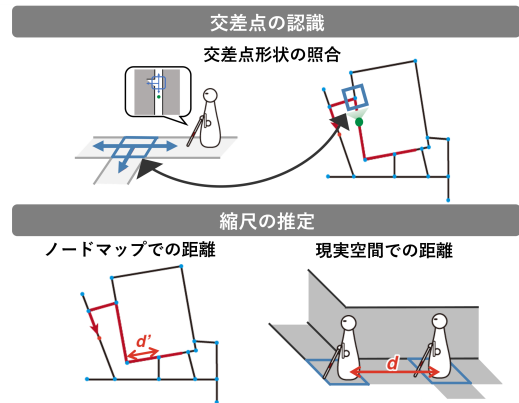


図 2. 案内機能

囲の環境を表現した二次元の占有格子地図を生成する。YOLOv7 [9] を用いて占有格子地図を入力とした物体検出を行い、交差点の位置と形状を認識する (図 2)。

目的地まで案内するためには最後の交差点から目的地までの距離情報が必要となる。しかし、フロアマップ写真は距離情報を有していない。そこで、提案手法は案内の過程でユーザが歩いた現実空間での交差点間の距離と、ノードマップ上で対応する交差点間のピクセル数を比較することで縮尺を計算する (図 2)。提案手法は案内に必要な現実空間での距離を縮尺を用いて計算する。

提案手法はユーザを案内するために音声指示を行う。まずユーザが目的地を入力すると進むべき方向が指示され、前方をスマートフォンを用いて周囲を小さく左右に振りながら歩行する。交差点に到着すると、提案手法はユーザにスマートフォンを左右を振るように指示をする。ユーザがスキャンを行うと、システムが交差点の形状を認識し、曲がるべき方向を指示する。ユーザが縮尺推定から計算した距離を歩くと、システムは目的地に到着したと目的地がどちら側にあるのかをユーザに伝える。

3 まとめ

本研究では、フロアマップ解析と交差点検出を利用した不慣れた屋内における視覚障害者のための案内システムを提案した。今後はユーザ実験を通して、晴眼者が提案手法を初めてでも利用できるか、また視覚障害者がシステムを用いて目的地に到着できるかを調査する。

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] E. W. Dijkstra. A note on two problems in connexion with graphs. In *Edsger Wybe Dijkstra: His Life, Work, and Legacy*, pp. 287–290. ACM, New York, NY, USA, 2022.
- [3] JaideAI. Retrieved in October, 2023 from <https://github.com/JaideAI/EasyOCR>, 2023.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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*, 12(3):14, 2019.
- [9] C.-Y. Wang, A. Bochkovskiy, and H.-Y. M. Liao. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 7464–7475, San Francisco, CA, USA, 2023. IEEE.
- [10] T. Y. Zhang and C. Y. Suen. A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns. *Commun. ACM*, 27(3):236–239, mar 1984.

未来ビジョン

これまで提案されてきた視覚障害者向けの屋内案内システムの多くは事前に準備した地図と自己位置推定用の設備を必要としている。これらの地図および設備は準備するコストや維持し続けるコストが非常に高く、施設側が技術の導入を躊躇している。そのため、既存の視覚障害者向けの屋内案内システムの多くは社会に普及していない。我々はあらゆる屋内空間で視覚障害者が単独で目的地まで歩行できるように支援したいという強い思いから、事前に準備した地図と自己位置推定用の設備を一切必要とせず、現地で得られる情報のみでユーザを案内するシステムの研究開発に踏み切った。

本研究では事前に準備した地図の代わりとなる情報として、多くの建物に存在するフロアマップに着目した。本システムは歩行したい屋内空間のフロアマップの写真を一度撮影することができれば、ユーザはその屋内空間で単独で複数の目的地まで行くことができるという利点を有している。一方で、視覚障害者にとって単独で写真を撮影することは困難であるため、提案手法を使用するためにはフロアマップ撮影を一度だけ周囲の晴眼者に頼む必要があり、視覚障害者が一度も他者に頼らず目的地まで行くことは未だに困難である。今後は視覚障害者が単独でフロアマップの写真を撮影する手法を模索するとともに、現地で得られる情報のみでユーザを案内するシステムを実現するための様々な手法を模索していきたい。