

空間音響を用いた視覚障害者のための 屋内ナビゲーションの提案

玉淵 誠人^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科

^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

視覚障害者は世界中で 10 億人以上存在すると言われている [1]。人間は視覚によって周囲環境の情報的大部分を得ており、この機能を失っている場合日常生活の歩行が困難になるため、それを支援するためのナビゲーションシステムの開発が試みられている。例えば、近年のモバイルデバイスの高性能化・普及に伴い、GIS や AR を用いたルート提示によるナビゲートアプリケーションが多く開発されている。屋外向けのものでは一般に利用可能な GPS を位置推定に用いているが、屋内向けのものでは Beacon [2] や RFID 付き白杖 [3] の使用など特殊なデバイスが必要であり、汎用的ではない。

そこで文献 [4] のような聴覚機能を活用した屋内ナビゲーションが注目されている。文献 [4] では高機能 HMD を用いて視覚・聴覚技術を併用した屋内ナビゲーションシステムを提案している。課題点として視覚デバイスを用いたシステムは全盲の障害者に対する有効的な支援が難しい。また視覚と聴覚の併用はユーザにとって負担が大きい。

本研究では、空間音響のみを用いた屋内ナビゲーションを、一般的なモバイルデバイスとイヤホンで実現する手法を提案する。具体的には、ナビゲーションに用いる音源の配置方法や種類を工夫することで空間音響を効果的に利用した誘導を実現する。また、障害物に音源を設置することでユーザに障害物の認知・回避を誘導させる手法を提案する。本稿では、提案の概要、システムの基本構成、及び現状での実装について述べる。

2 関連研究

人間の聴覚による音の認知は、両耳間時間差と両耳間レベル差によってなされる。両耳間時間差は音波が左右の耳へ到達する時間の差であり、両耳間レベル差は音波が左右の耳へ到達する音圧の差のことである。また、両耳への音波の入出力を記述する頭部伝達関数によって人間は前後左右方向の音源を定位することができる [5]。頭部伝達関数の応用として空間音響が近年注目を浴びていて、様々なデバイスやアプリケーションに導入されつつある。

空間音響を用いた屋内ナビゲーションシステムの例として文献 [4] が挙げられる。文献 [4] では高機能 HMD である MS HoloLens を用いて視覚と聴覚技術の 2 つの手法を組み合わせた弱視者向けのシステムを提案している。視覚技術により、現実世界に目的地の位置やナビゲートルート、目的地までの距離を表示して支援する。また、聴覚技術により、音声指示を 3D 空間に配置することでナビゲーションを補完的に支援する。しかし、視覚障害者向けのシステムとして視覚デバイスを利用することは利用上の制約が大きい。また視覚と聴覚の併用はユーザにとって負担であるという課題点が挙げられる。

3 提案

3.1 提案概要

関連研究の課題点を踏まえ、本研究では空間音響のみを用いた屋内ナビゲーションを提案する。具体的には、(F1) 空間音源の配置による目的地への誘導、および (F2) 障害物の認知・回避誘導の 2 つの機能を持った、屋内ナビゲーション手法を提案する。以下の節にてそれぞれについて詳細を述べる。

3.2 (F1) 空間音源の配置による目的地への誘導

現在位置から目的地までの経路上に複数の音源を配置する。ユーザは音の鳴る方向に向かって移動することで視覚機能を用いずとも目的地まで到達できる。誘導の際、音源の設置位置や種類、音量、鳴らす間隔などによって効果が異なると考えられるため、より効率的にナビゲーションが可能な音源の設置方法について検討する。音源の配置方法の例を図 1 に示す。

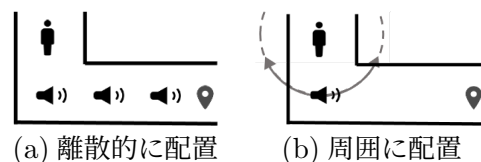


図 1: 音源の配置方法例

3.3 (F2) 障害物の認知・回避誘導

現在位置から目的地までの経路上にある障害物をモバイルデバイスによって検知し、障害物の位置に合わせて仮想的な音源を配置する。ユーザと障害物との距離をもとに障害物に割り当てられた音源の音量を変化させることで、ユーザと障害物の衝突を防

