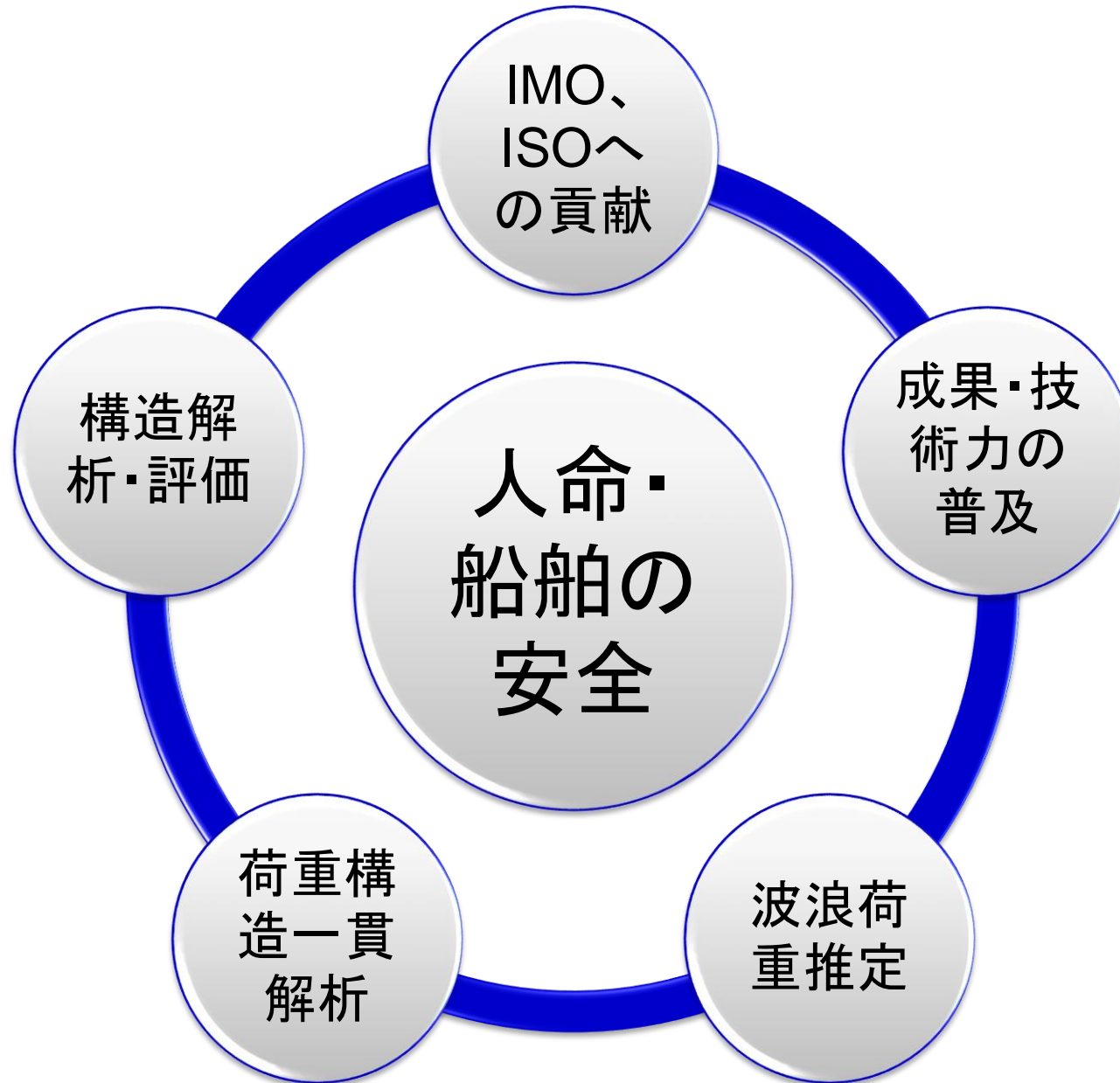




# 先進的な荷重・構造一貫 性能評価手法の開発

基準開発G      ©村上睦尚 松井貞興 花岡諒  
構造解析研究G   岡正義 高見朋希  
構造安全評価系   有馬俊朗 田中義照





INTERNATIONAL  
MARITIME  
ORGANIZATION

(船級、JG)、



・JIS) に関連する規則  
や標準の策定

## 事故調査

M-C号の事故原因調査及びこれらに関連する基準見直し

## 国際条約・規則・ガイドライン

IMO/MSC (海上安全委員会) : GBS (目標指向型構造基準)

IMO/SSE (船舶設備システム小委員会) : 船上揚荷装置に係る基準

## ISO・JIS-Fの策定・改正

ISO/TC108/SC2 (機械・乗物・構造の振動・衝撃の測定と評価分)

ISO/TC8/SC3 (機械・配管), SC4 (甲板機械・艀装), SC8 (構造)

ISO/TC188 (スモールクラフト)

ISO/TC44/SC8 (溶断器・溶接器・圧力調整器 (日本溶接協会))

(国際連携 C 等と協業)

コンテナ運搬船安全対策検討委員会最終報告書概要

1. 事故原因の推定

・船舶の強度に関する安全基準は、船体にかかる力より、船体の強度が上回り、かつ、それに安全上の余裕を加えている。事故船は現在の基準を満たしていた。

[基準: 国際海事機関(IMO)及び検査機関の国際団体の基準]

