

令和2年(第20回)海上技術安全研究所研究発表会

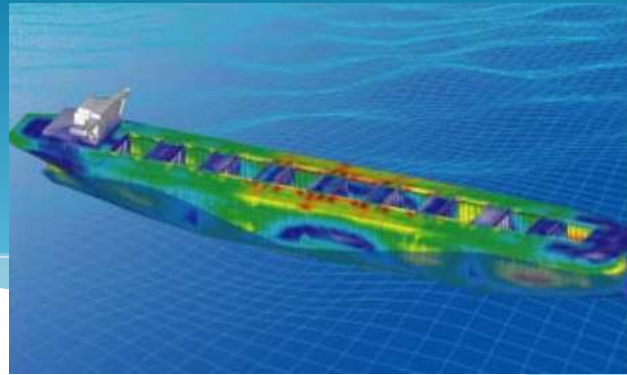
# 船体構造デジタルツインの早期実現に向けた研究開発



構造安全評価系  
岡正義\*, 松井貞興, 馬沖, 小森山祐輔



## 背景と目的



波浪中構造応答再現試験

出典:ClassNK ばら積貨物船の構造強度に関するガイドライン

- \* 船の安全性と付加価値を高めるためのソリューションとして、デジタルツイン技術の活用が期待
- \* 船体構造に対するデジタルツイン技術によって、安全/安心運航、合理的メンテナンス、設計改善等の効果が得られる
- \* 海技研では、ハルモニタリング技術と数値シミュレーションをベースとした船体デジタルツインシステムを開発中
- \* 開発の一環として、船体の状態量を精緻に知ることを目的とした**データ同化手法**の研究を行っている
- \* 手法の検証を目的とした波浪中水槽試験を実施した

# 船体構造デジタルツインの機能要件と要素技術

即時

1. 荒天中での操船判断支援  
危険な状況をやり過ごすための操船支援  
→ 折損・沈没の防止、船長のストレス緩和

短期

2. 航路支援  
危険な海象の回避、安全目的のウェザールーティング  
→ 最適航路支援、損傷数低減

長期

3. 状態監視  
腐食、疲労、損傷等経年による耐力低下度の精緻化  
→ 合理的メンテナンス、売船価格の適正化
4. データ活用 → 新船開発、合理的な構造基準

