## 北極海航路における 運航支援システムについて

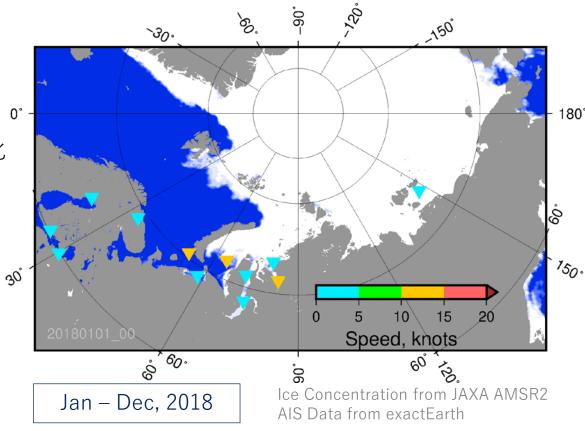
国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

#### 最近のNSRの状況

- 北極海の通航機会の増大
- アイスクラス船建造の活発化
- 邦船社の参入(ヤマルLNG)
- Polar Code等の規制の強化

#### 邦社参入の障壁

- ✔ 日数や燃費の実績がない
- ✔ 氷中運航の知見がない



### 氷海航行の困難性

- ●わが国では氷海用商船の建造や運航の実績が限定的。
- ●氷海域での安全性・性能に関する知見が少ない。





worldmaritimenews.com 17 Mar 2014

Delivery of the ship is slated for June 2016.

Maersk Line orders seven iceclass container vessels

in Share 

Tweet in Share 

O Pinit G+1 

O 

□

Today, Maersk Line signed a new building order with COSCO Shipyard Co., Ltd in 71 a 10m draft, COSCO: 27 Mar 2015 keep the price confid