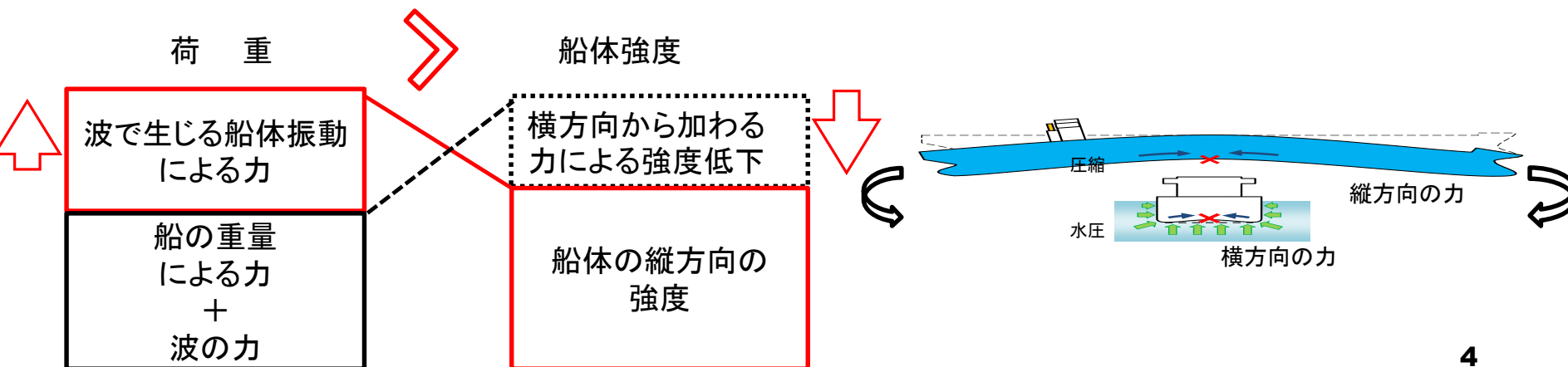
・事故時の状況を詳細に再現する解析を行った結果、従来の安全基準では十分に考慮されていなかった2種類の力の影響で、事故船では、船体に加わった力が船体強度を上回り、折損に至ったと推定される。

■ 「波の衝撃で生じる船体振動による力」により、船体に加わる力が増大する。

■ 「横方向から船体に加わる力」の影響により、船体の縦方向の強度が低下する

2. 提言

大型のコンテナ船(8000TEU級以上)の構造強度に関する検査機関の規則に関し、「波の衝撃で生じる船体振動による力」及び「横方向から船体に加わる力の影響」を考慮する規則とすることを提言する。



# 海技研NMRIW (非線形ストリップ法・時系列) による荷重解析

短期不規則波中(2時間)での直接計算を通じた荷重評価(報告書抜粋)  
 検討会における強度評価は、これらの荷重を入力とした

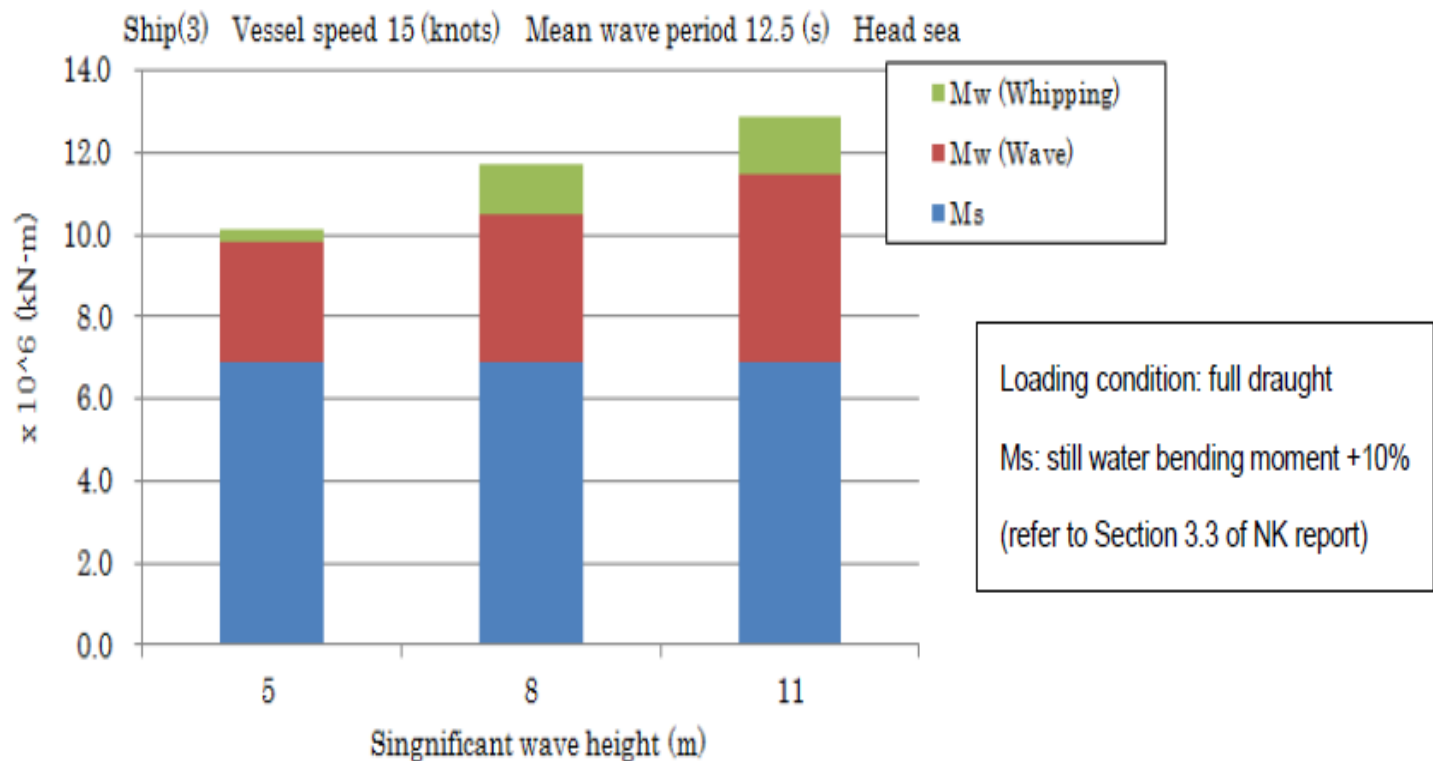


Figure 4.3.1 Example of the effect of acting loads (ship speed is constant)

