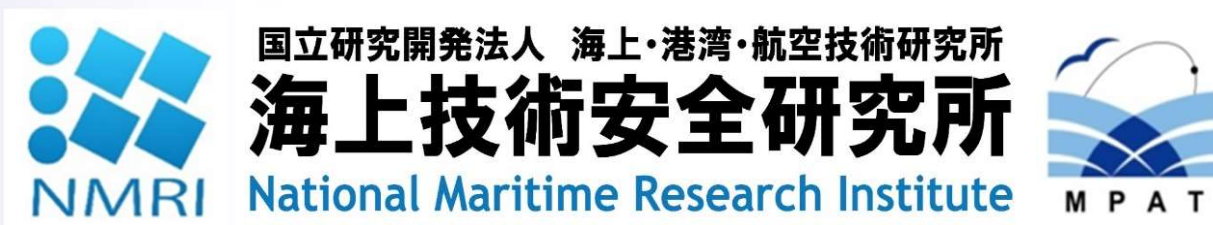


海技研DLSAセミナー2024

NMRI-DLSAシステムの概要及び 強度評価機能紹介



構造・産業システム系 村上 睦尚



本日の内容

- はじめに
- 開発の背景
- NMRI-DLSAの概要
- DLSA-Basicの機能紹介
- まとめ

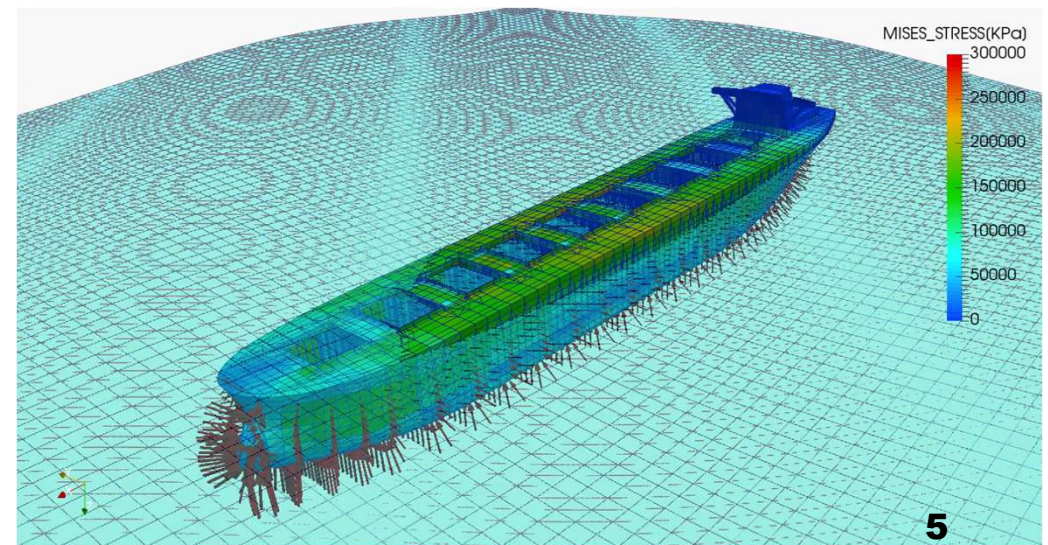
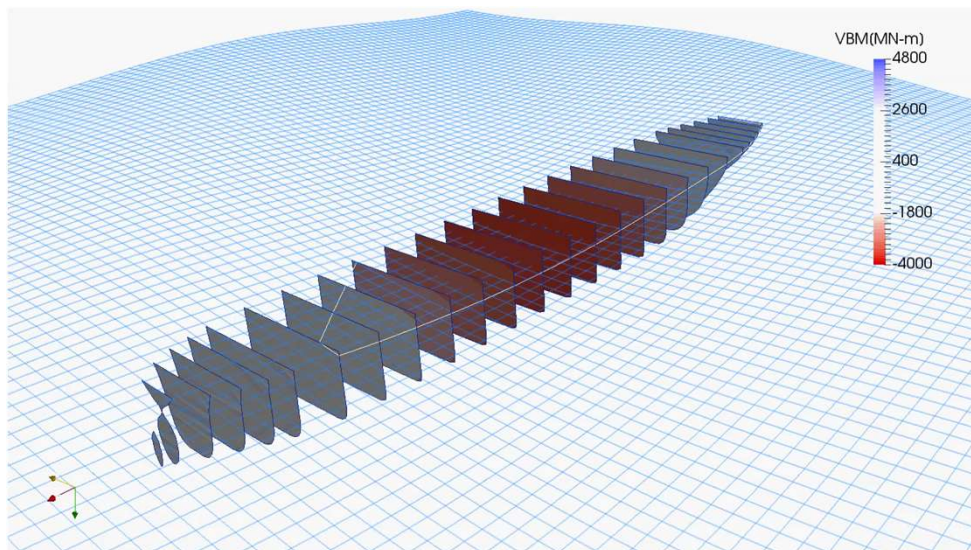
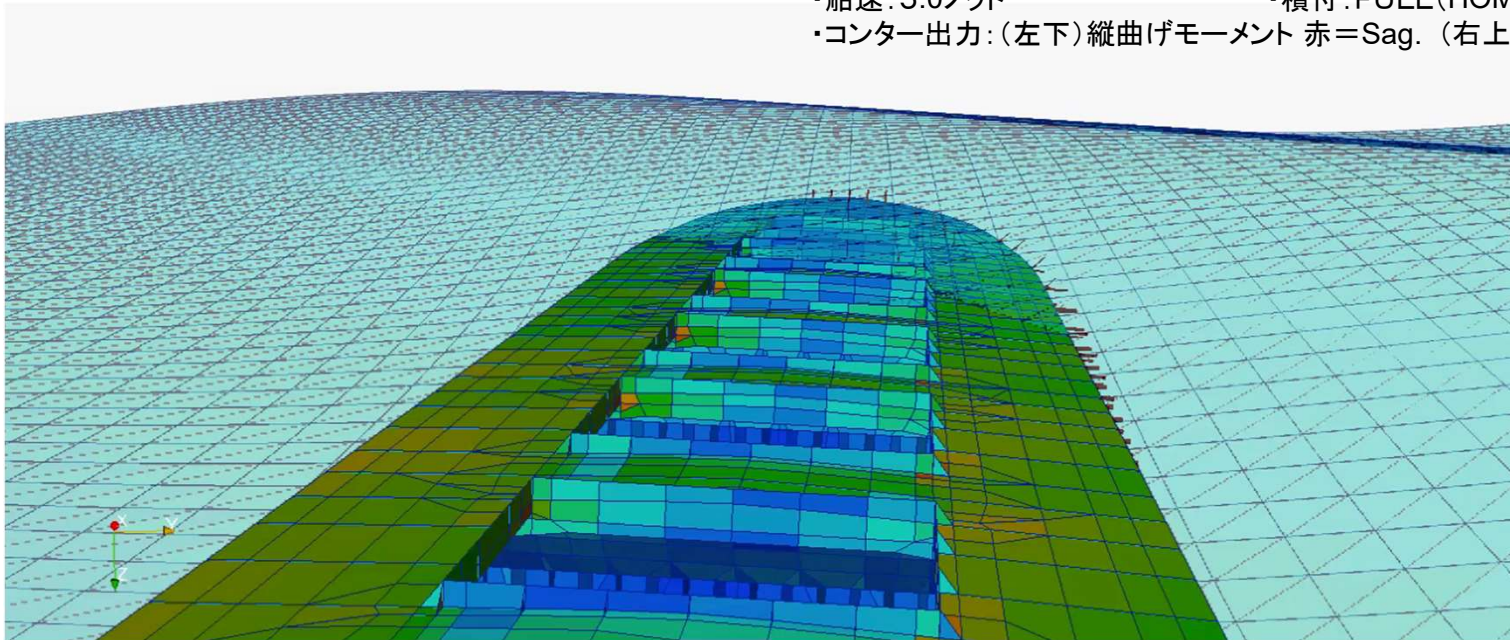
構造安全評価系 研究ビジョン2030



はじめに

DLSA-Basic 解析結果一例

- ・規則波 波向: 斜め向波(135度) ・波高: 12m
- ・船速: 5.0ノット
- ・積付: FULL(HOMO.)
- ・コンター出力: (左下)縦曲げモーメント 赤=Sag. (右上、下)ミーゼス応力





本日の内容

- はじめに
- **開発の背景**
- NMRI-DLSAの概要
- DLSA-Basicの機能紹介
- まとめ

開発背景

コンテナ船のように、船体は年々**大型化**している。これに伴い、船首及び船尾の形状が変化しており、設計段階で**予想できない荷重が船体に作用する**可能性がある。

海上構造物の用途に応じて開発されるPSVなどの特殊船は、一般商船と比べて**特殊な船体形状**を有している。このため、**想定外の荷重が船体に作用する**可能性がある。

新形式船であっても、安全を確保するため、船体構造強度は設計段階で正確に評価される必要がある。



(<http://www.marineinsight.com/know-more/10-worlds-biggest-container-ships-2017/>)



(http://img.nauticexpo.com/images_ne/photo-g/32363-4147327.jpg)

開発背景

【船体構造強度評価手法】鋼船規則の適用

鋼船規則が採用している手法と算式は、過去の船舶のデータに基づいている。このため、近年の船体構造に鋼船規則を適用しても、構造強度が正確に評価されない(差がわからない)可能性がある。

船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

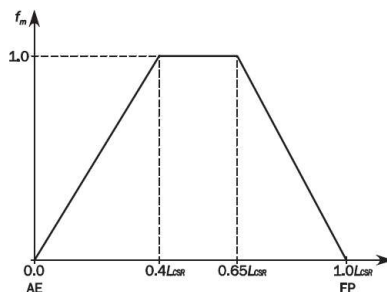
(部分的)構造解析

船体構造強度評価

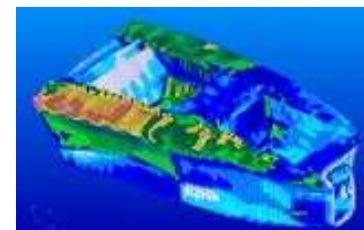
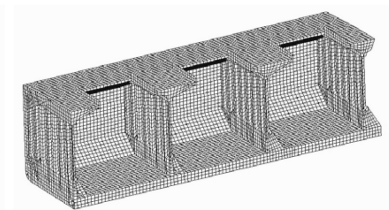
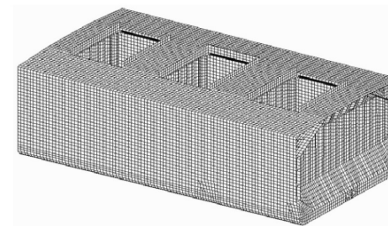
- 構造強度にとって重大な波浪条件及び積付条件の特定
- 算式ベースの波浪荷重の計算

$$(hogging) \quad M = 0.19 f_h f_m f_p C L_{CSR}^2 B C_B$$

$$(sagging) \quad M = -0.19 f_s f_m f_p C L_{CSR}^2 B C_B$$



3ホールドモデルのように、船体構造の一部を解析する。



(https://www.classnk.or.jp/hp/en/hp_news.aspx?id=102&type=press_release&layout=5)

開発背景

【船体構造強度評価手法】全船直接荷重・構造一貫解析

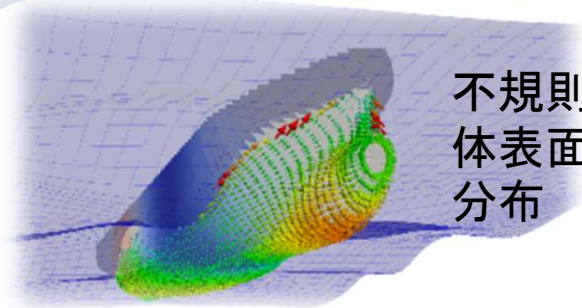
より精度の高い解析が可能
新形式船型にも対応可能

船体形状データ
波浪条件
積付条件

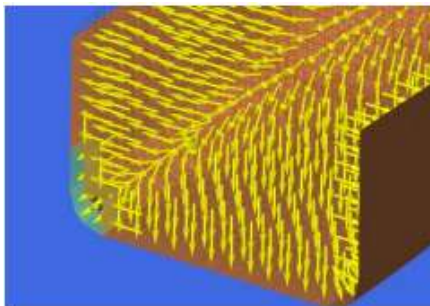
波浪中船体運動及
び荷重解析

全船構造解析

船体構造強度評価

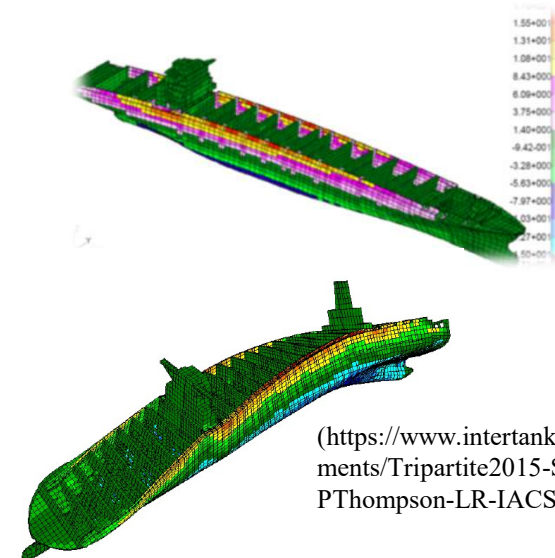


不規則波中における船
体表面に作用する圧力
分布



コンテナ船の貨物倉
内部に作用する荷重

全船における応力分布



(<https://www.intertanko.com/Documents/Tripartite2015-Session4d2-PThompson-LR-IACS.pdf>)

開発背景

【船体構造強度評価手法】全船直接荷重・構造一貫解析

船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

全船構造解析

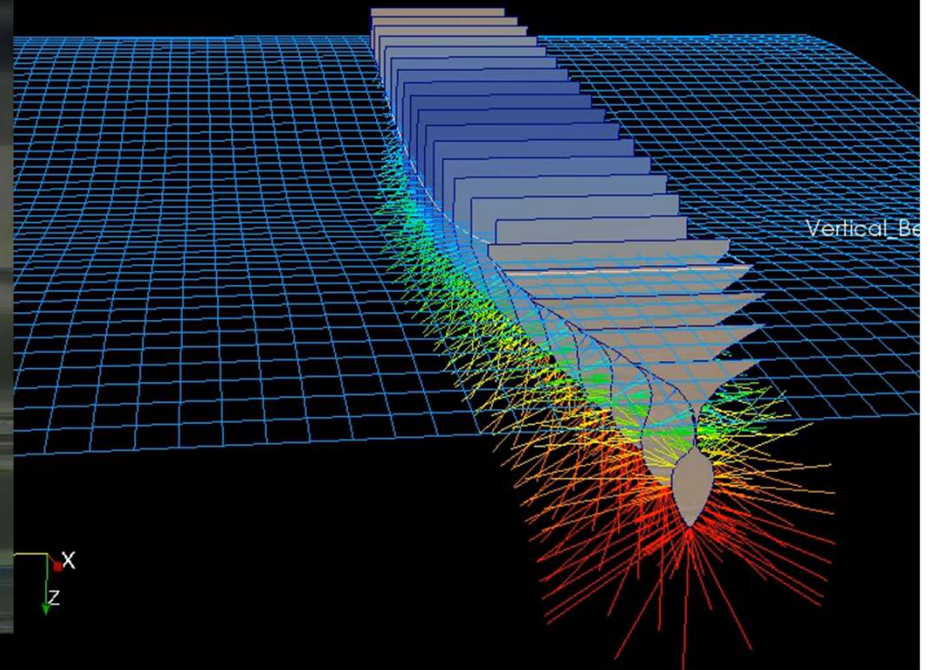
船体構造強度評価

実験



数値解析

$F_n=0.179$
 $\alpha_i=180\text{deg}$
 $w=10\text{m}$
 $w/L=0.8$



開発背景

【船体構造強度評価手法】全船直接荷重・構造一貫解析

より精度の高い解析が可能
新形式船型にも対応可能

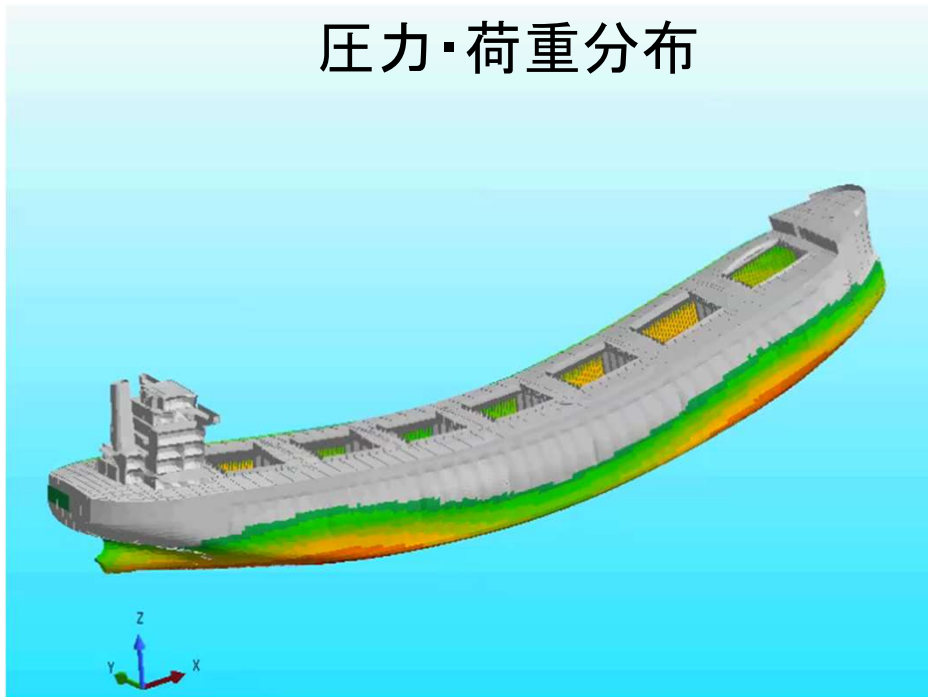
船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

