



北極海の航行安全に向けて 船体に及ぼす海氷荷重

金野祥久(工学院大学)

GRENE北極気候変動研究事業 特別セミナー

2014/11/17

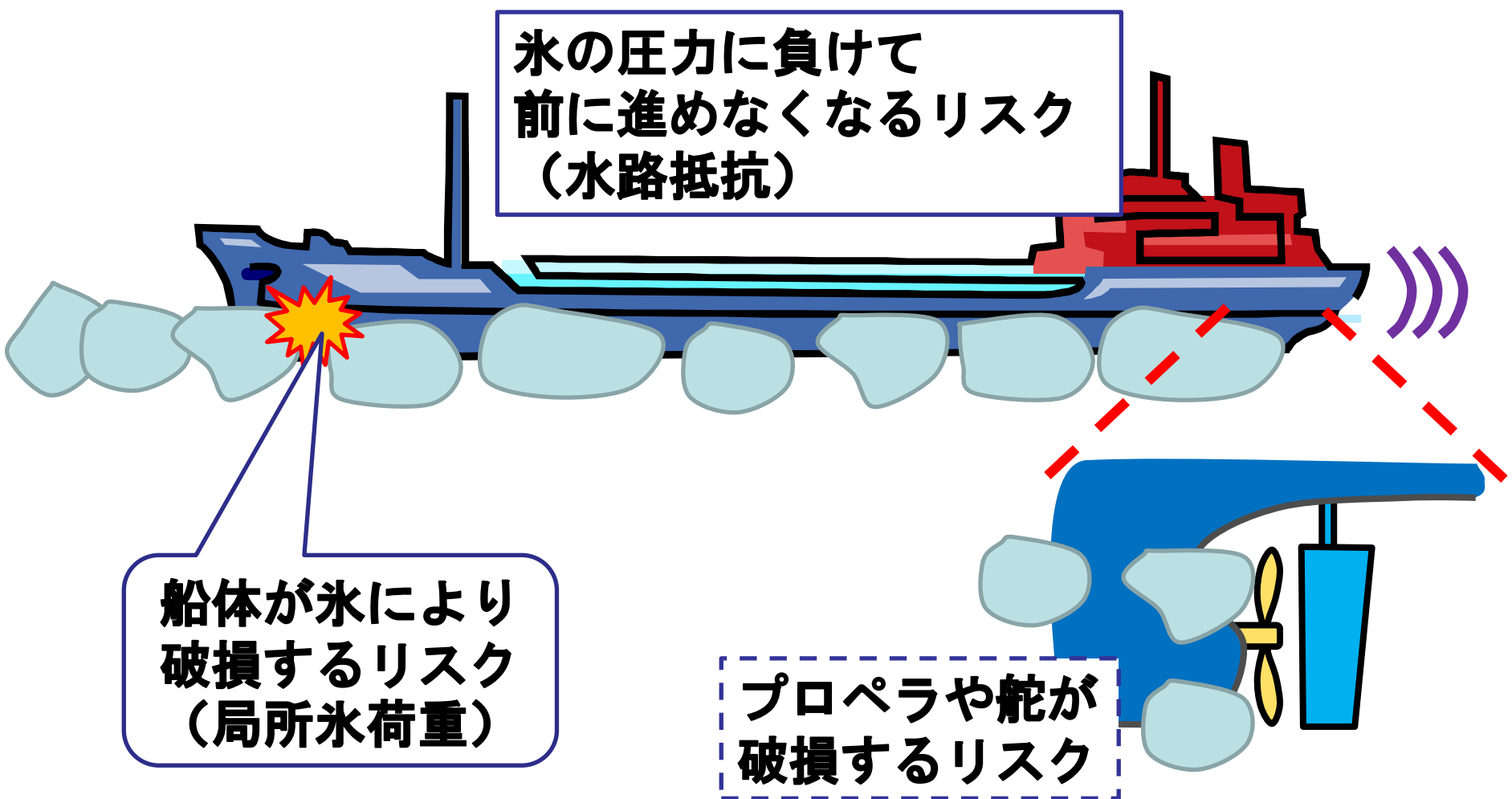
自己紹介

- 金野 祥久 (こんの あきひさ)
- 工学院大学 工学部機械工学科 流体工学研究室

本日の内容

- NSR航行で考慮すべきリスク (海氷荷重の影響を中心に)
- GRENE課題7-1で行われている, 海氷荷重に関連した研究の紹介

NSR航行で考慮すべきリスク



氷の圧力に負けて
前に進めなくなるリスク
(水路抵抗)

船体が氷により
破損するリスク
(局所氷荷重)

プロペラや舵が
破損するリスク

海氷に起因する船体損傷



Reduta Ordon, 1996



Zelada Desgagnés, 2012

氷海で自力航行不能になった船舶

ロシアのタンカー
ベーリング海



<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2083542/Tanker-carrying-supplies-stranded-Alaskan-village-gets-stuck-ice-flows-crosses-frigid-Bering-Sea.html>

<http://www.cbc.ca/news/canada/north/ice-damages-hull-of-sealift-ship-near-iquiluit-1.1230034>



カナダのRo-Ro船
Frobisher湾

アイスクラス（船級）

Polar Class (IACS UR I)

