

AIを用いた視覚障害者向け歩行支援システムの開発：歩行軌跡に基づく歩行可能領域推定 Development of an AI-Based Walking Assistance System for Visually Impaired People: Estimation of Walkable Areas Based on Walking Trajectories

村井 保之[†]
Yasuyuki Murai

巽 久行[‡]
Hisayuki Tatsumi

徳増 眞司[※]
Shinji Tokumasu

1. はじめに

視覚障害者にとって、安全かつ円滑な歩行は日常生活における大きな課題の一つである。特に、障害の特性によっては直進歩行そのものが困難となる場合もあり、補助的な支援技術の導入が求められている。近年、AI技術と小型カメラの進化により、視覚障害者の歩行を支援する新たな手法の開発が進められている[1-2]。本研究では、AIと小型カメラを活用し、視覚障害者が安全に移動できるよう支援するシステムの開発を目的とする。提案するシステムでは、使用者が体に装着または手に持った小型カメラで進行方向の映像を撮影し、その映像からAIが周囲の歩行者を検出する。先行歩行者の通行経路は、安全が確保されているとみなし、その軌跡情報をもとに「歩行可能領域」を推定・図示することで、利用者を安全な方向へと誘導する。

このアプローチは、障害物を個別に詳細検出する従来手法と異なり、複雑な環境認識処理を必要とせず、計算負荷の軽減が期待できる。また、多数のセンサを用いることなく、小型カメラとAIのみで実現可能である点も利点の一つである。さらに、検出した歩行可能領域と進行方向は、音声ガイダンスを通じて利用者に伝達することを目指している。

2. 歩行可能領域推定手法

本研究は、視覚障害者が晴眼者の視覚によって得られる空間認識を活用し、歩行可能領域を把握することで安全な歩行を支援することを目的とする。従来の視覚障害者歩行支援システムでは、超音波センサやイメージングデバイスを用いて周囲の物体をセンシングし、物体認識技術を適用することで環境の把握や障害物の回避を図っていた。しかし、こうした手法では、多様な環境状況に対応可能な歩行環境地図の生成が工学的に困難であり、加えて、工事や違法駐輪といった突発的な障害に対しては、再センシングと環境地図の再構築が必要となるという課題がある。

これに対し本研究では、周囲に存在する晴眼者の空間認識、すなわち人の歩行行動を観測し、その認識を基に歩行可能領域を推定する手法を提案する。本手法は、複数の歩行者の認識結果を分散的かつ並列的に活用することで、環境変化への柔軟な対応と迅速な再構築が可能となる。また、センサ機器による検出が空間の占有/非占有に留まるのに対し、人の歩行軌跡を用いる本手法では、歩行可能性そのものを直接的に推定できる点が大きな特徴である。

さらに、本研究では、歩行者の軌跡を一定時間追跡・蓄積し、連続的な歩行可能領域を推定することで、一時的な

認識の揺らぎや局所的な視界の欠落にも強い手法を実現している。唯一の制約は、環境内に歩行者が存在しない場合、歩行可能領域の情報を得られない点である。しかし、視覚障害者がそのような状況で単独歩行するケースは稀であると考えられるため、実用性に大きな影響はない。

以上のように、本研究で提案する手法は、従来技術の制約を克服する、簡便かつ柔軟で強力な歩行可能領域推定の新たなアプローチである。

3. 人による歩行可能領域センシング

本研究では、「人が歩行している領域は安全である」という前提に基づき、AIによる人認識によって歩行者を検出し、その情報から歩行可能領域を推定する手法を提案する。この手法において、一人の歩行者が視覚情報に基づいて自身の歩行可能領域をセンシングしていると仮定し、安全性の確保のために以下の3つの前提条件を設定する。

1. 歩行者は、自身の位置を中心に全方向（主に前方）に対して安全性を確保しながら歩行している。
2. センシングは、一定の半径内に限定される。
3. センシング精度は、歩行者の位置からの距離に応じて減衰する。

この手法では、複数の歩行者が同時に環境内の歩行可能領域をそれぞれの視点から検出するため、全体として分散的かつ並列的な処理が可能となる。一方で、環境内に歩行者が存在しない場合には、歩行可能領域の推定が行えないという制約がある。しかしながら、そのような状況では、視覚障害者は他者の行動に影響されず、白杖などを用いて自ら安全な歩行領域を確認することができるため、本手法の実用性に大きな影響はないと考えられる。

4. システム概要

現在開発中の歩行支援システムでは、利用者が体に装着または手に持つカメラを用いて進行方向の映像を取得し、AIによって映像内の歩行者をリアルタイムに検出する。検出された歩行者の移動経路は、安全な通行可能領域とみなされ、「歩行可能領域」と定義する。歩行可能領域はスマートフォンやタブレットのディスプレイ上に可視化され、利用者は画面を指でなぞることで操作を行う。指先が歩行可能領域に触れると、音声で通知される仕組みとなっている。また、歩行可能領域がディスプレイ中央に位置するようにカメラおよび身体の向きを調整することで、利用者は進行方向を決定できる。このとき、ディスプレイ中央から歩行可能領域までの距離は、音の高低によって直感的に伝えられる。

歩行者の検出には、学習済みのニューラルネットワークを用い、その処理はカメラとAIプロセッサを一体化したAIカメラで行う。歩行可能領域図の生成は、AIカメラを接続した端末上でリアルタイムに実行される。本研究で使

