

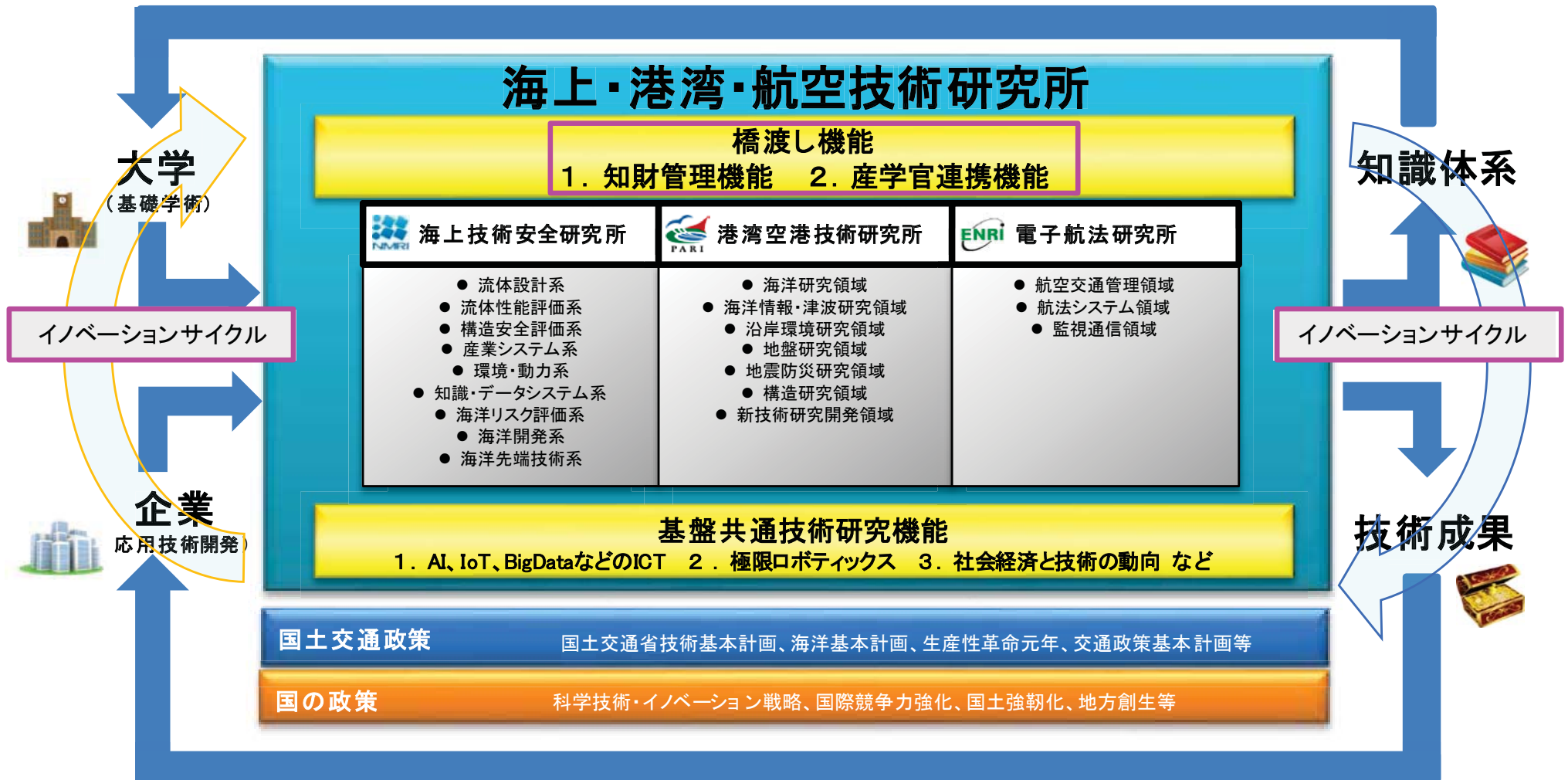
# 海技研DLSAセミナー2019

DLSA(全船直接荷重構造解析強度評価)  
が貴方も可能に！ この波に乗れ！



海上技術安全研究所 構造安全評価系  
基準開発グループ長 村上睦尚

# はじめに



- ・イノベーションの駆動力として、AI(人工知能)などの共通基盤技術研究機能と橋渡し機能の強化を実施
- ・研究所においては、学術的シーズを有する大学との共同研究により知識創造のループを作り、その成果である発見や体系化された知識は、大学でのカリキュラムや産業の基盤、将来イノベーションのシーズとなる
- ・国の政策や民間企業等のニーズを踏まえた研究開発を行い、技術玉成のループを構成して、その成果を民間企業等に移転
- ・これらの取組により、イノベーションの中核機関・コンセプト創出機関、人・情報・資金が集積する国際的な研究所を目指す