- 極域を航行する船舶を想定.
- PC 1～PC 7

Finnish Swedish Ice Class Rules (FSICR)

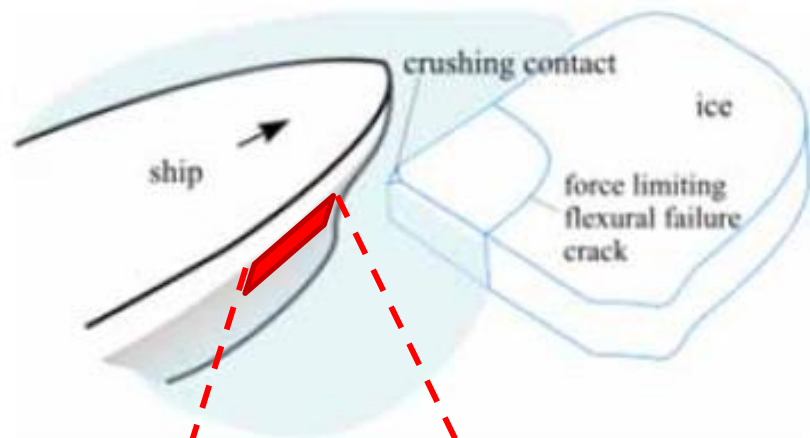
- バルト海を航行する船舶に適用. Sub-arctic seaの基準からも参照される.
- IA Super, IA, IB, IC, II

PC 6 ← おおよそ対応 → IA Super
 PC 7 ← おおよそ対応 → IA

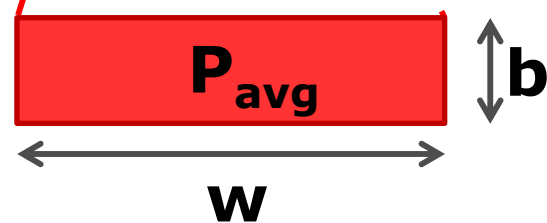
IACS Polar Class

Polar Class	Ice Description
PC 1	Year-round operation in all Polar waters
PC 2	Year-round operation in moderate multi-year ice conditions
PC 3	Year-round operation in second-year ice which may include multi-year ice inclusions
PC 4	Year-round operation in thick first-year ice which may include old ice inclusions
PC 5	Year-round operation in medium first-year ice which may include old ice inclusions
PC 6	Summer/autumn operation in medium first-year ice which may include old ice inclusions (≒ FSICR IA Super)
PC 7	Summer/autumn operation in thin first-year ice which may include old ice inclusions (≒ FSICR IA)