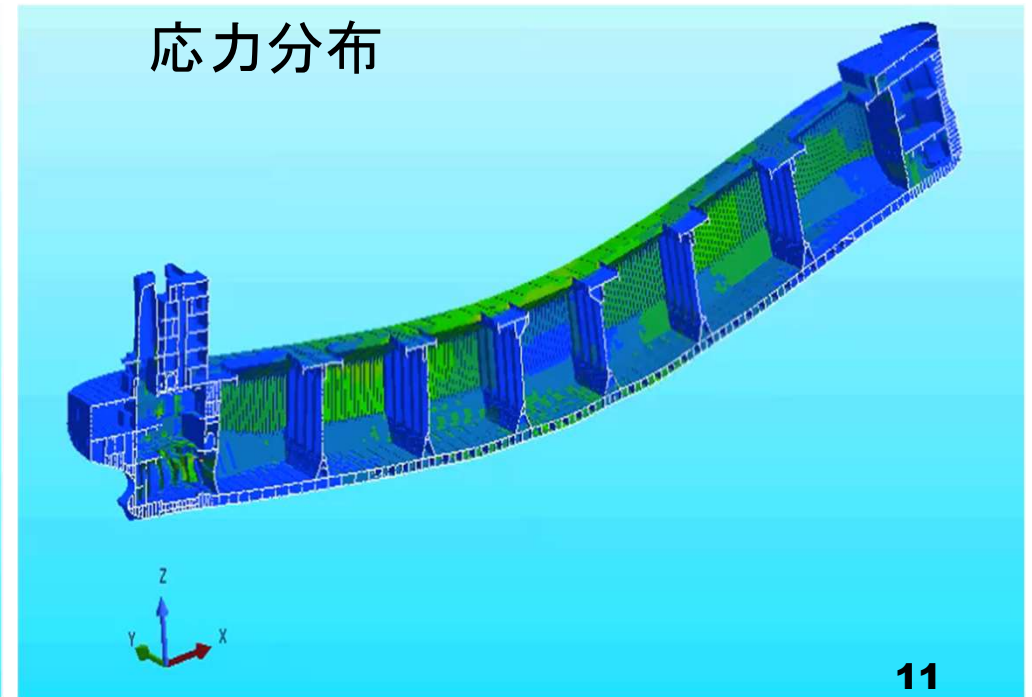
全船構造解析

船体構造強度評価

圧力・荷重分布



応力分布



開発背景

【船体構造強度評価手法】全船直接荷重・構造一貫解析

より精度の高い解析が可能
新形式船型にも対応可能

船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

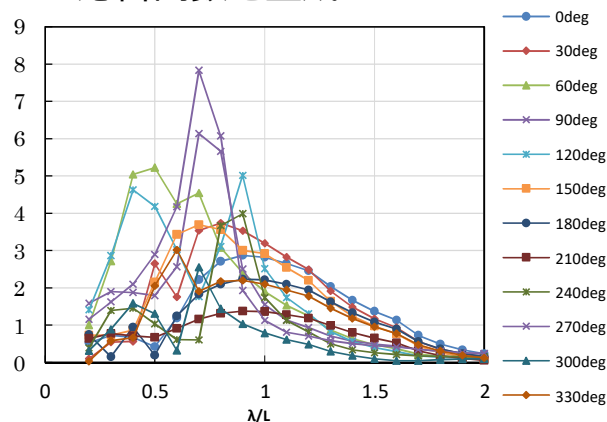
全船構造解析

船体構造強度評価

要素応力

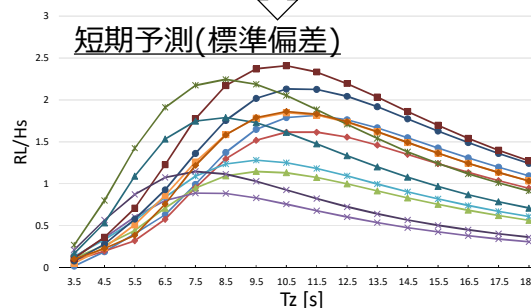
降伏/座屈/疲労
/最終強度評価

構造解析結果から
応答関数を生成



波スペクトル・波浪発現頻度表
・ IACS Rec.34(北大西洋)
or ・ ユーザ定義(任意設定)

短期予測(標準偏差)



長期予測(超過確率分布)



開発背景

全船直接荷重・構造一貫解析の従来・現状

従来、複数の設計者が分担して直接荷重・構造一貫解析を実行しているため、迅速に船体構造強度を評価することができない。

船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

全船構造解析

船体構造強度評価



・出来ない
・3ヶ月～

1人目の設計者が実行

2人目の設計者が実行

複数の設計者が実行

計算条件の伝達

計算条件の伝達

NMRI-DLSAの目的・目標の実現

全船直接荷重・構造一貫解析



単独の設計者が実行できる直接荷重・構造一貫解析システムを開発すれば、

- ◎設計における船体構造強度評価の高速化が見込まれる。
- ◎設計者は船体構造強度評価に関する知見を従来以上に得ることができる。

NMRI-DLSAの目的・目標の実現

システムの開発:

- 全船モデルを対象に運動、波浪荷重、構造解析、強度評価をシームレスに実行できる
- 設計に適用可能な時数を実現する

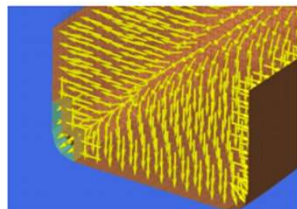
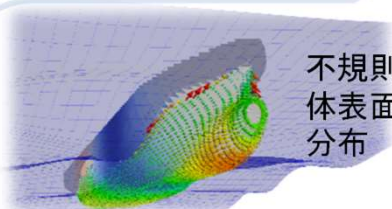
船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

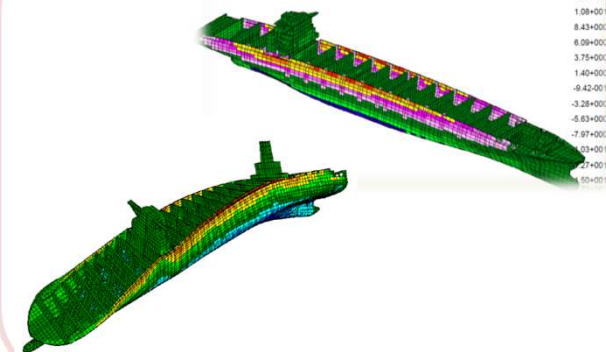
全船構造解析

船体構造強度評価

(一人でも出来る)



全船における応力分布



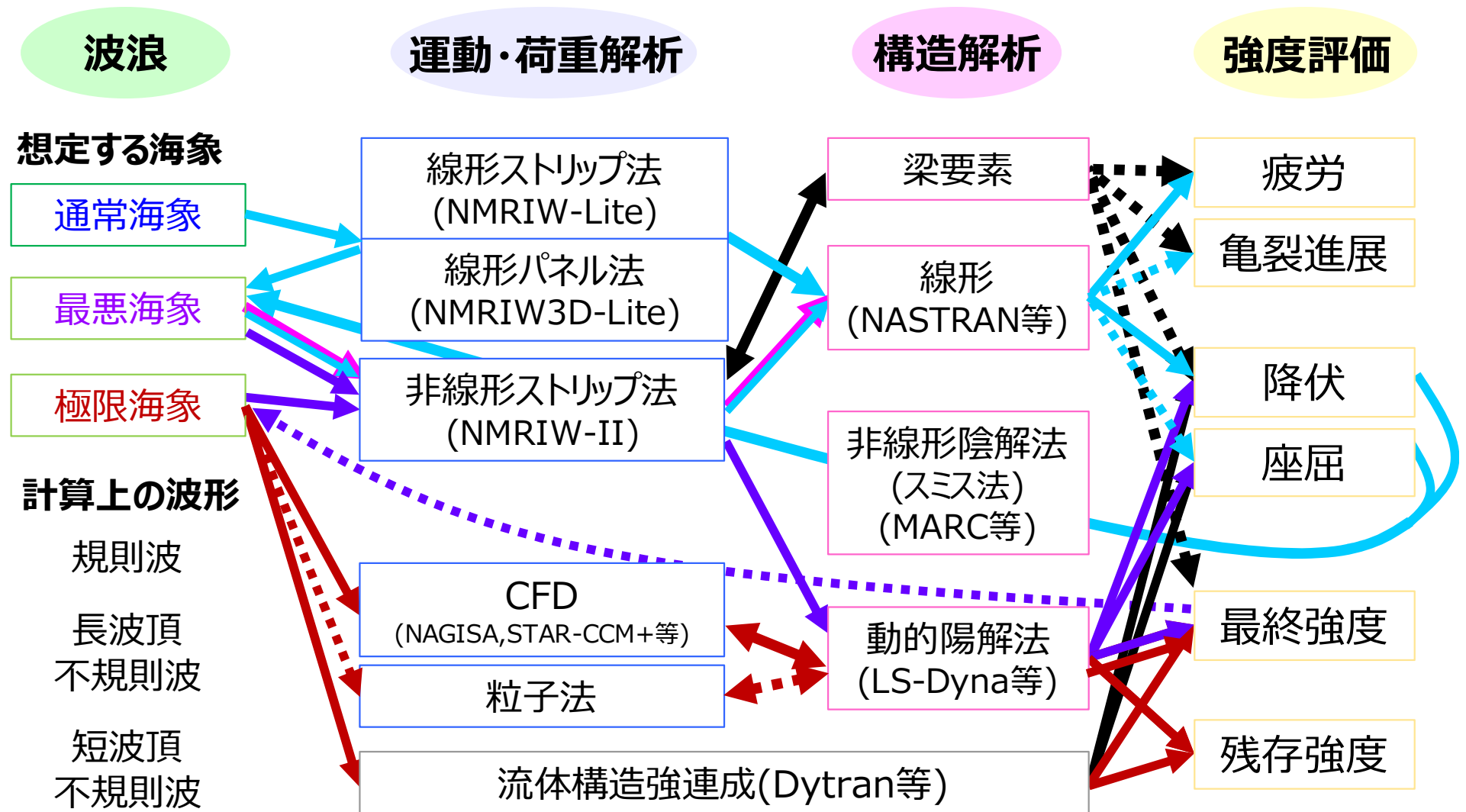


本日の内容

- はじめに
- 開発背景
- **NMRI-DLSAの概要**
- DLSA-Basicの機能紹介
- まとめ

NMRI-DLSAの概要

- ・大型船型、新形式船型の設計における**標準プログラム化**を目指す



DLSA-Basic

計算コスト



NMRI-DLSAの適用海象例

(例) 北大西洋の波浪発現頻度表

		wave period (sec)														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
significant wave height (m)	5 - 6	999.1	2085.5	1540.8	556.9	122.6	19.1	2.3	0.2	0.0						5430
	6 - 7	584.0	6332.1	8225.3	4871.2	1655.5	378.7	65.2	9.2	1.1	0.1	0.0				23197
	7 - 8	503.1	3618.4	7751.9	7078.1	3505.5	1114.6	256.4	46.5	7.1	1.0	0.1	0.0			23894
	8 - 9	138.2	1550.9	4825.4	6069.0	3964.9	1603.8	455.4	99.4	17.8	2.8	0.4	0.1	0.0		18730
	9 - 10	36.2	584.2	2457.8	4000.7	3265.4	1602.5	538.6	136.3	27.8	4.8	0.7	0.1	0.0		12655
	10 - 11	0.1	9.2	202.8	1101.5	2229.5	2196.9	1269.9	492.5	141.3	32.3	6.2	1.0	0.2	0.0	7683
	11 - 12	0.0	2.3	66.3	449.5	1099.8	1277.1	851.9	374.5	120.0	30.2	6.3	1.1	0.2	0.0	4279
	12 - 13	0.6	20.6	170.3	492.9	662.3	502.0	247.0	87.4	24.0	5.4					
	13 - 14	0.1	6.2	60.6	204.1	312.8	266.1	145.0	56.2	16.8	4.1					
	14 - 15	0.0	1.8	20.5	79.0	136.4	129.0	77.2	32.5	10.5	2.7					
	15 - 16	0.0	0.5	6.6	28.8	55.5	57.8	37.7	17.2	5.9	1.7					
	16	0.1	0.1	2.0	9.9	21.2	24.2	17.1	8.4	3.1	0.9					
	12 - 13	0.0	0.6	3.3	7.7	9.5	7.3	3.8	1.5	0.5						
	13 - 14	0.0	0.2	1.0	2.6	3.5	2.9	1.6	0.7	0.2	0.1	0.0				13
	14 - 15		0.1	0.3	0.9	1.2	1.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0				5
	15 - 16		0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0					2
	16				0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0					1
		14469	26613	26724	17188	7835	2721	761	179	37	7	1	0			100000