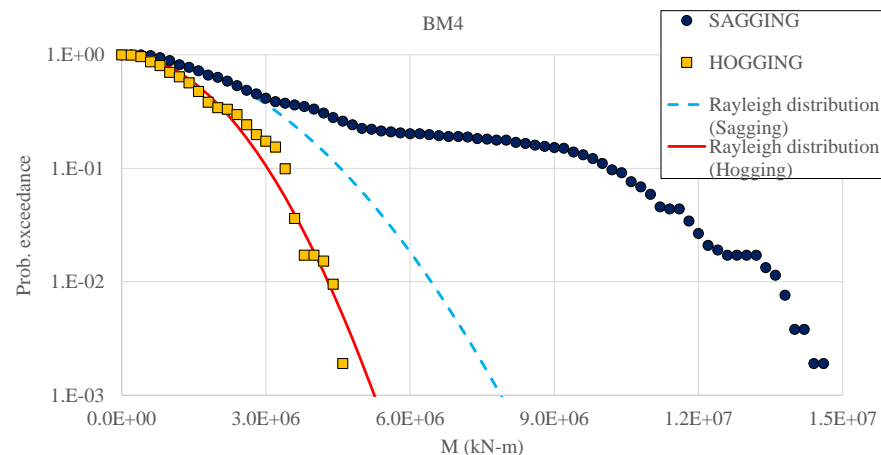
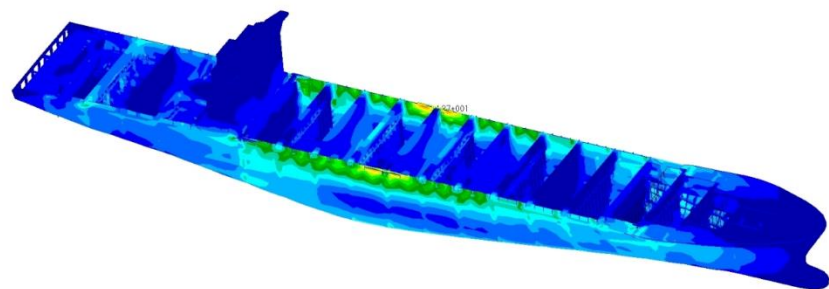
# 国土交通省との連携

(超大型船の強度評価に係る受託研究)

超大型コンテナ船の水槽試験(右上)を通じた荷重の統計量の評価(右下)

: 荒天中では、スラミングの影響により、線形分布(線)から大きく外れる

このような荒天中での非線形荷重を入力とした強度評価(左下)



全船荷重構造一貫解析の例

縦曲げモーメントの超過確率

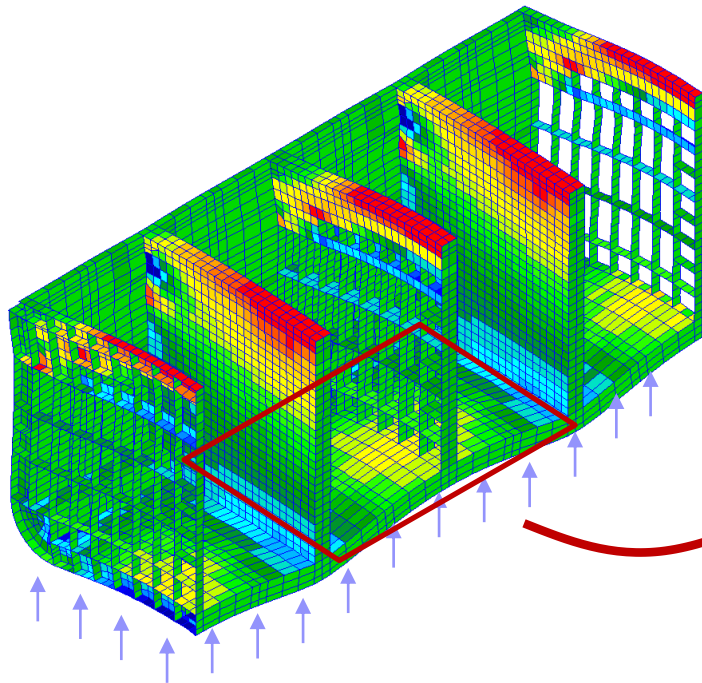
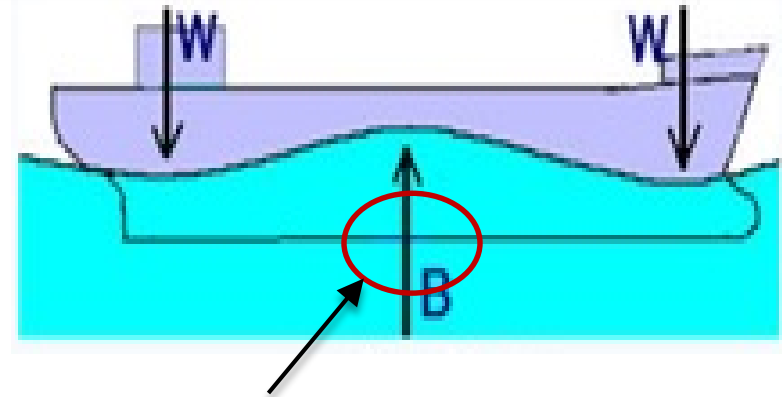
# 大阪大学、日本海事協会との連携（簡易算式開発）