Polar Class 想定シナリオ： Glancing Impact



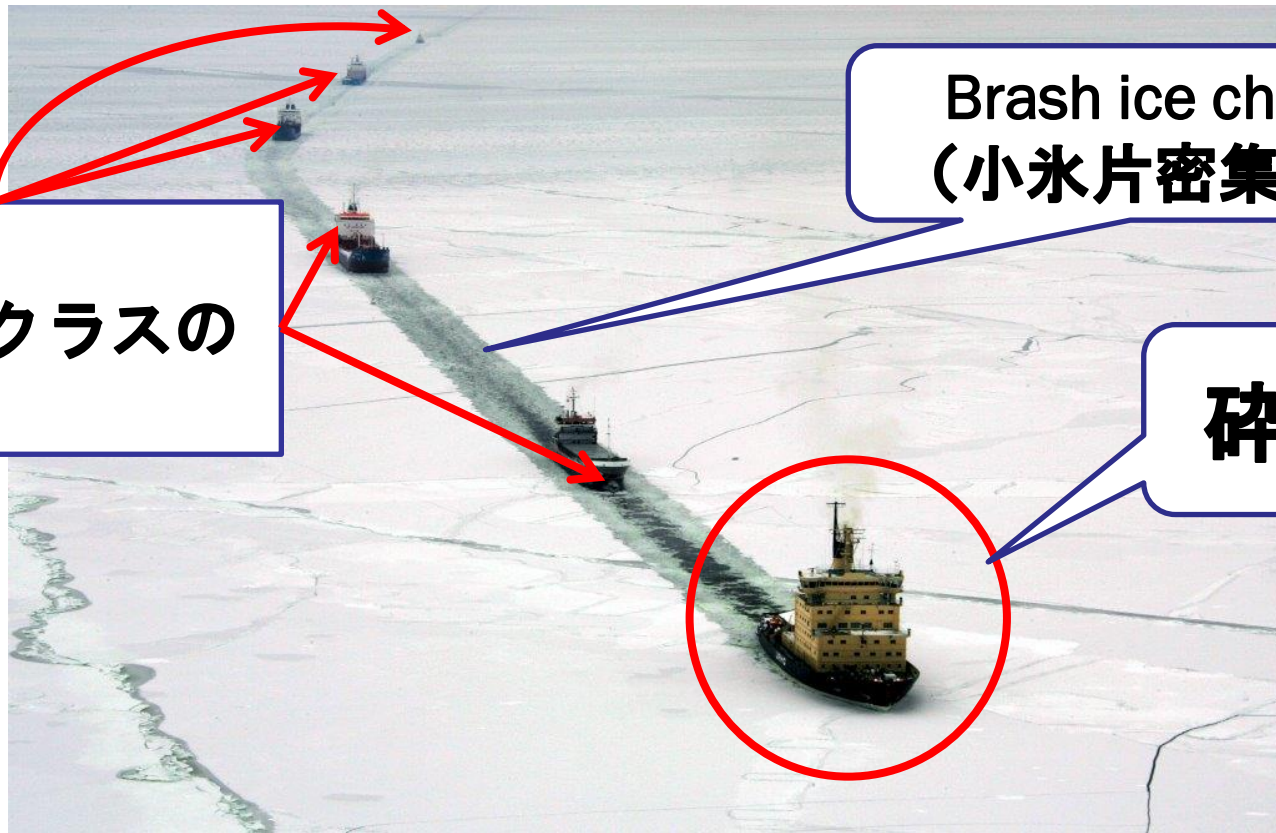
Yu, SNAME UK COLLEGIUM, 2012



- ある区間 ($w \times b$) に圧力 P_{avg} が一様に加わる。
- w, b, P_{avg} の具体的な値は
 - 船首部：船首形状とクラスによって決まる。
 - 船首以外：船体形状とは関係なく、クラスで決まる。

FSICR Required Engine Output

- 船舶には“brash ice channel”を自力で航行する能力が求められる。



商船
(アイスクラスの耐氷船)

Brash ice channel
(小氷片密集水路)

砕氷船

FSICRの水路抵抗評価式

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3(H_F + H_M)^2(B + C_\phi H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 \left(\frac{LT}{B^2} \right)^3 \frac{A_{wf}}{L}$$