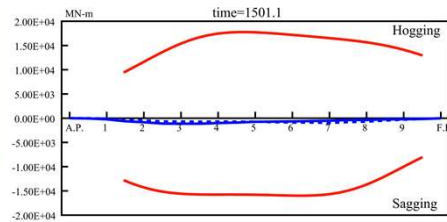


# 操船判断支援

## 操船判断

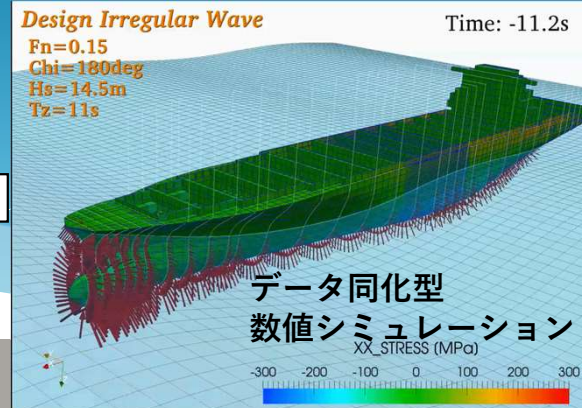
- 帰港
- 減速
- コースチェンジ等

推論

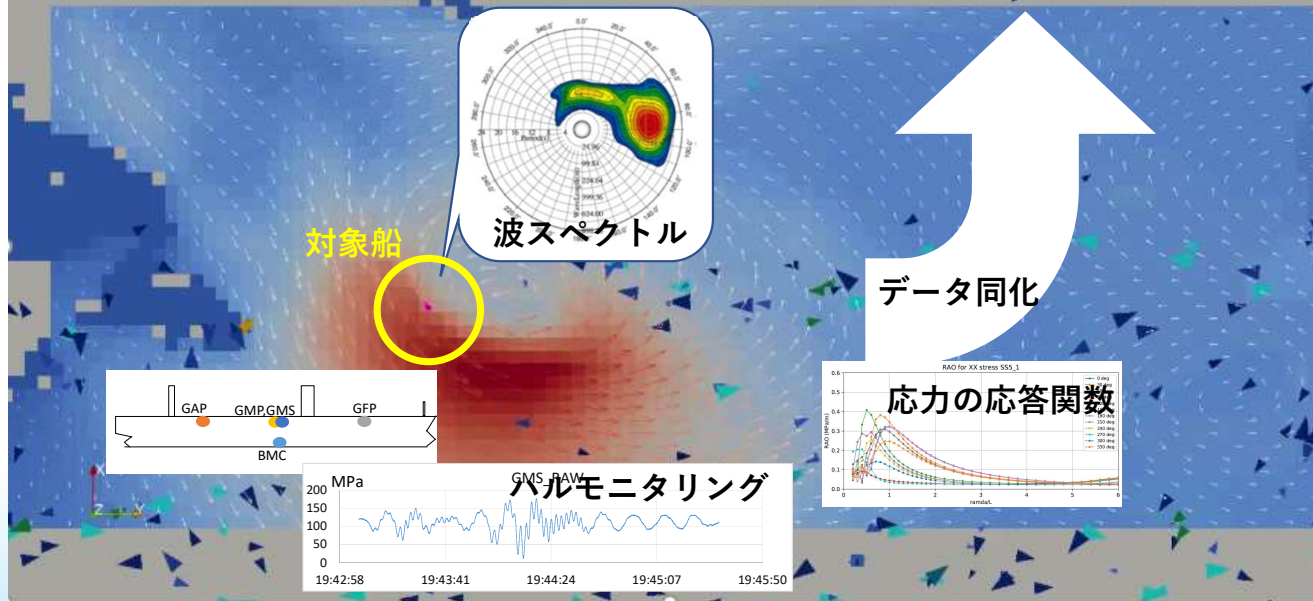


縦曲げ最終強度の監視

評価



2017-03-27 12:00:00



ハルモニタリング

北大西洋の船舶(AIS)と波浪(Hindcast)

データ同化



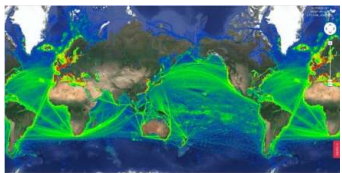
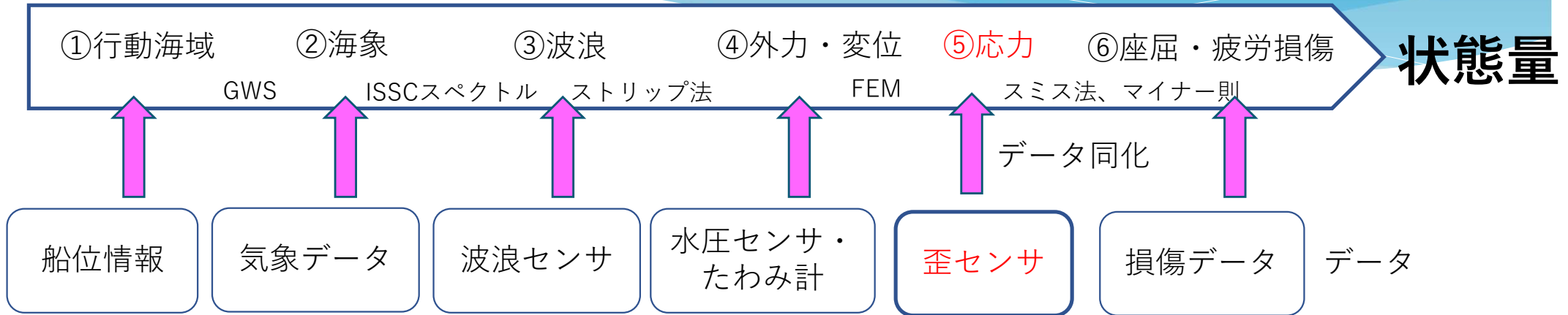
# データ同化手法

