

LRF を用いた自律走行車の SLAM に関する基礎的検討

日大生産工

○ 黒岩 孝

1. はじめに

近年、ドライバの高齢化に起因する交通事故が増加しており、国内の死亡事故については65歳以上の高齢者が50[%]を占め、大きな社会問題となっている^[1]。

自律走行車は、人間の様に加齢や疲労からくる判断力や集中力の低下が無く、将来的には人間よりも運転ミスを抑制できる可能性もあるため、高齢化社会における有用な交通手段として期待できる。地図情報のない場所を自律走行車が走行する際には、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り、これをSLAM (Simultaneous Localization And Mapping)問題と呼ぶ^[2]。SLAMは、自律走行車に付属する内界センサや外界センサの情報をを用いた最適化問題に帰着できると考えられる^{[2]-[4]}。

本研究では、自律走行車の外界センサとして使用される事が多い、LRF(Laser Range Finder)を用いた場合のSLAMについて基礎的な検討を行う。

2. SLAMの解析手法

これまで、SLAM問題の解法については数多くの報告がなされているが、それらの手法を大別すると、内界センサの情報が必須か否かということになる。前者の手法として代表的なのはEKF-SLAM^[5]、PF-SLAM^[6]等であり、後者の手法としてはVisual SLAM^[7]やICP-SLAM^[8]等があげられる。

一般に、自律走行車の内界センサとして良く用いられるのは、駆動部分の回転計や車速センサであり、その精度はタイヤの滑りや段差への乗り上げなどに脆弱と考えられるため、できる事ならば内界センサの情報を用いずに解析することが望ましい。そこで、ここではICP-SLAMを用いるものとする。

3. ICP アルゴリズム

図1に、LRFの前進による測定点のシフトを示す。ここではLRFに北陽電機製URG-04LX-UG01を用い、周囲を約1[m]四方のステンボード製の壁で囲み、325[mm]前進させている。右上部のデータが途切れているのは、壁に切欠きをつけたためである。LRFの前進により、あたかも壁の方が近づいた様に測定されていることがわかる。

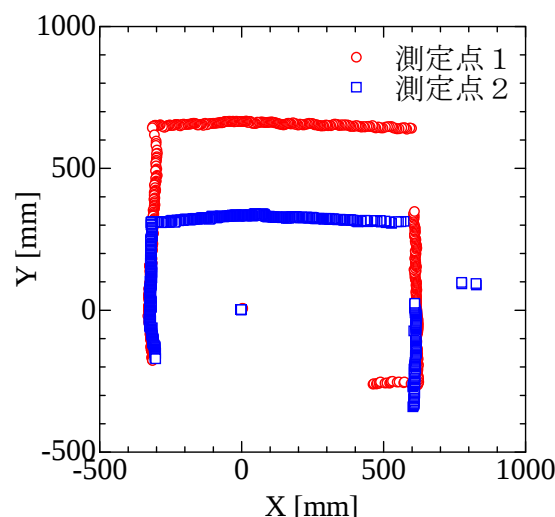


図1 LRFの前進による測定点のシフト

Fundamental Study on Simultaneous Localization And Mapping
for Autonomous Vehicle by Using the Laser Range Finder

Takashi KUROIWA

ICP(Iterative Closest Point) アルゴリズムにより、LRF、すなわち自律走行車の動きを以下の様にして求めることができる。まず、2つの異なる測定点群をそれぞれ p, q で表すと、少しの動きであれば、2つの点群の形状はかなり近いことが予想される。点群 p 中の各点 $p_i(i=1,2,\dots,n)$ について、点群 q 中で最も距離が近い点 $q_j(j=1,2,\dots,m)$ を検索し、それに対応点と呼ぶ。次に、回転行列 R と並進移動ベクトル t の評価関数を $E(R,t)$ とし、 p_i と q_j を用いて次式で表す。

$$E(R,t) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \|q_j - (Rp_i + t)\|^2 \quad \dots\dots(1)$$

ただし、

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$t = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(3)$$

である。

ここで(1)式を最小とする R,t が求まれば、自律走行車の動きを R,t で表すことができる。(1)式の解法はいくつか提案されているが、例えば対応点が正しい場合は、各点群の重心を求め、重心と p_i, q_j における偏差の積から作成した行列を特異値分解することで、 R,t を比較的容易に求められることが報告されている^[9]。

4. まとめ

LRFを用いたSLAMについて、不確かな要素である内界センサを使用せずに構築できるICPアルゴリズムについて検討した。今後は、実際に実験を行う事で、アルゴリズムの有効性や問題点の詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- [1] International Traffic Safety Data and Analysis Group: Road Safety Annual Report 2014, p.298, IRTAD(2014)
- [2] Whyte,H., Bailey,Tim: "Simultaneous Localization and Mapping: Part I", IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol.13, No.2, pp.99-108 (2006)
- [3] Whyte,H., Bailey,Tim: "Simultaneous Localization and Mapping: Part II", IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol.13, No.3, pp.108-117 (2006)
- [4] Grisetti,G., Kuemmerle,R., Stachniss,C., Burgard,W.: "A Tutorial on Graph-Based SLAM", IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, Vol.2, No.4, pp.31-40 (2010)
- [5] Huang,S., Dissanayake,G.: "Convergence and Consistency Analysis for Extended Kalman Filter Based SLAM", IEEE Trans. on Robotics, Vol. 23, No. 5, pp.1036-1049 (2007)
- [6] 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)
- [7] Silveira,G., Malis,E., Rives,P.: "An Efficient Direct Approach to Visual SLAM", IEEE Trans. on Robotics, Vol.24, No.5, pp.969-979 (2008)
- [8] Rusinkiewicz,S., Levoy,M.: "Efficient Variants of the ICP Algorithm", Proc. Third International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, pp.145-152 (2001)
- [9] Arun,K., Huang,T., Blostein,S.: "Least-Squares Fitting of Two 3-D Point Sets", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-9, No. 5, pp.698-700 (1987)