大型コンテナ船の折損事故

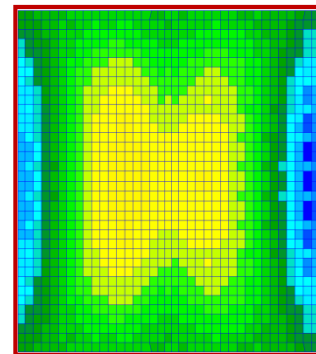


船舶の肥大化に伴い、従来無視されていた**水圧荷重**を新たに考慮に入れた強度推定法を考案

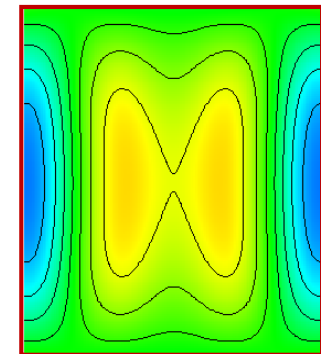
ホギング状態：  
船底外板は水圧の影響で圧縮増



損傷位置の**水圧荷重**による応力分布



FEM解析



開発した推定法

## 全船荷重構造一貫解析

海技研ソフトNMRIWによる船体運動と荷重(水圧)計算

海技研ソフトNMRI - DESIGN - PREによる前処理

- ① 外板及びタンク壁面の要素を認識
- ② NMRIWで計算した外水圧をFEモデル(外板)に負荷
- ③ NMRIWで計算した加速度より貨物艙やバラスタンクの荷重を計算し、FEモデルに負荷し、荷重バランスを確認

構造解析ソルバー:(MSC/NASTRAN使用)

