

BeMyARm：カメラエイミングを補助する視覚障がい者のための物体探索システムの提案

日下部 完* 阿部 優樹* 坂本 大介*

概要. 視覚障がい者にとって空間中から物体を探索することは、日常生活を営む上で重要である。しかし、既存のスマートフォンを利用したシステムでは、探索したい対象領域の方向にカメラを正確に向ける「カメラエイミング」は難しい。こうした課題に対し、本稿ではスマートフォンとジンバルを連携させ、エイミング操作を強制的に達成するシステム「BeMyARm」を提案する。本システムは、全自動で探索を行うのではなく、探索する大まかな領域をユーザの意思に委ね、繊細なエイミングが求められる工程をシステムが補助する。これにより、ユーザの操作負荷を軽減し、ユーザ主体の能動的な物体探索を実現することを目的としている。デモンストレーションでは、実空間から対象物をシステムと協調しながら探索するまでを体験する展示を行う。

1 はじめに

視覚障がい者にとって、特定の物体を環境中から探索することは、自立した日常生活を営む上で重要である [7][2]。例えば、リビングでの鍵の探索や、ホテルでのテレビのリモコンや照明のスイッチの探索など、環境の中から特定の物体を見つけ出すことは生活を営む上で基本的な行為である一方で、視覚情報なしに身体周辺の空間を把握すること難しい。

近年、人工知能やコンピュータビジョン (CV) 技術、そして高性能なセンサを搭載したスマートフォンの普及により、こうした実世界での物体探索を支援するシステム (SeeingAI, BeMyAI など) が一般に利用可能である。こうしたシステムは空間の高い認識機能を提供する一方で、その性能は、利用者がスマートフォンのカメラを認識対象へ正確に向ける「エイミング」が正しくできることが前提とされている。しかし、視覚障がい者にとって、対象の位置を非視覚的に把握しながらカメラを正確に対象の方向に向け続けることは難しい [6][3]。

こうした課題に際し、これまでには、対象がカメラの画角に入ったことを音で知らせるサウンドフィードバックなど [1]、利用者の行動の誘導や認識結果を通知するアプローチが検討されてきた。しかし、こうした既存手法では、ユーザが音声フィードバックに常に注意を向け、方向を合わせ続ける必要があり、結果としてユーザの認知負荷が高いという課題を抱えている [5]。我々は、このカメラのエイミングを機械的に補助するシステムが、視覚障害者の操作負荷を軽減し、能動的な物体探索を円滑にできる

と着想した (図 1)。また、システムの設計においてユーザの主体性をいかに維持するかは重要な観点である [4]。全自動の探索システムでは、ユーザはシステムに従うだけの受動的な役割に留まり、自ら環境を理解し意思決定を行うという独立性が損なわれる可能性がある。そこで我々は、ユーザが自らの意思で「どこを探るか」という探索の戦略を決定し、システムがその戦略に応じてエイミング操作を補助する協調制御 (Shared Control) のアプローチが、ユーザの主体性を尊重する上で不可欠であると考えた。上記のシステムを、スマートフォンのアクセサリの追加機器のみで実現することで、室内はもちろん旅先などの屋外環境でも利用可能な携帯性を保つ形で実現することを目指す。

2 BeMyARm

2.1 システムデザイン

本システムは、複雑な 3 次元空間での物体探索という課題に対し、鍵やリモコン、コップといった多くの日常的な探索対象が、「机の上」や「床の上」など、特定の「平面」上に存在するという実世界の特性に着目した。そこで、本システムでは 3 次元空間を闇雲に探索するのではなく、探索問題を「物体が存在する可能性の高い平面を特定し、その平面上を網羅的に走査する」という、より管理しやすく構造化されたプロセスへと変換する。具体的には、「物体探索」を「探索対象が存在する可能性のある平面を特定し、その平面上の視覚的に未確認な領域 (未探索領域) をなくしていくプロセス」と定義する。この設計思想に基づき、本システムは物体の探索を限定した平面上の探索の繰り返しによって実現する (図 2)。また、ユーザの探索領域の意思決定と、システムの領域探索時の精細動作の補助を分離し、両



図 1. BeMyARm を利用した物体探索の概念図

者が協調することでユーザ主体の物体探索の実現を目指す。物体の探索は主に「探索平面の決定」「未探索領域の探索」の2つの工程で構成した。ユーザは探索したい対象物をシステムに入力し、下述する2つの工程によって環境中から対象の物体を探索する。

探索平面の決定

環境の中から、机や床など、平面で構成される領域をシステムが認識する。ユーザはシステムからフィードバックされた環境中の平面から、探索対象の物体が存在すると思う平面（以降この平面を探索平面と呼ぶ）をシステムに入力する。