1. 順解析
2. 逆解析

# データ同化手法（順解析）

数値シミュレーションで設定したモデルを実データで補正することで、状態量の推定精度を高める

数値シミュレーション



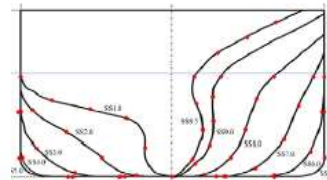
AISデータ



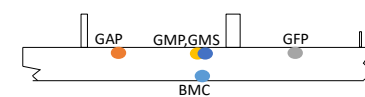
波浪推算



Xbandレーダ



多点水圧計測



ハルモニタリング



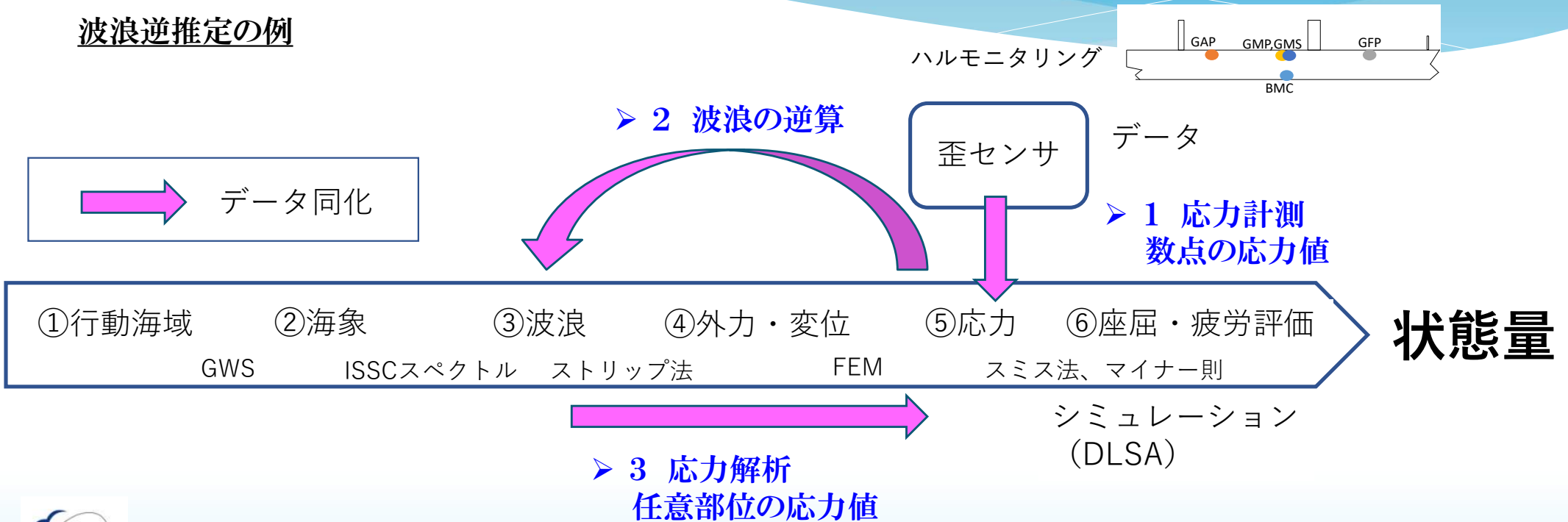
損傷画像認識



# データ同化手法（逆解析）

データに基づき、前のステップの再解析をして、情報量を増やすことで状態量の推定精度を高める

## 波浪逆推定の例





# 水槽試験

## 1 目的

データ同化手法の検証

## 2. 検証する手法

- 数値シミュレーションベースの推定手法（順解析）
- 波浪逆推定※、i-FEM※、モード法※（逆解析）

※共同研究を通じて、他機関で研究開発中の手法を検証中  
本公演では、順解析の検証結果について説明する

## 3. 水槽試験のポイント

- 波浪中構造応答を再現するため、**一体型弾性模型**を使用
- **模型船のFE解析**を実施
- 光ファイバ型（FBG）センサで**130点の歪**を計測





# 水槽試験

実施場所

海技研／実海域再現水槽



模型船

ポストパナマックス型コンテナ船模型

L=3.8m (縮尺1/74.68)