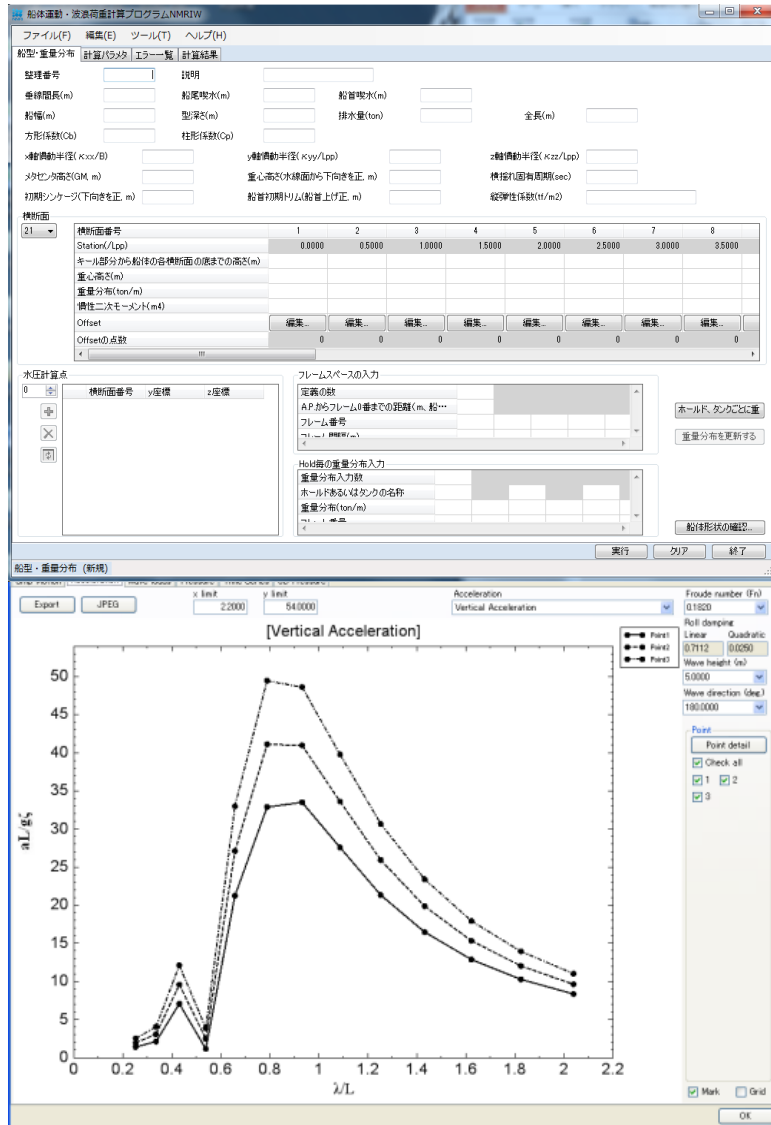
ファンクションINFLで外力と慣性力をバランス

海技研ソフトNMRI-DESIGN-POSTによる後処理

- ① 応力応答関数を作成
- ② 短期予測&長期予測
- ③ ①及び②に基づく船体疲労強度や降伏・座屈の評価



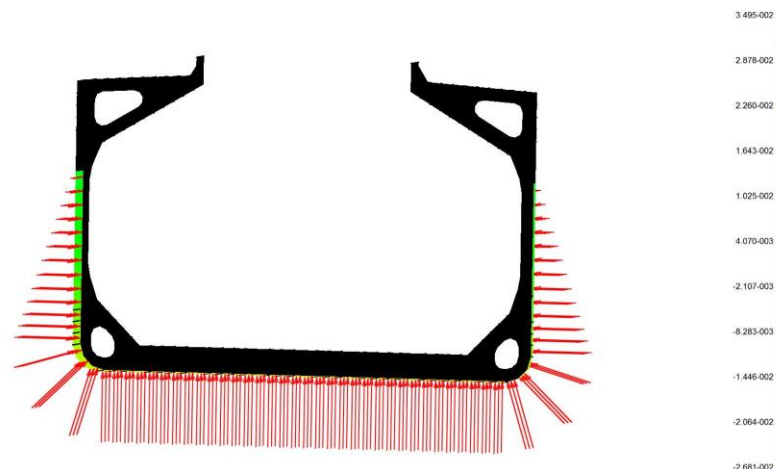
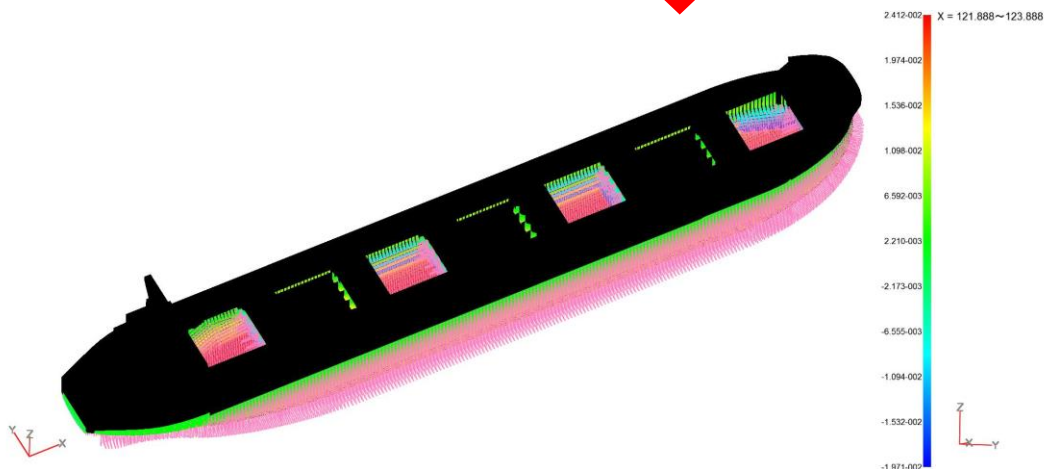
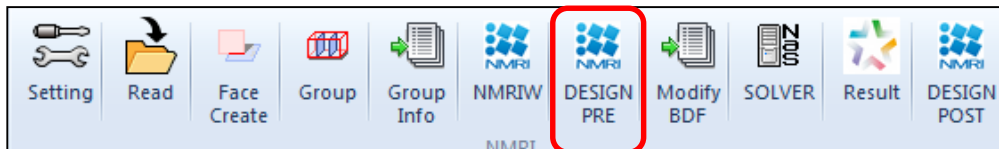
# NMRIW (Nonlinear Motion in Regular and Irregular Waves) による波浪荷重計算



- 目的：
- 船型の形状非線形性や波の非線形性（衝撃圧など）を合理的に考慮
  - 様々な波浪条件（波高,波向,波周期）での解析
  - 直接時系列解析
- 機能：簡易な入力可能なGUI（左図）  
（4社5ライセンス、1機関に販売）