未探索領域の探索

ユーザによって探索平面が決定されると、システムはその平面全体を一度スキャンし、探索対象物の有無と探索平面上の探索状態を把握する。この時、探索平面のうち、遮蔽物によって平面の検知が妨げられた領域は未探索領域としてシステムが記憶し、探索平面中の未探索領域の状態をまとめ、ユーザに提示する。ユーザは提示された情報から、対象物が存在すると思う未探索領域をシステムに入力すると、システムは遮蔽物を迂回する経路をユーザに提示する。ユーザはそのフィードバックに応じてシステムの位置を移動すると、システムは移動した位置から探索平面の未探索領域を効率的に探索するようにカメラの向きを制御する。システムは探索平面の未探索領域が無くなるか、探索対象の物体を認識するまで、上記の未探索領域のフィードバックとカメラの向きの制御を続ける。探索平面上に対象物が存在しない場合、システムはユーザにその旨をフィードバッ

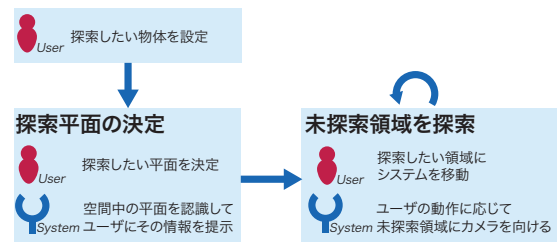


図 2. 物体探索のフロー

クし、「探索平面の決定」から現在までに記述した処理を繰り返す。

2.2 実装方法

上記システムのプロトタイプを iPhone 15 Pro Max (iOS26) と Insta360 Flow 2 で開発した。実空間の平面検知と空間認識には、Apple の ARKit フレームワークを利用した。探索対象の物体の認識には物体検知モデルである YOLOv8m-world を利用した。探索平面上の未探索領域は、ARKit の ARPlaneAnchor から得られる平面の深度情報と、Scene Depth から得られるカメラの各ピクセルごとの深度情報を比較し、その差分が一定以上である領域として定義した。ユーザからシステムへの入力とシステムからユーザへのフィードバックは、すべて音声インタラクションによって実装した。また、ジンバルによるカメラの精密な方向制御は、DockKit のフレームワークを利用して実装した。

3 今後の課題

本デモ論文では、ユーザの主体性と機械的なエイミング補助を組み合わせたシステム「BeMyARm」の基本設計とプロトタイプ実装を示した。今後の主要な課題は、インタラクションデザインの洗練と、システムの有効性を実証するユーザ評価の実施である。

第一に、インタラクションデザインの改善が挙げられる。ユーザが探索平面や未探索領域を意思決定する際の音声フィードバックの粒度や提示タイミング、ナビゲーションの具体性は、ユーザの認知負荷や操作性に直結する。今後は、視覚障がいを持つユーザからのフィードバックに基づき、より直感的で負担の少ないインタフェースを目指し、反復的なデザインの改善が必要である。

第二に、提案システムの有効性を客観的に示すユーザ調査の実施が必要である。この評価では、エイミング補助のない従来のシステムと比較する。その上で、物体探索の達成時間や操作の正確性、さらに、アンケート等を通じ、本システムの主目的である「操作負荷の軽減」や「ユーザが主体感を持って探索できたか」といったユーザ体験も分析し、本アプローチの優位性と実用性を明らかにする必要がある。

謝辞

本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP21119 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] D. Ahmetovic, D. Sato, U. Oh, T. Ishihara, K. Kitani, and C. Asakawa. ReCog: Supporting Blind People in Recognizing Personal Objects. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, p. 1–12, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [2] F. E.-Z. El-Taher, L. Miralles-Pechuán, J. Courtney, K. Millar, C. Smith, and S. McKeever. A Survey on Outdoor Navigation Applications for People With Visual Impairments. *IEEE Access*, 11:14647–14666, 2023.
- [3] J. Hong and H. Kacorri. Understanding How Blind Users Handle Object Recognition Errors: Strategies and Challenges. In *Proceedings of the 26th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [4] R. Kamikubo, S. Kayukawa, Y. Kaniwa, A. Wang, H. Kacorri, H. Takagi, and C. Asakawa. Beyond Omakase: Designing Shared Control for Navigation Robots with Blind People. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '25, New York, NY, USA, 2025. Association for Computing Machinery.
- [5] G. Presti, D. Ahmetovic, M. Ducci, C. Bernareggi, L. A. Ludovico, A. Baratè, F. Avanzini, and S. Mascetti. Iterative Design of Sonification Techniques to Support People with Visual Impairments in Obstacle Avoidance. *ACM Trans. Access. Comput.*, 14(4), Oct. 2021.
- [6] M. Saha, A. J. Fiannaca, M. Kneisel, E. Cutrell, and M. R. Morris. Closing the Gap: Designing for the Last-Few-Meters Wayfinding Problem for People with Visual Impairments. In *Proceedings of the 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '19, p. 222–235, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [7] A. N. Sridhar, F. Qiao, N. D. Troncoso Aldas, Y. Shi, M. Mahdavi, L. Itti, and V. Narayanan. NaviSense: A Multimodal Assistive Mobile application for Object Retrieval by Persons with Visual Impairment. In *Proceedings of the 27th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '25, p. 1–9, New York, NY, USA, 2025. Association for Computing Machinery.