3,600 TEU (twenty-f www.maerskline.com

高いアイスクラスは 船価や省エネに反比例する

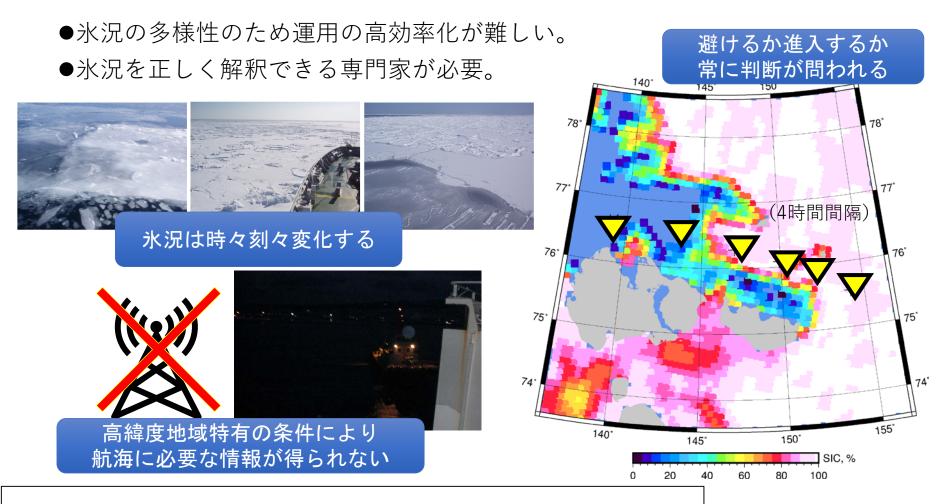


抵抗増で遅延・推進力不足で立ち往生 → 砕氷船の支援が必要になる

アイスクラス船も 大型化・多様化が進んでいる

船の氷中性能を踏まえたルート選択が必要

## 氷海航行の困難性

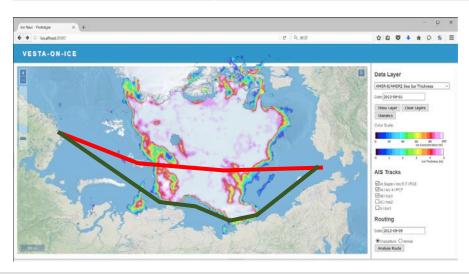


氷況の変化を精度よく観測・予測する必要がある。

3

# 北極海に特化した運航支援

カテゴリー	運航性能の要素	主要な影響因子
安全性	構造安全性 推進力·操縦性 推進器·機関安全性	海氷密接度・氷厚・氷種 氷丘脈(Ice Ridge) 小氷山(Bergy Bit)
経済性	航行日数 定時性 燃料消費量	風向風速・波浪(開水面) 海氷密接度・氷厚・氷種 リード・他船航路



### 運航性能は氷況に強く依存

- 正確な氷況の予測
- 合理的な運航性能の推定

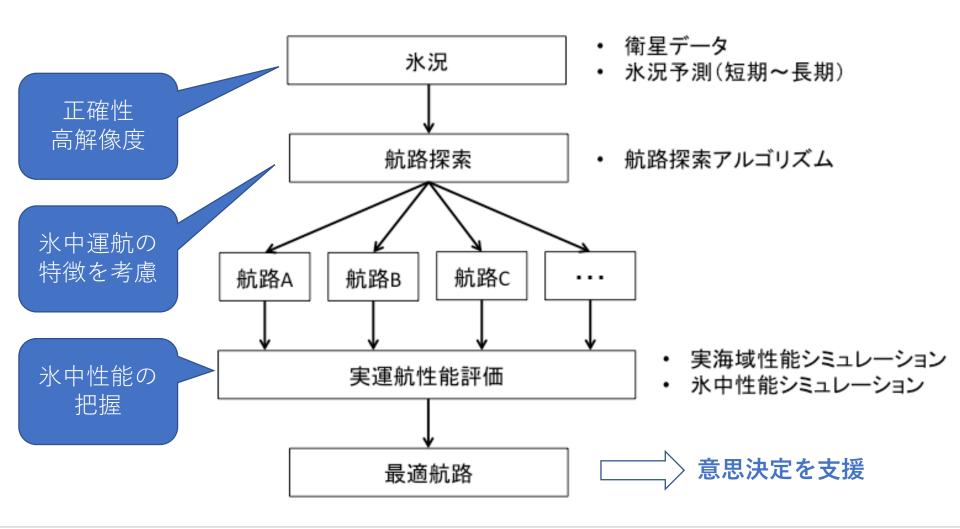


最適航路探索

アイスルーティング



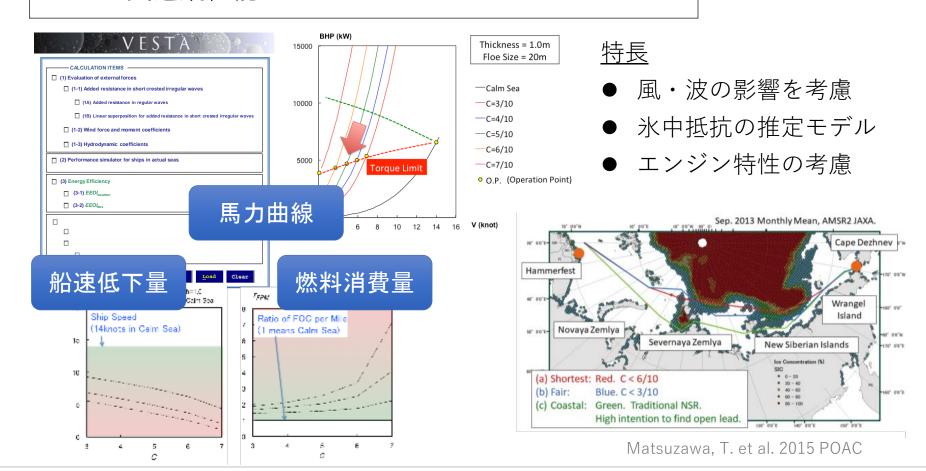
## 最適航路を提案するための仕組み



## 氷中性能シミュレーション

#### 海上技術安全研究所の技術

### 実運航性能シミュレータ "VESTA-Ice"



### 氷中抵抗モデルの改良

#### 氷海水槽 (海上技術安全研究所) における模型試験を活用

### **KPR Model**

$$R_{ICE} = R_1 + R_2 + R_3$$
 (衝撃 + 発散 + 静的)