# NMRI-DESIGN PRE



NMRI-DESIGNが独自に保持する荷重の法線方向確認及び修正といった各機能を維持した上でのプラットフォーム化

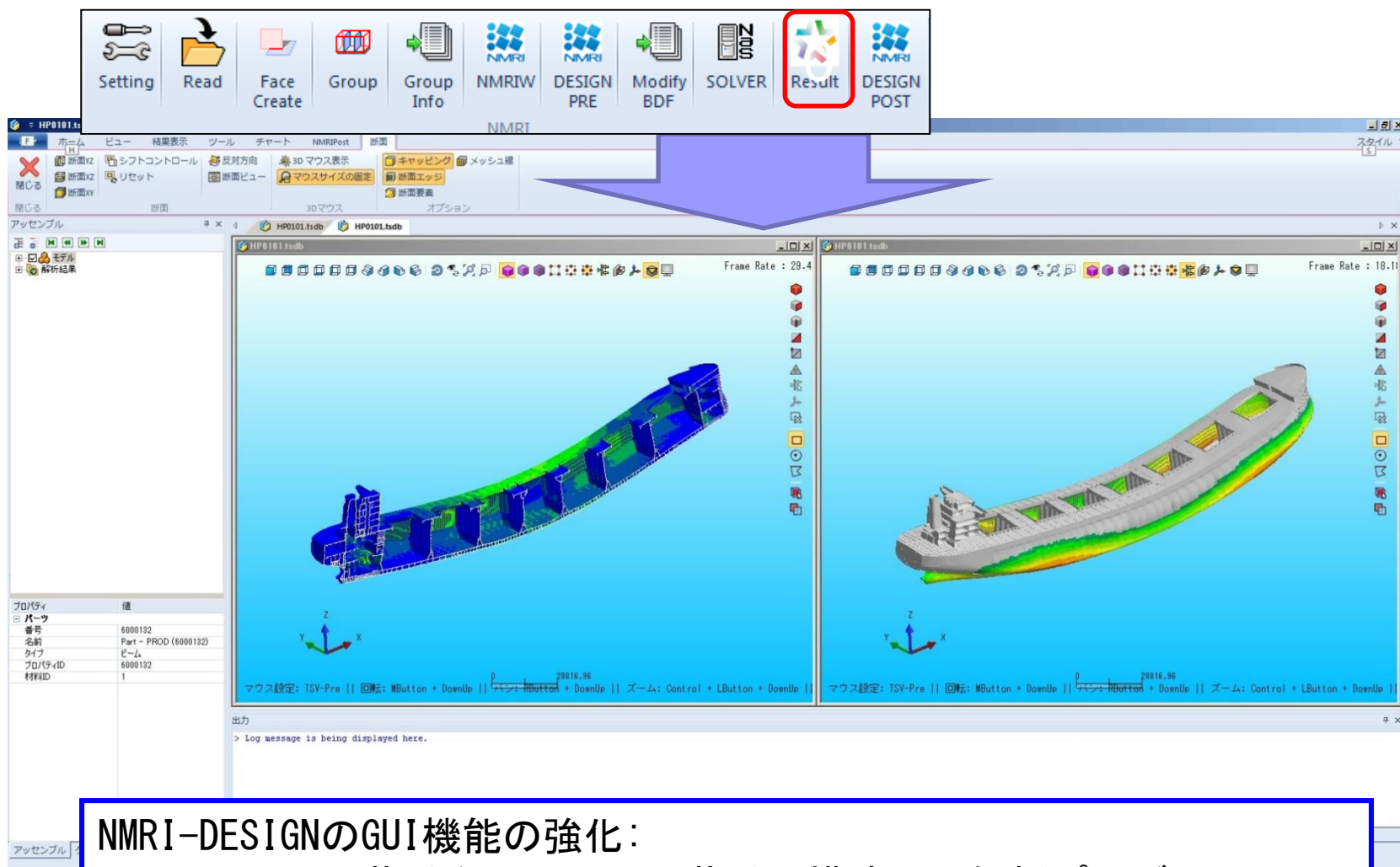
==> 従来以上に簡便かつ短時間での解析を実現

左：3D表示による負荷圧力の確認例

右：横断面における圧力分布の確認例

(ソフトウェアは造船所に販売。請負研究多数)

# NMRI-DESIGN POST

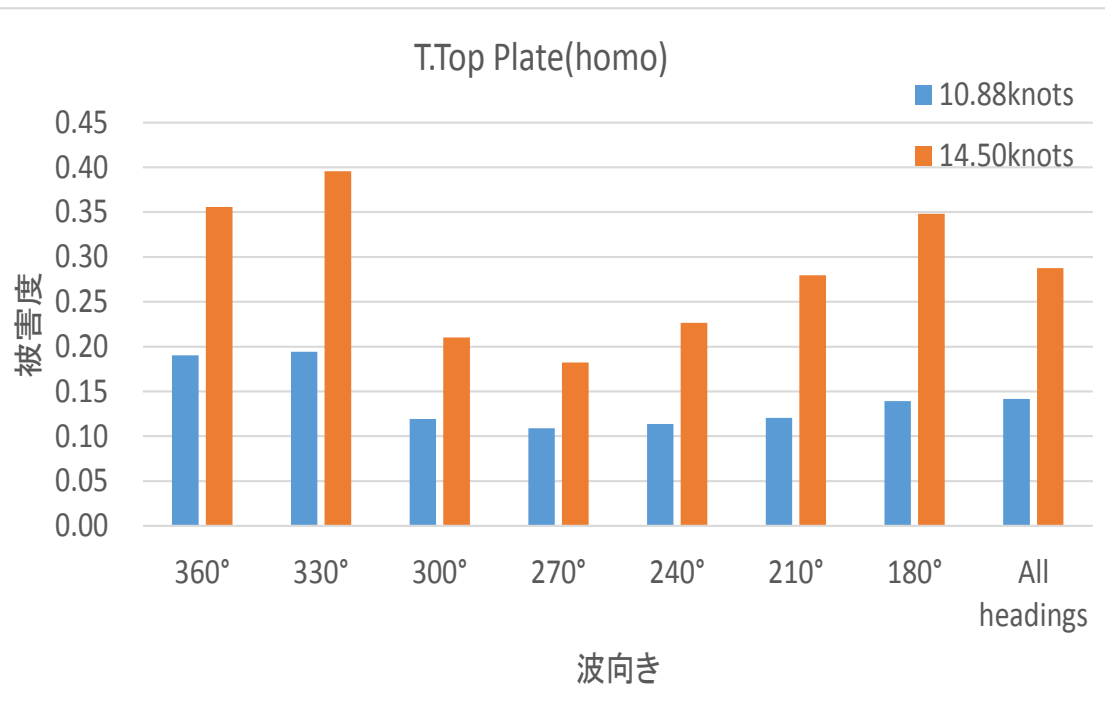
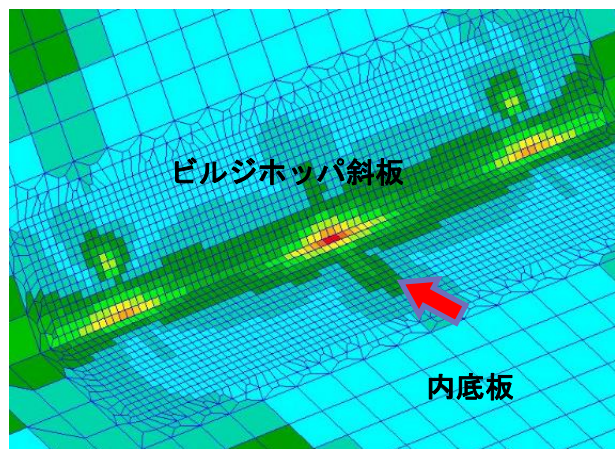
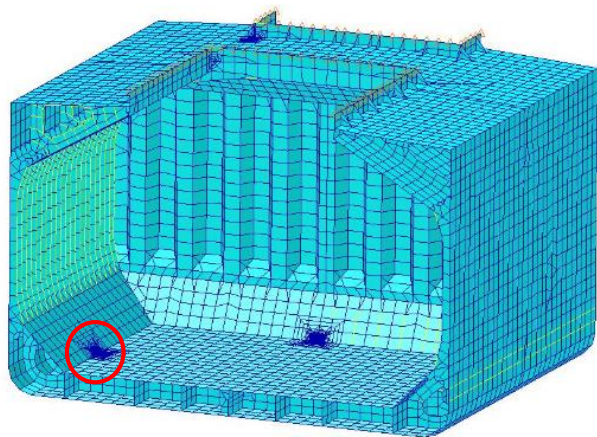


