

屋内環境における移動ロボットの自己位置推定に関する研究

日大生産工(院)

○富永 湧太

日大生産工

矢澤 翔大

日大生産工

新妻 清純

日大生産工

黒岩 孝

1. はじめに

近年、少子高齢化の影響により、国内の労働力不足が大きな社会問題になりつつある。その解決策として、人間と共生しながら作業できるロボットが注目されており、特に物流倉庫で使用される移動ロボットには大きな期待が寄せられている。移動ロボットを運用する場合は自己位置の推定が重要であり、屋外で使用する場合は人工衛星を用いた全球測位衛星システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) を利用できるが、屋内では衛星の電波が届きにくいいため、GNSSの利用は期待できない。また、屋外なら殆どの場所で地図情報を使用できるが、物流倉庫の様に建屋内へ大量の荷物が頻繁に出入りする場合は、地図情報も使用できない。そのような場所で移動ロボットを自律的に稼働させる場合、自己位置の推定と周囲の環境地図の作成を同時に行う必要がある、このような問題を SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) と呼んでいる¹⁾。SLAMを行うには内界センサや外界センサを利用するが、内界センサであるオドメトリや慣性計測装置 (IMU: Inertial Measurement Unit) は累積誤差が生じやすいとされている²⁾。一方外界センサとしては通常のカメラの他、ToF (Time Of Flight) カメラや LiDAR (Light Detection and Ranging) 等が用いられるが、カメラでは直接距離を測れず、ToF カメラは近距離しか測定できない。

一方 LiDAR の場合は周囲の物体までの距離を点群として取得することができ、内蔵するレーザの仕様によっては数十から数百メートルの範囲を計測することができる。そこで本研究では、LiDAR を用いた SLAM について検討を行う。具体的には、3次元で測定のできる LiDAR を使用して SLAM を行う際の問題点などについて検討を行う。

2. 検討結果

図1に、実験で使用する LiDAR である Livox Tech 製 Livox mid-40 の外観を示す。この LiDAR は最大 260[m] の距離まで、水平・垂直方向ともに約 38[deg] の視野角 (FOV: Field of View) を持つ。図 2 は、LiDAR を高さ 10[cm] 程度の小型三脚に固定して床に設置



図1 実験に用いる LiDAR

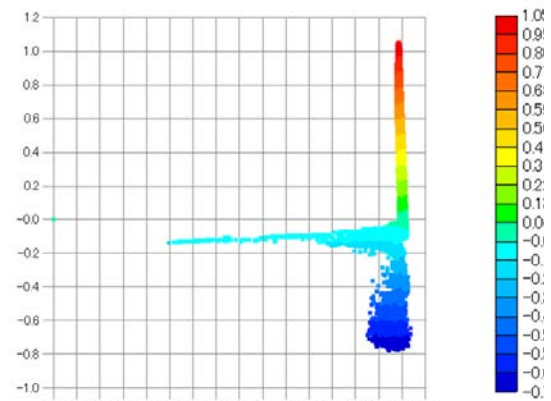
Study Simultaneous Localization and Mapping of Mobile Robot in Indoor Environments

Yuta TOMINAGA, Syota YAZAWA, Kiyozumi NIIZUMA and Takashi KUROIWA

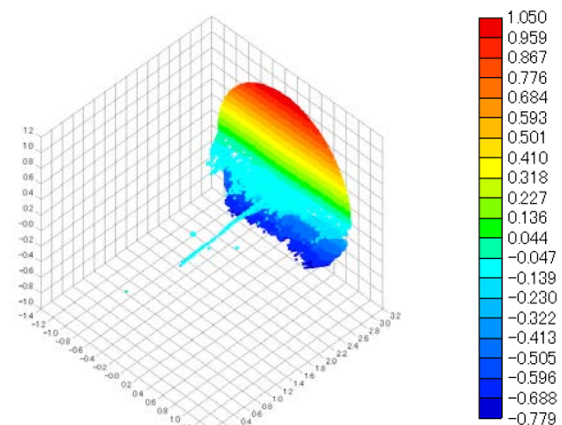
した状態で、前方の壁を測定した結果である。同図中の(a)及び(b)は、LiDARに対し横方向又は斜め上方向から見た深度情報(周囲の物体までの距離から得られる点群データ)の分布をそれぞれ示す。同図より、LiDARの前方に対して円錐状に深度情報を測定していることがわかる。また、LiDARの中心軸付近にやや大きめのノイズが発生しており、床面に近い部分では深度情報の分布が歪んでいることがわかる。SLAMを行う場合、レーザが当たらない場所は深度情報を測定できないので、複数の地点で計測を行いつつ統合する必要がある、結果として各地点の座標を共通の座標系に変換しなければならない。また、このとき計測した深度情報同士が重なり合う様に照合させる事も必要で、その作業を **Scan Matching** と呼ぶ。なお、SLAMの手法であるICP(Iterative Closest Point)³⁾アルゴリズムでは深度情報同士を照合させるが、深度情報と地図情報を照合させる方法もある。また、隣り合う地点同士の照合を続けながら経路全体のSLAMを行うと、多大な誤差が生ずる可能性が知られており、経路を一周した場合に始点と終点が接続しないという問題が発生するので、ループ検出⁴⁾などの処理を行う必要もある。なお、LiDARに適したSLAMの手法としてLOAM(Laser Odometry and Mapping)⁵⁾という方法が提案されており、最近ではLivox用のアプリケーションも公開されているので、今後検討をしていく予定である。

3. まとめ

3次元で測定のできるLiDARを使用してSLAMを行う際の問題点などについて検討を行った。今後は公開されているアプリケーションなどを使用して実際にSLAMを行う予定である。



(a) 横方向から見た分布



(b) 斜め上方向から見た分布

図2 LiDARによる深度情報の測定例

参考文献

- 1) Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox / 上田 隆一訳: 確率ロボティクス, マイナビ出版 (2016)
- 2) 熊谷秀夫: "GPS/IMU の最新動向", 日本写真測量学会, 写真測量とリモートセンシング, Vol.49, No.5, pp.326-331 (2010)
- 3) Montemerlo, M., Thrun, S., Koller, D., Wegbreit, B.: "FastSLAM: A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem", AAAI-02 Proceedings, pp.593-598 (2002)
- 4) Mathieu Labbe, Francois Michaud: "Online global loop closure detection for large-scale multi-session graph-based SLAM", 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.14-18 (2014)
- 5) Zhang and S. Singh, "LOAM: Lidar Odometry and Mapping in Real-time, in Robotics", Science and Systems Conference, pp.161-195 (2014)