A study on Indoor Navigation for Visually Impaired People Using Spatial Acoustics

Makoto TAMABUCHI^{†1}, Toru ABE^{†1,†2}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

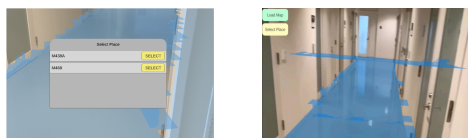
^{†2} Cyberscience Center, Tohoku University

ぐ。また障害物を回避するルートを動的に計算し、経路に合わせて空間音源の配置を変更することで、ユーザに障害物の回避を促す。



(a) 平面を取得 (b) 座標の登録 (c) マップの保存

図 2: 事前処理



(a) 目的地の選択 (b) 自己位置推定

図 3: ランタイム処理

4 実装と評価

4.1 実装概要

本システムの処理手順は、事前処理とランタイム処理の2つのステップに分かれる。

事前処理では、建物の管理者が LiDAR 搭載のモバイルデバイスを用いて屋内の環境マップを構築する。またランタイム処理では、一般的なモバイルデバイスとイヤフォンを用いて、指定した目的地まで視覚障害者等のユーザを誘導する。事前処理の実装の様子を図2に、ランタイム処理の実装の様子を図3に示す。

本システムのユーザインターフェース部分は Unity と ARKit を用いて実装した。モバイルデバイスとして iPad Pro を、オーディオデバイスとして市販のイヤフォンを利用した。また空間音響の提示には Oculus Audio Plugin を利用した。

4.2 事前処理

事前処理は以下の手順により実行される。

1. 部屋の床面領域を取得
ARKit の MeshClassification 機能によって、カメラ入力画像から床面領域を判定し Mesh 平面を取得する。取得した床面 Mesh は青色の平面として UI に表示することで、どの領域を判定し終えたか確認できる。
2. 目的地の登録
ユーザを誘導させたい地点の座標を、UI を操作することで手動で登録する。登録した地点を目的地リストに追加する。
3. 環境マップの保存
取得した床面領域の情報と、登録した目的地の座標をファイルに書き出す。作成したファイルを他のモバイルデバイスで共有することで同じ環境マップを利用することができる。

4.3 ランタイム処理

ランタイム処理は以下の手順により実行される。

1. 目的地の選択
事前準備で登録した目的地リストから行きたい地点を選択する。
2. 自己位置推定
ARKit の ARWorldMap 機能とモバイルデバイスの加速度センサ、ジャイロセンサを用いた VIO (Visual-inertial Odometry) によって現在位置を更新する。
3. 空間音源の設置
現在位置から選択した目的地までの経路を Unity の Navigation 機能によって動的に計算し、経路上に音源を配置する。以降、2と3を繰り返すことでユーザの誘導を行う。

4.4 評価

空間音像定位の精度はユーザごとに異なるため、提案の有用性・使用感についてユーザビリティ評価を実施する予定である。また音源の配置方法や音源の種類・音量・鳴らす間隔によってナビゲートの効果が変化すると考えられるため、条件を変化させて有効性について評価する予定である。

5 おわりに

屋内ナビゲーションの既存研究の課題として、視覚デバイスでは全盲の方に有効的な支援が難しい点。また視覚と聴覚の併用はユーザにとって負担が大きい点があった。そこで本稿では、空間音響のみを用いた屋内ナビゲーションシステムの提案の概要、システムの基本構成、及び現状での実装について述べた。今後はインターフェースの実装を進め、実験・評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Organization, W. H.: Blindness and vision impairment, , available from (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>) (accessed 2020-12-14).
- [2] Mumtaz, S. et al.: *Easily Guiding of Blind: Providing Information and Navigation - SmartNav*, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol. 146, Springer International Publishing (2014).
- [3] Faria, J. et al.: Electronic white cane for blind people navigation assistance, *2010 World Automation Congress*, pp. 1–7 (2010).
- [4] Zhao, Y. et al.: The Effectiveness of Visual and Audio Wayfinding Guidance on Smart-glasses for People with Low Vision, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–14 (online), DOI: 10.1145/3313831.3376516 (2020).
- [5] 飯田一博: 頭部伝達関数の基礎と3次元音響システムへの応用, 日本音響学会 (2017).