(FSICR, 2010)

- “... R_{CH} values based on more exact calculations or values based on model tests may be approved.” (FSICR, 2010)
- **現在の多くの船舶は、氷海水槽試験で R_{CH} を評価し、アイスクラスを取得する。**

GRENE北極気候変動研究事業・課題7-1で行われている研究を紹介します。

海水荷重に関する研究

単独氷片との衝突

- 数値解析により氷片が船体に接触した際の衝撃力を計算
- 衝突実験により妥当性を評価



想定しているリスク

将来は、

- 北極海の氷が減少 → 航行速度が増加?
- しかし、航路中の多年氷や、氷河から脱落した冰山は、むしろ増加する。



単独氷片との衝突リスクを検討する必要性?

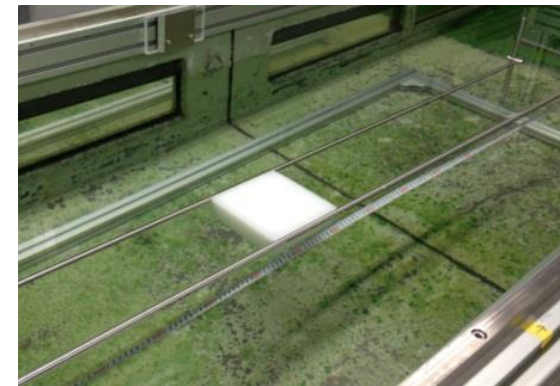
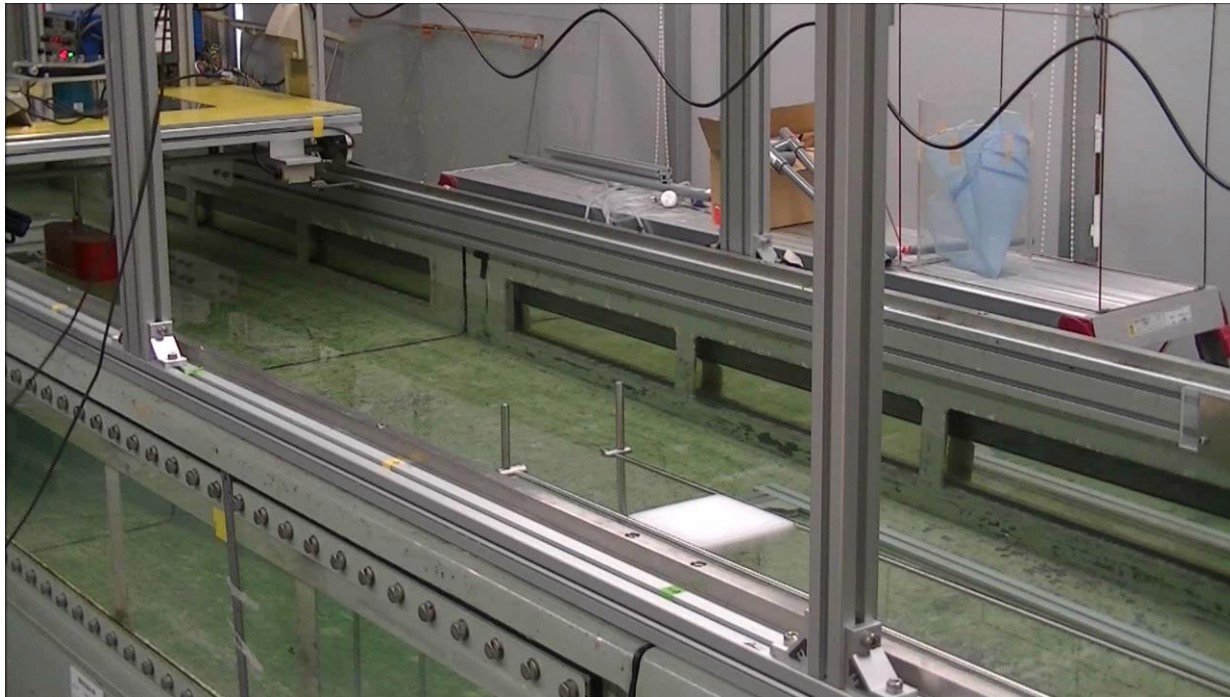