## NMRI-DESIGNのGUI機能の強化：

NMRIWによる荷重を入力とした荷重－構造－貫解析プログラム  
全船の応力表示機能等の解析結果を表示する機能の強化

これにより、後処理の表示速度が劇的に短縮  
荷重と応力のリンク表示が可能であり、アニメーションの作成も可能

# 構造強度（疲労・降伏・座屈）の評価



疲労被害度計算例  
(内底板及びビルジホッパ斜板の結合部)

実設計へ適用のための研究開発

- バルクキャリアの一貫解析による強度評価
- 一貫解析を活用した設計改善点の提案

# 全船荷重構造一貫解析のリードタイム

実績例(BC:約28万要素)

NMRIW 計算準備

1か月

- 船型情報(オフセットデータ、重量分布等の入力)

NMRI-DESIGN-PRE  
計算準備

2か月

- 全船FEモデル、個別ホールド、タンクFEモデル作成、タンク容積、積高等データ入力)

NMRIW

8時間

- 1コンディション(192ケース)あたりの計算時間

NMRI-DESIGN-PRE

6時間

- 並列計算可

繰り返し

NASTRAN

24時間

- 1ケースあたり7分

解析条件(1コンディション)

- ✓ 波高:1ケース
- ✓ 波長:16ケース
- ✓ 波向き:12ケース
- ✓ 船速:1ケース
- ✓ 積付状態:1ケース

NMRI-DESIGN-POST

36時間

- 1要素あたり30分(72要素×ケースで試算)

## 今期目指す全船荷重構造一貫解析

CFD、粒子法 による船体運動と荷重(水圧)計算

弱連成、強連成

船体を動的な非線形構造解析

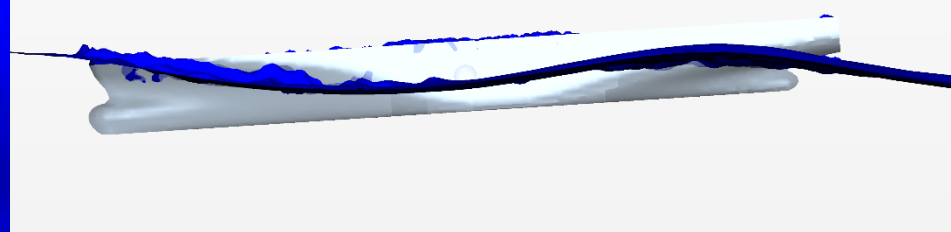
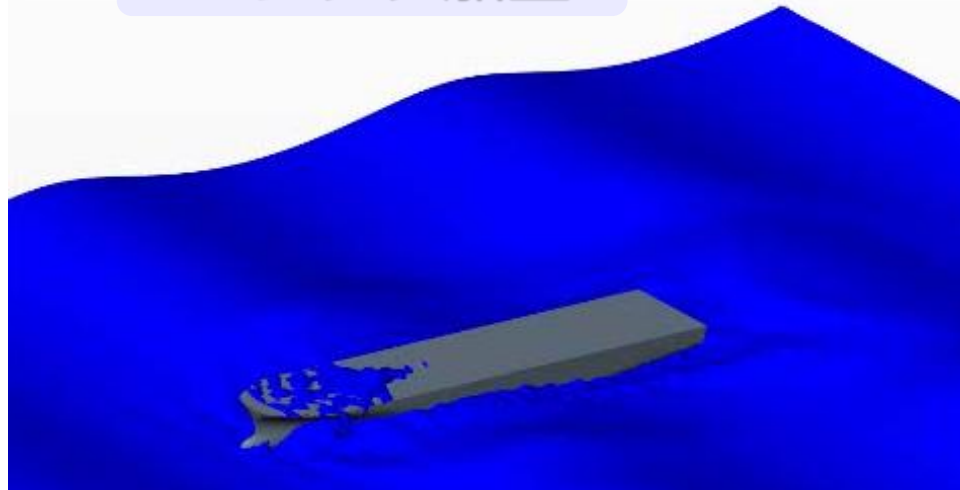
亀裂進展、最終強度、折損事故  
→規則・設計に