通常海象

↓
DLSA-Basic

↓
最悪海象、設計規則波

最悪海象

↓
DLSA-Basic W
DLSA-Professional



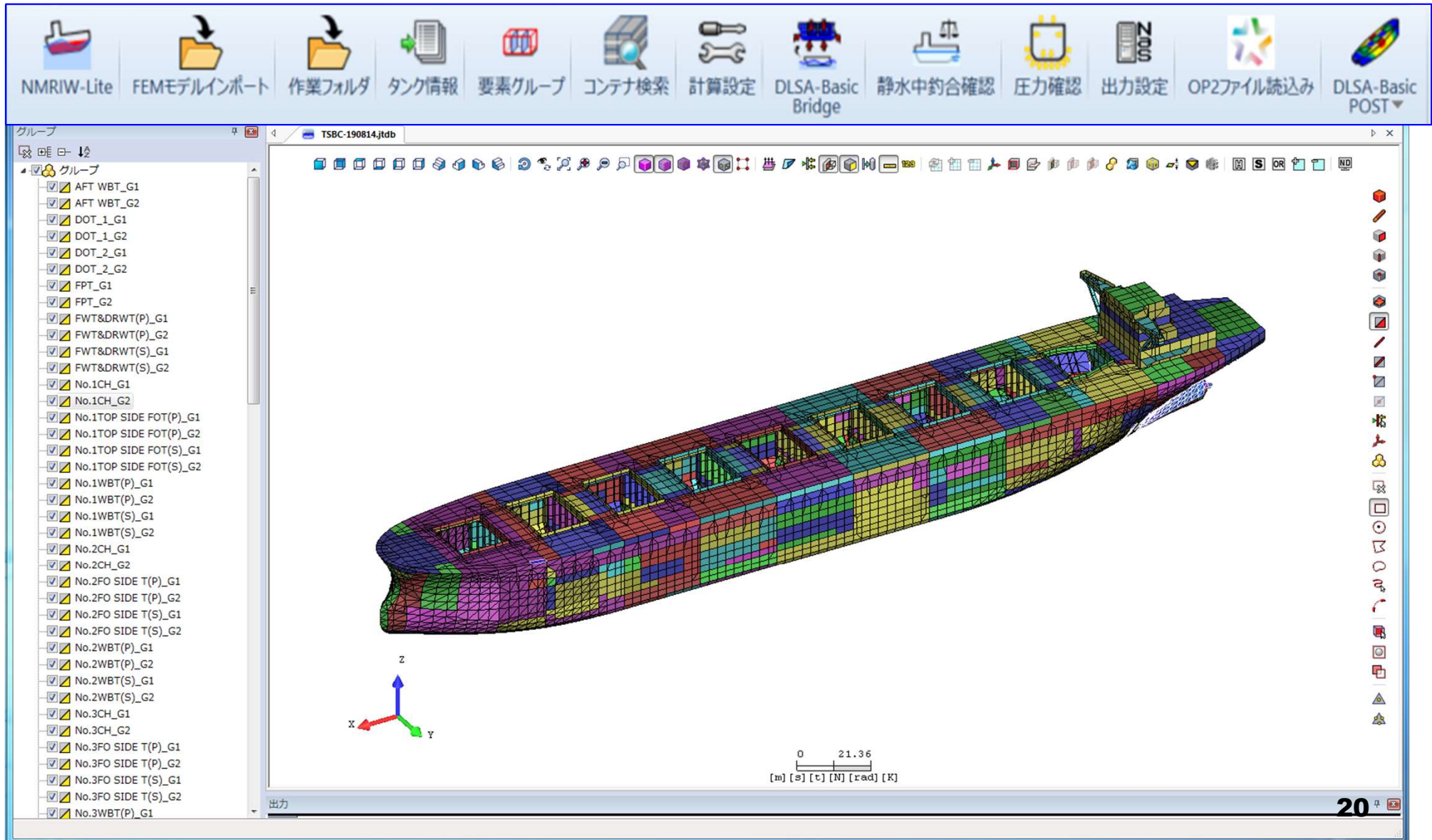
極限海象

↓
DLSA-Professional

※ 船体構造が最終強度に達するような海象を極限海象とする。

DLSAのプラットフォーム

- ・テクノスターJupiterの標準機能の一部に加え、新規開発機能を付与
→ 一貫解析をシームレスに行えるプラットフォームを用意、解析手順を提示





本日の内容

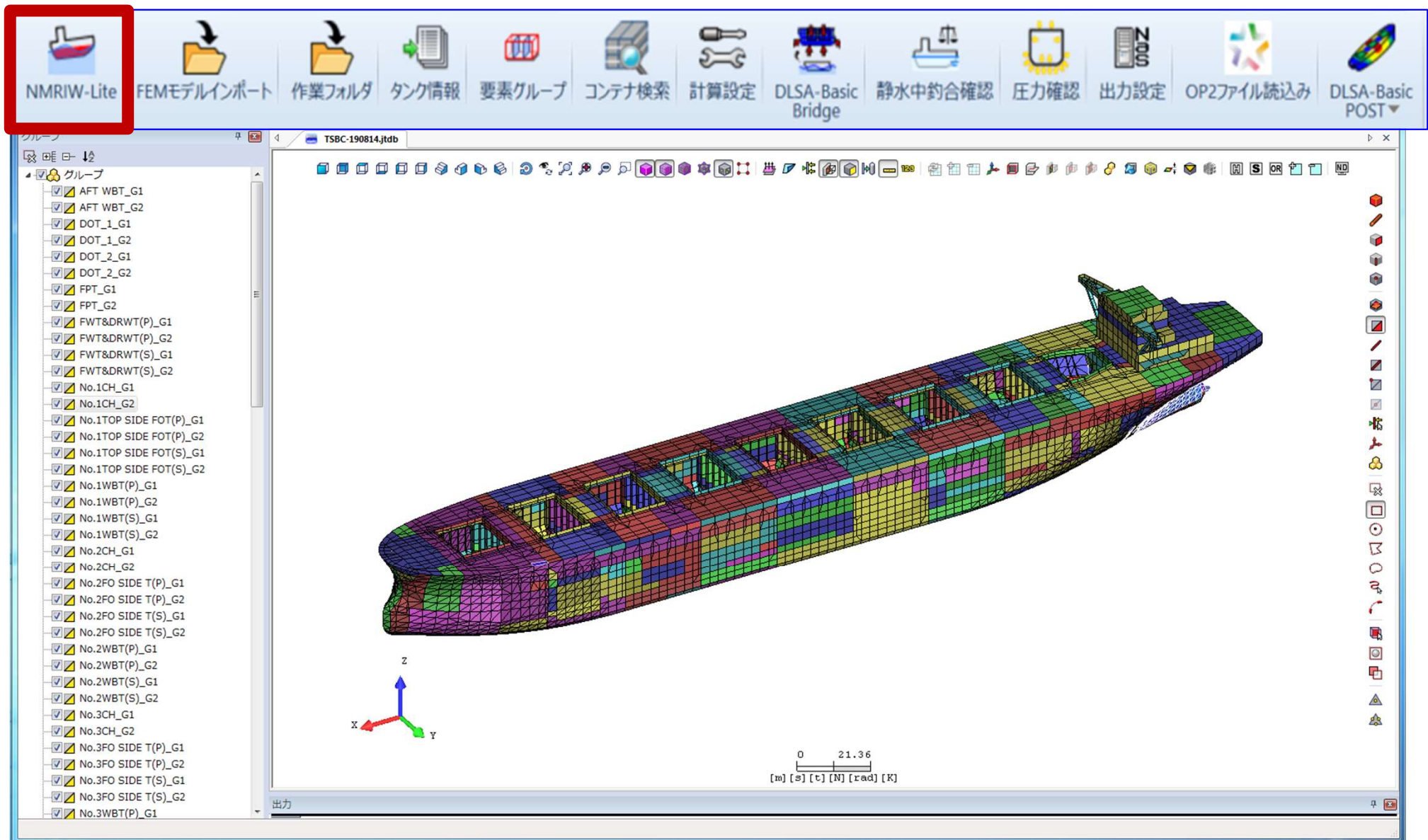
- はじめに
- 開発背景
- NMRI-DLSAの概要
- **DLSA-Basicの機能紹介**
- まとめ

DLSA-Basic

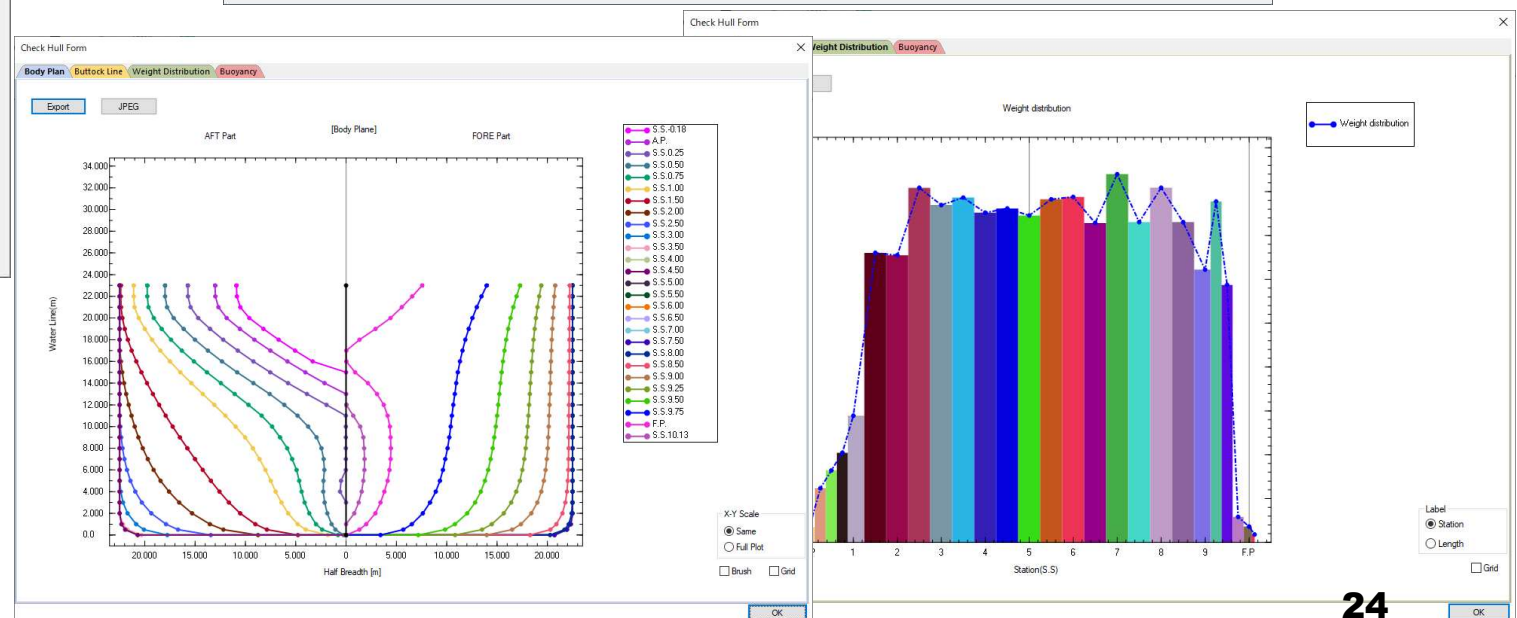
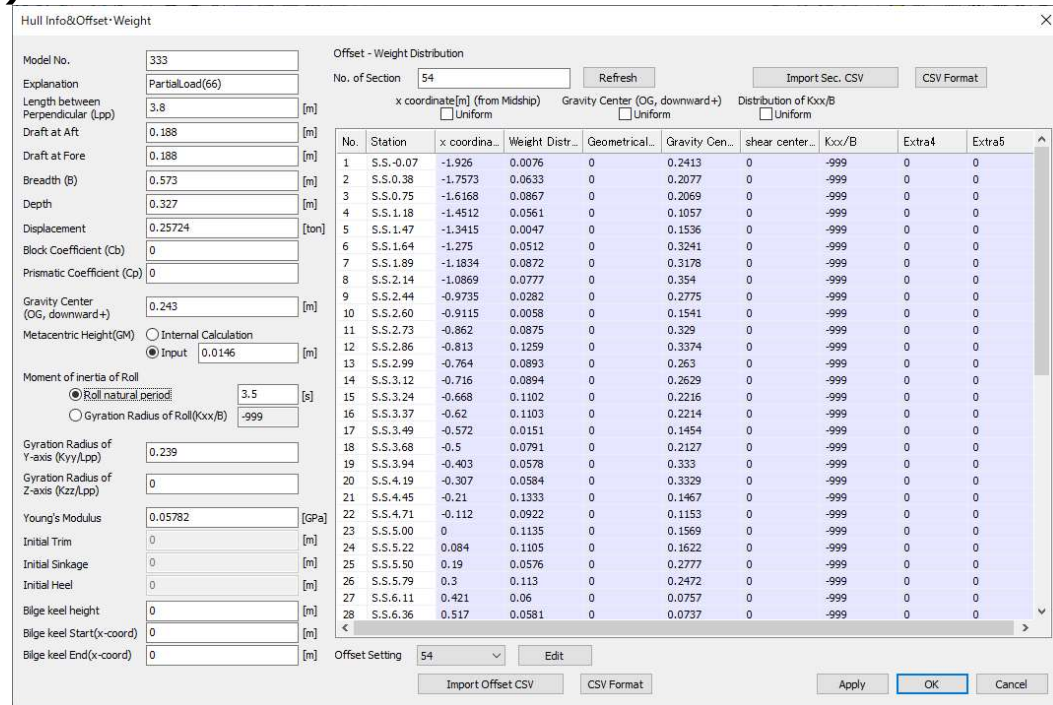
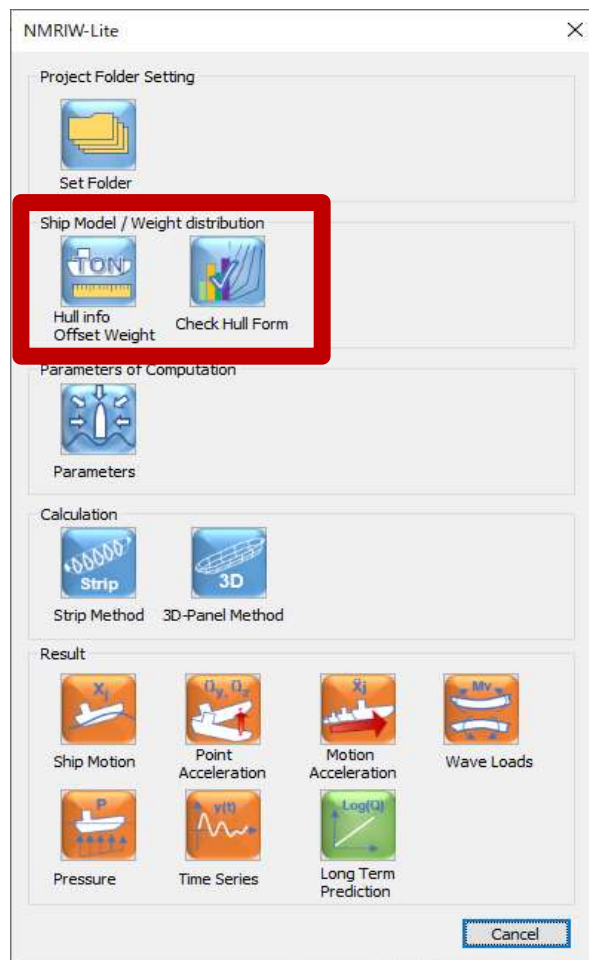
計算コスト