Titanic (movie, 1997)



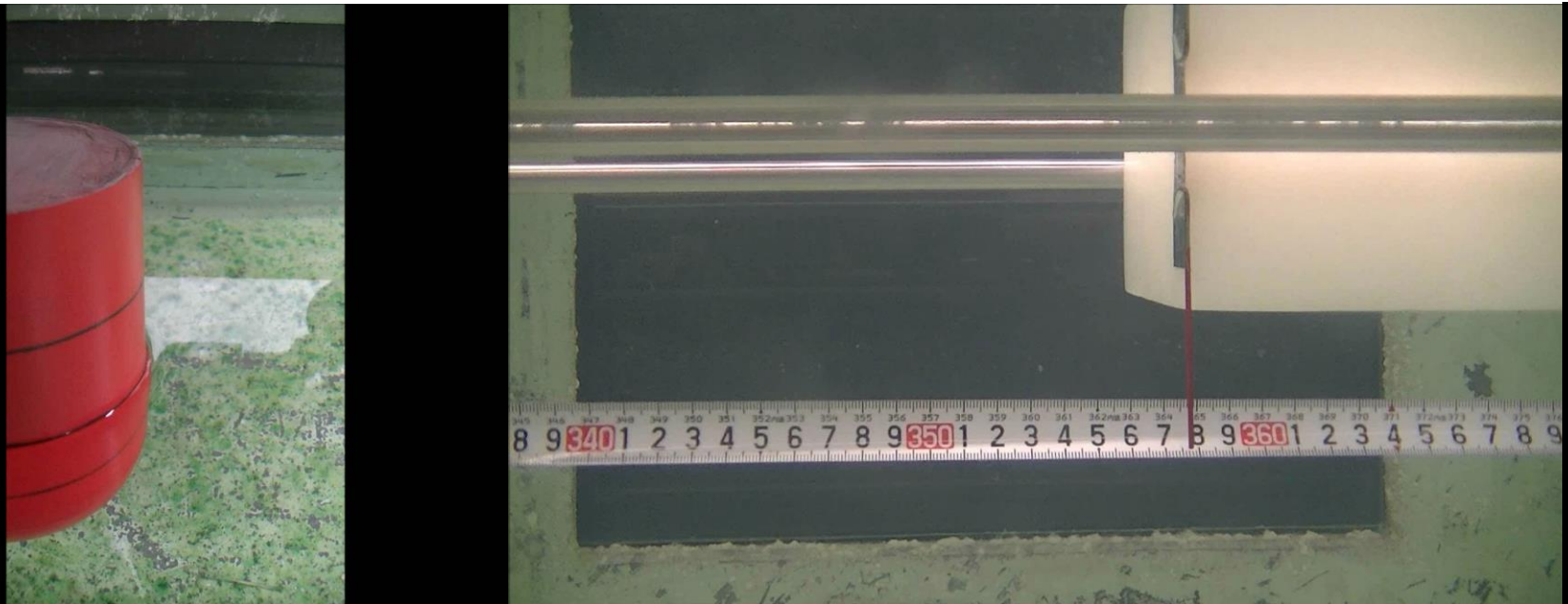
Perito Moreno Glacier (Photo by Calyponte)

単独氷片衝突：小規模模型実験



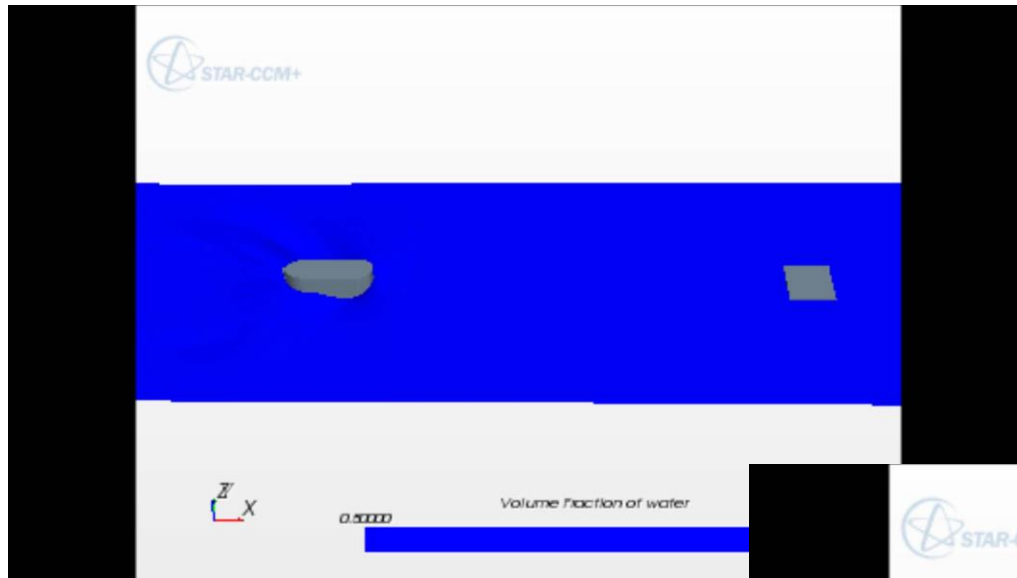
- 小型模型と模擬氷を用いた衝突実験（検証しやすくするため、模擬氷の運動を制限）
- 衝突直前の、模擬氷の運動に着目

