

3. 予防安全・自動運転のための環境認識

情報・知能工学系 教授 三浦 純

3-1 アクセシビリティマップ自動作成のための移動ロボットの視点計画 [Saito 2023]

パーソナルモビリティとアクセシビリティマップ：パーソナルモビリティにおいては、道路環境だけでなく、普段人が移動する場所すべてをその対象として考える必要がある。公共施設や大学等の環境では各所に段差が存在しているが、車いすなどで利用する際には必要な場所にスロープが設置されている。スロープの設置場所やその他の必要な情報を記した地図をアクセシビリティマップ（バリアフリーマップとも呼ぶ）という。アクセシビリティマップはパーソナルモビリティにとっても必須の情報であると言える。

アクセシビリティマップの自動生成と視点計画：本研究はアクセシビリティマップの自動生成を目標とし、効率的なマップ生成に有効な視点計画（どの場所で観測を行うか）手法の開発を目的としている。対象としては、複数の建物が存在し建物の入口に必要なに応じてスロープが設置されている環境を扱う。アクセシビリティマップにはスロープを含めた通過可能領域を記載する [辰口 2020]。移動ロボットによる地図生成では、3次元 LiDAR（レーザ距離センサ）を用いた SLAM（移動量と地図の同時推定）手法が用いられる [Koide 2019]。しかし地図生成を効率化するには、SLAM 手法に加えて効率よくデータ収集を行うための、視点計画（Viewpoint Planning）が必要である。

生成するアクセシビリティマップには、建物、建物入口、入口高さの平面、スロープ、地面平面の5種類の情報を記述する。図 3-1-1 に環境の例と提案手法で生成した地図を示す。

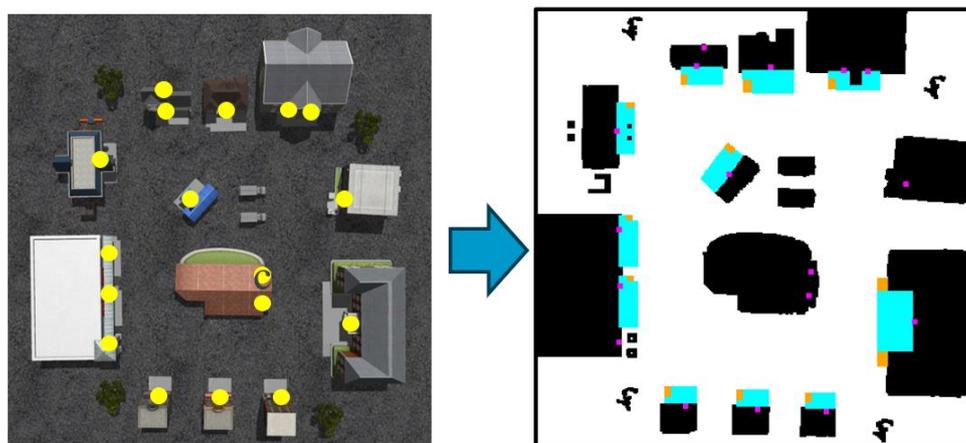


図 3-1-1: アクセシビリティマップ生成の例. (左) 対象環境. 黄色は建物の入口位置.
(右) 生成した地図: ■ 障害物, ■ 入口, ■ 入口高さの平面, ■ スロープ, □ 地面平面

視点計画手法：本研究では2種類の視点計画を扱う。大域的視点計画では、環境全体を探索し未観測領域を減らすための視点を計画する。この視点計画では、既知領域と未知領域の境界を意味するフロンティアを次の視点候補とするアプローチを採用し、フロンティアから観測できると予想される未知領域の大きさや現在位置からの距離の両方を考慮して最適な次の視点を選択し、そこへ移動することを繰り返す。スロープは建物入口付近に存在するため、未観測領域を減らしながら移動する過程で、入口を発見することが期待される。入口を発見したら、その付近で入口高さの平面を検出したのち、スロープを発見するための局所的視点計画を行う。入口高さ平面と地面平面の境界にスロープが存在するので、境界を見ることのできる位置に視点を候補を生成し、大域視点計画と同様に、観測できると予想されるスロープ領域の大きさや現在位置からの距離の両方を考慮して最適な次の視点を選択し、そこへ移動することを繰り返す。スロープが認識できたら大域的視点計画に戻って環境全体の探索を続ける。図 3-1-2 に2つの視点計画での視点候補生成の様子を示す。