 $R_1 = \overline{k}_3 \rho_i r h V^2 \tan^2 \alpha_0$   $R_2 = \overline{k}_2 \rho_i g r h B \frac{V}{\sqrt{gL}} (f_T + C_{WE} \tan \alpha_0)$ 

 $R_3 = \bar{k}_1 \rho_i g \sqrt{rh} (\frac{B}{2})^2 (1 + 4 f_T C_{WE} \frac{L_H}{R})$ 

h: 氷厚[m]
r: 氷盤代表長さ[m]
V: 船速[m/s]
L,B: 船長.船幅[m]

α: 船首開き角

砕氷船ではない一般商船向けに モデルを改良 Pa<u>rallel</u> Section

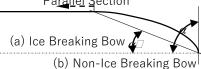




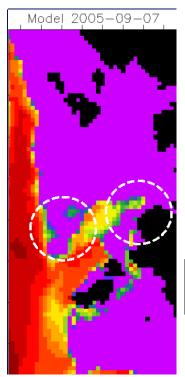
Photo Source: Canadian Coast Guard AIRSS Pictorial Guide

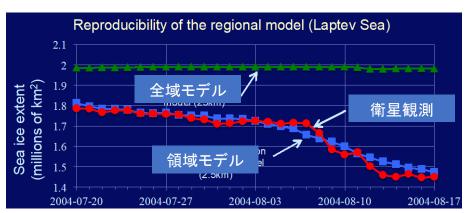


松沢他, 2018 日本船舶海洋工学会春季講演会

# 氷況予測と最適航路探索

Ice-POM(2.5kmメッシュ領域モデル)





木村他, 2015 GRENE第2回特別セミナー(一部加工)

### A\*アルゴリズムによる航路探索

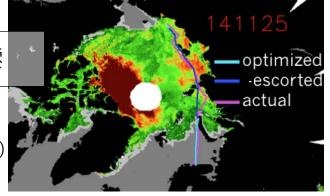
#### 特長

- 完全性・最適性あり(一定条件下)
- 氷海特有の運航条件付与が可能

東京大学山口研究室の技術

#### <u>特長</u>

- 海洋・海氷連成モデル
- 世界最高レベルの 予測精度
- 10日予測で氷縁誤差 10km以内を達成



山口・中野, 2015 GRENE第2回特別セミナー (一部加工)

### シミュレーションに基づく運航支援システム

#### 条件設定

- 出発日
- 船型選択
- 最適化条件

シームレスに計算

- 運航性能推定
- 氷況予測
- 最適航路探索



乗員の意思決定を支援 運航計画・参入計画の支援 マップ上に レイヤー表示

- 氷況
- 航路の候補
- メタデータ

グラフ化

- ▶ 船速(日数)
- 燃料消費量
- 氷況との関係量



### まとめ

NSRをとりまく 状況

- 北極海航路の通航機会の増大
- アイスクラス船建造の活発化
- 邦船社の参入(ヤマルLNGプロジェクト)
- Polar Code、EEDIによる規制の強化

氷海航行での 特徴的な条件

- 氷況が船速(航海日数・定時性)燃費に大きく影響
- 船の耐氷能力 (アイスクラス) が運用コストに影響
  - ▶ 航行可能時期、航路、エスコート必要性が変化
- 独特な環境(低温、視界、通信、情報)

氷海航行に 必要なシステム

- 乗員の意思決定を支援するシステムが必要
  - ▶ 氷海での合理的な船速及び燃費評価法
  - ▶ 精緻な氷況予測手法・最適航路探索手法
- 運航計画・参入計画の支援も可能

ご清聴ありがとうございました。

