

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Development of an AI-Based Walking Assistance System for Visually Impaired People:
Pedestrian Information-Based Walkable Area Estimation村井 保之[†]
Yasuyuki Murai巽 久行[‡]
Hisayuki Tatsumi徳増 眞司[※]
Shinji Tokumasu

1. はじめに

本研究は、視覚障害者の歩行支援を目的とした AI システムの開発を目指している[1-2]。視覚障害者は、それぞれの障害特性に応じてまっすぐに歩くことが難しい場合がある。このため、我々は小型カメラを使用して移動方向を撮影し、映像から周囲の歩行者を検出して安全に歩行できる領域を特定し、利用者を誘導するシステムの開発を行っている。開発中のシステムは、カメラで撮影した画像から AI を用いて歩行者の位置情報を検出し、その情報を基に安全な歩行領域を「歩行可能領域」と定義する。利用者には音声で歩行可能領域と移動方向を伝えることを目指している。本報告では、AI カメラの OAK と物体検出で代表的な AI モデルである YOLO を用いて歩行可能領域を作成する方法について述べる。

2. 歩行可能領域図の作成

本研究は、視覚障害者が人(晴眼者)の視覚によって得られる空間認識を利用して自身の歩行可能領域を把握し、歩行に役立てることを目的としている。従来の視覚障害者歩行支援は、超音波センサやイメージングデバイスなどの機器を用いてセンシングし、物体認識手法を適用して環境理解や障害物回避を行っていたが、これらの方法は多様な状況に対応するための歩行環境地図の生成が工学的に困難であり、また、事前に地図が用意できたとしても、工事や違法駐車などの突然の障害に対応するには再センシングによる環境地図の再構築が必要である。

これに対し、本研究が提案する人の空間認識を利用した歩行可能領域図の作成方法は、分散的かつ並列的であるため、再構築に要する計算量(時間的または空間的オーダー)が大幅に異なる。センサ機器によるセンシングでは、領域が空か否かのみを検出するため、歩行可能か否かの判定は別問題となるが、人の認識を利用する方法はそれ自身が歩行可能領域の検出となる。ただし、環境内に人が存在しない場合は歩行可能領域を取得できない点が短所であるが、視覚障害者がそのような環境下で歩行することは稀であるため、本研究は短所を圧倒する長所を持つ簡便かつ強力な歩行可能領域図の生成方法である。

3. 人認識による歩行可能領域センシング

人が歩行している領域は安全であるという前提のもと、AI による人認識で歩行者を検出し、歩行可能領域を生成する。本研究では、一人の歩行者が視覚情報を基に自身の歩

行領域をセンシングする際に、安全性を確保するために次の 3 つの仮定を設定する。① 自身の位置を中心に全方向(実際には前方を中心にセンシング)の安全性を確保する歩行可能領域を検出し歩行する、② センシングは一定半径内でしか判定できない、③ 検出精度は自身の位置から離れるほど減衰する。この方法では、全ての歩行者が同時に環境内の歩行領域を検出するため、分散的かつ並列的な処理が見込まれる。しかし、環境内に歩行者がいない場合は歩行領域の検出が行えないが、その場合、視覚障害者は他の歩行者を気にすることなく白杖を使用して自ら歩行領域を容易に検出できる。

4. システム概要

開発中の歩行支援システムは、利用者が体に装着または手に持ったカメラで進行方向を撮影し、撮影された画像から AI を用いて歩行者を検出する。検出された歩行者の歩行経路は安全に歩行可能な領域と見なされ、これを「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に表示され、利用者は指でディスプレイをなぞり、指が歩行可能領域に入ると音声で通知される。さらに、ディスプレイ上の歩行可能領域が中央に位置するようにカメラと体の向きを調整することで進行方向を決定する。この際、歩行可能領域とディスプレイの中央との距離は音の高低で示す。

本研究では、学習済みニューラルネットワークを用いて歩行者を検出し歩行可能領域図を作成する。ニューラルネットワークの実行には、カメラと AI プロセッサで構成される OAK (OpenCV AI Kit) を使用する。歩行者検出と歩行可能領域図作成プログラムは、OAK の開発用 API である DepthAI SDK を用い開発する。

4.1 OAK-D Pro

本研究で使用した AI カメラは(図 1)米 Luxonis 社の OAK-D Pro で、アクティブステレオ深度カメラ、高解像度



図 1 OAK-D Pro

[†] 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

カラーカメラ、AI プロセッサを搭載し、カメラ単体で AI を使った環境認識を行える。また、暗い場所や光のない場所を認識するためのナイトビジョン機能も備えている。PC との接続は USB ケーブルを使用する。サイズは名刺程度で、\$350 程度で購入できる。

