

## 屋内 3 次元地図の自動生成と Web サービス化による実世界情報の高度利用

尾崎 宏樹<sup>†</sup> 渡邊 賢<sup>†</sup> 長尾 確<sup>†</sup>

名古屋大学 大学院情報科学研究科<sup>†</sup>

### 1. はじめに

立体的な地図は、平面的な地図よりも現実に近い形で実世界を表現する事が可能であり、地図と実世界の隔たりを軽減する事ができる。特に、複雑で大きな建物では、フロアプランの様な 2 次元表示よりも、その複雑さを直感的に理解しやすい 3 次元表示による可視化が適していると思われる。屋内の地図は現在位置や目的地の把握だけでなく、その施設の宣伝などにも利用される。そのため、頻繁に地図情報の編集や追加を行う必要があり、内装を変更した場合には地図そのものを更新する必要がある。そのため屋内の地図はできるだけ簡単に編集および更新が可能である必要がある。また、多くのユーザーが利用する施設にとって、実際に施設を利用したユーザーの感想や移動を含む様々な行動のノウハウは貴重なものであり、その情報を共有する事は、ユーザーの施設内での活動を促進するために非常に有益である。そこで本研究では、屋内の 3 次元地図の生成を自動化する手法、および生成された 3 次元地図を Web 上で利用可能にし、複数ユーザーによるアノテーション(情報付与)を可能にする手法を提案する。

3 次元地図の生成手法は、レーザーレンジセンサーを用いたもの[1]や、カメラ画像を用いるもの[2]が提案されているが、前者は平面をセンシングするためセンサーデータの重ね合わせができず、3 次元形状の復元が難しい。一方、後者は暗い場所や画像特徴点の少ない環境では正確に 3 次元地図を生成する事ができないという問題がある。そこで本研究では、RGB-D カメラを自律走行可能な小型無人移動体(SUV: Small Unmanned Vehicle)に搭載し、SUV が環境内を走り回ることによってデータの収集を行い、RGB-D カメラのセンサーデータをもとに 3 次元地図の生成を行った。

Automatic Generation and Advanced Use of Real World Information by Indoor 3D Map Services on the Web

<sup>†</sup> OSAKI, Hiroki(osaki@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>†</sup> WATANABE, Ken(watanabe@nagao.nie.nagoya-u.ac.jp)

<sup>†</sup> NAGAO, Katashi(nagao@nuie.nagoya-u.ac.jp)

Graduate School of Information Science, Nagoya University  
(†)

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

### 2. 小型無人移動体 (SUV)

SUV は、環境内を探索することで様々なデータを蓄積し、そのデータを利用することで高度なサービスを提供する事を目的とした、無人で自律走行可能な小型のロボットである。SUV の外観は図 1 のようになっており、対向二輪型の移動機構をベースとして、レーザーレンジセンサーと RGB-D カメラを搭載している。SUV は一度ある環境内を走行すると、レーザーレンジセンサーを用いて SUV が環境を認識するために必要な環境地図(2 次元のセンサー地図)を生成することができる。生成された環境地図を利用して、SUV は自己位置推定や障害物の認識を行うことができる。リアルタイムに自身の位置と向きを認識することができるため、任意の経路に沿った柔軟な自律走行が可能である。

SUV のもう一つのセンサーである RGB-D カメラは RGB カメラに加えて、センサーから物体までの距離が計測できる深度センサーを持ち、平面上の障害物までの距離が計測できるレーザーレンジセンサーと異なり、物体の 3 次元形状の認識を行うことが可能である。SUV は RGB-D カメラとして Kinect<sup>\*1</sup> を搭載している。



図 1. SUV の構成

### 3. 3 次元地図生成

RGB-D カメラを用いた 3 次元地図生成手法として、3 次元の点群と画像特徴点の重ね合わせを行う RGBD-ICP[3]という手法が提案されている。この手法では RGB-D カメラのデータのみで重ね合わせを行うため、生成した 3 次元地図を利用する場合、実世界の位置と 3 次元地図座標のキャリブレーションを行う必要がある。そこで、SUV が事前に作成した環境地図を 3 次元地図生

