

LiDAR-SLAM 標識の配置計画におけるロボットシミュレータの活用 Evaluation Methodology of Marker Placement for LiDAR-SLAM using Robot Simulator

杉原朋樹¹ 中川雅史¹ 北村啓太郎² 滝川正則² 小林泰三³
Tomoki Sugihara¹ Masafumi Nakagawa¹ Keitaro Kitamura² Masanori Takigawa² Taizo Kobayashi³

芝浦工業大学¹ アジア航測² 立命館大学³
Shibaura Institute of Technology¹ Asia Air Survey² Ritsumeikan University³

1. 背景と目的

国土交通省が進める、宇宙無人建設核心技術開発推進事業により、無人測量技術や遠隔施工技術の開発が必須である。月面環境は極端な温度変化や宇宙放射線などの影響により、地球上での作業のように TS を用いた従来型の測量は困難であり、無人での施工・測量が基本となる。また、一面をレゴリスに覆われた幾何形状特徴に乏しい微地形での計測では、従来型の LiDAR を用いる Simultaneous Localization and Mapping (LiDAR-SLAM) が不適合である。そのため、球体標識をランドマークとして利用する LiDAR-SLAM の適用が月面での地形計測が適していると考えられる。本研究では、ロボットシミュレータを利用して、月面を模した実験場を再現し、LiDAR-SLAM で用いる球形標識の配置評価手法を提案する。

2. 手法

本研究での提案手法を図 1 に示す。はじめに、ジンバル回転を反映した時系列 LiDAR 点群を結合処理し LiDAR の周囲 360° の点群を再現する。点群から球形標識を抽出した後、モデルフィッティングに基づいて、標識中心位置を推定する。推定における残差が要求精度を満たさない場合、別の球形点群を再抽出し、LiDAR から見た標識間の夾角が 30° ~ 150° の範囲内となるように標識を配置する。その後、複数パターンの標識配置を作成し、後方交会法によって自己位置推定を評価する。

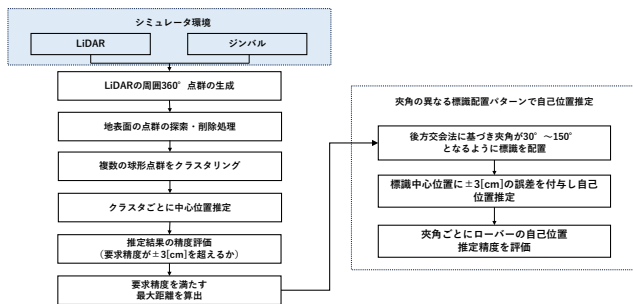


図 1. 提案手法

3. 実験

月面を模した実験場（立命館大学・びわこくさつキャンパス）（図 2）において、直径 0.20[m] の赤色球体標識をフィールドの外側に 14 箇所、ランダムに配置し、フィールド内を 5 レーンに分け、1 レーンにつき 7 か所でローバーを停止させて点群取得した。点群は LiDAR (VLP-16, Velodyne) のジンバル回転によって取得した。さらに、この実験場をロボットシミュレータ (Webots) 内で再現し、実験場と同様の実験を行った。

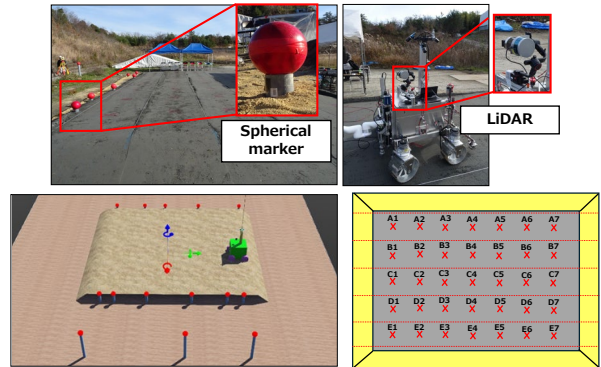


図 2. 実験場及びロボットシミュレーター環境

4. 結果

シミュレーション実験での距離ごとの標識中心位置の推定精度を表 1、夾角ごとの自己位置推定精度の結果を表 2 に示す。表 2 の自己位置推定誤差は、夾角ごとに標識中心の位置推定の理論値を基準とした相対精度を示している。

表 1. 距離ごとの標識中心位置推定精度

LiDAR-標識間距離[m]	点群数	標識中心位置推定			推定精度
		X[m]	Y[m]	Z[m]	
6.84	142	-0.0084	-0.0193	-0.0140	0.0253
7.15	130	0.0068	0.0119	0.0156	0.0208
7.19	150	0.0012	-0.0244	-0.0118	0.0271
7.71	107	0.0300	0.0079	0.0208	0.0374
7.76	122	0.0222	0.0074	0.0155	0.0281
7.84	119	0.0016	-0.0226	-0.0166	0.0281
7.90	96	0.0007	0.0248	0.0094	0.0265
7.94	108	0.0067	0.0238	0.0137	0.0283
7.99	111	0.0130	0.0156	0.0125	0.0239
8.17	121	0.0022	0.0272	0.0049	0.0277
8.27	83	0.0186	0.0085	0.0187	0.0277
9.02	80	0.0266	0.0271	0.0222	0.0438

表 2. 夾角ごとの自己位置推定精度

処理ID	夾角[°]	標識1	標識2	付与誤差[m]	自己位置推定誤差[m]
		測距値[m]	測距値[m]		
1	17.54	7.499	7.545	0.030	0.0560
2	33.19	7.499	7.527	0.030	0.0350
3	57.54	7.499	7.492	0.030	0.0277
4	99.27	7.499	7.537	0.030	0.0256
5	133.13	7.499	7.460	0.030	0.0284
6	148.59	7.499	7.403	0.030	0.0324
7	165.05	7.499	7.428	0.030	0.0477

5. まとめ

実験結果より、VLP16 を使用した場合、LiDAR-球体標識間の距離が 7.5[m] かつ球形点群が 100 点以上であれば要求精度である ± 0.03 [m] 以内を満たすことを確認した。また、後方交会法における夾角を 30° ~ 150° の範囲内とすることでローバーの自己位置推定精度を ± 0.03 [m] 以内に収めることが可能なことも確認した。