ウレタン製弾性模型



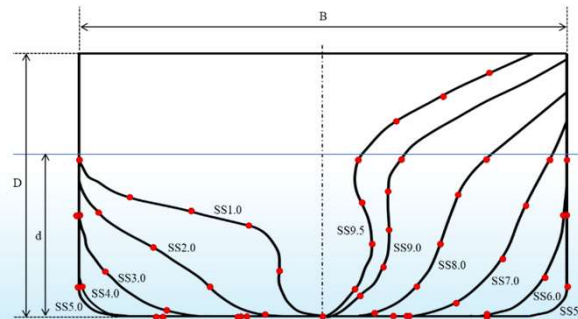
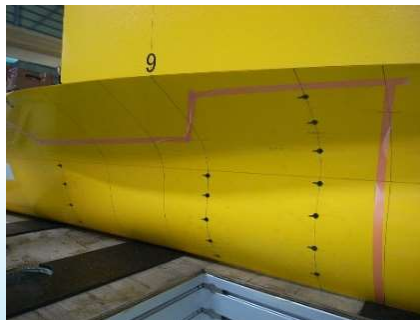
# 計測項目



加速度計  
(3軸3箇所(FP,MS,AP))



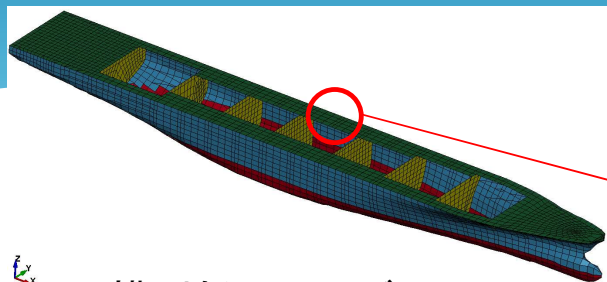
光ファイバ歪ゲージ 130点



光ファイバ水圧計 139点



# 模型船のFE解析

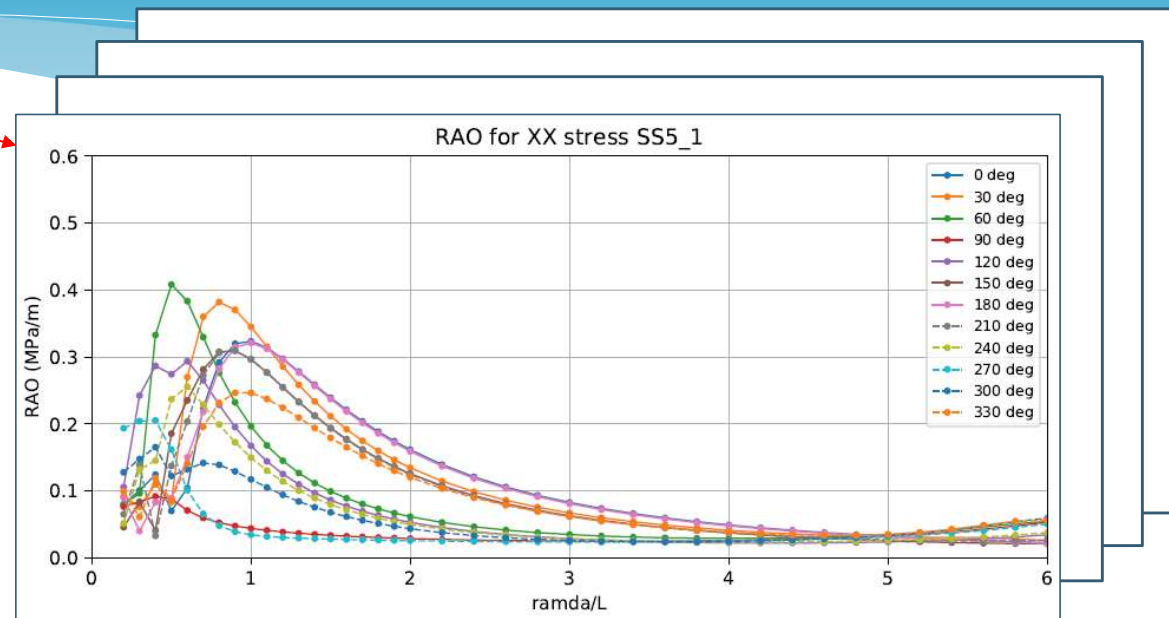


模型船のFEモデル

## NMRI/DLSA

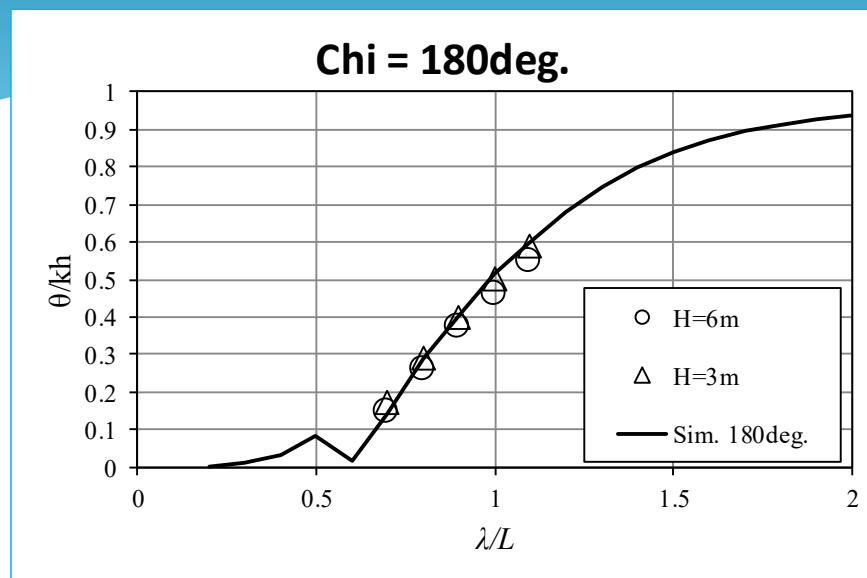
(Direct Load and Structural Analysis system)  
を用いて応力応答関数を取得