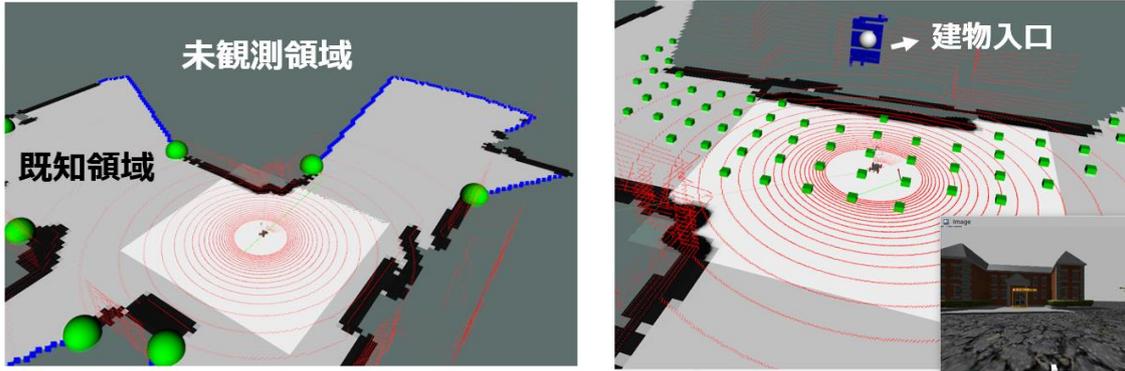


図 3-1-2: 視点候補 (緑マーク) の生成例. (左) 大域的視点計画, (右) 局所的視点計画

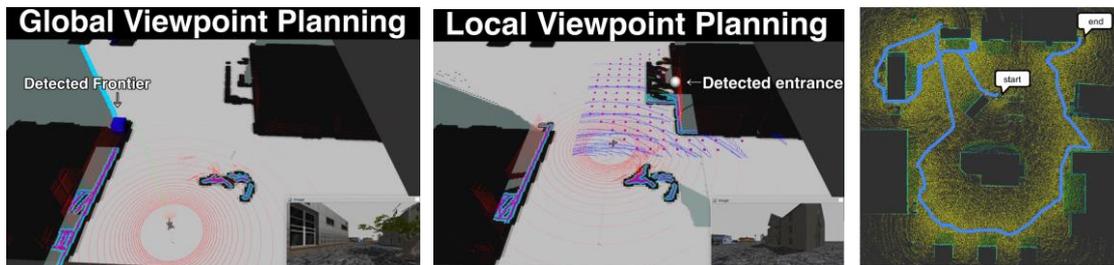


図 3-1-3: 実験結果. (左) 大域的視点計画による移動, (中) 局所的移動計画による移動, (右) 地図生成終了時の移動軌跡

実験: 図 3-1-3 に実験の様子を示す。大域的視点計画と局所的視点計画を繰り返し実行しアクセシビリティマップを生成したときの、移動軌跡が示されている。図 3-1-4 に提案手法と大域的視点計画のみを行う場合との、スロープ検出率の比較を示す。提案手法では、局所的視点計画によりスロープ検出に適した視点を追加で観測しており、より多くのスロープが検出できていることがわかる。

今後の展開: 現在、スロープの検出は周囲を観測中に得た 3 次元点群を基に行っているが、画像情報も併用することにより、より確実に検出を行えることが期待できる。また、画像を用いることにより、より複雑な形状のスロープ検出も可能になる。その後、実環境での実験を通して効率的にアクセシビリティマップを生成できることを検証するとともに、スロープ上の移動機能 [小宅 2023] などを実装し、アクセシビリティマップを利用したナビゲーションを行うことを計画している。

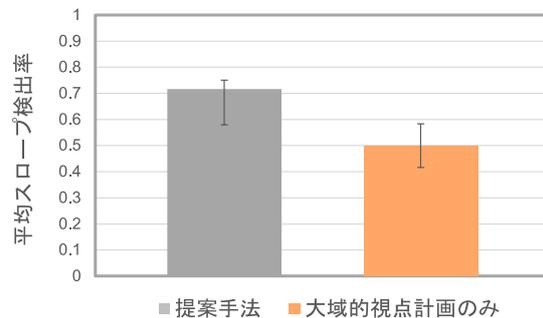


図 3-1-4: スロープ検出率の比較

[Saito 2023] R. Saito and J. Miura, “Automated Accessibility Map Construction with Two-level Viewpoint Planning Strategy,” 18th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems, July 2023.

[辰口 2020] 辰口, 三浦, “アクセシビリティマップ生成のための 3 次元点群地図上における通行可能な領域の推定,” 2020 年日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会.

[Koide 2019] K. Koide, J. Miura, E. Menegatti, “A Portable 3D LIDAR-based System for Long-term and Wide-area People Behavior Measurement,” Int. J. Advanced Robotic Systems, 2019.

[小宅 2023] 小宅, 三浦, “3D LiDAR によるスロープの検出と移動ロボットの誘導,” 2023 年日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会.