

経路計画アルゴリズムの生成時間に関する検証

2017sc069 杉下青

指導教員：陳幹

1 はじめに

経路計画は近年のロボット工学において注目される研究テーマとなっており、ロードマップ法 (PRM)、ダイクストラ法、Rapidly-Exploring Random Trees(RRT) などの経路計画アルゴリズムがある [1]. その中でも RRT アルゴリズムはグローバル経路計画に分類され、事前に環境が分かっている場合に迅速に経路生成を行うことができる [2]. 本研究では RRT アルゴリズムを用いた際の経路生成にかかる時間を短縮するための検証を行う。

2 RRT アルゴリズム

2.1 経路の拡大方法

RRT アルゴリズム [3] は

- (1) 決めた確率でランダムにノードを延ばす場合
 - (2) 残りの確率で目標地点に向けてノードを延ばす場合
- の 2 つの方法で経路を生成していく。

(1) の場合はランダムにノードを生成していくが、障害物に衝突する場所にはノードが生成されずランダムな別の場所にノードを生成するため、(1) は障害物回避を行うために必要なアルゴリズムである。

(2) の場合はただ単純に目標地点に向けてノードを延ばす。またこの場合も障害物と衝突するノードが生成される場合はそのノードの生成を取りやめる。

このように RRT アルゴリズムでは大きく分けてこの 2 つのパターンでノードが生成されるため、この 2 つのパターンのバランスが重要になる。

2.2 ランダムにノードを生成する方法

RRT アルゴリズムでは上記の 2.1 節の (1) のようにランダムにノードを生成する場合、実際にグラフにプロットされ経路として使われるノードを直接ランダムに生成するわけではなく、グラフにはプロットされずに視覚的には見えないサンプルノードと言われるノードをランダムに生成して、サンプルノードとサンプルノードに最も近い既存のノードとの間に決められた一定の距離で新たにノードを生成する。またサンプルノードが生成される範囲は決まっており、サンプルノードの生成範囲を変更することで経路生成にかかる時間が変化する。

2.3 ランダムにノードを生成する流れ

RRT アルゴリズムでランダムにノードを生成する流れを図 1-4 に示す。またそれぞれのノードは、青色のノード：既存のノード、水色のノード：サンプルノード、黄緑色のノード：新しく生成されたノードとする。

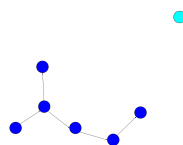


図1 探索範囲内にランダムにサンプルノードが生成される

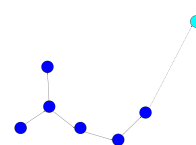


図2 生成されたサンプルノードに最も近いノードを見つける

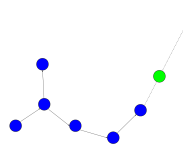


図3 最も近いノードとサンプルノードの間に新しいノードを生成する

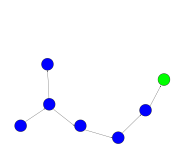


図4 新しく生成したノードに経路を延ばす

3 開始地点と目標地点の両方からの経路生成

標準的な RRT アルゴリズムは開始地点から目標地点に向けて一方的に経路を拡大するため、開始地点からだけではなく目標地点からも同時に経路生成をする RRT-connect[3] という手法を取り入れる。RRT-connect は基本的には RRT と同じアルゴリズムであり

- (I) 決めた確率でランダムにノードを延ばす場合
- (II) それ以外の確率でお互いの最も近くのノードに向けてノードを延ばす場合

の 2 つの方法で経路を延ばす。また開始地点から生成したノードが目標地点から生成した経路と繋がるまでノードを生成する。図 5-8 に一連の流れを示す。

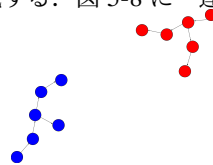


図5 既存のノード

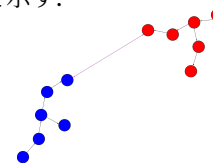


図6 両側から最も近いノードを見つける

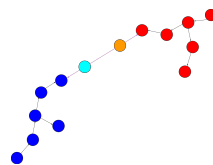


図7 見つけたノードに向けて新しいノードを生成

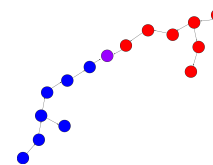


図8 ノードが重なったら終了

4 RRT と RRT-connect の生成時間の比較

RRT と RRT-connect でそれぞれ 20 回ずつ経路生成をして、生成にかかった最長時間、最短時間、平均時間を比較する。それぞれの生成時間をまとめたものを表 1 に、比較するために生成した経路を図 9-10 に、障害物の状況を変えて生成した経路を図 11-12 に示す。