※DLSA: 荷重計算プログラム(ストリップ法など)とFEMプログラムを元に波浪中構造応答を取得するための解析システム

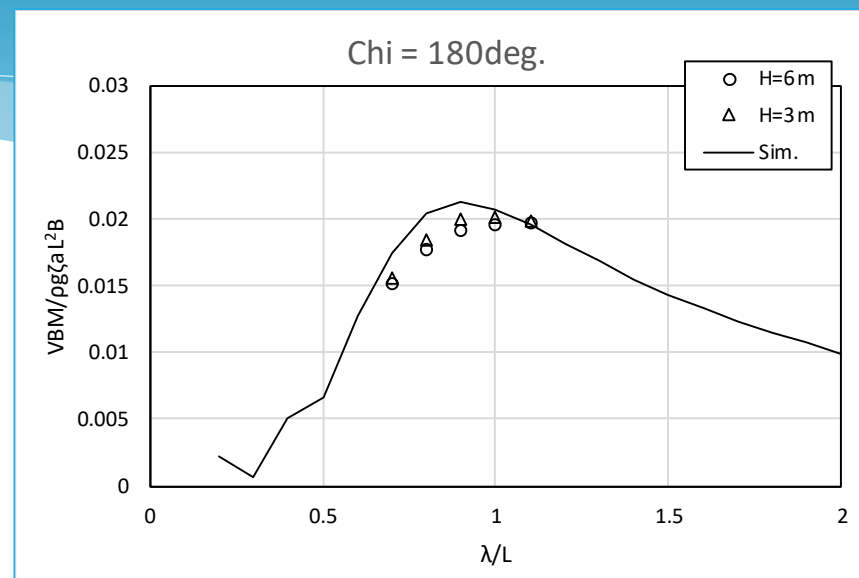


応力の応答関数

# 数値シミュレーションの精度検証の例



船体運動（縦揺れ）



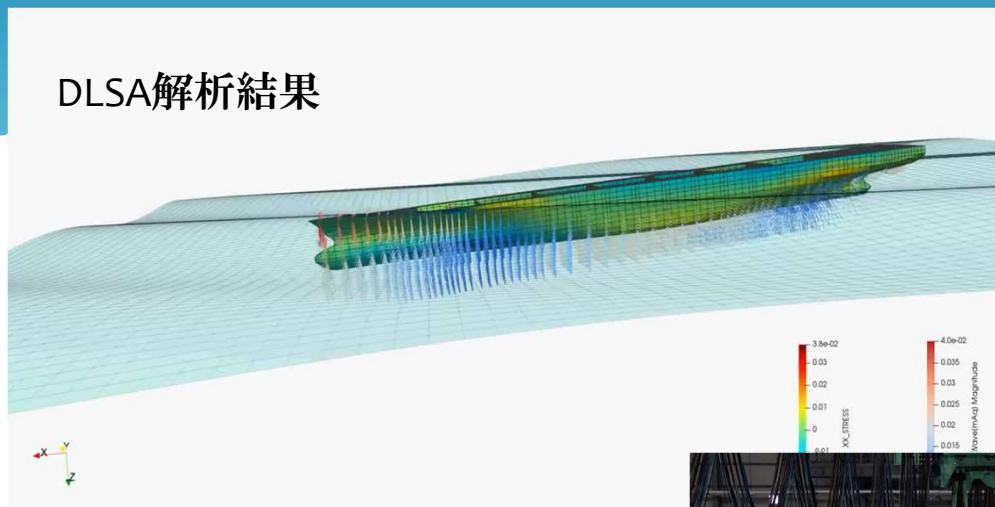
縦曲げモーメント

数値シミュレーション(DLSA)の推定精度を確認

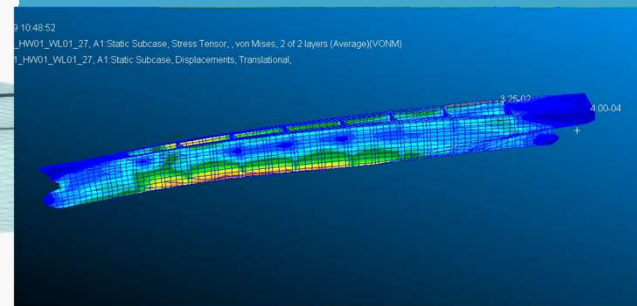


# 水槽模型のデジタルツイン（応力応答）

DLSA解析結果



サイバー（数値シミュレーション）

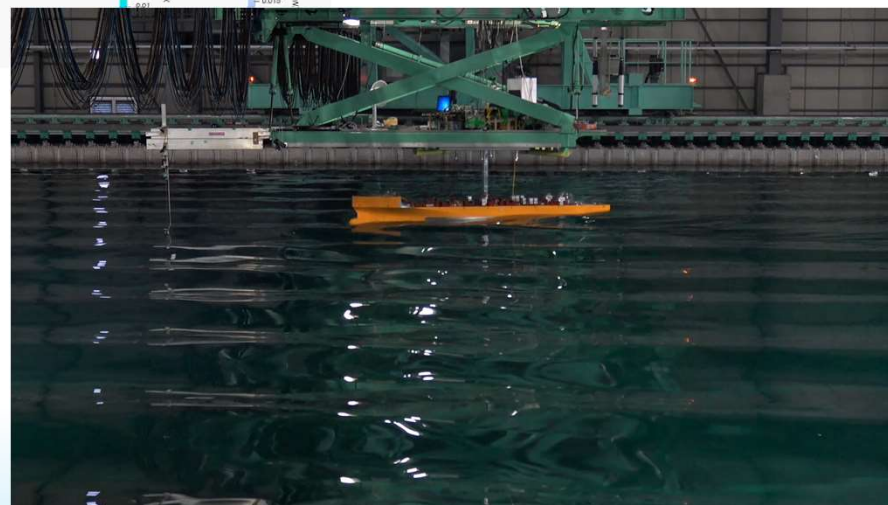


サイバー（変形・応力分布図）

模型船の波浪中応答を  
サイバー空間に再現

