

# 確率的ロードマップ法を用いた氷海における衝突回避航路計画

高木 敏幸<sup>1</sup>、石山 俊彦<sup>1</sup>、舘山 一孝<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 釧路工業高等専門学校

<sup>2</sup> 北見工業大学工学部

## Obstacle Avoidance and Path Planning on the Ice Sea using the Probabilistic Roadmap Method

Toshiyuki TAKAGI<sup>1</sup>, Toshihiko ISHIYAMA<sup>2</sup> and Kazutaka TATEYAMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Kushiro National College of Technology*

<sup>2</sup> *Kitami Institute of Technology*

It is important to avoid the collision with the sea ice, and to select the route to save the fuel and time. However, it is not easy to select the best sea route from these data promptly and safely because the shape and the distribution of the sea ice are very complex. In this paper, the selection of the sea route on the ice sea is formulated as the find-path problem. The probabilistic roadmap (PRM) method, which is a popular path planning scheme that can find a collision-free path by connecting the start and goal through a roadmap constructed by drawing random node in the free configuration space. The PRM consists of two phases: a construction and a query phase. The construction phase have two processing before constructing the roadmap graph; constructing free space and checking collision with the obstacles for all local paths. These processing needs a lot of calculation time. This paper presents new method that construct a roadmap graph without these processing. The path between the start and the goal is decided by using the Dijkstra's Algorithm as a query. Experimental results show the effectiveness of the proposed method.

### 1. はじめに

氷海上の船舶の運航において、海氷との衝突を避け、目的地への移動に要する燃料や時間を節約することは重要な問題である。氷海域を安全に航行するためには開放水面や氷海水路、または氷厚の薄い領域を選択し航行しなければならない。このような航路を選択するために船上からの目視の他、衛星画像または船舶レーダ画像が氷況を表す海氷分布図として用いられている。しかしながら、海氷の形状および分布は複雑で、これらのデータから迅速かつ安全に目的地までの最適な航路を選択することは容易ではない。

本稿では、氷海における航路の選択を衝突回避経路計画として考え、開放水面において安全に航行できる船舶と海氷との距離を半径とした円を標本点として一様に分布させる。そして、これら円の中心をノードとし、隣接するノードを接続したロードマップグラフを構築し、ダイクストラ法を用いて出発地から目的地までの氷海航路を選択する手法を提案する。

### 2. 確率的ロードマップ法を用いた経路計画

船舶が安全に氷海を航海するためには、船舶が海氷と接近しすぎないように船舶が海氷との距離を考慮する必要がある。一般的な確率的ロードマップ法を海氷の障害物回避問題に適用した場合、標本点は開放水面上に点によってランダムに生成する。そのため、ノード間の掃引軌跡が海氷と接触する場合があります、すべての部分経路に対して海氷との干渉を調べる必要がある。また、移動物体と障害物が干渉しない配置空間を事前に構成する必要がある。さらに、探索領域が大きい場合は、多くの標本点を含むロードマップグラフが生成されるため、探索に時間を要する。本稿では、船舶が安全に航行できるよう海氷と船舶の距離を考慮した円を標本点としてランダムに生成して、これらの円の中心をノードとしたロードマップグラフとしている。(Figure1.) これにより、上記の段階を経ずに、直接的に開放水面上にロードマップグラフを生成することが出来る。

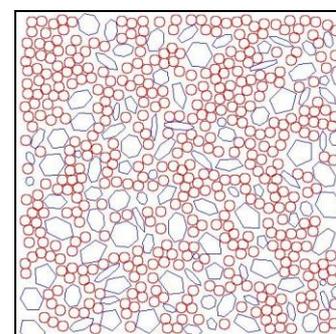


Figure 1. Milestones on the ice sea

### 3. シミュレーション

#### 3.1 シミュレーション 1

本稿では船舶上、船舶レーダ、衛星データによって海氷の位置および形状は予め与えられているとする。シミュレーション 1 では、海氷は多角形の静止障害物とし、初めに楕円の位置と長径、短径、頂点の数、傾きをランダムに発生し、これらの楕円形同士の接触判定アルゴリズムを用いて海氷同士が重ならないように生成してい

る。Figure2.は、海氷と開放水面上の経路は本手法によって得られたロードマップグラフを示す。海氷の周囲のロードマップグラフは海氷と一定の間隔で生成され、海氷間が狭い領域には経路は生成されず、ノード間を接続する経路は氷海と接触していない。Figure3.の  $s1 \sim s12$  は出発点を示し、ダイクストラ法で求められた目的地  $goal$  までのそれぞれの航路を示す。