<sup>\*1</sup> Kinect は米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標。

成時に利用することで、環境地図と対応付けられた3次元地図を生成する。

本研究における3次元地図生成は以下の4ステップから成る。

- (1) データ収集経路の生成
- (2) データの収集
- (3) センサーデータの重ね合わせ
- (4) 3次元地図のポリゴン化

(1)はSUVを用いてデータを自動収集するため、SUVがデータ収集時に走行する経路を環境地図から自動的に生成する機能である。(2)は(1)で生成した経路に沿って実際にSUVを走行させ、RGB-Dカメラのデータとその時の位置情報を記録する。(3)は収集したデータの重ね合わせを行うことで3次元地図を生成する。重ね合わせにはフレーム間の3次元地図の点群と画像特徴点のそれぞれの対応点と、環境地図との対応点を利用することで、環境地図と対応付けられた3次元地図を生成する。センサーデータの重ね合わせによって生成した3次元地図は膨大な数の点の集合であり、データ量が大きく、扱うのが非常に困難である。そこで、(4)では建物の内装を構成する主要な要素である平面を抽出しポリゴン化することで3次元地図を単純化する。実際に生成された3次元地図を図2に示す。



図2. 生成された3次元地図

#### 4. 3次元地図ブラウザとその応用

生成した3次元地図をWeb上で利用可能にするため、3次元地図ブラウザを開発した。生成された3次元地図データはサーバーで管理され、3次元地図ブラウザを通じて閲覧することができる。3次元地図ブラウザはWebブラウザおよびiOSデバイスで利用可能である。ユーザーは3次元地図ブラウザを用いて3次元地図にアノテーションを付与し、共有することができる。アノテーションの内容は現在はテキストのみであるが、今後イメージやビデオにも対応する予定である。アノテーションが付与されると地図上にラベルが表示され、クリックやタップによって詳細な内容をポップアップ表示によって閲覧できる。アノテーションを閲覧する様子を図3に示す。

地図を利用する上で、現在位置は3次元地図上の自分の周囲の環境を把握するために非常に



図3. アノテーション閲覧時の3次元地図ブラウザに表示される内容

重要な情報である。そこで、現在位置を知る手段として2種類の方法を提供する。一つは、前述のSUVを案内ロボットとして用いるやり方である。SUVは環境地図を用いて自己位置推定ができるため、3次元地図ブラウザがSUVと通信し、位置情報を取得することで現在位置を把握する。もう一つは、実環境に位置情報と関連付けられたマーカーを設置して、スマートフォン等のカメラでマーカーを撮影し、現在位置を把握するやり方である。現在位置を把握する事は、単にユーザーに現在位置を認識させるだけでなく、よりよいサービスを提供する事にもつながる。例えば、現在位置にアノテーションを作成したり、周辺にあるアノテーションを推薦することが可能となる。さらに、ユーザーの行動履歴をライフログ化する事ができ、集団的な行動の傾向を調べることもできるだろう。

#### 5. おわりに

本研究では、自律走行可能な小型無人移動体(SUV)にRGB-Dカメラを搭載し、屋内の3次元地図を自動的に生成する仕組みを実現した。さらに、生成した3次元地図をWeb上で利用可能にし、地図上の任意の場所へアノテーションの付与ができるようにした。これにより、実世界情報を集積し利用する事が可能になる。今後の課題としては、平面の抽出だけでなく、より複雑なオブジェクトのポリゴン化を行う必要がある。また、本システムを実際に運用し、どのような情報が収集できるか調査する必要がある。

#### 参考文献

- [1] Thrun, S., Thayer, S., Whittaker, W., et al.: Autonomous exploration and mapping of abandoned mines, *IEEE Robotics and Automation Magazine*, Vol. 11, No. 4, pp. 79–91 (2004).
- [2] Davison, A. J.: MonoSLAM: real-time single camera SLAM, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 6, pp. 1052–1067 (2007).
- [3] Henry, P., Krainin, M., Herbst, E., et al.: RGB-D Mapping: Using Depth Cameras for Dense 3D Modeling of Indoor Environments, *Proc. of the International Symposium on Experimental Robotics (ISER)* (2010).