DLSA-Basic 運動・荷重解析



入力情報（船体情報）

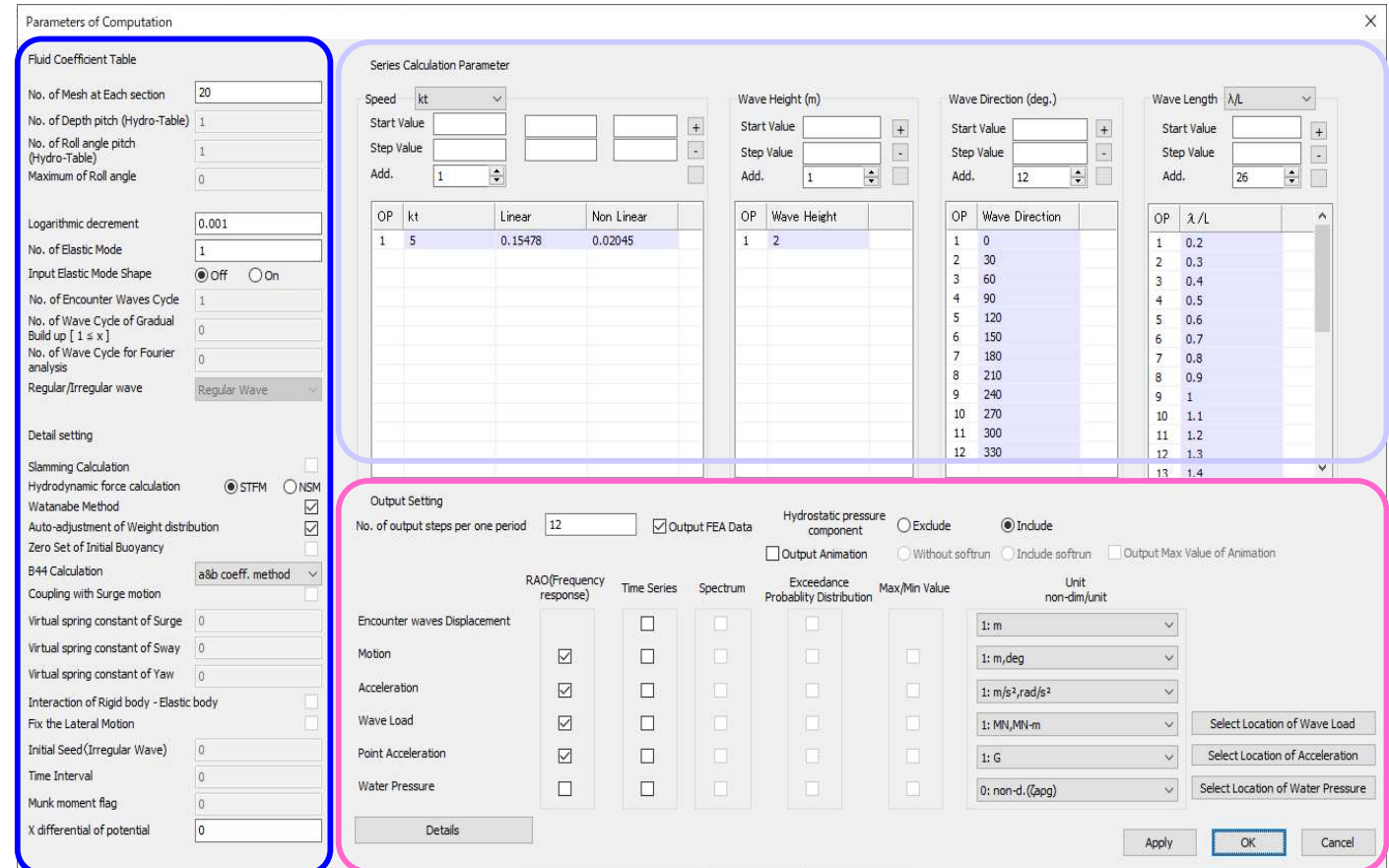
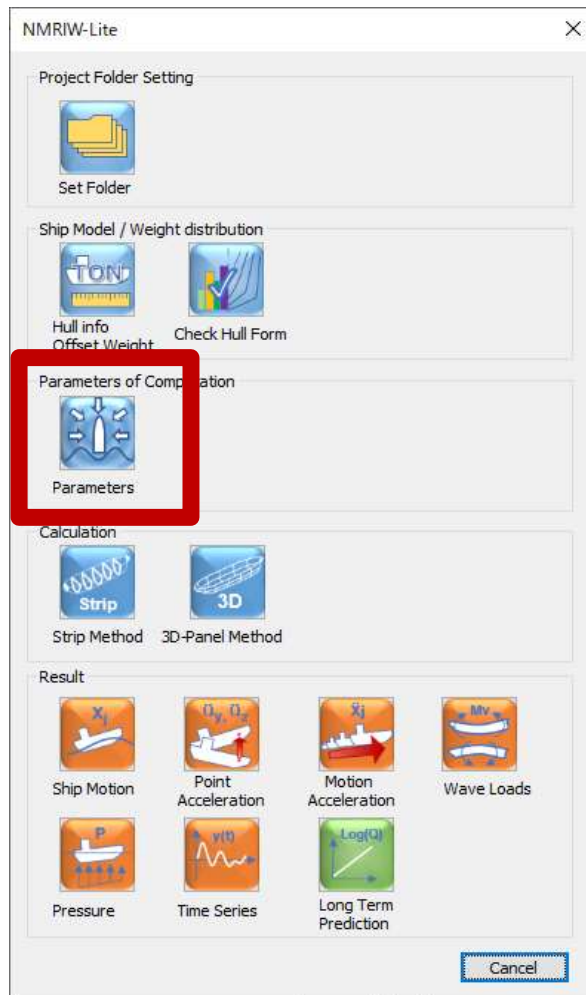


主要目、オフセット、重量分布など

入力情報（船速、波条件、出力条件など）

計算条件（メッシュ数など）

船速、波条件



出力項目（応答関数、アニメーションなど）

線形ストリップ法 NMRIW – Lite

- ・計算速度が速い（1ケース1秒以内）
- ・ロバストで計算が発散しにくい
- ・歴史が長く実績がある
- ・2次元で近似しているため3次元影響の強く出る条件(長波長)や場所(船首尾付近)で誤差が生じる

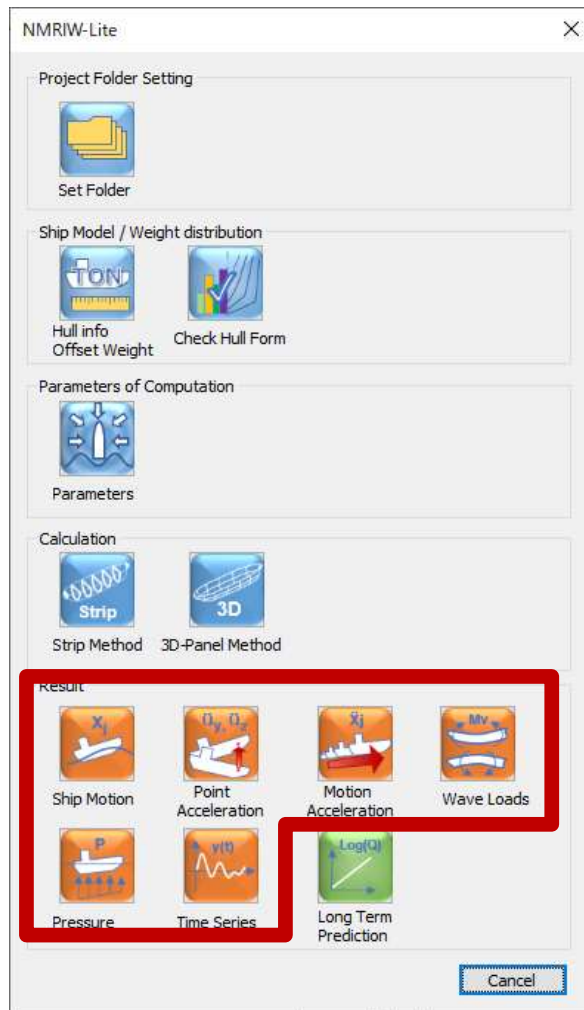
線形パネル法 NMRIW3D – Lite

- ・3次元影響が正しく考慮され、精度がよい
- ・計算速度は中程度（1ケース5秒程度）
- ・船速が速い条件では精度が低下する

**入出力ファイルは共通、
GUIでは押すボタンを変えるだけ**



出力情報



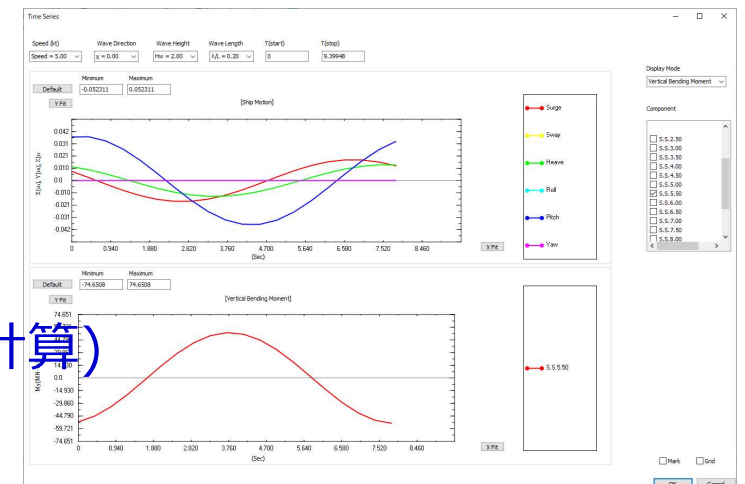
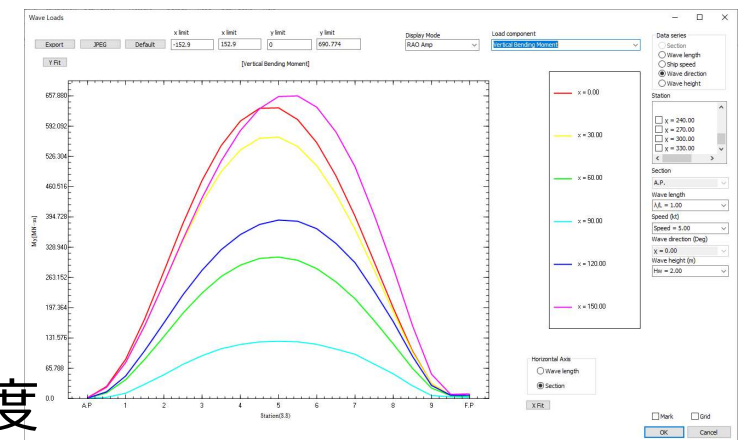
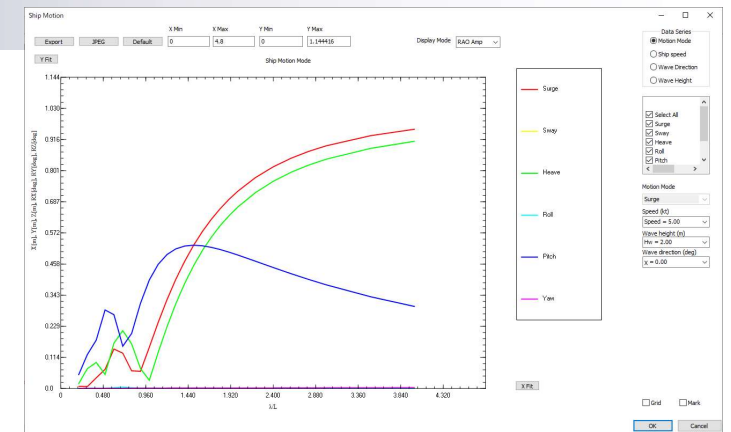
- 6自由度運動 + 弾性運動
- 運動加速度
- ハルガード断面力分布

ト軸力
ト水平せん断力
ト垂直せん断力
ト水平曲げモーメント
ト垂直曲げモーメント
ト捩りモーメント

- 任意箇所の上・下・左右加速度
- 水圧（任意箇所、成分毎出力可）
- 流体力

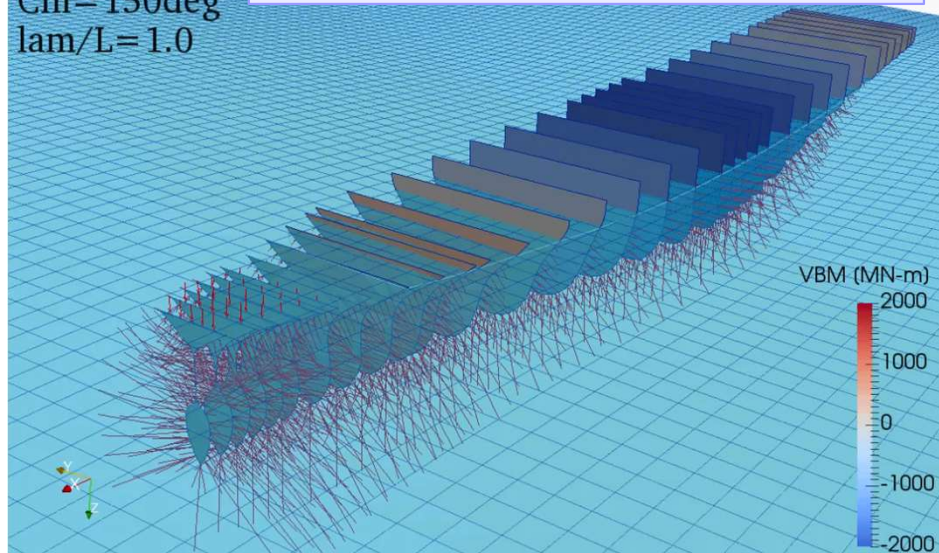
<出力形式>

- 応答関数
- 模擬時系列(振幅と位相から計算)
- アニメーション



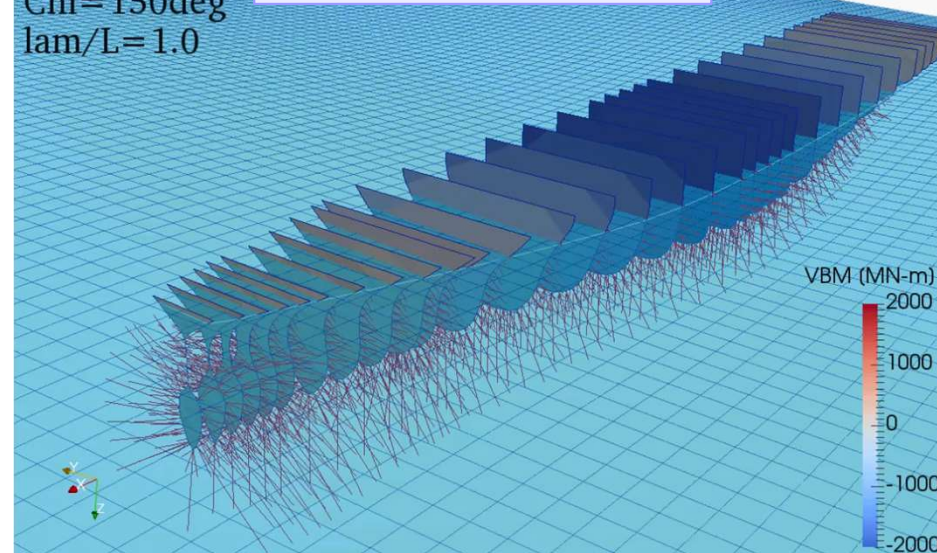
Hw=6m
Fn=0.179
Chi=150deg
lam/L=1.0

線形ストリップ法 (旧NMRIW-Lite→改名SPREME)



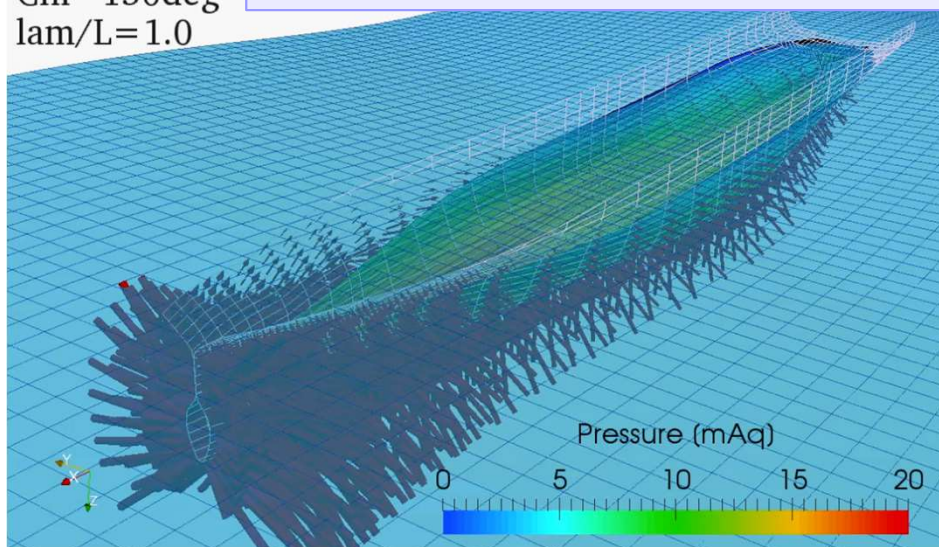
Hw=6m
Fn=0.179
Chi=150deg
lam/L=1.0

非線形ストリップ法 (NMRIW-II)