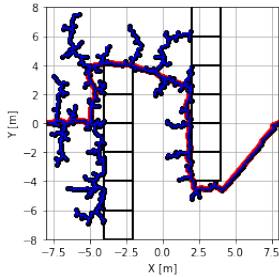


図 9 比較に用いた RRT の経路

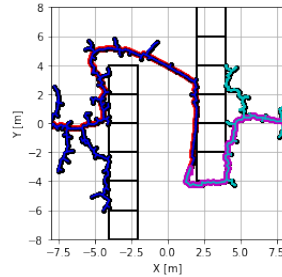


図 10 比較に用いた RRT-connect の経路

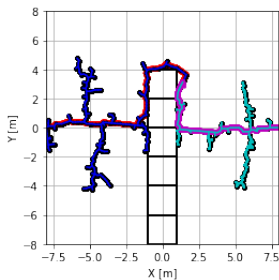


図 11 障害物が 1 つの場合の RRT-connect

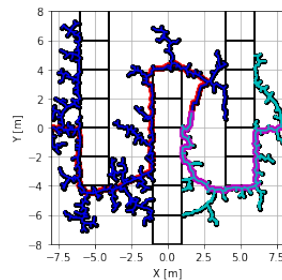


図 12 障害物が 3 つの場合の RRT-connect

表 1 RRT と RRT-connect の経路生成にかかる時間

	最長時間	最短時間	平均時間
RRT	7:03	3:59	5:34
RRT-connect	4:39	1:38	2:59

結果としては RRT より RRT-connect の方が最短時間、最長時間、平均時間それぞれで時間が短縮され想定通りの結果になった。

5 ランダム性と生成時間

2.1 節で示したように RRT アルゴリズムは目標地点に向かってノードを延ばす場合とランダムにノードを延ばす場合をランダムに決めて経路を拡大していく。そのため、このランダム性がどのように経路生成に影響するかを調べる。ランダムにノードを延ばす確率を 90%、75%、50%、25%、10% の 5 パターンに分けてそれぞれの確率で計 10 回経路生成を行い、その生成時間の平均を比べる。また図 10-12 のように障害物を 3 パターンに分けて同じ作業を行った。各確率の平均を図 13 に示す。

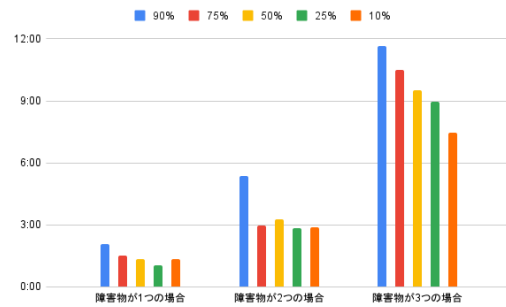


図 13 各確率の平均時間

結果としてはランダムにノードが生成される確率が高いほど経路生成に時間がかかるという結果になった。

6 探索範囲と生成時間

2.2 節で示したように RRT はサンプルノードを決められた探索範囲内にランダムに生成するため、サンプルノードが生成される範囲が経路生成の時間にどのように影響するかを調べる。障害物は図 12 のように 3 つある状況として、X 軸と Y 軸は -8 から 8 の幅 16 で経路生成をするため、サンプルノードが生成される最大の範囲は X 軸と Y 軸ともに -8 から 8 の幅 16 の範囲内になる。サンプルノードが生成される範囲を 13、14、15、16 のそれぞれで計 10 回経路生成をしてその時にかかった平均時間を比べる。各範囲の 10 回の平均時間を表 2 に示す。

表 2 各範囲の生成にかかる平均時間

	13	14	15	16
平均時間	11:16	6:54	6:20	7:10

結果としてはサンプルノードが生成される範囲が 15 の時が一番短い結果となった。

7 おわりに

本研究では RRT に RRT-connect を取り入れ、ノードのランダム性や探索範囲が生成時間にどのように影響するかを検証した。今後は最適性のある経路生成をするためのアルゴリズムを取り入れることが課題として挙げられる。

参考文献

- [1] H. Zhang, Y. Wang, J. Zheng and J. Yu, "Path Planning of Industrial Robot Based on Improved RRT Algorithm in Complex Environments," in IEEE Access, vol. 6, pp. 53296-53306, 2018
- [2] T. Xu, S. Zhang, Z. Jiang, Z. Liu and H. Cheng, "Collision Avoidance of High-Speed Obstacles for Mobile Robots via Maximum-Speed Aware Velocity Obstacle Method," in IEEE Access, vol. 8, pp. 138493-138507, 2020
- [3] R. Mashayekhi, M. Y. I. Idris, M. H. Anisi, I. Ahmady and I. Ali, "Informed RRT*-Connect: An Asymptotically Optimal Single-Query Path Planning Method," in IEEE Access, vol. 8, pp. 19842-19852, 2020