

## 視覚障がい者向けナビシステムにおける カメラ画像を用いた障害物検出及び自己位置推定法

遠藤勇樹<sup>†1</sup>  
山下晃弘<sup>†1</sup>

尾崎和真<sup>†1</sup>  
松林勝志<sup>†1</sup>

(独) 国立高等専門学校機構 東京工業高等専門学校<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

視覚障がい者誘導用ブロック（点字ブロック）や白杖は視覚障がい者に対して、分岐点・進行方向・障害物を知らせ、視覚情報なしでの歩行をサポートする。しかし、それらは歩行の安全確保が目的であり、目的地までの経路情報を提供することはない。また、白杖の走査範囲は利用者の足元に限られ、上半身に接触するような障害物を認識できない。そこで、Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) によって得られる自己位置と環境地図を利用して、目的地までの道のりと目の前の障害物に対する回避経路をアナウンスする視覚障がい者向け案内システムを開発した。SLAM は利用者が装着したウェアラブルカメラを利用して実行される。本稿では、利用した技術と開発したシステムについて報告する。

### 2. SLAM システム

#### 2.1 SLAM について

SLAM は、自己位置推定と環境地図生成を同時に行うアルゴリズムである[1]。その中でも、現時点までに取得した自己位置推定結果の軌跡と、各推定位置から観測した周辺環境（オブジェクトの 3D 点群表現）をリアルタイムに算出するオンライン SLAM[2]を応用する。位置の軌跡とそれぞれにおける周辺情報は、すべてを統合して環境全体のオブジェクト情報、すなわち環境地図とみなすことができる。

#### 2.2 SLAM の利用方法

本システムでは、現在に観測できる周辺環境と、今までの観測が蓄積された環境地図を異なる情報として扱い、周辺環境情報と環境地図情報と命名する。それぞれの情報は、現時点で障害物を回避するための局所的な経路と、目的地へ案内するための大域的な経路の生成に利用される。

### 3. 経路探索と案内

#### 3.1 環境情報の表現

SLAM システムから出力される周辺環境情報と環境地図

情報は 3D 点群だが、オブジェクトの有無が環境を一定間隔で区切ったセルごとに保持される占有格子地図で表現することで、経路探索処理を単純にすることができる。占有格子地図は、開発する案内システムが「左」、「右」のように 2 次元的な案内のみを想定しているため、2 次元平面に投影される。

#### 3.2 点群から占有格子地図への変換

SLAM から得られる点群は 3 次元空間における環境のオブジェクトを表現しているため、占有格子地図を利用するために、点群を 2 次元平面へ投影する必要がある。また、床面や天井面など障害物にはならない点群も保持しているため、ウェアラブルカメラの位置から高さ方向で一定範囲外の点群を不要な点群として排除し、床面や天井面を除いた点群のみが占有格子地図に投影される必要がある。

#### 3.3 環境情報の分類

SLAM から出力される、現時点での周辺環境情報と動作開始時から累積している環境地図情報は、占有格子地図へ変換され、それぞれ以下 2 つの情報として保持・処理される。

- 局所的占有格子情報：自己位置から一定範囲内の周辺環境情報を占有格子地図へ変換したもので、ウェアラブルカメラから即時的に得られる障害物を示し、その時点での回避経路の探索に使われる（局所的経路探索）。実際は「地図」ではなく、周辺の状況であるため、局所的占有格子情報と命名する。
- 大域的占有格子地図：環境の原点（案内開始時に決める）から見た環境全体の点群情報、つまり SLAM から出力される環境地図情報を占有格子地図へ変換したもので、案内時は、スタート時に生成する目的地までの大まかな経路の生成に使われる（大域的経路探索）。この占有格子地図は取得後、システムに保存され、次回以降の案内に利用される。以下地図とも呼ぶ。

#### 3.4 経路案内

以上で示した 2 つの経路探索を組み合わせると算出される 1 つの経路をシステムで利用する。

まず、現在地（出発地）と目的地が入力され、予め保存されている大域的占有格子地図に対する経路探索によって、大域的経路が算出される。案内は主にこの経路に従って行われる。案内中、局所的占有格子情報から見つかる（大域

Application of online SLAM using camera image to navigation system for visually impaired people  
†1 YUUKI ENDO, KAZUMA OZAKI, AKIHIRO YAMASHITA and KATSUSHI MATSUBAYASHI National Institute of Technology, Tokyo College.

