

# 移動方向を限定したロボットの経路生成のためのグラフ作成方法

藤本敬介<sup>†</sup>守屋俊夫<sup>‡</sup>中山泰一<sup>†</sup>電気通信大学 情報工学科<sup>†</sup>(株)日立製作所<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

自律移動型のロボットの経路計画に関する研究が数多くある。ロボットを円形に近似する事で、壁から半径以上離れた空間を自由空間とし、ロボットを点と見なすことで、ポテンシャル場やロードマップを作成して経路を決定する手法がある [1]。しかし、ロボットが線のような形状の場合、長さを用いて円に近似すると、本来通れる通路を発見できないことがある。そこで角度方向に自由空間を拡張する事も考えられるが、ロボットは通常任意方向への並進を許さないため、自由空間内でロードマップを作成することが難しい。

また、車輪移動ロボットなどの移動方向が限定されるロボットの経路に関する研究も数多く提案されている。これに関してもポテンシャル場、ロードマップを用いる方法がある。特にロードマップに関する研究では障害物との境界を求める必要性が無い事や空間の大きさの問題から確率的にマップを作成する手法が多い [2]。しかしながら、確率的にロードマップを作成する場合、目標コンフィギュレーションまでの効率の良い経路が見つからない事や毎回結果が異なる問題がある。

本研究ではロボットの移動方向にあわせたノードを生成することにより、任意形状のロボットの経路生成のためのグラフ作成法を提案し、安定して最適に近い経路を求める事ができる事を確認した。

## 2 提案手法の概要

本研究では、最初に地図および初期・目標コンフィギュレーションが与えられた場合、その場

での回転と前進をすることのできるロボットについて、障害物と衝突しない経路の探索を行う。

既存のグラフを用いた経路計画法として、ロードマップ法およびセル分割による方法が有名である。ロードマップを用いた方法として、可視グラフ法、ポロノイ図法、Probabilistic Road Map (PRM) を用いる方法がある。また、セル分割を用いる方法として台形分割法および Quad Tree を用いる方法など、様々な手法が提案されている。しかし、前述の問題点のためにロボットを点とみなしてグラフを作成すると、経路を追従できない。

そこで、グラフを作成する際、ロボットの移動方向を考慮する必要がある。通常ロボットは前進・後退をする事は容易である。そのため、各角度の自由空間上で進行方向にノードを並べ、異なる角度同士で同じ座標となるノードの接続を行えばよい。しかし、異なる角度のノードは同じ座標とならないため、距離が十分近いノードを接続する。さらに、異なる角度間でノードが一对一対応しない場合のトポロジが問題となる。そこで本研究ではノードが一对一に対応するように角度毎にノード間の距離の調節を行う事でグラフの作成を行った。

## 3 グラフ作成

本研究で前提とするロボットは、長方形などの円形近似することの出来ない形状で、回転および前進のみ可能とする。

以下の手法によってグラフを作成する。

### 1. ノードの配置

角度毎に移動方向を考慮し、 $node(i, j, k)$  を

$|\tan(\theta)| \leq 1$  の場合

$$\left( x, y + x \tan(\theta), \theta \right)^T \quad (1)$$

$|\tan(\theta)| > 1$  の場合

$$\left( x + y / \tan(\theta), y, \theta \right)^T \quad (2)$$

Generating Roadmap for Mobile Robot under Constraint of Moving Direction

Keisuke Fujimoto<sup>†</sup>  
Yasuichi Nakayama<sup>†</sup>

Toshio Moriya<sup>‡</sup>

The University of Electro-Communications<sup>†</sup>  
Hitachi Ltd.<sup>‡</sup>

とする．但し

$$\begin{aligned}x &= i \cdot CellSize \\y &= j \cdot CellSize \\ \theta &= k \cdot AngleStep\end{aligned}\quad (3)$$