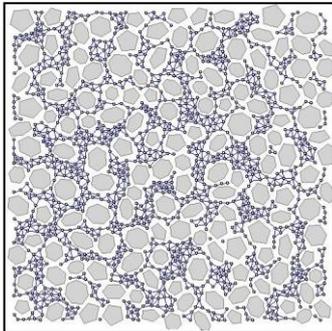


Figure 2. Roadmap graph

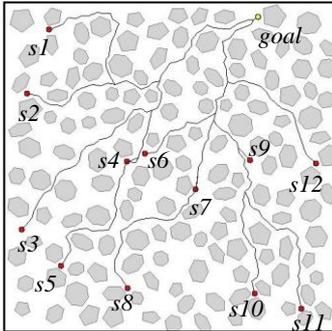
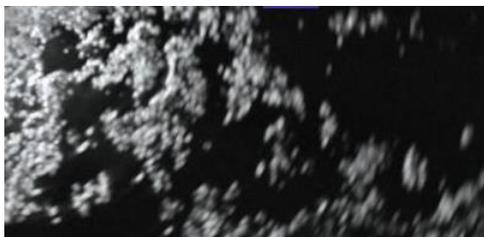


Figure 3. Simulation Results

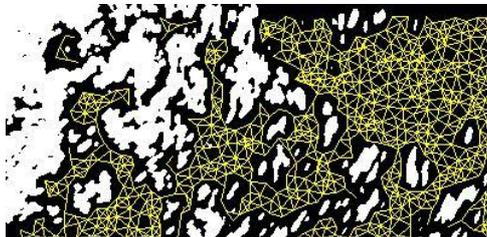
### 3.2 シミュレーション 2

本手法を実際に氷海上で得られた船舶レーダ画像に適用した例を示す。Figure4.(a)の白い部分は海氷を示し、黒い部分は開放水面を示している。Figure4.(b)は、レーダ画像をしきい値によって、海氷と開放水面に分離し、本手法によって構築されたロードマップグラフを示す。シミュレーション 1 と同様に、

ロードマップグラフは海氷と一定の間隔で生成され、ノード間の経路は氷海と接触していない。Figure.5(a)~(b)には、開放水面上の目的地を設定し、本手法によって得られた航路を示す。

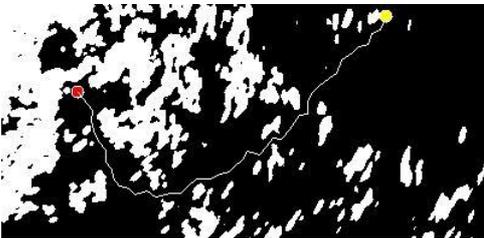


a) Radar Image

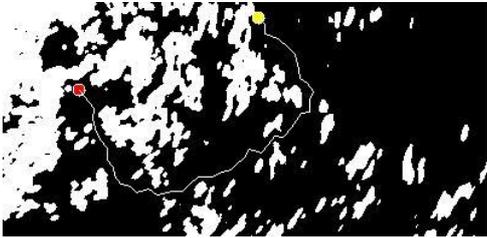


b) Roadmap Graph

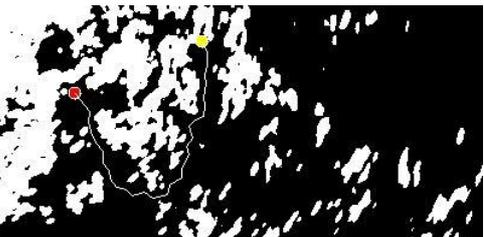
Figure 4. Radar Image and Roadmap graph



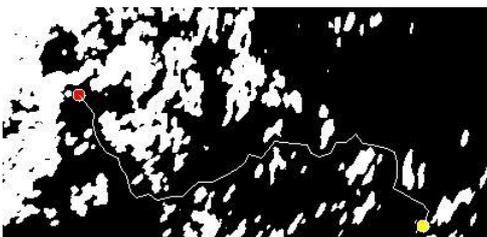
a) Sea Route 1



b) Sea Route 2



c) Sea Route 3



d) Sea Route 4

Figure5. Simulation Results using Radar Images

### 4. おわりに

本稿では、氷海における航路の選択を衝突回避経路計画として考え、開放水面において安全に航行できる船舶と海氷との距離を半径とした円を標本点として用い一様に分布させることにより、自由空間の生成、部分経路の干渉計算を行わずにロードマップを生成する手法を示した。さらに、ダイクストラ法を適用することに出発地から目的地までの氷海航路を選択する手法を提案し、その有用性を示した。

### References

Kao-Shing Hwang and Ming-Dar Tsai. Journal of Information Science Engineering 15, 131-152 ,1999.  
 L. E. Kavradi, P. Svestka, J. C. Latombe and M. H. Overmars, Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*12(4), 566-580 ,1996.