# はじめに

## 構造安全評価系 研究ビジョン2030

★マイルストーン ■最終成果イメージ(目標) ▲検討事項 ○研究項目

～2016～

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

2025

2026

2027

2028

2029

2030

### ①ハルモニタリング技術の確立

横断的に  
対応

★センサ検証★波浪中操船シミュレータ構築★波浪逆算法 ★絶対応力計測手法 ▲AI/IoTを用いた統合型安全支援システム

○船体構造モニタリングシステムの開発 ○構造デジタルツインの開発

■安全航行支援システム  
■データ活用システム

### ②全船荷重構造一貫解析のCoE

横断的に  
対応

★DLSA-Pro.開発・実用化 ★DLSA-UI.開発・実用化 ▲DLSAと実データの検証

★ウレタン模型水槽実験 ★多方向波水槽実験 ★大型構造体実験 ★FRP模型水槽実験 ★数値水槽シミュレーション

○新構造基準作成に資する体系化された荷重・構造強度評価システムの開発

★高度解析手法  
CFD内外圧で崩壊強度等

■DLSA社会実装  
■ベンチマークの拠点

### ③合理的な規則開発に資する技術ソリューション提供

横断的に  
対応

★規則に資する要素抽出 ★運航/保守・検査/損傷データ解析 ▲現行規則との安全レベルの整合 ★最新技術ソリューションの提供

▲構造信頼・確率論に基づく規則体系構築 ★実データに基づく基準の策定方法についてIMOに提案

○新構造基準作成に資する先進的な荷重・構造強度評価の開発

■合理的な構造基準

### ④厳しい海象下の構造安全性評価技術の構築

★厳しい海象における応答再現実験 ★厳しい海象の定義と発生確率 ★遭遇確率 ▲最大応答波浪

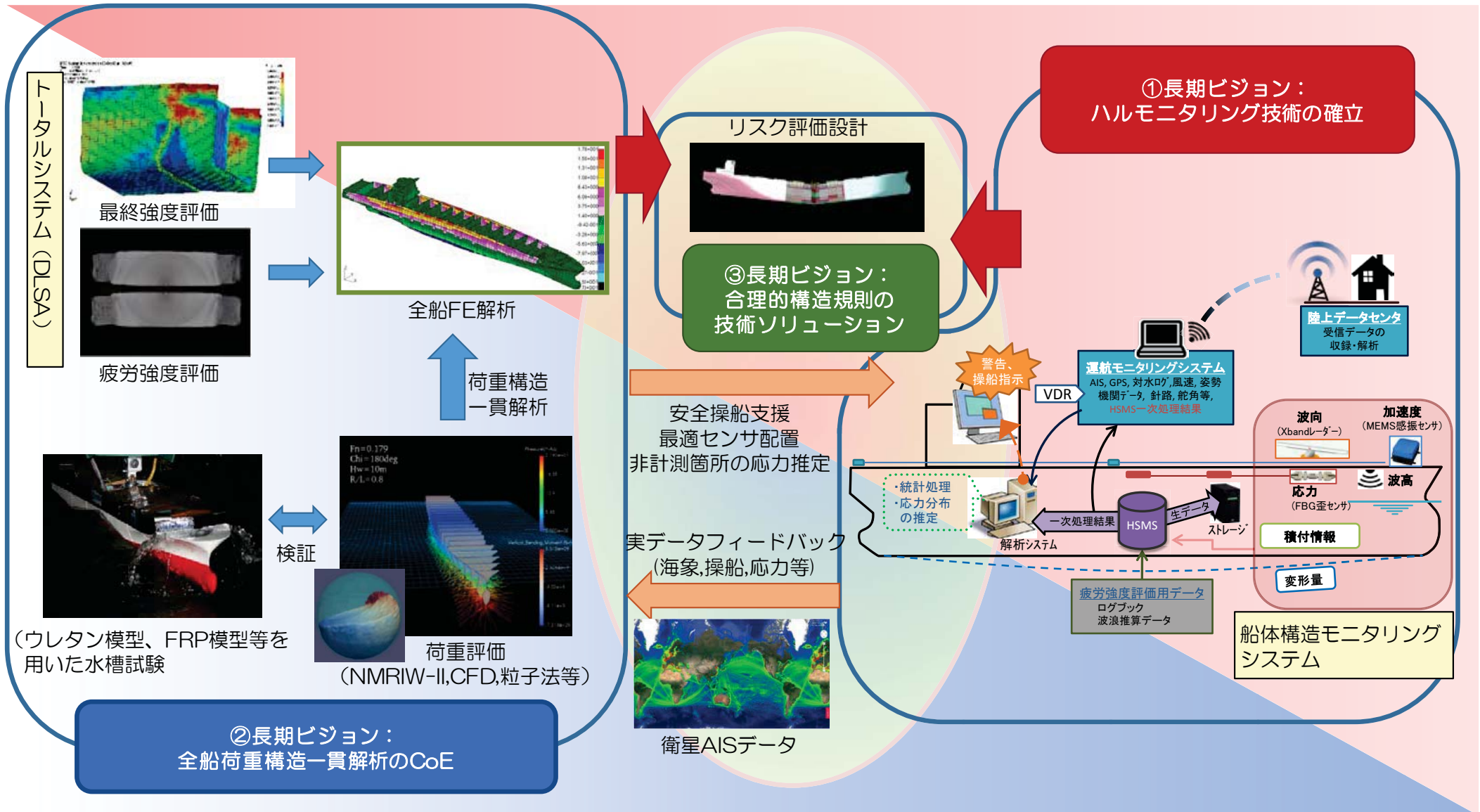
★荷重作用時間と損傷 ▲最終強度評価 ▲崩壊シナリオ ★時刻歴動的崩壊シミュレーション ★構造模型水槽実験