単独氷片衝突：小規模模型実験

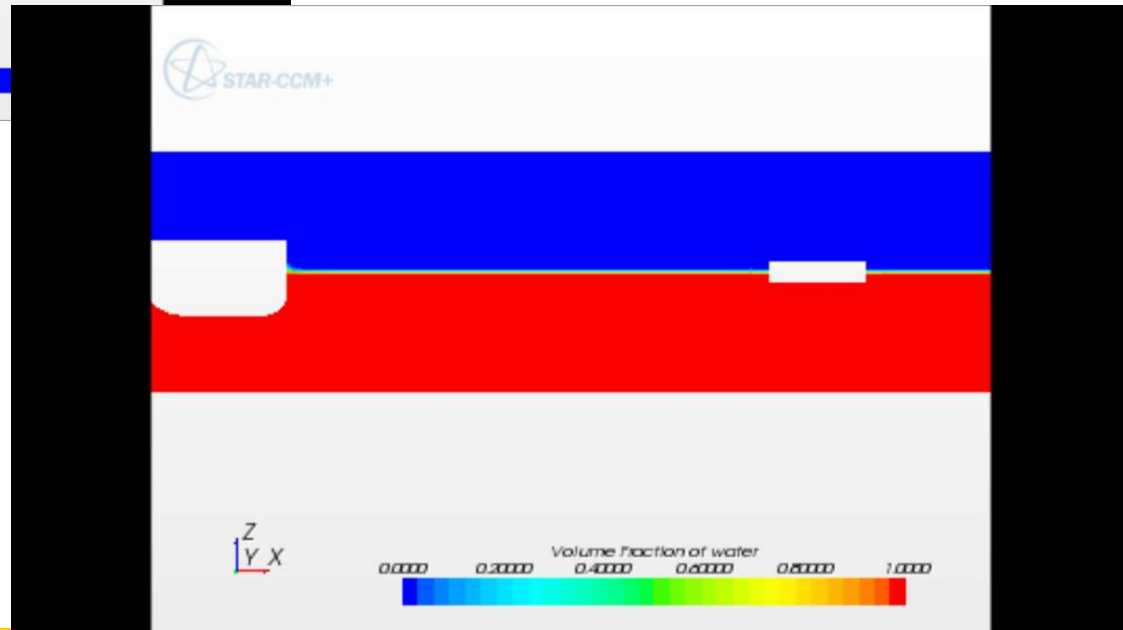


- 特に衝突直前の氷の運動に着目（船体が誘起する波と流れに起因する運動） → 衝突時の相対速度に影響

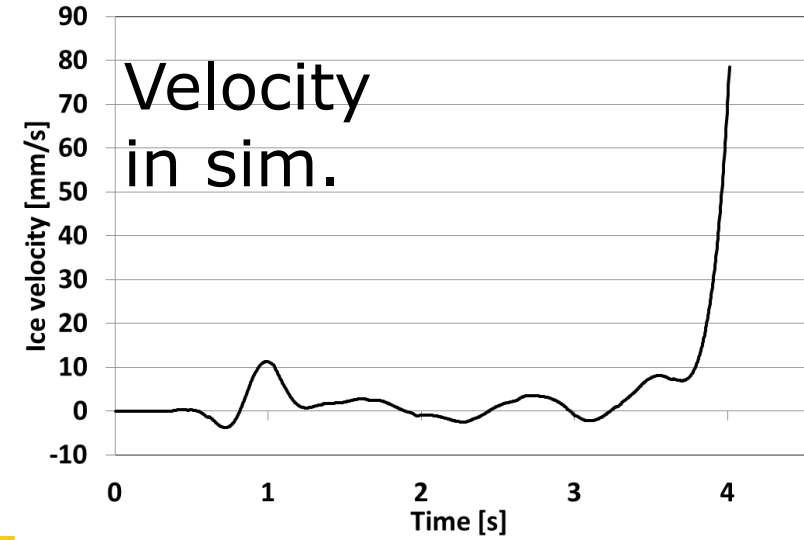
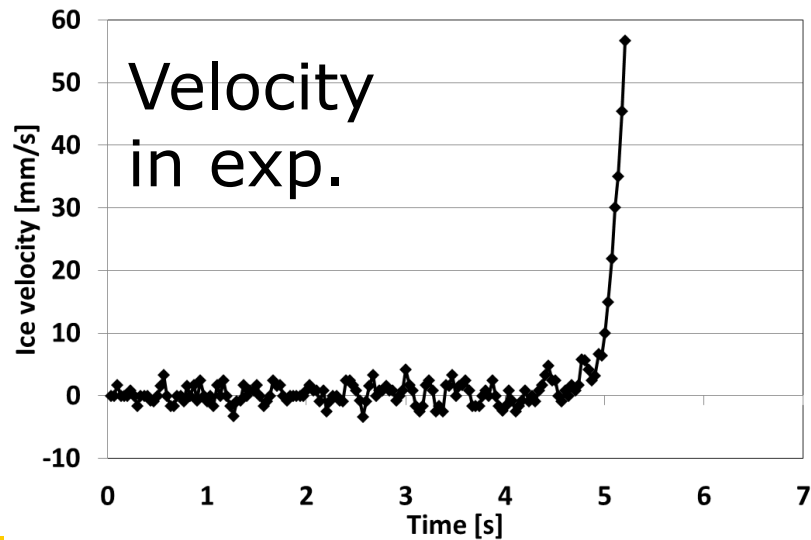
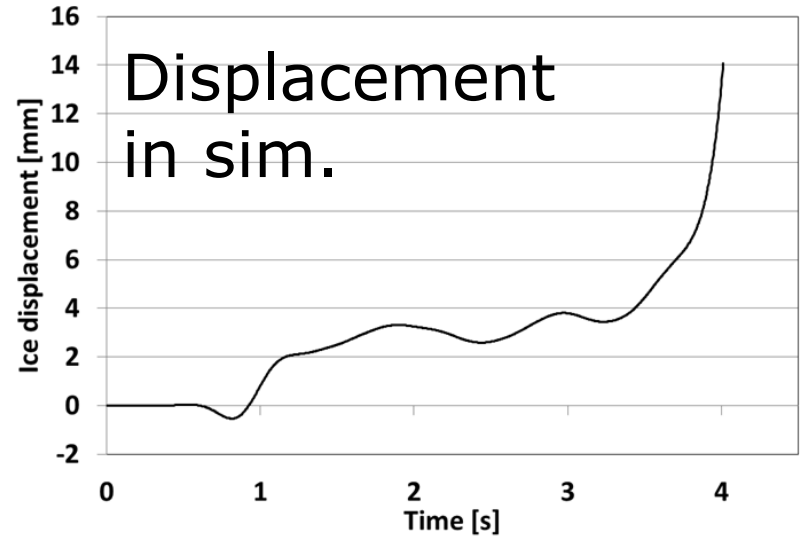
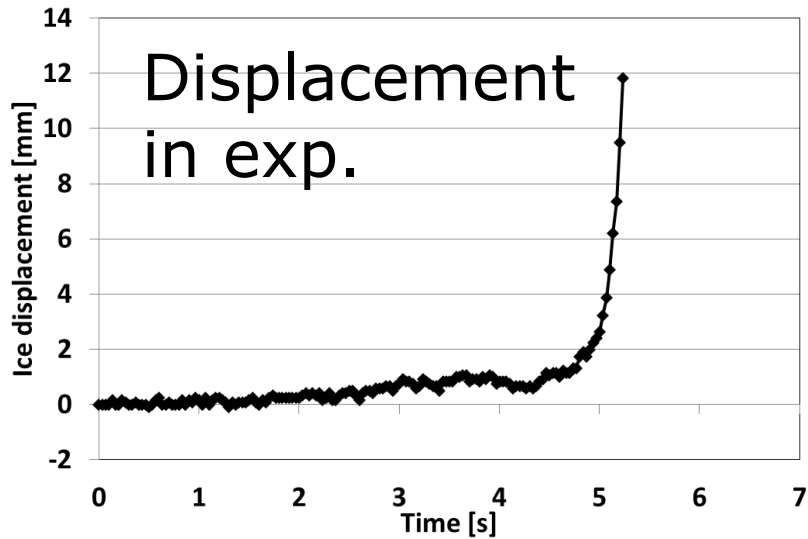
単独氷片衝突：数値計算