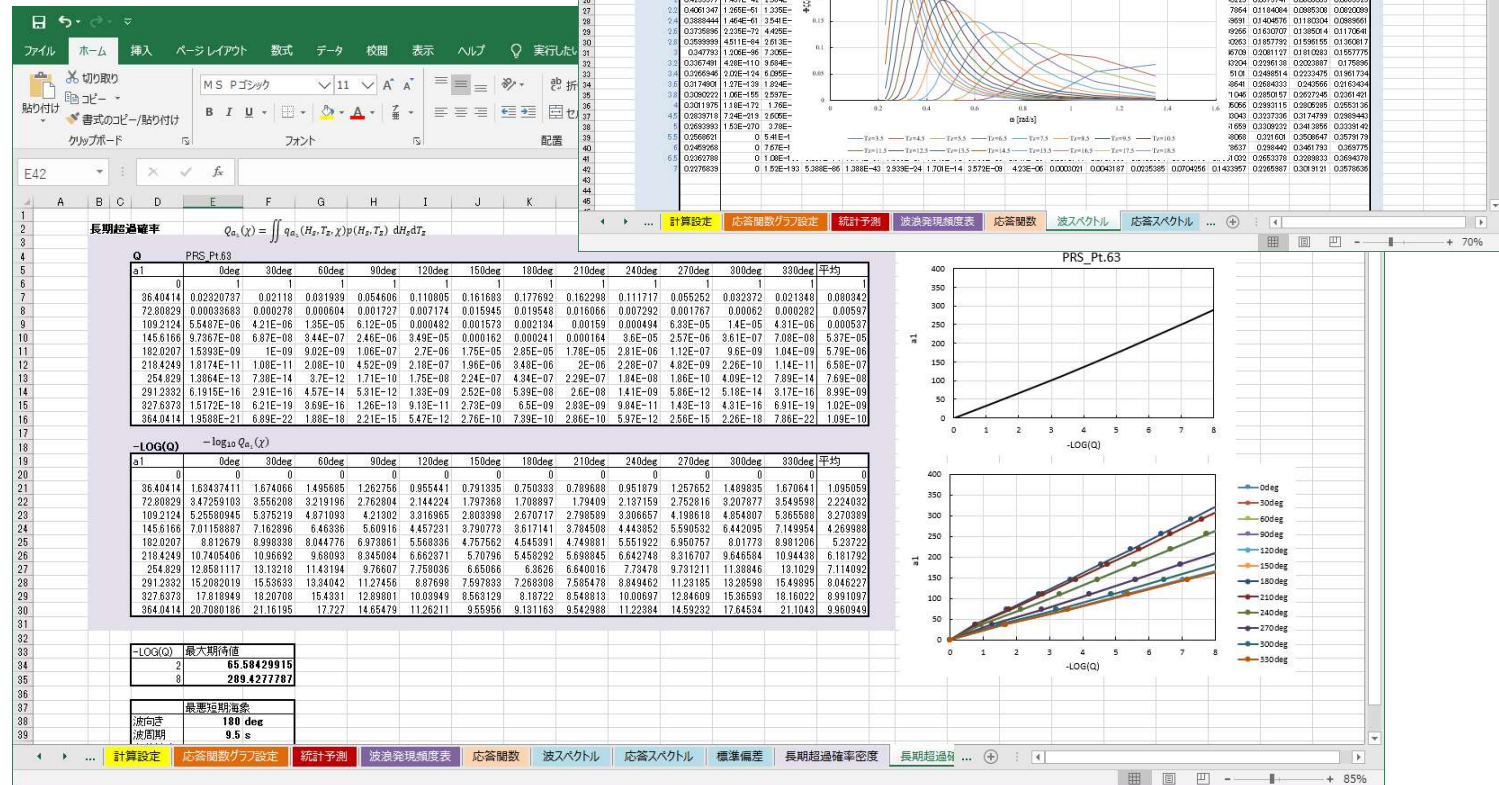
Hw=6m
Fn=0.179
Chi=150deg
lam/L=1.0

線形 3Dパネル法 (NMRIW3D-Lite →改名SPREME)



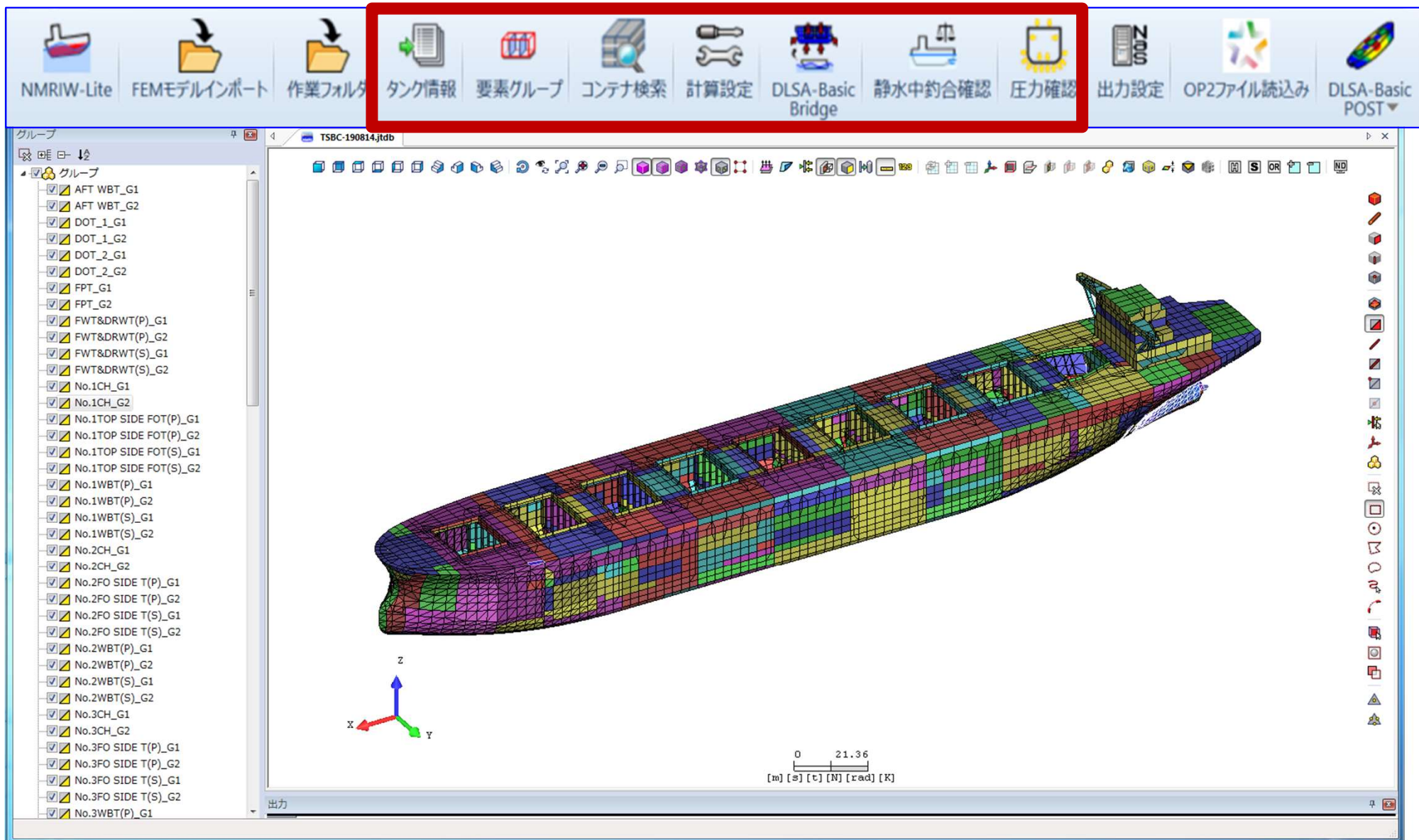
線形構造解析

統計予測機能 (DLP-Prediction)