○荷重・構造連成を考慮した数値解析手法の高度化及び極限波設定手法の開発

■重大事故防止  
■安全設計/運航

# はじめに

## 構造安全評価系 研究ビジョン2030

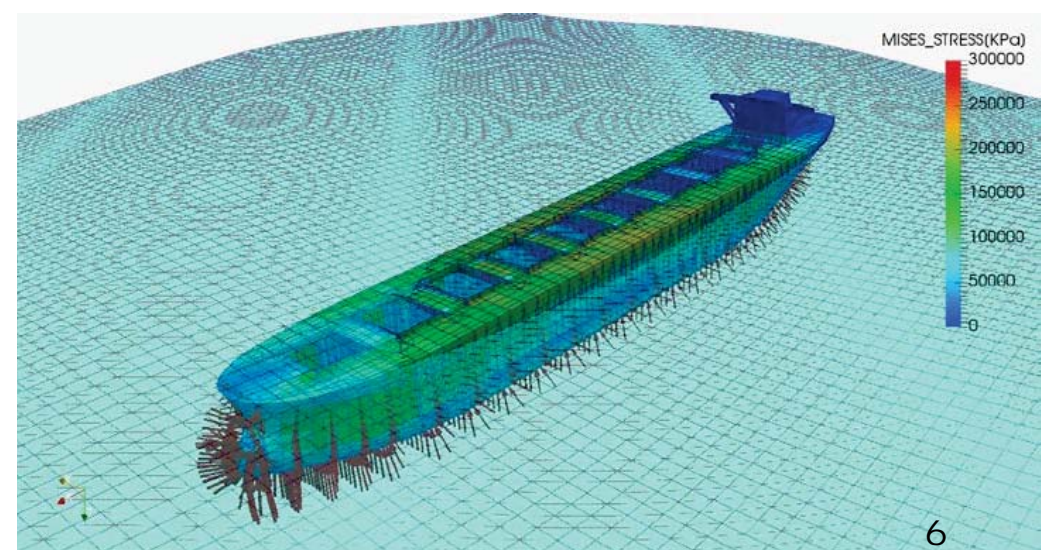
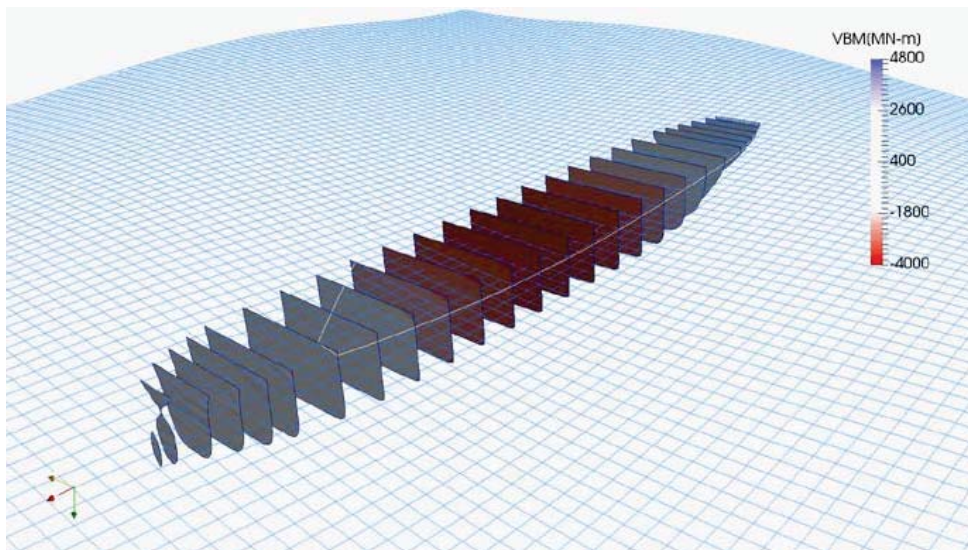
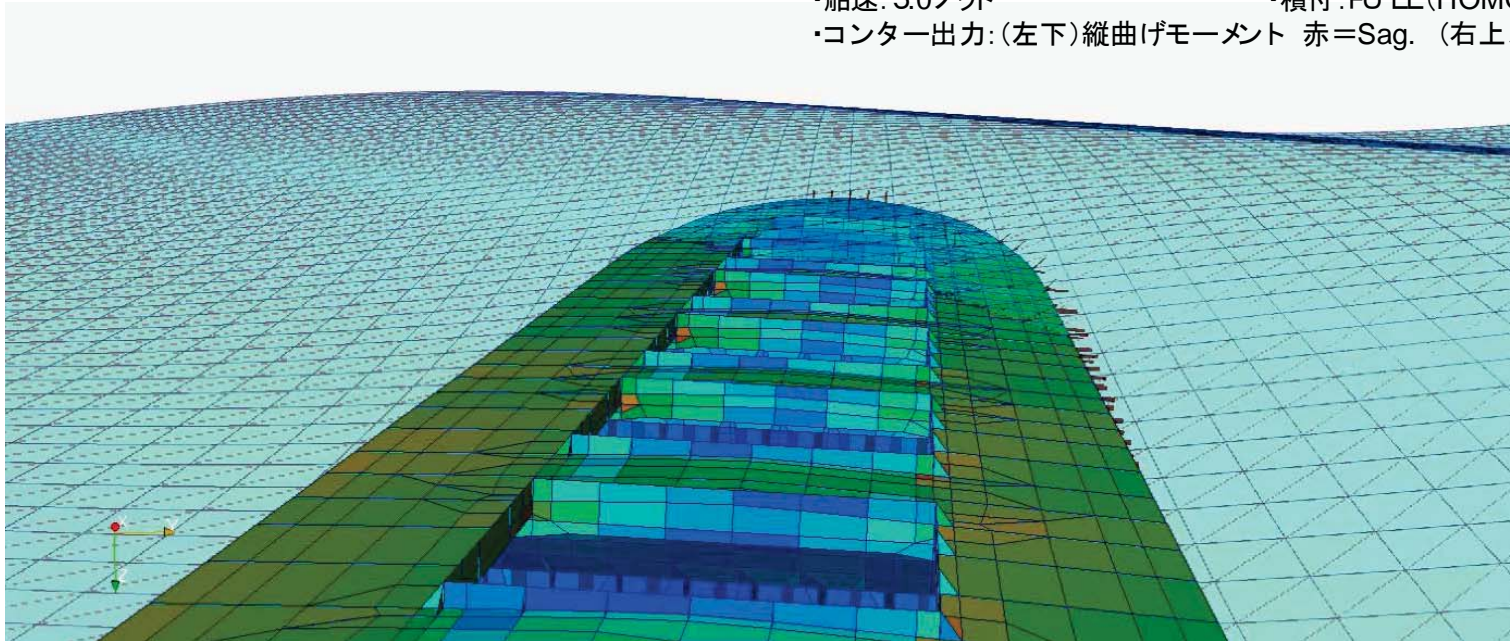