4.2 DepthAI SDK

本研究では、システムの開発に、DepthAI SDK を使用した。DepthAI SDK は、OAK の開発環境である Depthai-python API ライブラリ上に構築された Python パッケージで、AI 推論、深度センサー、ステレオビジョンを統合し、OAK 上でのリアルタイム物体検出や 3D マッピングを簡単に実現するための高性能で使いやすい開発環境である。この SDK は、OpenCV などのライブラリとシームレスに統合できるため、既存のプロジェクトに簡単に組み込むことができる。さらに、詳細なドキュメントやサンプルコードが豊富に提供されており、初心者から上級者まで幅広い開発者がロボティクス、自動運転、ドローン、セキュリティ、スマートシティなどのさまざまな分野での応用を迅速かつ効率的に行うことができる。以下のコードは、開発したプログラムの一部で、YOLO によるオブジェクト認識、3D 座標取得、オブジェクトトラッキングを行うことができる。

```
with OakCamera() as oak:
    color = oak.create_camera('color')
    stereo = oak.create_stereo('800p')
    stereo.config_stereo(subpixel=False, lr_check=True)
    nn = oak.create_nn('yolov6nr3_coco_640x352',
                      color, tracker=True, spatial=stereo)
    nn.config_tracker(tracker_type=dai.TrackerType.ZERO_TERM_COLOR_HISTOGRAM, track_labels=[0], assignment_policy=dai.TrackerIdAssignmentPolicy.SMALLEST_ID, max_obj=10, threshold=0.1)
    oak.visualize([nn.out.tracker], fps=True, callback=callback)
    oak.start(blocking=True)
```

5. 実験の結果

本研究では、歩行者の認識には物体検出で代表的な AI、YOLO の学習済みモデルを使用する。DepthAI SDK では、学習済み AI モデルとして、2024 年 6 月現在 28 モデルが利用可能である。開発したシステムでは、歩行者の認識に「yolov6nr3_coco_640x352」を使用した。DepthAI SDK は、AI カメラ OAK の機能を用い、YOLO で認識したオブジェクトの 3D 座標を求めることができる。この 3D 座標の x 座標と z 座標を使い、歩行者の位置を表示する 2 次元の歩行可能領域図を作成する。さらに、DepthAI SDK を使用することで、容易に認識したオブジェクトの追跡が行える。追跡データを使用し、約 0.3 秒前のオブジェクトの位置と現在の位置からオブジェクトの進行方向と簡易的な速度を求め「歩行可能領域図」とする。歩行可能領域図では、認識した歩行者の現在位置を塗り潰した円で表示し、約 0.3 秒前の位置を塗りつぶさない縁で表示する。円の大きさは、利用者との距離が近い場合に大きく、遠ざかるほど小さくなる。歩行者の進行方向と距離は、円の中心から伸びる線で表示する。システムでは、1m を 50 ピクセルで表す。

図 2 および図 3 は、システムの実行結果を示している。図 2 には、YOLO を用いて認識した歩行者が表示されている。図 3 には、認識した歩行者の 3D 座標とトラッキングデータに基づいて作成された歩行可能領域図が示されてい



図 2 YOLO による人（歩行者）の認識

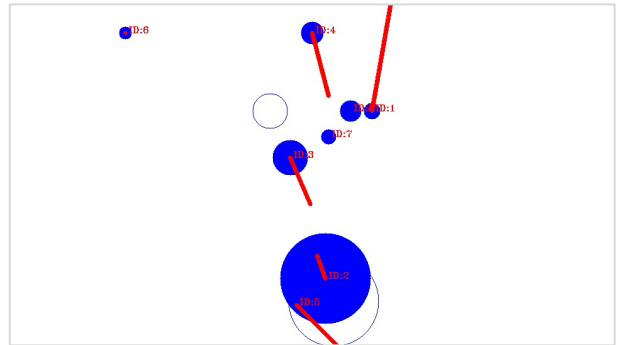


図 3 歩行可能領域図

る。図 3 において、塗りつぶされた円は歩行者の現在位置を示し、塗りつぶされていない円は歩行者の約 0.3 秒前の位置を示している。円から伸びる線は、歩行者の進行方向と簡易的な速度（線の長さ）を表している。また、図 3 の中央下に位置する大きい円は、図 2 中央に大きく映っている歩行者を示し、図 3 の左上に位置する小さな円は、図 2 左に小さく映っている歩行者の一人を示している。

6. おわりに

本研究では、視覚障害者が安全に歩行できるシステムを開発した。提案するシステムは、AI を用いて人を認識しながら歩行可能領域を検出し、視覚障害者の歩行を支援するものである。従来の障害物検知や複雑な環境把握を必要とせず、リアルタイム性に優れている。また、歩行環境にいる全ての人が同時に環境内の歩行可能領域を検出するため、本手法は分散的で並列的な処理が可能である。開発中のシステムが視覚障害者の歩行支援に役立つことが期待される。

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, Yumiko Ota, and Hisayuki Tatsumi, "Prototyping of a walking assistance system for visually impaired people using AI and LiDAR", ICETC '23: Proceedings of the 15th International Conference on Education Technology and Computers, pp.423-428, January (2024)
- [2] 村井保之, 巽久行, 堀江則之, 徳増真司, "視覚障害支援を目的とした人認識による歩行領域の把握について", 第 22 回情報科学技術フォーラム(FIT2023), Vol. 3, No. K-004, pp.461-462 (2023).