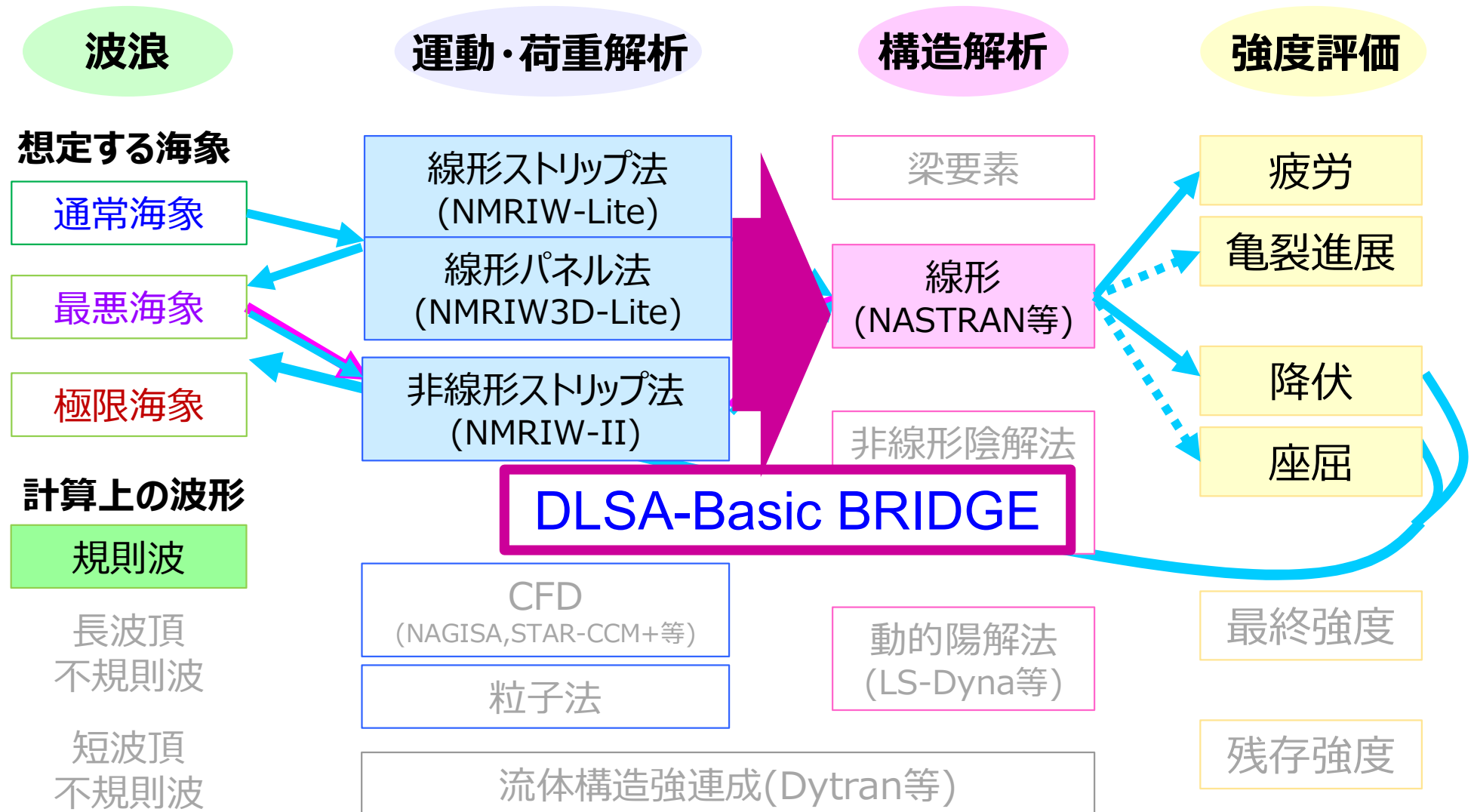


- ・波浪中応答の短期・長期予測
- ・最悪海象の特定、等価設計波条件の抽出

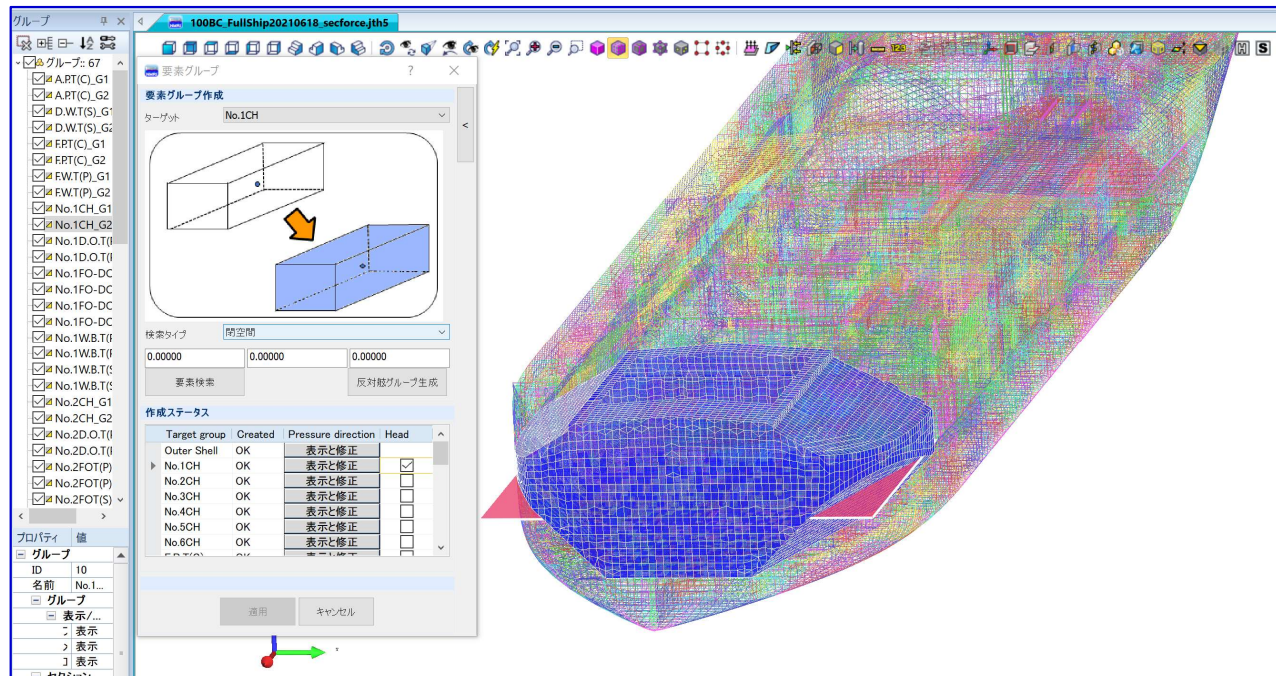
DLSA-Basic 構造解析



荷重を構造解析の入力として受け渡し



入力情報 - 外板・ホールド等の内外力を受ける要素

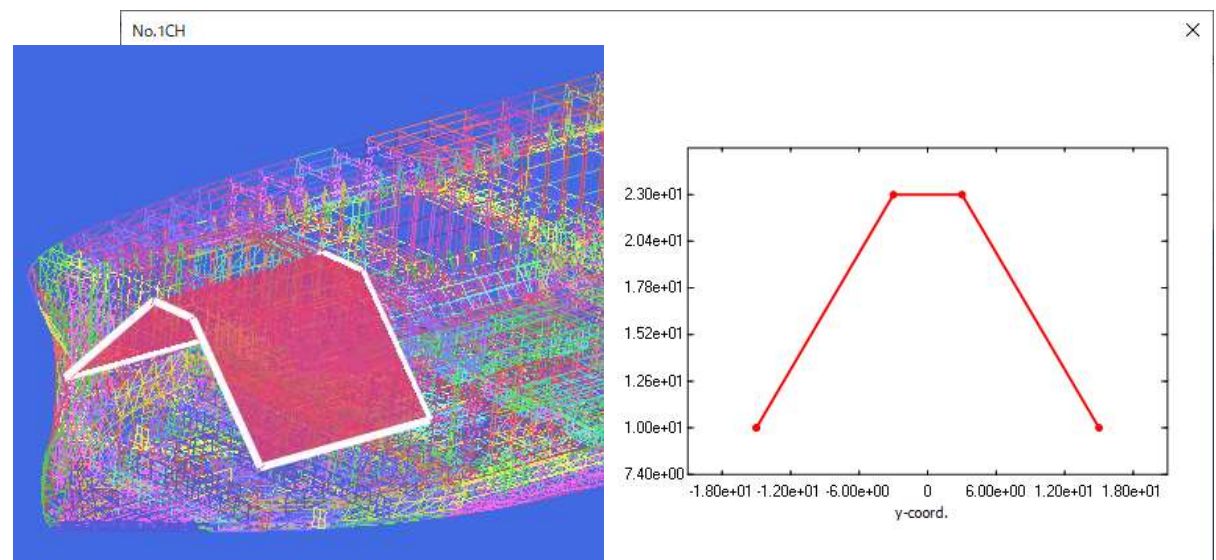


全船解析では荷重がかかる区画のグループ化が必要
→この作業に工数がかかる
→自動認識・補助機能で軽減

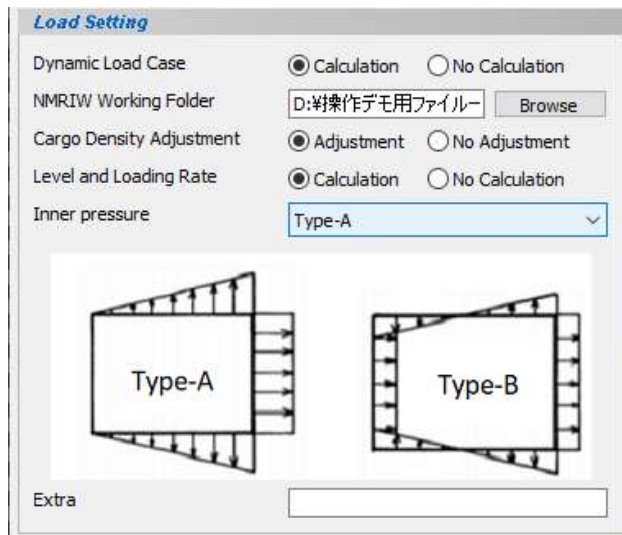
構成要素グループ情報は
インポート/エクスポート
…並行作業可能

- 液体貨物：密度・液位
- 固体ばら積み貨物：
密度・形状/安息角

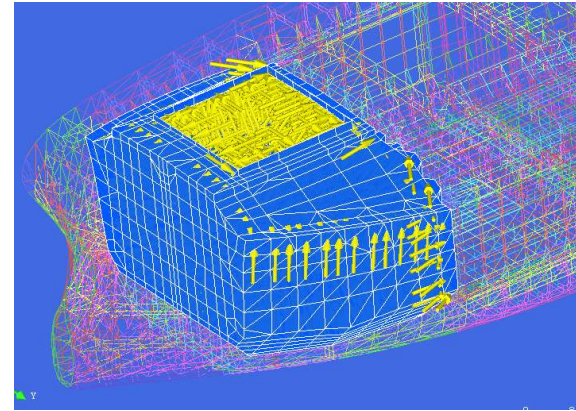
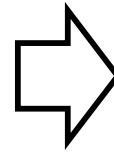
積付の高さ・形状をモデル
上で確認



入力情報 – 圧力付与方法の設定



荷重付与方法の設定

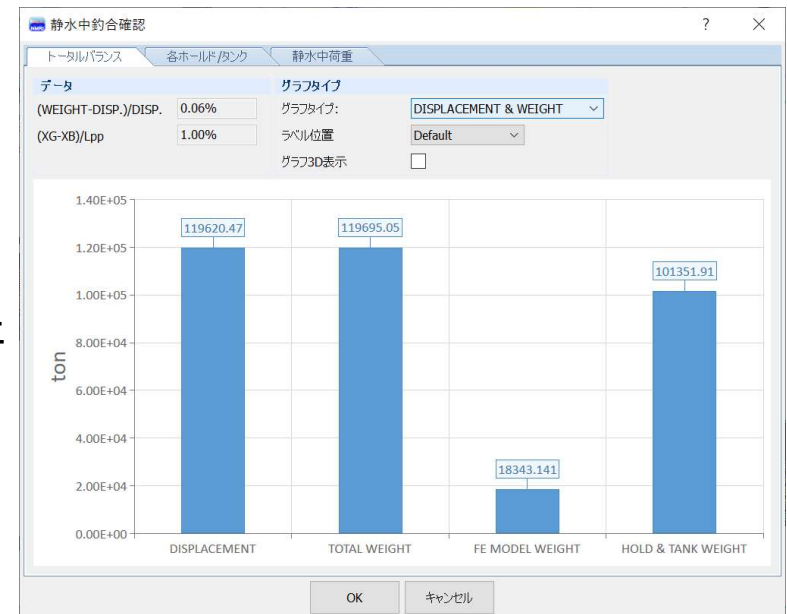


荷重作用方向の確認（モデル上）

FEモデルの静水中釣り合い確認機能

船体モデル・荷重付与が妥当か,荷重解析条件と矛盾がないかを確認可能

…この結果から貨物密度の調整も可能

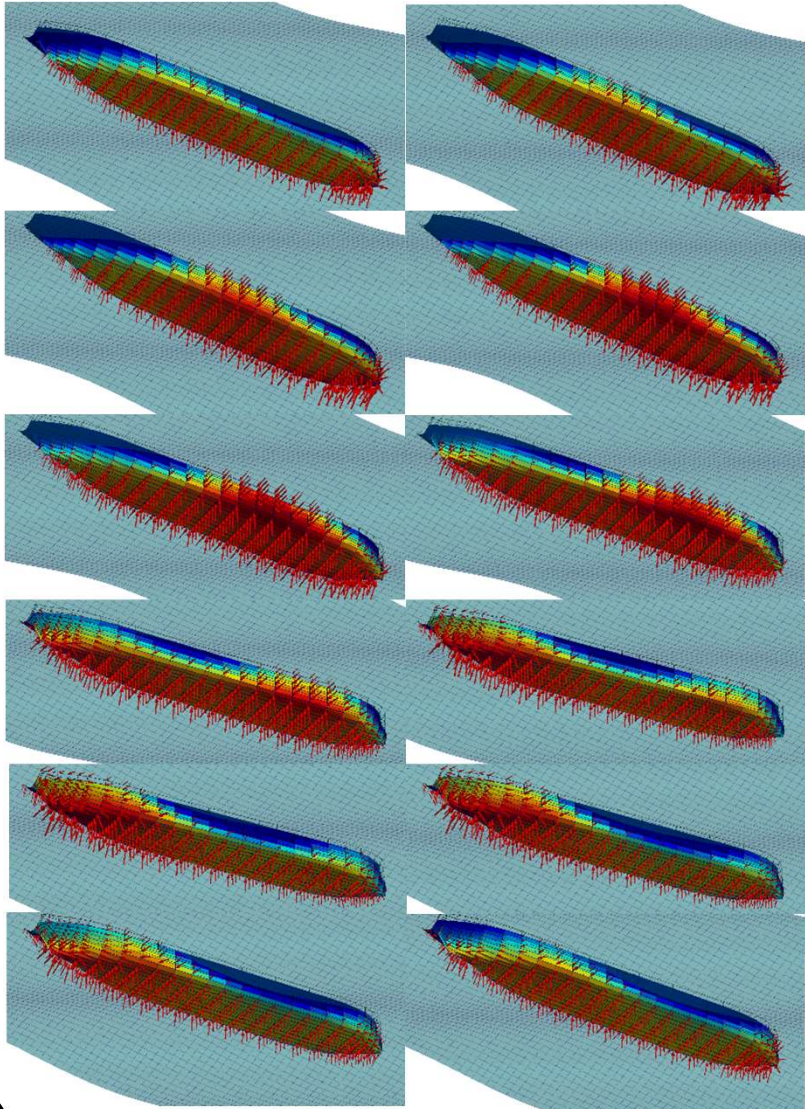


◎時間を要する多くの設定作業をモデル上で確認しながら迅速に実行できる

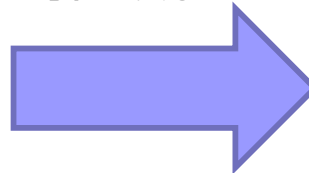
DLSA-Basicにおける時間の扱い方

荷重解析の1周期を10~20ステップ程度に刻み、各ステップの荷重をFEモデルに作用させる

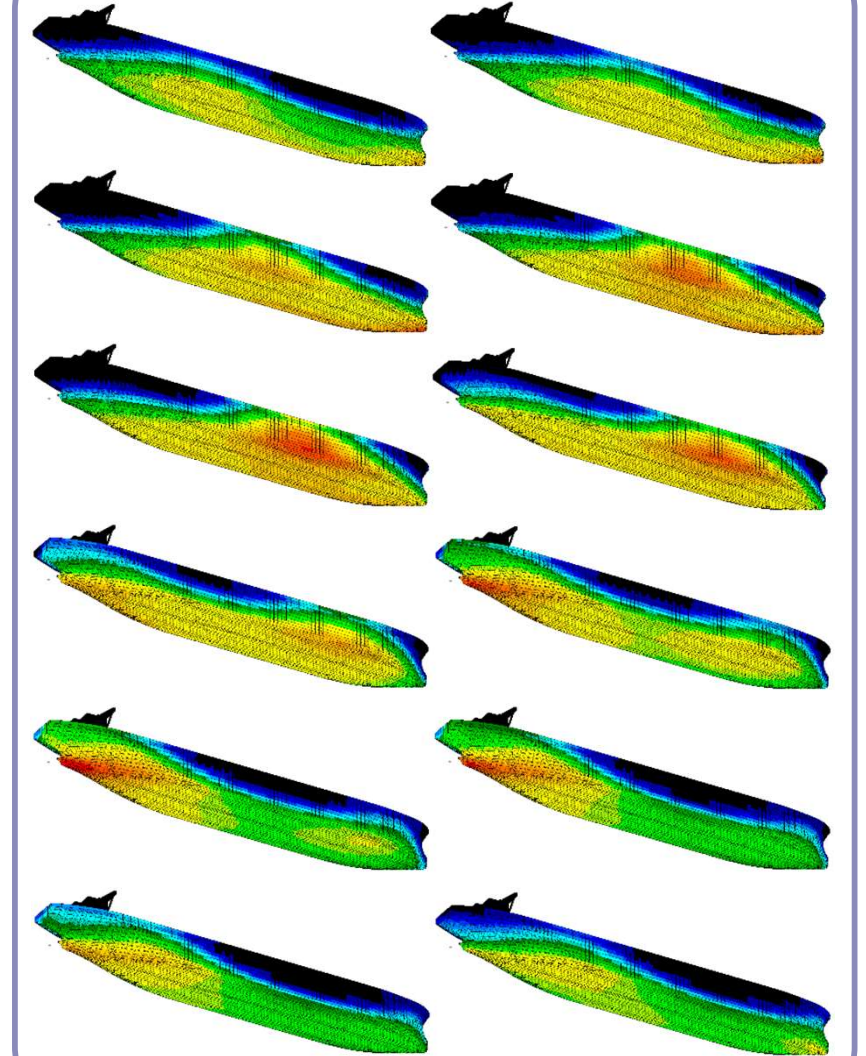
運動・荷重解析



水圧及び加速度
の引き渡し



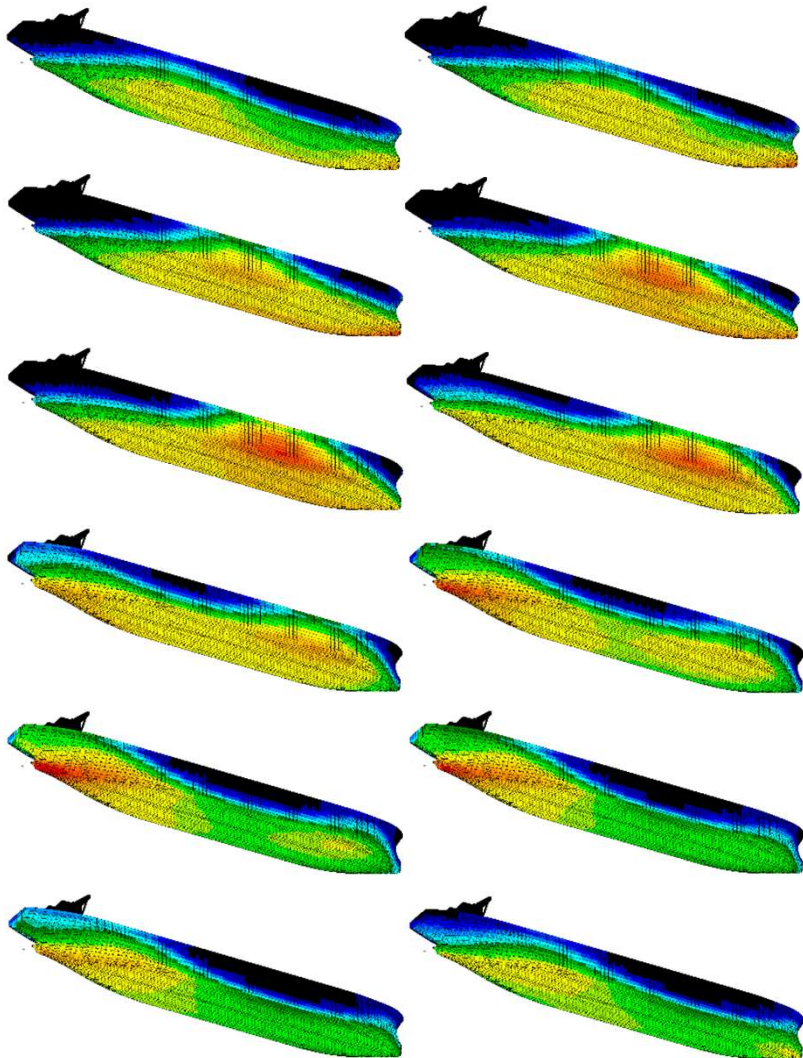
FEモデル(水圧コンター)



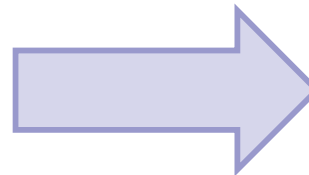
DLSA-Basicにおける時間の扱い方

各ステップの構造応答を得る。慣性力を作用させることで動的状態を静的に扱う。

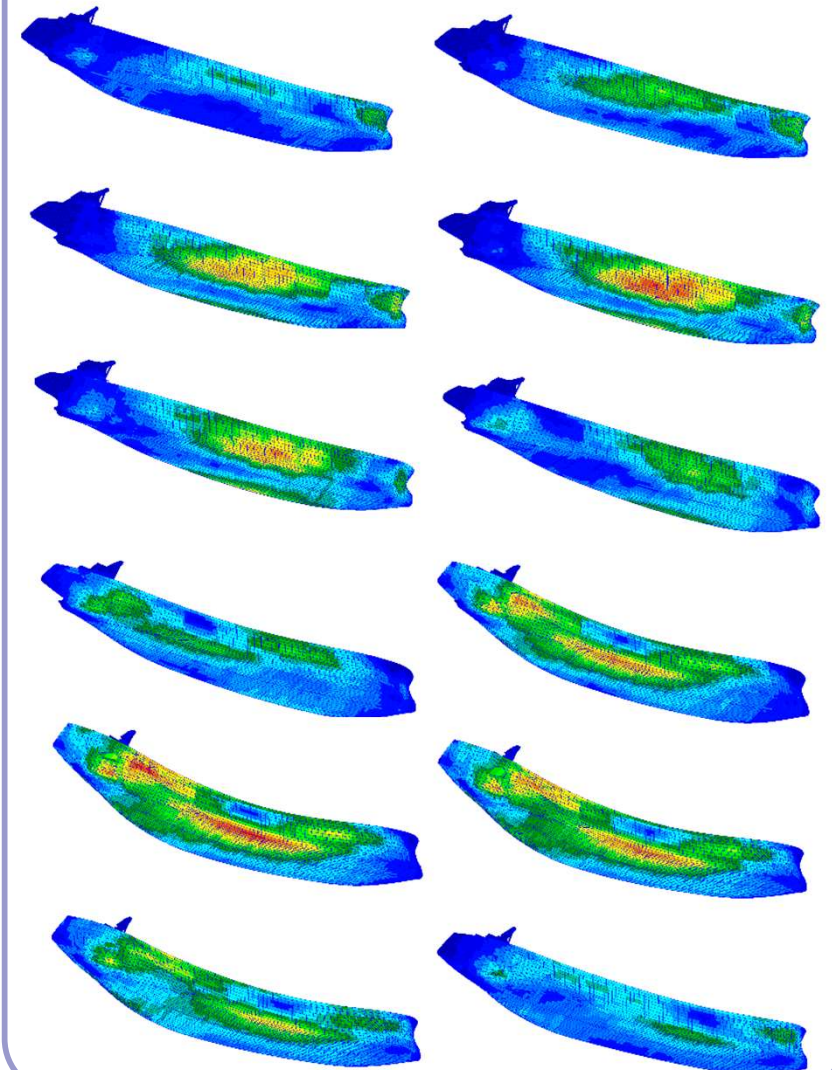
FEモデル(水圧コンター)



