

船舶レーダ画像を用いた砕氷船の能力に応じた航路選択

高木敏幸¹、館山和孝²¹ 釧路工業高等専門学校² 北見工業大学

Ice navigation according to the ability of the icebreaker using vessel radar images

Toshiyuki Takagi¹, and Kazutaka Tateyama²¹Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, Kushiro College²Department of Civil and Engineering, Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology

The sea ice has caused significant damage to vessels in the Arctic. There have been over 200 reported damage events over the past 25 years. It is important to avoid the collision with the sea ice, and to select the route to save the fuel and time safety. However, it is not easy to select the best sea route 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 path between the start and the goal is decided by using the Dijkstra's algorithm as a query. Our system is introducing not only the distance between the start and the goal but also the ice consternation as a cost function. Experimental results show the effectiveness of the proposed method.

1. はじめに

北極海航路は輸送費用削減や資源調達先の拡大など大きな経済効果を東アジア地域にもたらすことが期待されている。しかし、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しなければならない。さらに、海氷の衝突により船が損傷し、油流出が起きれば大規模な環境破壊の恐れもあり、北極海航行する船舶の航路の決定は重要な問題である。筆者らはこのような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、確率的ロードマップ法を用い、現在地から目的地までのダイクストラ法によって氷海航路を選択する手法を提案した。しかし、砕氷船のクラスによっては、必ずしもすべての海氷を障害物として避ける必要が無く、船の砕氷能力に応じて航路を決定される。そこで、本稿では、海氷を障害物として開放水面と分離せず、目的地までの距離に海氷密接度に対する船速を評価関数に加え最適航路を探索する手法を提案する。

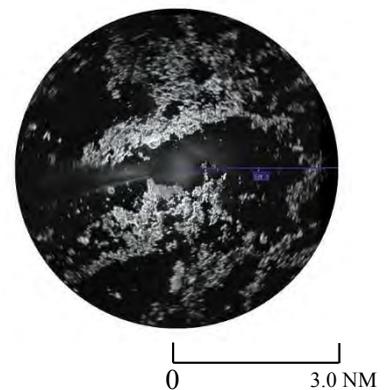


Figure1. A radar image

2. 本システム

Fig.1は2012年8月カナダ沿岸警備隊の砕氷船レイ・S・サンローランによって北緯79° 57,236、西経142° 31,540で採取された船舶レーダ画像である。Fig.2はFig.1のレーダ画像に対して、10pixelの円内の輝度値の平均値、すなわち、半径117.4m内の海氷密接度を等高線図で示したものである。海氷密接度の大きさは、濃淡によって示しめされている。Fig.3の海氷密接度と船速の関係を示している。図にも示されているように、平水中の到達速度が15ノットと推測され、海氷の密接度が30%から船速が減少していることが示されている。そこで、海氷中のノード間*i*と*j*間距離を*d(i,j)*としたとき、位置*j*における海氷密接度に対する船速を*f(j)*とすると、ノード間の評価関数は次式によって示される。