的) 経路上の障害物に対しては、局所的経路探索が実行され、元の経路へ戻るように迂回する経路が計画される。以上に示した処理の組み合わせによって、目的地までの案内と、突然現れる障害物への警告が実現される。図1において、S(出発地)からG(目的地)まで伸びる曲線が大域的経路で、障害物を迂回するように利用者から伸びている曲線が局所的経路である。局所的経路は障害物が実際に観測されてから計算される。

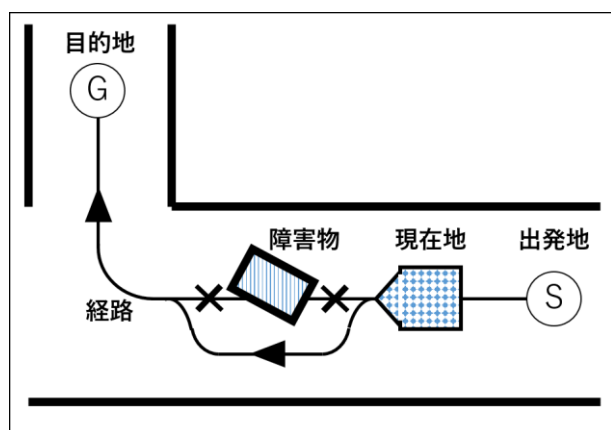


図1 案内経路の生成例

一方、大域的占有格子地図が用意されていない場合、出発地と到着地を結んだ直線の経路と案内時に取得できる局所的占有格子情報に対する経路探索に対する案内が実行される。環境地図情報はSLAMシステムによって蓄積され、大域的占有格子地図が計算されるので、途中で引き返す場合には、大域的な経路案内が可能となる。

#### 4. 案内の対応付けと地図の自動生成

##### 4.1 地図生成のための位置対応付け方式の検討

大域的占有格子地図を案内に適応するためには、案内開始位置がその地図のどの位置に対応するかを明らかにする必要があります。また、大域的占有格子地図はSLAMの実行ごとに作成されるため、利用する地図も特定する必要があります。

そこで、各地図の数が所々にすべての地図で一意的なIDを配置し、案内開始時にIDを指定することで、開始位置を特定させる方式を採用する。しかし、開始時に現在いる場所のIDを取得する必要があることや、案内開始地点がIDの振られている場所に制限される問題もある。

##### 4.2 案内時における地図と自己位置の対応

システムの動作中、SLAMとは別に、GPSや無線を用いた自己位置推定機構を使い、全ての場所で一意に位置を推定する。案内の開始時に、その一意な位置推定の結果を前述のIDとすることで、地図における位置指定が可能になる。逆に、SLAMのほかにグローバルな自己位置推定を実行することで、IDと対応付けられた地図データが生成で

きる。一意な自己位置推定として、先行研究[3]はRFIDと高精度GPSを使った手法を提案している。

#### 5. 動作例

以上のシステムを経路上に障害物を置いた簡単な環境で動作させた。障害物として設置した箱を避ける経路が生成されていることが図2の実験結果から読み取れる。図2における点の集合体は、SLAMから出力された点群であり、シミのようなものは、占有格子地図によるコスト値を示している。

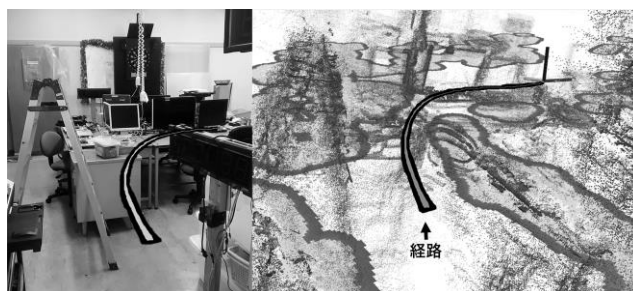


図2 経路探索の出力結果

#### 6. まとめ

本研究では、視覚障がい者向けナビゲーションシステムを実現するために、ウェアラブルカメラを用いたSLAMを占有格子地図へ変換し、固有番号に対応付けることで、環境情報として利用できる仕組みを構築した。簡単な実験から、実環境における視覚障がい者向けナビゲーションシステムの実用可能性を示した。

#### 参考文献

- [1] Dissanayake, M.W.M.G, Newman, P., Durrant-Whyte, H.F., Clark, S. and Csorba, M.. A solution to the simultaneous localization and map building (SLAM) problem, IEEE Transactions on Robotic and Automation 17(3), p.229-241 (2001)
- [2] Wang, C.C., Thorpe, C. and Thrun, S.. Online Simultaneous Localization and Mapping with Detection and Tracking of Moving Objects: Theory and Results from a Ground Vehicle in Crowded Urban Areas, Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA), p.842-849 (2003)
- [3] 山下晃弘, 佐藤圭, 佐藤俊太, 川口正太郎, 松林勝志. UHF帯RFIDを用いた視覚障がい者向け歩行者ナビゲーションシステムの開発と展示会への適応. 情報処理学会論文誌. vol.7, no.1 (2017)