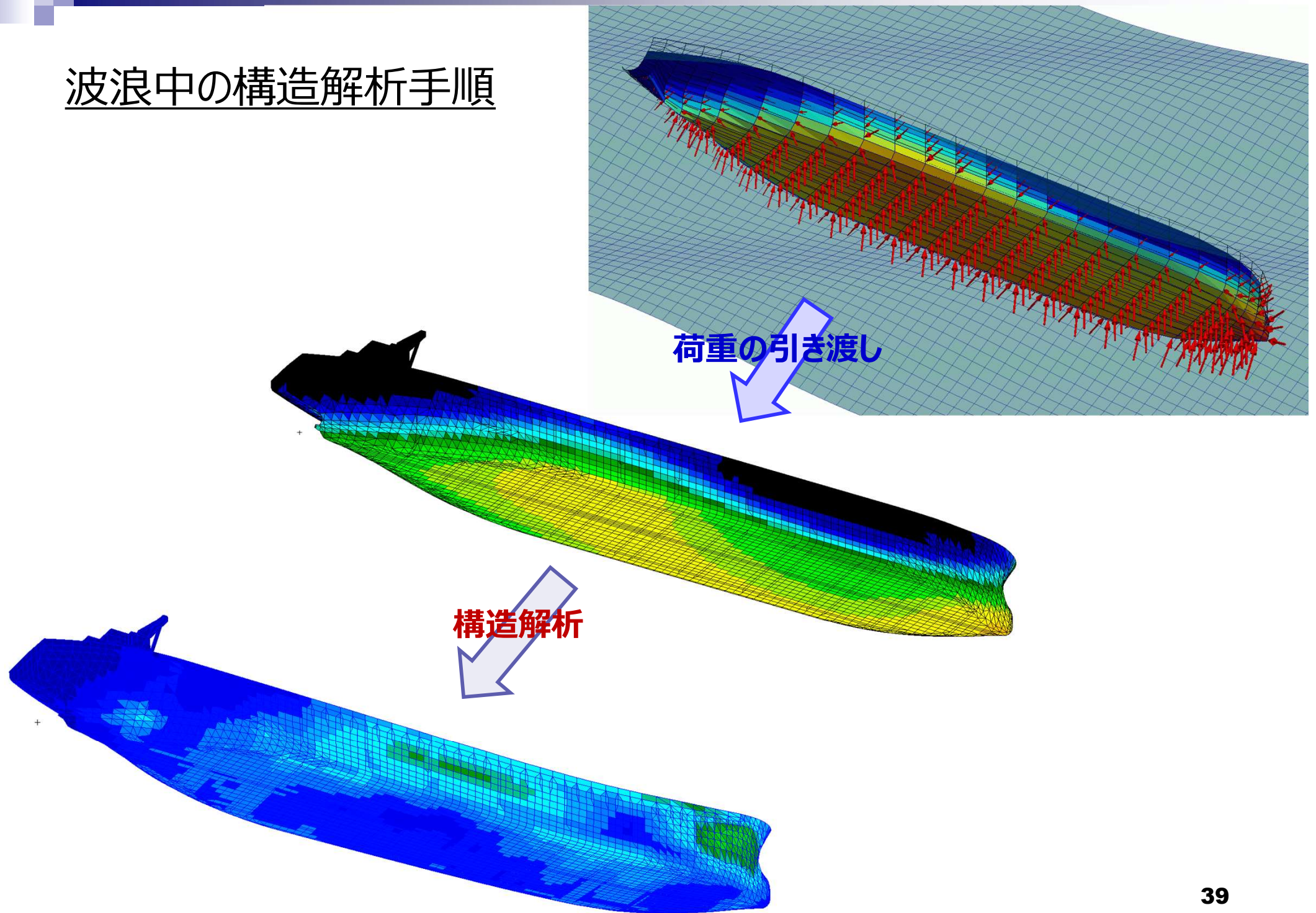
構造解析
(静解析)



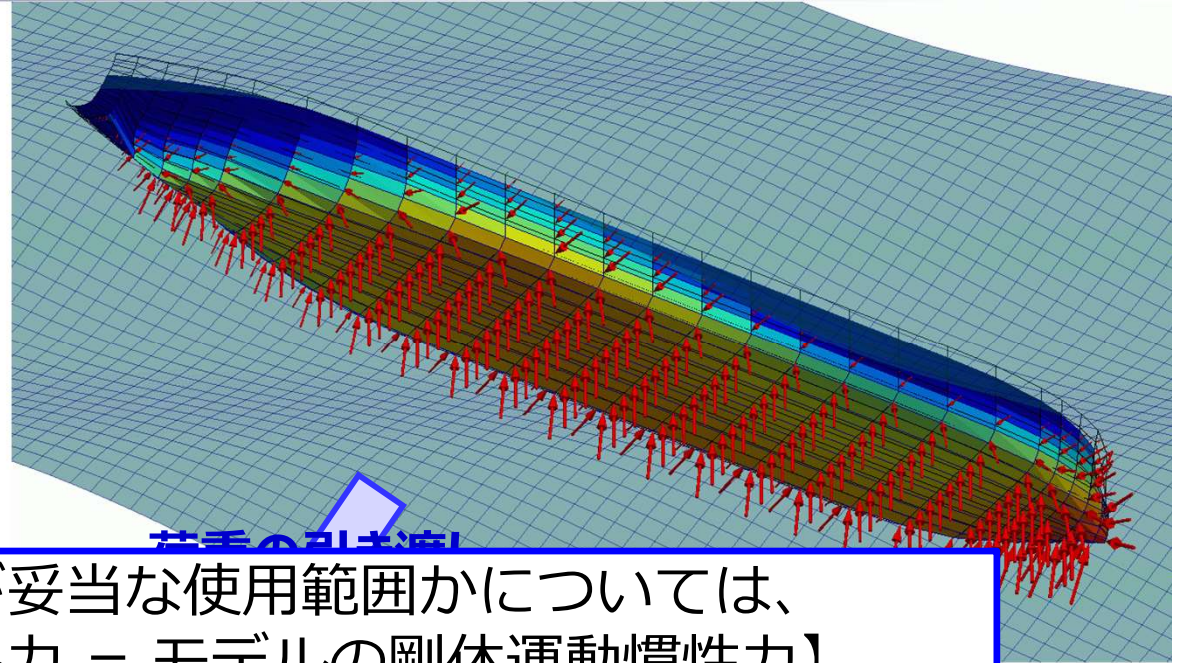
構造応答(Mises応力コンター)



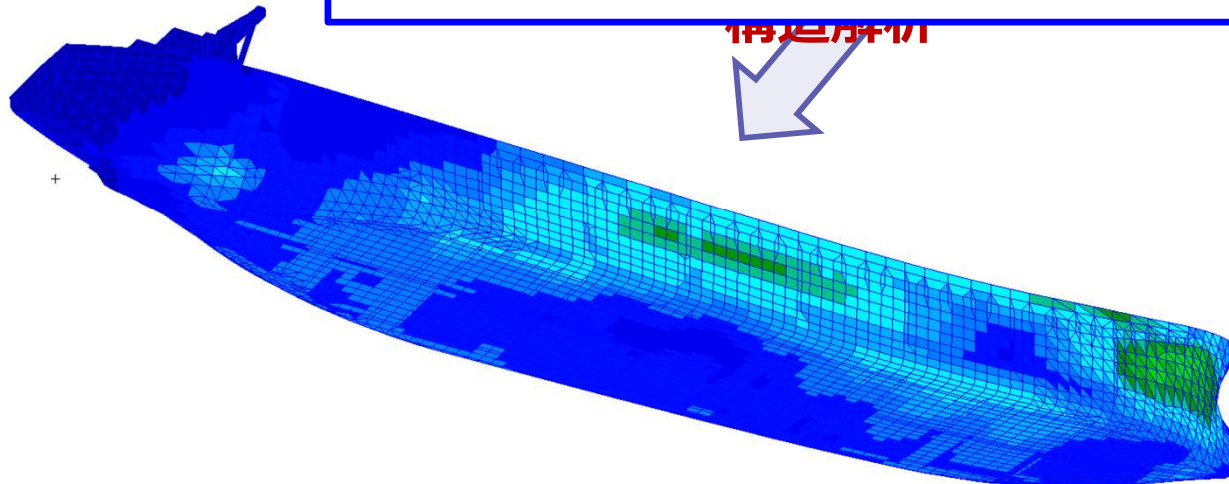
波浪中の構造解析手順



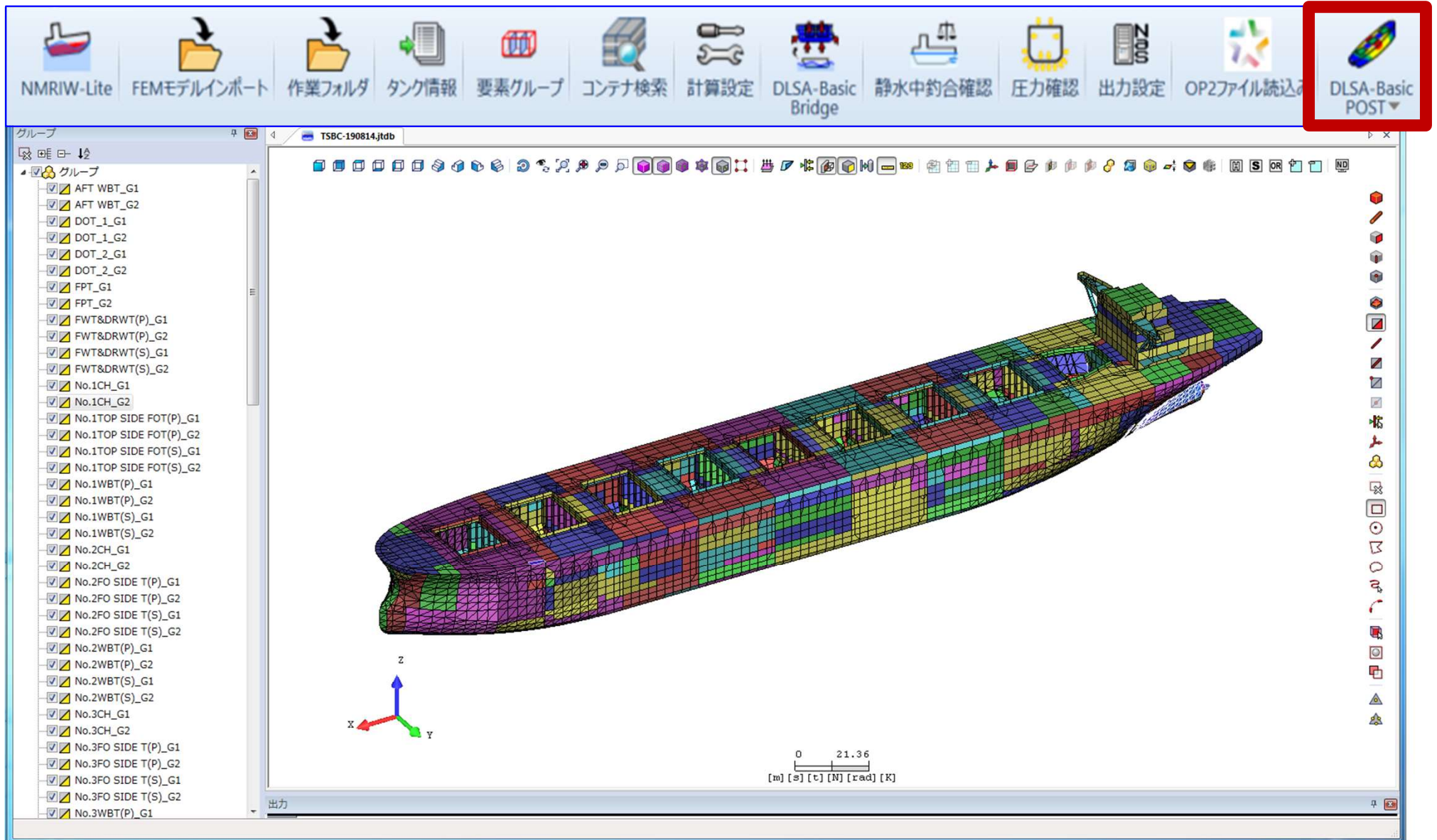
波浪中の構造解析手順



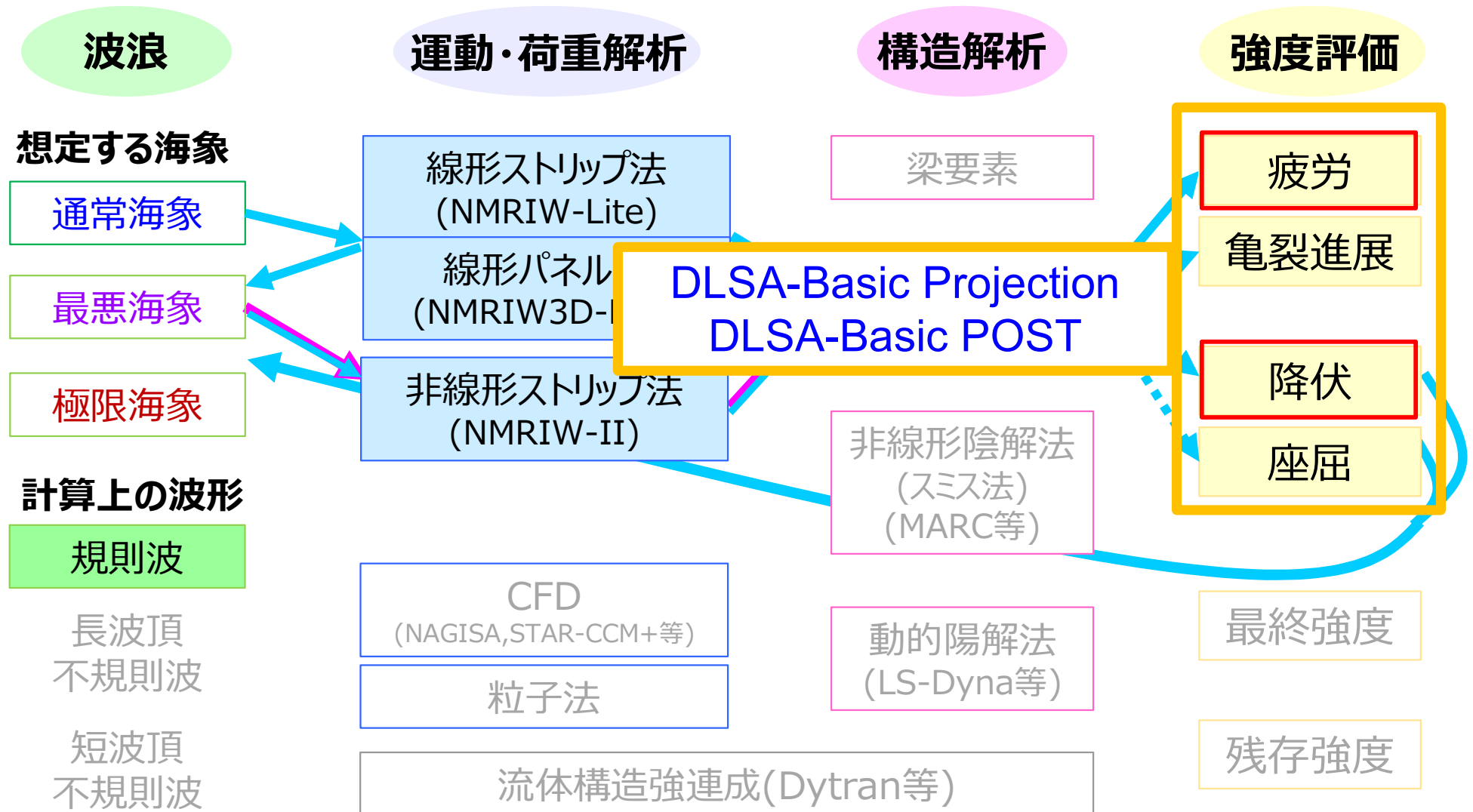
- ・ 慣性リリース機能が妥当な使用範囲かについては、
【不釣り合い分の外力 = モデルの剛体運動慣性力】
…ソルバの出力する加速度と運動解析を比較することで
構造解析結果の妥当性を検証可能
- ・ 荷重→構造の1way：船体の変形履歴等は考慮されない