[†] 日本薬科大学 Nihon Pharmaceutical University

[‡] 筑波技術大学 Tsukuba University of Technology

[※] 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology



図1 OAK-D Pro

用するAIカメラ（図1）は、米Luxonis社製のOAK-D Proである。ステレオ深度カメラ、高解像度カラーカメラ、およびAIプロセッサを搭載し、カメラ単体でAIによる環境認識が可能である。さらに、暗所や無照明環境でも認識が可能なナイトビジョン機能も備えている。サイズは名刺程度とコンパクトで、市販価格は300ドル程度である。

5. クロックポジションによる歩行可能領域指示

視覚障害者に対して物体の位置を伝える手法として、「クロックポジション」と呼ばれる方式が用いられている。この手法は、時計の文字盤に見立てた12時間制の位置表現により、対象の方向を直感的に伝えるものである。例えば、「おかずが12時の方向」「ご飯が7時の方向」といった具合に、食器や料理の配置を説明するために使用される。クロックポジションは本来、航空や軍事分野において敵や目標の方向を指示するために導入されたが、現在では視覚障害者支援にも応用されている。本研究では、視覚障害者に対して歩行可能領域の方向を音声で指示するために、クロックポジションを応用する。特に、進行方向正面を12時方向とし、左側9時から右側3時までの範囲を有効方向と設定する。図3に示す放射状の線はそれぞれ時計の時刻に対応、角度は30度、すなわち1時間間隔である。また、円弧の間隔はおよそ2メートルごとに設定されており、距離も併せて認識できるようにしている。この手法により、例えば「10時方向、4メートル」といった音声指示を行うことで、ユーザーに対して進行可能な方向とその距離を直感的に伝えることが可能となる。

6. 歩行可能領域の描画

提案する歩行支援システムでは、視覚障害者に対して周囲の歩行者の動きを直感的かつ空間的に把握させることを目的として、歩行可能領域図を描画する手法を導入している。歩行者の認識にはYOLOベースの学習済みAIモデル「yolov6nr3_coco_640x352」を用い、OAK-Dカメラおよびその開発環境であるDepthAI SDKを使用して、歩行者の3次元座標 (x, y, z) を取得する。

歩行可能領域図の作成には、3次元座標のうちx軸（左右方向）およびz軸（奥行き方向）を用い、これを2次元平面上に投影する。YOLOにより検出された歩行者（図2）の現在位置は、塗りつぶした円で表示し、距離に応じて円の大きさを調整することで、近距離では大きく、遠距離では小さくなるよう視覚化する。図の描画スケールは、1メートルあたり50ピクセルである。さらに、ユーザが歩行者の動きを時系列的に把握できるよう、約1秒間にわたる歩行者の軌跡を青色の円で連続的に表示する（図3）。こ

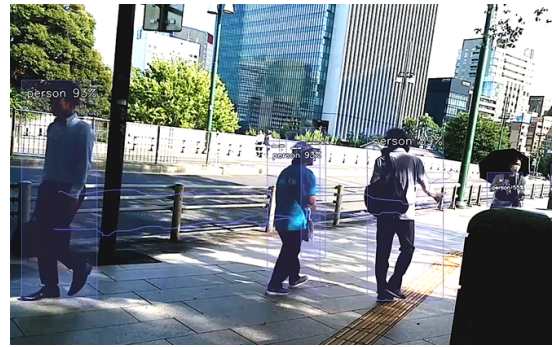


図2 YOLOによる歩行者の認識

これらの円は、約0.2秒間隔で取得された座標に基づき描画され、歩行者の移動経路を示す。これにより、歩行者の進行方向や移動範囲を直感的に理解することができる。このようにして生成される歩行可能領域図は、歩行者の動線および周囲の空間的広がりを表現し、視覚障害者に対して周辺の動的な状況を把握するための支援情報として機能する。

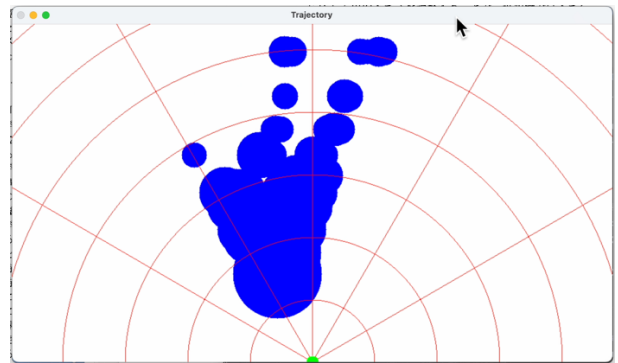


図3 歩行可能領域図

7. おわりに

本研究では、視覚障害者が安全に歩行できることを目的として、AIにより歩行者を認識し、歩行可能領域をリアルタイムに検出する、分散的かつ並列的な処理が可能な歩行支援システムを開発した。従来のような障害物検知を必要とせず、歩行軌跡に基づいて歩行可能領域図を生成し、クロックポジションによる指示手法を提案する。今後の課題として、音声指示の適切なタイミングに関する検討が必要である。

謝辞

本研究はJSPS科研費23K02637の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Yasuyuki Murai, Hisayuki Tatsumi, "AI-Powered Walking Assistance System for the Visually Impaired: Estimating Navigable Areas Using Pedestrian Information and AI Cameras", ICETC '24: Proceedings of the 16th International Conference on Education Technology and Computers, pp.125-129, January (2025)
- [2] 村井保之, 巽久行, 徳増真司, "AIを用いた視覚障害者向け歩行支援システムの開発:歩行者情報に基づいた歩行可能領域の推定", 第23回情報科学技術フォーラム(FIT2024), Vol. 3, No. K-007, pp.485-486 (2024).