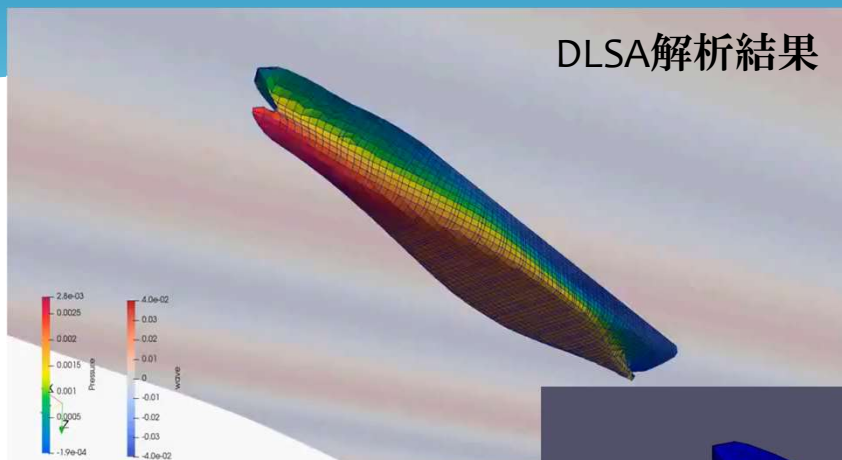


実船へ拡張

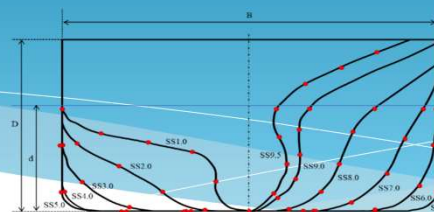


フィジカル（模型実験）

# 水槽模型のデジタルツイン（船底水圧）



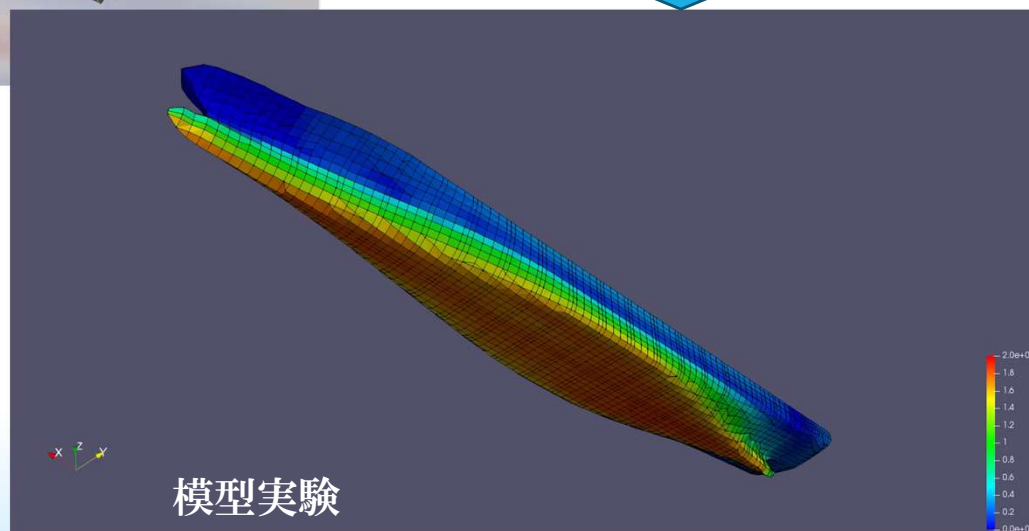
サイバー



光ファイバ水圧計 139点

可視化プログラム

最新技術を検証



フィジカル

# データ同化手法の検証結果

データ同化手法	順解析
特徴	歪計測の無い船も推定可能
入力データ	波浪or水圧or歪、応力RAO
結果（概要）	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 縦曲げ応力及び縦曲げモーメントの推定精度は良好</li><li>➤ 応力値から求めた振りモーメントの推定精度には課題がある（水圧分布から求める方法を開発中※）</li></ul>



※小森山他：FBG 圧力センサにより計測された船体表面の水圧分布を用いた有限要素解析について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 29 号(2019)，pp.429-431.





# まとめ

- \* 船体構造デジタルツインシステムの機能要件を整理した。
- \* データ同化手法の精度検証のため、弾性模型を用いた水槽実験を実施した。
- \* 今後、データ同化技術を搭載した船体構造デジタルツインシステムの開発を行い、社会実装の早期実現を図る。

本研究は、日本財団の助成を受けた(一財)日本船舶技術研究協会「超高精度船体構造デジタルツインの研究開発(2018年度~2019年度)」の活動の一部として行われたものである。関係者に深く御礼を申し上げます。