DLSA-Basic 強度評価(降伏・疲労)



疲労強度、降伏の自動評価

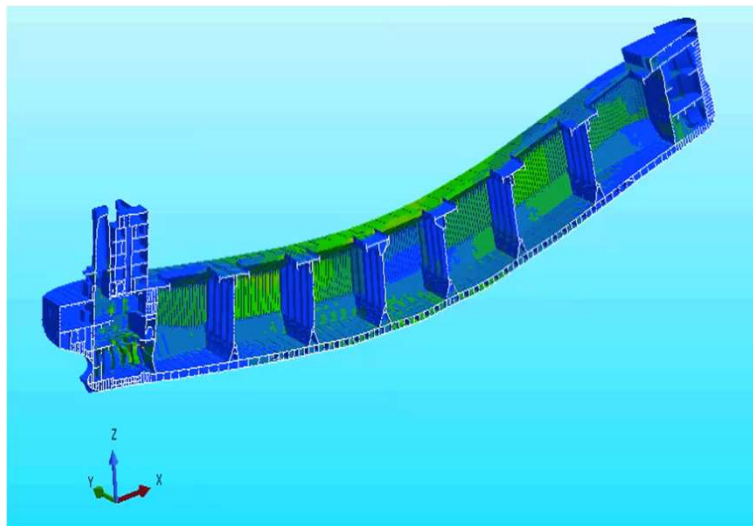


構造解析のポスト処理

DLSA-Basic
BRIDGE出力

- ・ 船体モデル
- ・ 荷重条件
- ・ 内外圧力荷重

汎用ソルバ
(MSC Nastran)



出力形式を選択可能(DLSA内)

(任意の規則波中)
モデル全体の応力/ひずみ/変位等

⇒ 汎用プリポスト

統計予測：全波向き・波長中計算

モデル全要素の応力

⇒ DLSA-Basic Projection

選択した要素の応力

⇒ DLSA-Basic POST

DLSA-Basicのポスト処理機能

- ・ 各要素の応力から応答関数(RAO)を生成→短期予測→長期予測を実施
→降伏・疲労強度評価

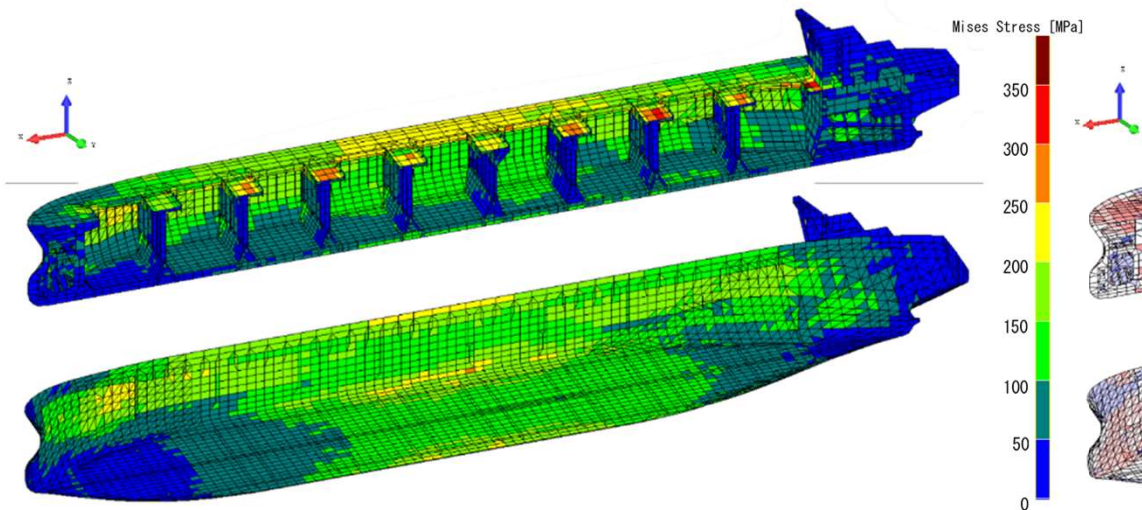
DLSA-Basic Projection

- ・統計予測(各要素毎)結果を船体モデル上に表示

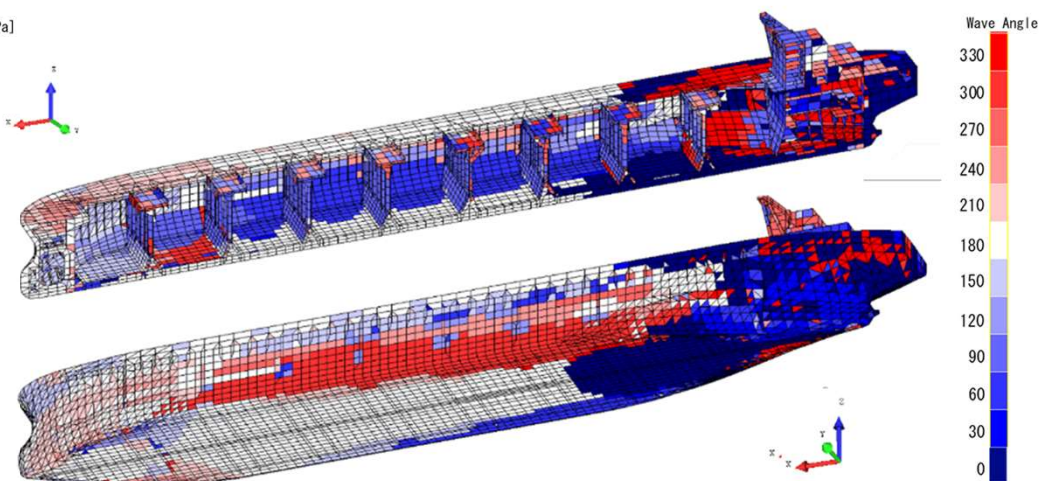
※GUI上で操作可能

各応力成分及びvon-Mises応力: 最悪海象, 10^{-8} 最大期待値, 疲労被害度etc

例: Mises応力 10^{-8} 最大期待値
(静水中成分を除く)



例: 最大の応力応答が発生する波向

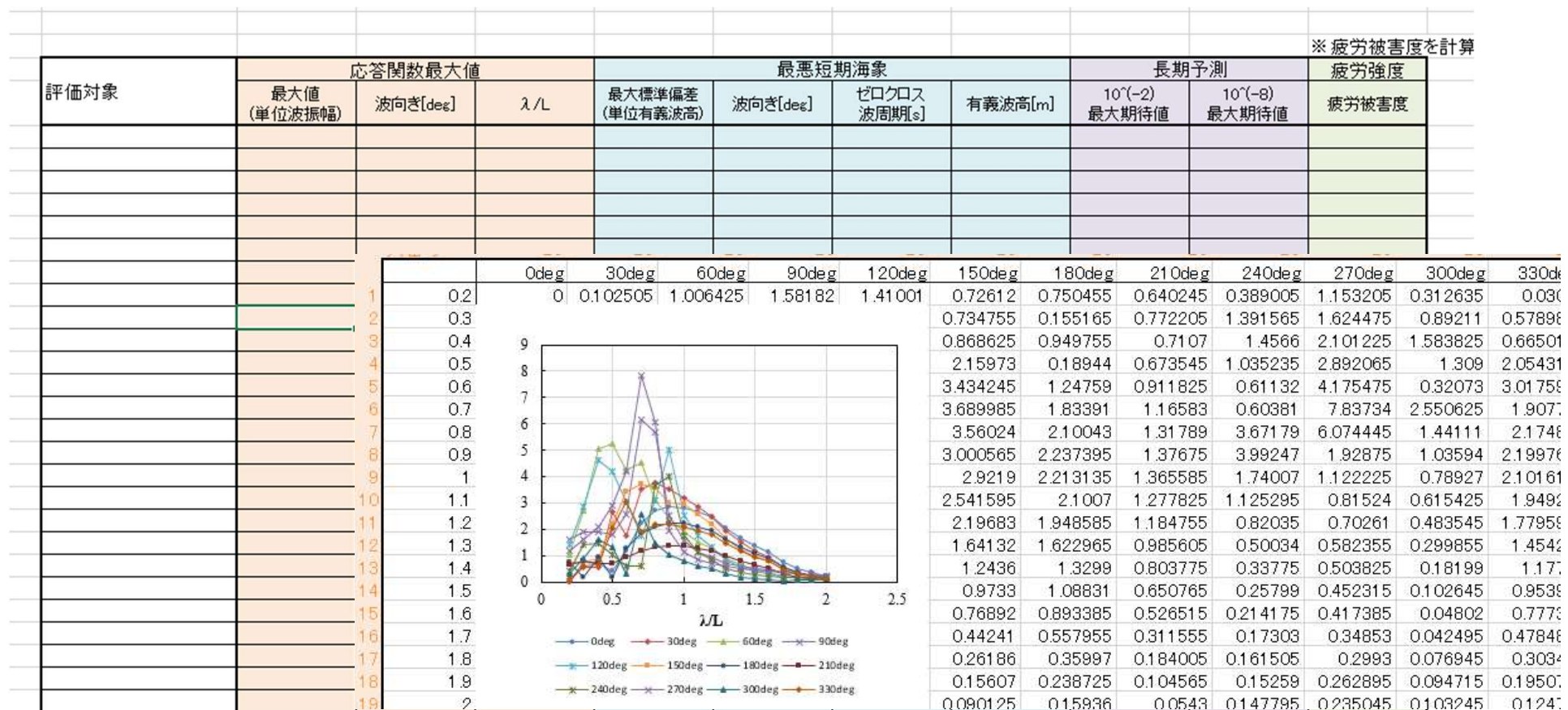


- ・統計予測結果を視覚的・総合的に把握
→ 部位毎に支配的な条件の特定,
より詳細に評価すべき部位のスクリーニング検討

DLSA-Basic POST

選択した要素の構造解析結果(ソルバの出力)を自動処理し,表計算ソフト(MS Excel)上で統計予測を行う

- 各応力成分及びvon-Mises応力: 最悪海象, 10^{-8} 最大期待値, 疲労被害度etc
- 応答関数のグラフ作成機能, 調和CSRに準拠した修正係数(有限要素応力解析)での疲労強度(被害度)評価も可能

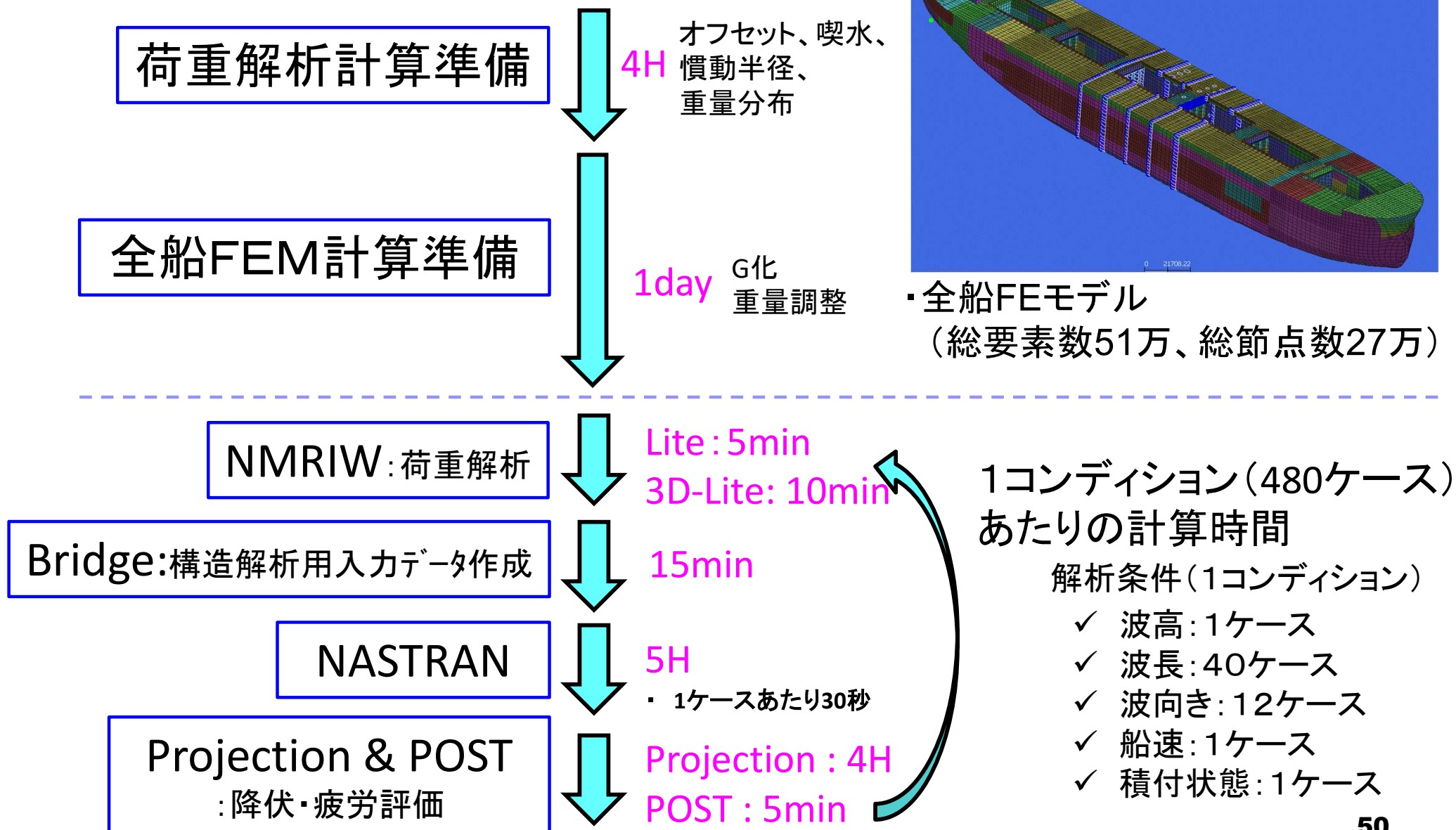


本日の内容

- はじめに
- 開発背景
- NMRI-DLSAの概要
- DLSA-Basicの機能紹介
- まとめ

DLSA-Basicの適用例

全船荷重構造一貫解析のリードタイム



まとめ：DLSA-Basic の開発

- 全船モデルを対象に運動、波浪荷重、構造解析、強度評価をシームレスに実行
- 高度な自動化により設計に適用可能な時数を実現
- 入力、結果の視覚的な確認が可能
- 技術者はより多くの情報を把握、結果の評価、設計に集中

船体形状データ
波浪条件
積付条件

波浪中船体運動及
び荷重解析

全船構造解析

船体構造強度評価

(一人でも出来る)