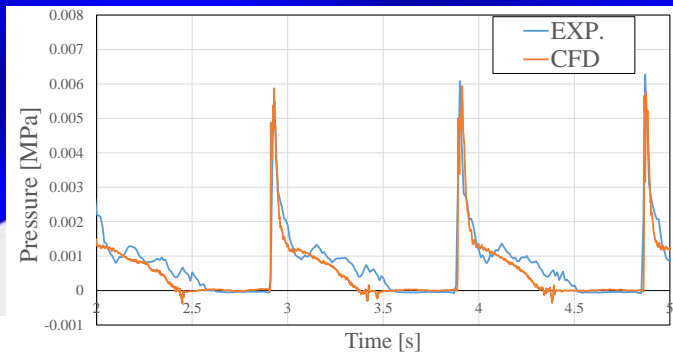
**STAR-CCM+ と LS-DYNAの連携応答シミュレーション**

(連携ソフトは海技研独自開発) 非線形荷重(スラミング、海水打ち込み)を再現  
 空気圧縮スラミングのスケール影響の評価のため大規模計算が必要

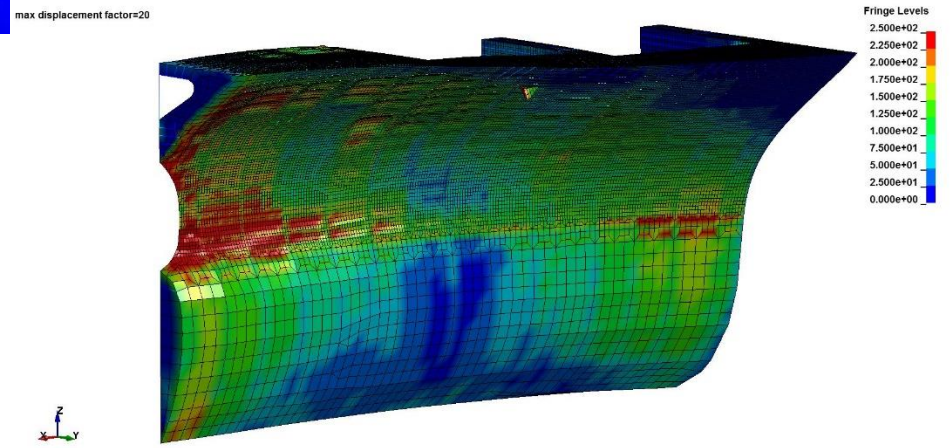
コンテナ船型



**LS-DYNA構造応答評価結果**



船首スラミング水圧



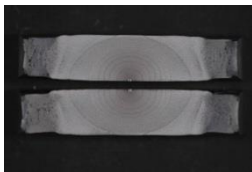
先進的な構造強度評価ツールの構築を目標

# 次期中長期研究計画（2016～）

## 重点1：先進的な船舶の荷重・構造強度評価手法に必要な評価システムの開発及び新構造基準案の作成に関する研究

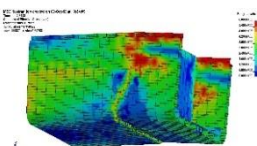
### ①最先端の構造強度評価トータルシステムの開発

#### ③最先端の疲労強度評価技術の開発



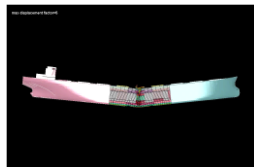
- ▶ 二軸载荷条件下の疲労き裂成長評価技術の開発
- ▶ き裂成長則の知見を統合した疲労強度評価法の開発

#### ④最先端の最終強度評価法の開発



- ▶ 極限海象下での船体弾性応答計測技術の開発
- ▶ 流体・構造連成を考慮した波浪衝撃荷重推定法の開発
- ▶ 繰り返し载荷を受ける船体桁の最終強度評価手法の開発

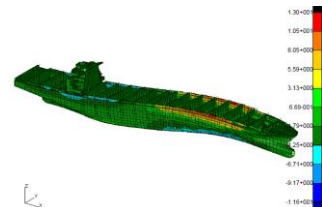
#### ⑤リスク・信頼性ベースのALS設計手法の開発



- ▶ リスク及び信頼性ベースALS設計手法の開発
- ▶ Multi-physicsを考慮した事故限界状態の構造安全性評価手法の構築

#### ②最先端の荷重解析システムの開発

##### ● 全船荷重・構造一貫解析システムの高度化



- ▶ 海象をパラメータに、荷重及び強度の短期応答を実用的な工数で解析可能
- ▶ 長期応答も評価

##### ● 直接荷重解析等用の設計海象設定手法の開発

- ▶ 最悪海象（通常海象中の最大応答）
- ▶ 極限海象



# 重点2：先進的な船舶の荷重・構造強度評価手法と連携する船体構造モニタリングシステムの開発に関する研究

- (1) 船体構造モニタリングシステムの開発
  - 1. 運航・性能モニタリングシステム等の一部として統合出来るシステム
  - 2. 安全性の観点からの減速及び変針等の操船判断の支援機能
- (2) 蓄積された実船計測データの活用

船体構造モニタリングシステム

実船計測データ活用システム

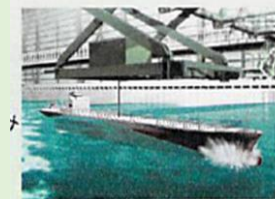
IMO/ISO基準・ガイドライン等を提案  
(普及&標準化用任意ガイドライン)

効率的な保守、管理  
及び検査の実施

構造強度評価手法、  
規則へフィードバック

海難事故防止

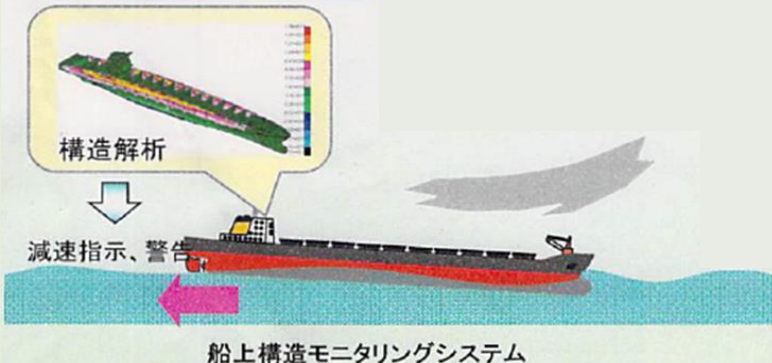
重点①-1  
構造強度評価手法



極限海象時の強度評価

疲労  
強度  
評価  
手法

組み込み  
フィードバック  
(設計海象等)



船上構造モニタリングシステム

# まとめ

◎全船モデルを用いた荷重評価、FEM計算及び構造強度評価までを一貫評価できるシステムを開発

◎自動化機能及びグラフィカルユーザインタフェース等を整備し、解析工数を大幅に削減

◎造船所での実設計への適用

## ◆研究成果の普及

- ・ NMRIWやNMRI-DESIGNプログラム販売(合計約10ライセンス)

## ◆外部連携(共同研究、受託・請負研究)

- ・ 造船所(5社以上)や官公庁(国土交通省、防衛省)
- ・ 内、3社からは数週間～3年間の海技研駐在協業