

写真からの平面抽出とテクスチャマッピングによる 屋内 3 次元地図生成の自動化支援

尾崎 宏樹[†] 長尾 確[†]

名古屋大学 大学院情報科学研究科[†]

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。我々の研究室では、実世界の 3 次元形状をセンシングできる 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、環境内を走行させることで自動的にデータの収集を行い、センサーデータの重ね合わせを行うことで屋内 3 次元地図を生成する仕組みを提案してきた[1]。図 1 に自動生成された 3 次元地図を示す。3 次元地図は、壁や床といった建物の内装を構成する主要な要素である平面から構成される。人が地図を利用する上で、地図の外観は非常に重要な要素の一つである。しかし、自動生成した地図は、RGB-D カメラの解像度があまり高くなくことや、重ね合わせの際のずれが原因でテクスチャが不鮮明になり見栄えがあまり良くないことが問題となっていた。

そこで、本研究では、より高解像度な写真のテクスチャを 3 次元地図へ反映することでより精密な 3 次元地図を生成する仕組みを提案する。まず、SUV に環境内を探索させることで写真データを自動的に収集し、次に、収集した写真データから 3 次元地図に反映する領域を手動で選択し、選択した領域のテクスチャを 3 次元地図へ自動的にマッピングすることでより鮮明なテクスチャを生成する。

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収集し、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 2 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 2 台とデジタル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。

本研究では、SUV が生成した環境地図を基に、データの収集を行う必要のある観測点を決定する。そして、SUV が観測点を巡回し、各観測点で写真データと位置情報を記録することでデータの収集を行う。観測点の決定方法について次章で説明する。

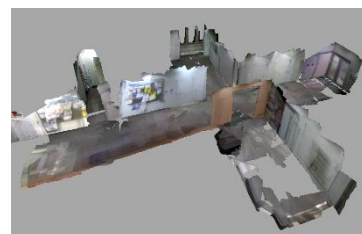


図 1. 自動生成した
3 次元地図

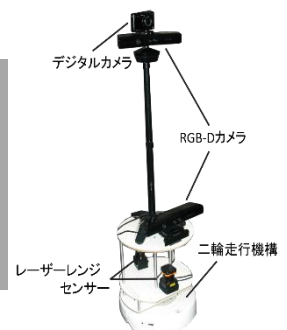


図 2. SUV の構成

3. 写真データの収集

環境内のデータをくまなく収集するため、センシング可能な領域を定義し、環境全体をセンシング領域で被覆できるように観測点を生成する。使用するカメラは前方しか撮影することができないが、問題を簡単にするため、SUV の周囲 360°をセンシング可能とし、データを収集するには観測点で SUV が回転することで全方位のデータを収集するものとした。被写体がカメラに近すぎる場合は十分な範囲を撮影できず、逆に遠すぎる場合は解像度が低下してしまうため、センシング距離は SUV から 2m~6m の範

Automation Support System for Indoor 3D Map Generation
Using Plane Extraction and Texture Mapping from Photographs

[†] OSAKI, Hiroki (osaki@nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp)

[†] NAGAO, Katashi (nagao@nuie.nagoya-u.ac.jp)

Graduate School of Information Science, Nagoya University ([†])
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

囲とした。観測範囲の中央値である 4m 間隔で観測点が隣り合うように新たな観測点を追加していく。観測点が追加できなくなったら未観測の領域を計算し、新たに観測できる領域の面積が最大になるような点に新たな観測点を追加する。これを観測領域が環境全体を被覆するまで繰り返すことで環境内のデータをくまなく収集できる観測点を生成する。図 3 に生成した観測点と各観測点の観測範囲を示す。データの収集は、各観測点をちょうど 1 度ずつ通る巡回セールスマン問題としてとらえることができるため、焼きなまし法を用いて観測点を通る順番を決定する。本研究では、各観測点で 30 度ずつ写真を撮影し、一観測点につき 12 枚の写真を撮影した。