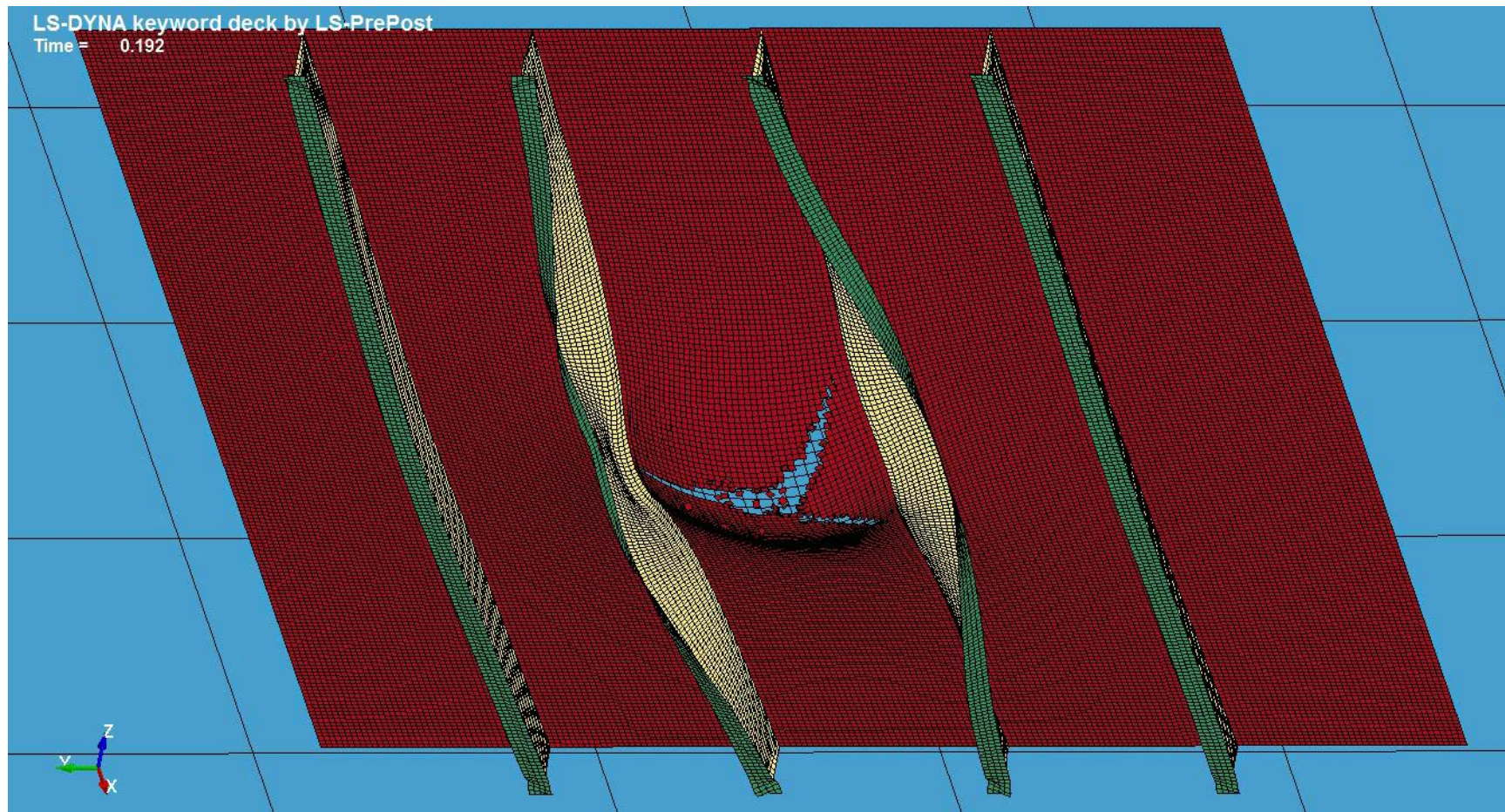
- Solver: STAR-CCM+ v8



氷の動きの比較

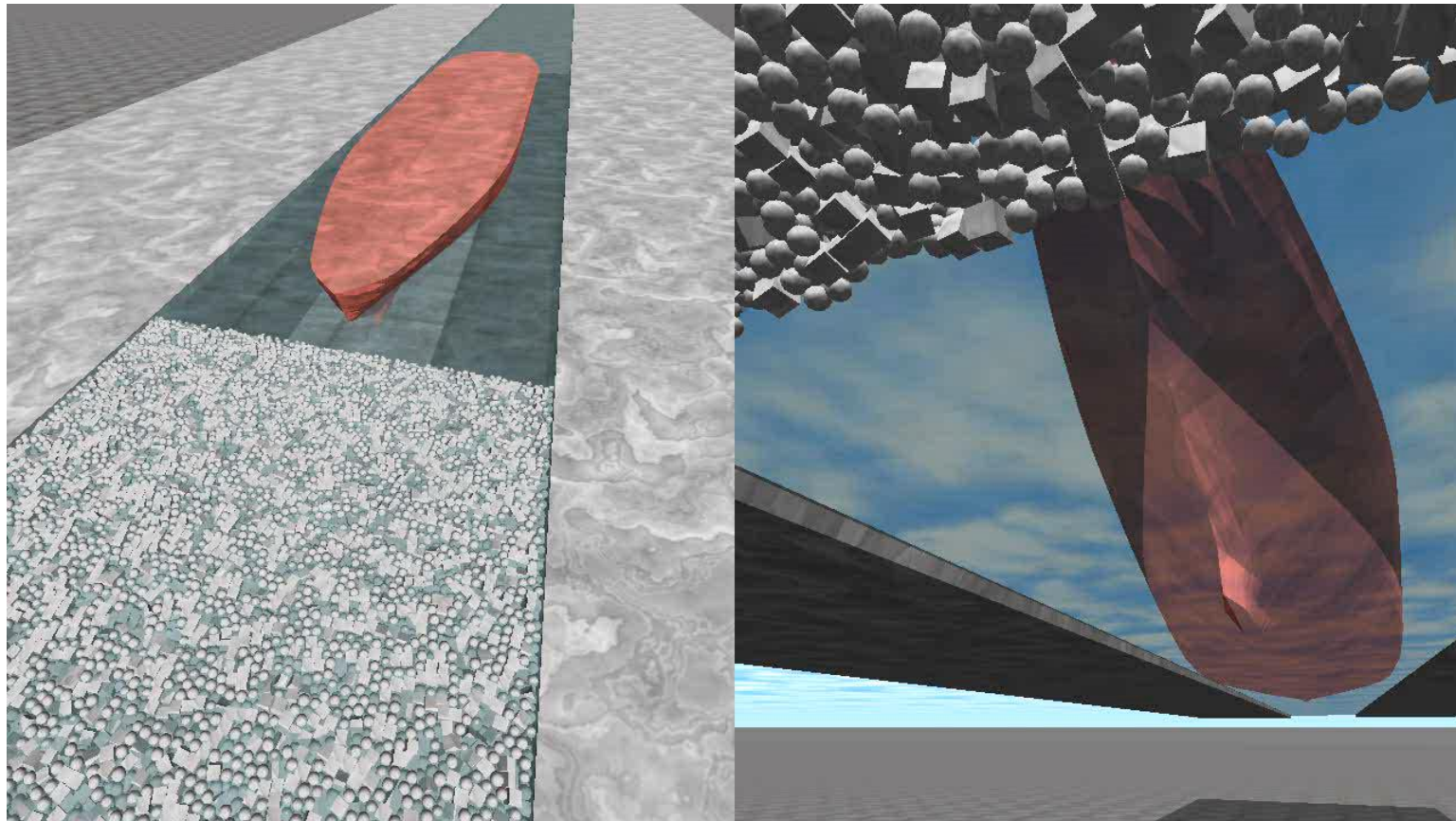


鋼構造物損傷の解析（LS-DYNA）



今後の検証が必要

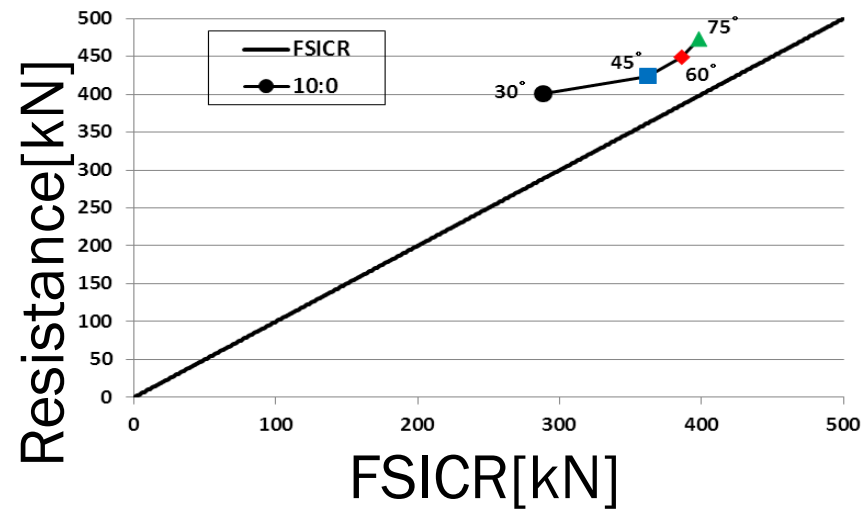
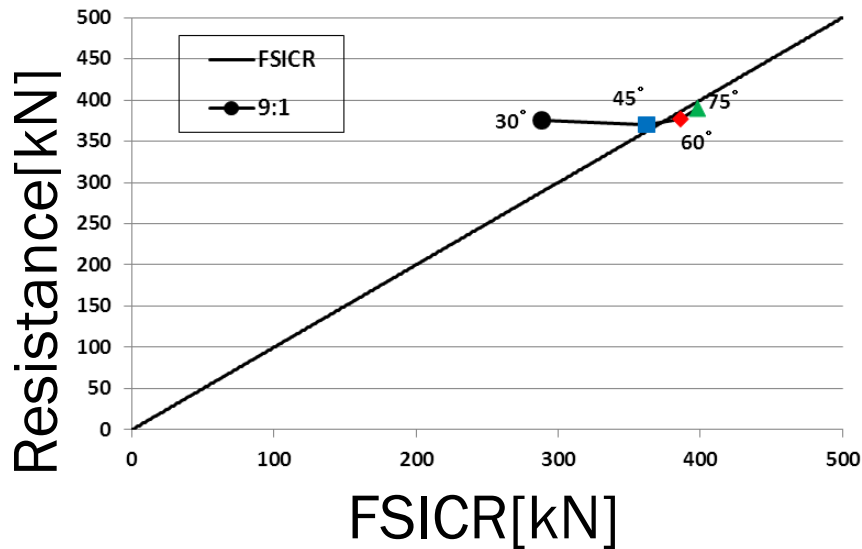
氷片密集水路航行の解析



- 氷片が密集する水路を、船舶が航行する際の荷重等を数値解析により評価する。

氷荷重をFSICRモデル式と比較

船首角度を変えてbrash ice channel中抵抗を比較



- FSICR計算式と傾向が一致。定量的にも近い。

まとめ

- **海氷荷重に起因するリスク：局所氷荷重，水路抵抗（プロペラ損傷も）**
 - IACS Polar Class
 - Finnish Swedish Ice Class Rules
- **GRENEにおける海氷荷重関連の研究紹介**
 - 単独氷片との衝突（小規模実験，数値解析）
 - Brash ice channel中航行のシミュレーション

ご清聴ありがとうございました。