としてノードを配置する(図1)． $CellStep$ および $AngleStep$ はノード間の距離となり任意の定数とする．また，ノードが障害物上などのロボットが存在できない位置にある場合は配置しない．これにより移動方向を考慮してノードを配置するために，ロボットはノード間を移動することができる．

## 2. ノードの対応付け

基準となる角度(ここでは0を用いる)の各ノードから $CellStep$ の範囲内にある，異なる角度のノードを同じグループとして登録する．同じグループのノード同士でロボットは移動可能とする．

## 3. グラフ作成

同じ角度内では進行方向にノードを結び，同じグループ内では隣り合う角度のノード同士を結び，グラフを作成する．

## 4. 経路探索

初期姿勢と目標姿勢となるノードを入力し，A\*探索を用いて経路の探索を行う．

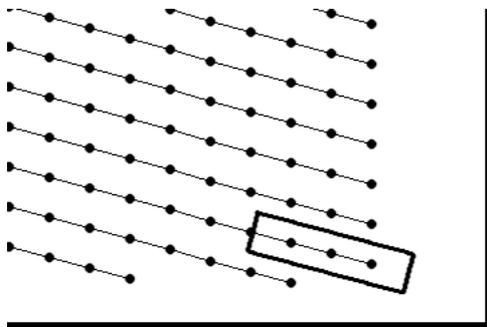


図 1: ノード配置

## 4 経路の修正

同じグループのノードは，グラフで結び移動可能としているが，座標が異なるという問題がある．そのため作成される経路は図2のようになり，そのまま追従することができない．これはノードの位置を式(2)によって作成し， $CellStep$ の範囲のノード間で移動可能であるとしたためである．

そこで，回転するノードの座標を回転前と回転後の中心となるように座標を移し，図3のように経路の修正を行う．

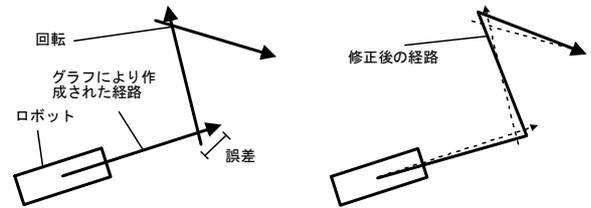


図 2: 経路誤差

図 3: 経路の修正例

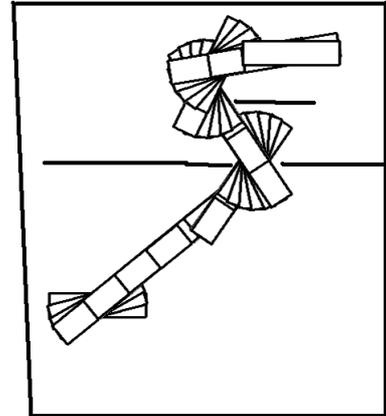


図 4: 経路の作成例

## 5 実験

本手法を用いて作成したグラフを用いて経路探索を行った．結果として図4の経路を作成し，障害物にぶつからずに目標地点まで移動することができる経路となっていることが分かる．

## 6 おわりに

移動方向を限定したロボットの経路計画のためのグラフ作成を行った．従来の点ロボットによる経路計画法では不可能であった円形近似できず自由な方向に進むことの出来ないロボットの経路を探索した．またランダムにノードを生成しないため，安定した経路を作成することができる事を確認した．

本手法で，より精度良く探索するためにはノード数を上げる必要があるが，探索時間が大幅に増えてしまう問題がある．今後，ロボットがあらゆる方向に回転可能な範囲においては従来のロードマップなどによるグラフ作成法を適用し，それ以外の領域で本手法を適用することで，高速化を目指す．

## 参考文献

- [1] 太田 順, 倉林大輔, 新井民夫: 知能ロボット入門 動作計画問題の解法, コロナ社, 2001.
- [2] Song, G. and Amato, N. M.: Randomized Motion Planning for Car-like Robots with C-PRM, in Proceedings of the 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 37-42, November 2001, Hawaii, U.S.A.