$$s(i,j) = d(i,j)/f(j)$$

*f(j)*を砕氷船の砕氷特性に対応させることによって、海氷密接度に対する砕氷船の砕氷能力に応じた航路を探索することが可能になる。

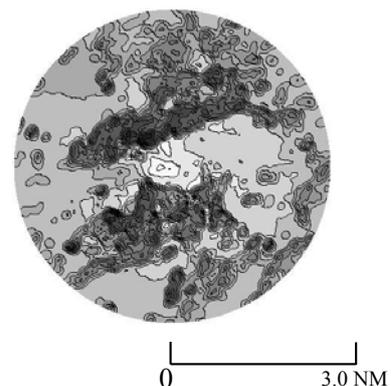


Figure2. A contour map of sea ice concentration

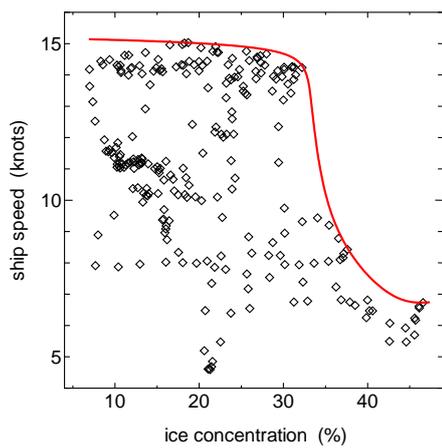


Figure3. Relation between ship speed and sea ice concentration

3. シミュレーション結果

Fig. 4のグラフはFig. 3の海氷密接度と船速の関係を平水中の船速で可能な海氷密接度と航行不能な海氷密接度を接続した3つの区分に分解した区分線形関数に近似することによって砕氷船の砕氷特性を表している。Fig. 4の(a)~(d)において、輝度値の平均値20すなわち海氷密接度が7.8%まで平水中の船速が維持でき、海氷密度の砕氷限界を23%~47%を変化させたシミュレーション結果を示す。砕氷可能な海氷密接度を23%としたFig. 4(a)では、海氷密接度の高い領域を迂回し、海氷密接度の低い領域上に航路が示されている。現在地を示すレーダの中心から目的地までの航路距離は5613mである。一方、航行可能な海氷密接度を31%に設定したFig. 4(b)では、Fig. 4(a)と異なる航路が選択され、航路距離は3810mと短縮されている。このように航海可能な海氷密接度が増加するにつれて、航路は直線に近づき航路距離が短縮されている。

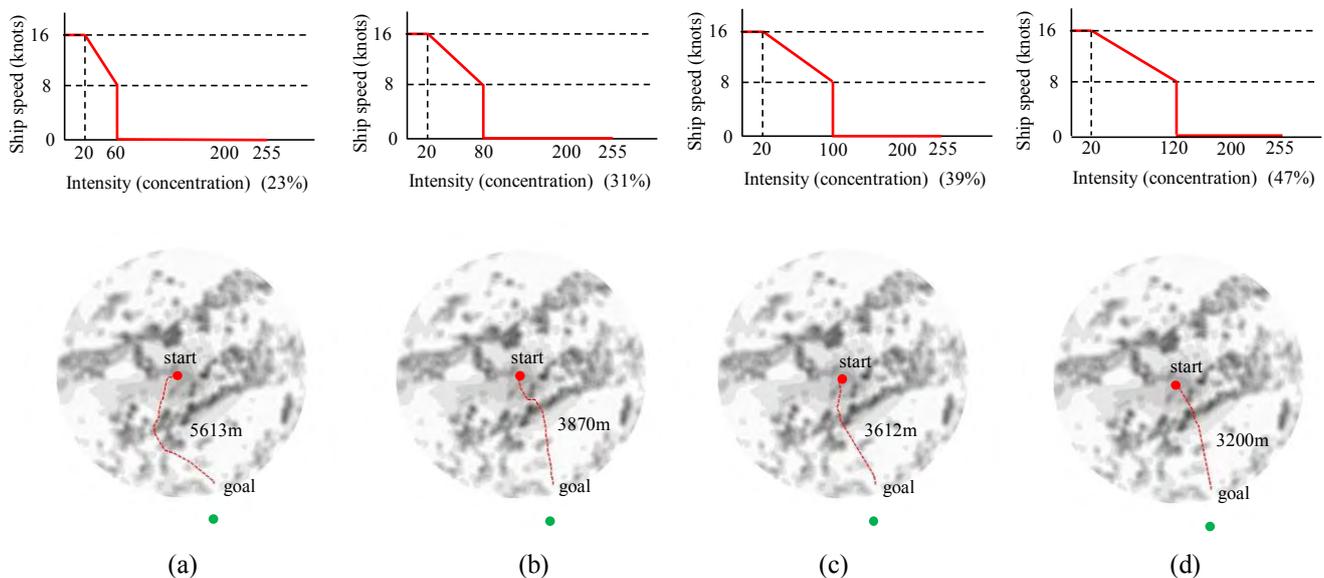


Figure4. Simulation Results

5. おわりに

本稿では、海氷を障害物として開放水面と分離せず、目的地までの距離に海氷密接度と船速の関係を評価関数を加え、砕氷船の海氷密接度に対する砕氷能力に応じた航路を探索する手法を提案した。

References

- [1] Takagi, T., Tateyama, K. and Ishiyama, T., Obstacle Avoidance and Path Planning in Ice Sea using Probabilistic Roadmap Method, 22nd IAHR International Symposium on Ice, 2014
- [2] 高木敏幸, 館山一孝, 砕氷船の能力に応じた確率的ロードマップ法を用いた氷海における航路選択, 第30回寒地技術シンポジウム, 2014
- [3] Dijkstra, E. W., A note on two problems in connexion with graphs. Numerische Mathematik 1: 269–271, 1959.
- [4] Ono, J., Numerical study on a short-term sea-ice prediction for the Northern Sea Route and Northwest Passage, the 22nd IAHR international Symposium on Ice, Singapore, 2014
- [5] Takagi, T., Tateyama, K. and T. Ishiyama, Obstacle Avoidance and Path Planning in Ice Sea using Probabilistic Roadmap Method, the 22nd IAHR international Symposium on Ice, Singapore, 2014
- [6] Minjoo Choi, Yamaguchi, H. and Nakagawa, K. Arctic sea route path planning based on an uncertain ice prediction model, Cold Regions Science and Technology 61-69, 2005