# はじめに

## 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





# 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](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

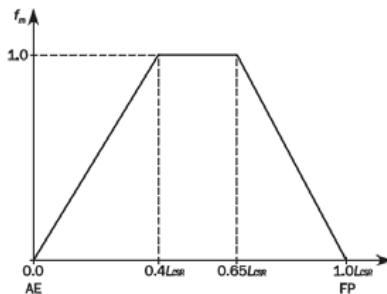
(部分的)構造解析

船体構造強度評価

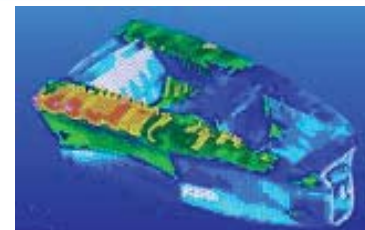
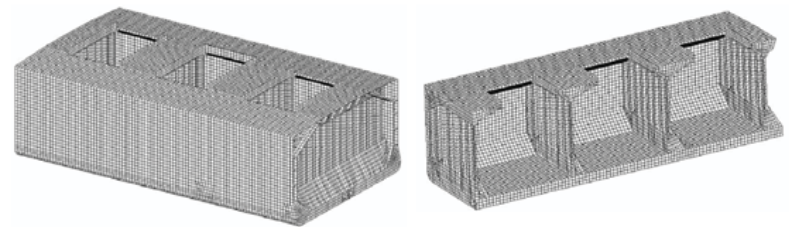
- 構造強度にとって重大な波浪条件及び積付条件の特定
- 算式ベースの波浪荷重の計算

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

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



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](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

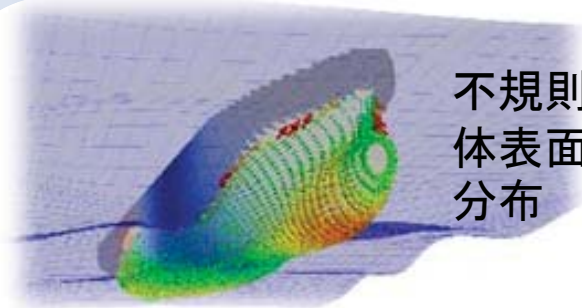
より精度の高い解析が可能  
新形式船型にも対応可能

船体形状データ  
波浪条件  
積付条件

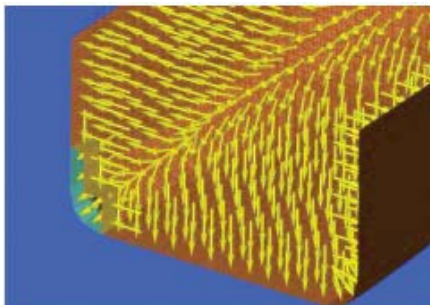
波浪中船体運動及  
び荷重解析

全船構造解析

船体構造強度評価

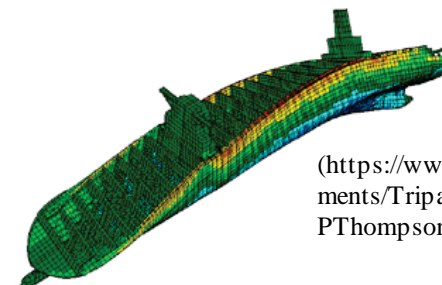
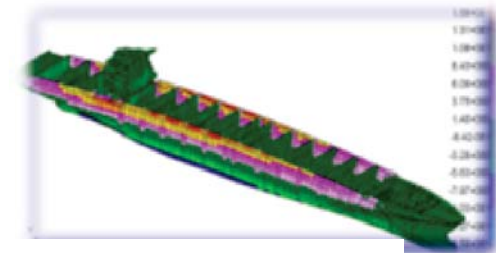