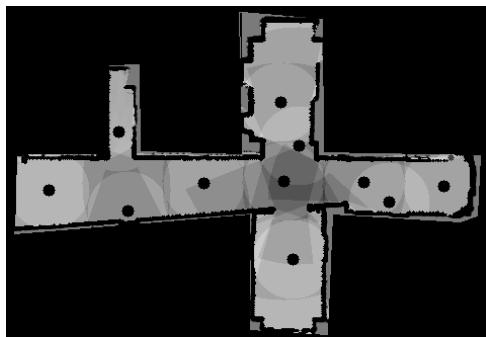


図 3. 生成された観測点

4. 平面の抽出とテクスチャマッピング

本研究で使用する 3 次元地図は主に平面で構成されるため、前章で収集した写真データから平面領域の抽出を行い、平面領域のテクスチャを 3 次元地図にマッピングすることで、より精密な 3 次元地図を生成する。平面領域を自動的に抽出することや、テクスチャを生成する必要があるかどうかを機械的に判断することは難しいため、人手によって平面領域の選択を行う。また、平面領域を 3 次元地図にマッピングする際には、写真撮影時のカメラの位置情報が必要となるが、データ収集時に記録したものは、位置推定の誤差や移動時の振動などの影響でそのままでは利用することはできない。そこで、位置情報を修正するため、選択した平面領域を 3 次元地図に投影し、どのようなテクスチャが生成されるか確認しながらカメラの位置を手動で調整できる機能を実現した。テクスチャは 3 次元地図の面に沿って生成される。平面領域を選択している様子を図 4 に示す。

次に、同じ面に沿って生成されたテクスチャ同士を合成することで、大きなテクスチャを生成する。テクスチャの合成にはパノラマ合成などに用いられる Multi-Band Blending[2]を利用

する。これは、重なりのある複数の画像を、ガウシアンフィルタを用いて階層的に合成することで、元の画像の特徴を残しつつ違和感なく画像を合成できる手法である。図 5 にテクスチャ合成後の 3 次元地図を示す。

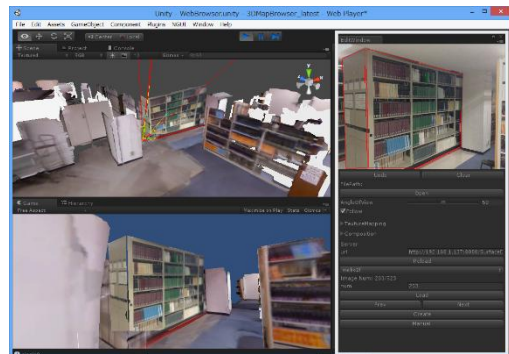


図 4. 平面領域を選択している様子

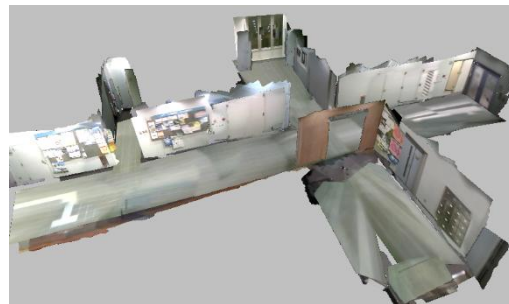


図 5. テクスチャマッピング後の 3 次元地図

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)を用いて高解像度写真を自動的に収集し、収集した写真から平面を選択し 3 次元地図にマッピングすることで、より鮮明なテクスチャを生成する仕組みを実現した。これにより、より精密な 3 次元地図を低コストで生成することが可能となる。今後の課題として、データ収集の際に一定角度ごとにデータを収集するのではなく、撮影範囲を考慮してデータの収集を行うことが挙げられる。また、生成した 3 次元地図を利用したナビゲーションシステムなどの開発・運用も今後の課題の一つである。

参考文献

- [1] 尾崎 宏樹, 渡邊 賢, 長尾 確: 小型無人移動体を用いた 3 次元地図の自動生成に関する研究, 情報処理学会第 74 回全国大会 (2012)
- [2] Matthew Brown, David G. Lowe: Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features, *International Journal of Computer Vision*, Vol. 74, pp. 59–73 (2007).