

3. 予防安全・自動運転のための環境認識

情報・知能工学系 教授 三浦 純

3-1 屋外自己位置推定のための3次元地図生成 [Sakai 2017]

自動運転や屋外移動ロボットなどの自己位置推定には通常 GPS などの衛星測位システムが利用される。しかし、高い建物の近くや樹木に覆われた場所など、衛星測位が難しい状況も起こり得る。そこで、環境の地図を生成しておき、その地図と現在の観測を照らし合わせて位置を推定する手法がロボティクス分野で長く研究されてきている。本節では3次元距離センサとSLAM（位置と地図の同時推定）技術を用いた広域3次元地図生成について述べる。

3次元地図は3つのステップで生成する。第1ステップでは移動しながら3次元点群データを取得し、データ取得地点間の相対移動量をNDT [Magnusson 2007] を利用して計算し、ポーズグラフ（観測点をノード、観測点間の位置関係エッジとするグラフ）を生成する。図3-1-1は2次元距離センサと回転台からなる3次元スキャンシステム、時間的に連続した2つの3次元スキャンと、それらをNDTを用いて統合した結果を示す。この手続きを繰り返せば広域の地図を生成することは可能であるが、ロボットの移動量は時間的に連続した2地点のみで推定しているために、長い距離を移動すると誤差が蓄積し、例えば大きなループ状の経路を回ってきた場合にループの始まりと終わりが大きくずれてしまう可能性がある。そこで、第2、第3ステップの処理によってループが閉じたことを検出し、それを利用して全部の観測位置を推定し直すこと（ループ解決）を行う。

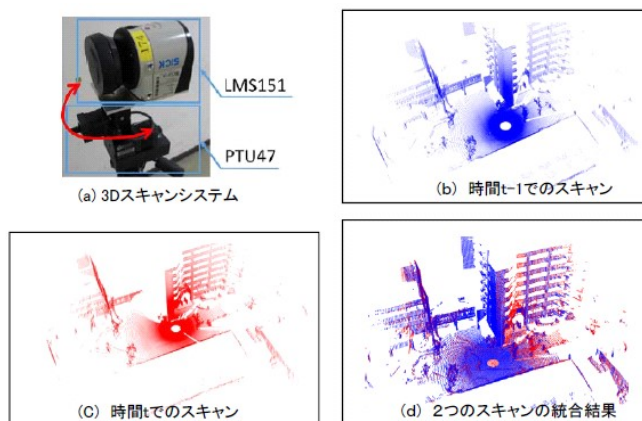


図3-1-1 3D スキャンとその時系列統合

第2ステップではまずGPSデータ（利用可能な場所のみ）および点群データの特徴からループ解決候補を検出する。これは時間的に離れてはいるが、場所的には近い観測点のペア候補を見つけるためのものである。これらのペア候補をループ解決に利用するためには、それらの相対的な位置関係が必要になるので、ペア間でNDTマッチングを行って対応していると判断されたペアをポーズグラフに追加する。第3ステップではポーズグラフ最適化により、各観測位置姿勢を修正し、それを基に3次元点群地図を生成する。ポーズグラフ最適化にはg2oアルゴリズム[Kummerle 2011]を用いる。

図3-1-2にループ解決の様子を示す。図中(b)はポーズグラフを示し、赤枠で囲った部分に新たなエッジが追加されている。図(c)(d)からループ解決により地図の歪みが修正されていることがわかる。

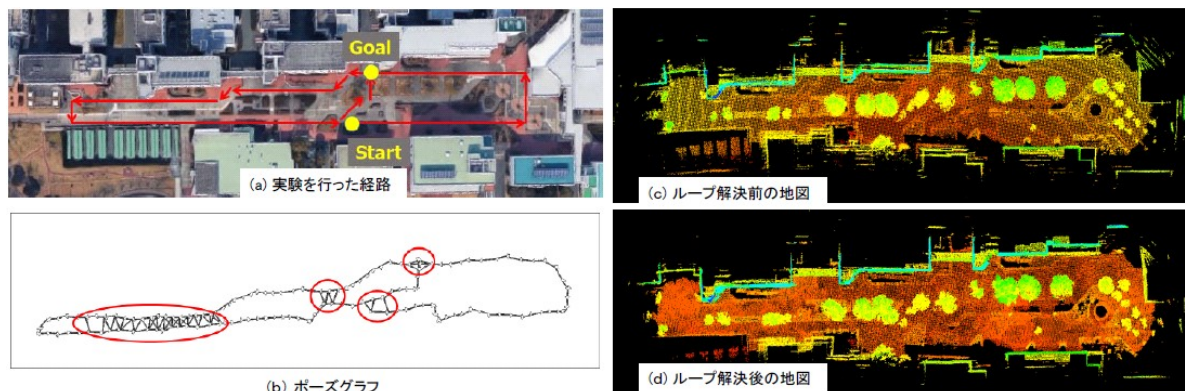


図3-1-2 ループ解決の結果

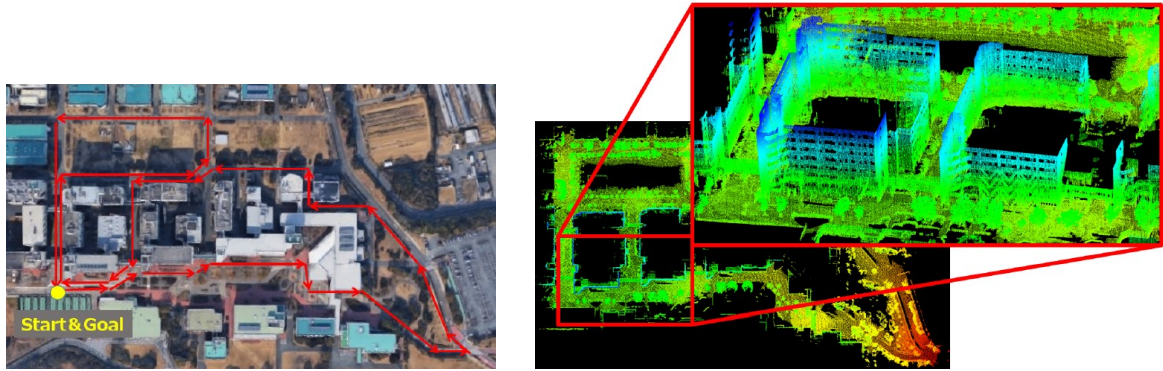


図 3-1-3 生成した広域 3 次元地図の例

図 3-1-3 に広域 3 次元地図の例を示す。左図に示す経路を移動し、約 400m×200m の範囲の地図を作成した。右の地図中の色は高さを示している。

- [Sakai 2017] T. Sakai, K. Koide, J. Miura, and S. Oishi, "Large-scale 3D Outdoor Mapping and On-line Localization using 3D-2D Matching," Proc. 2017 IEEE/SICE Int. Conf. on System Integration, 2017.
- [Magnusson 2007] M. Magnusson, A. Lilienthal, and T. Duckett, "Scan Registration for Autonomous Mining Vehicles using 3D NDT," J. of Field Robotics, 24(10), pp. 803-827, 2007.
- [Kummerle 2011] R. Kummerle, G. Grisetti, H. Strasdat, K. Konolige, and W. Burgard, "g2o: A General Framework for Graph Optimization," Proc. 2011 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 3607-3613, 2011.