不規則波中における船  
体表面に作用する圧力  
分布



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

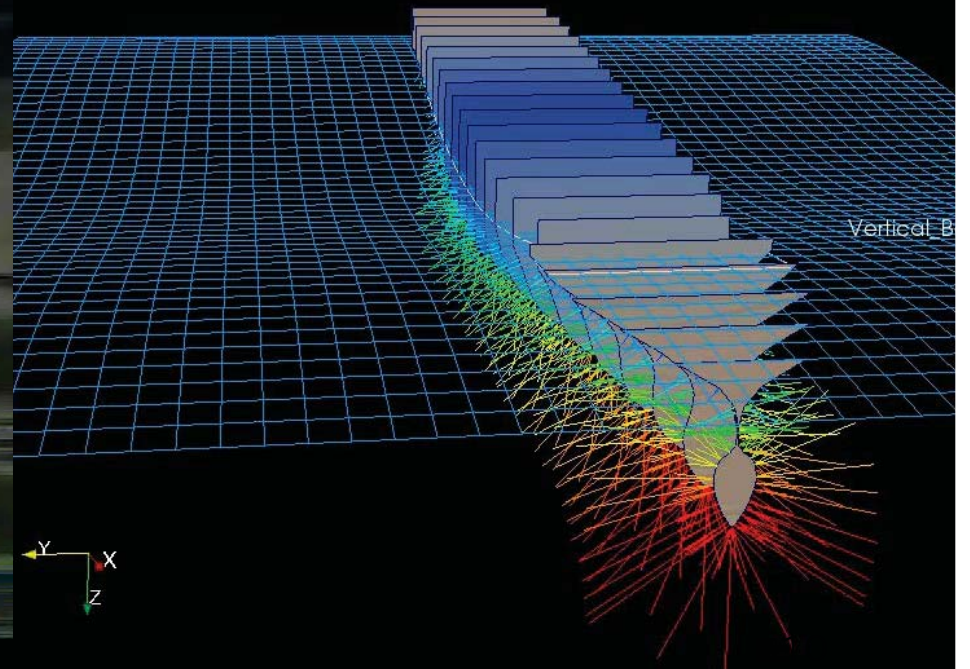
船体構造強度評価

実験



$F_n=0.179$   
 $\chi=180\text{deg}$   
 $H_w=10\text{m}$   
 $R/L=0.8$

数值解析



# 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

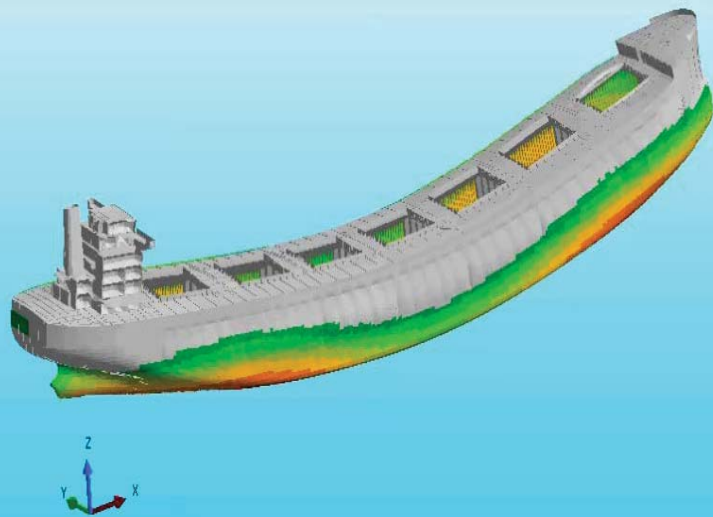
船体形状データ  
波浪条件  
積付条件

波浪中船体運動及  
び荷重解析

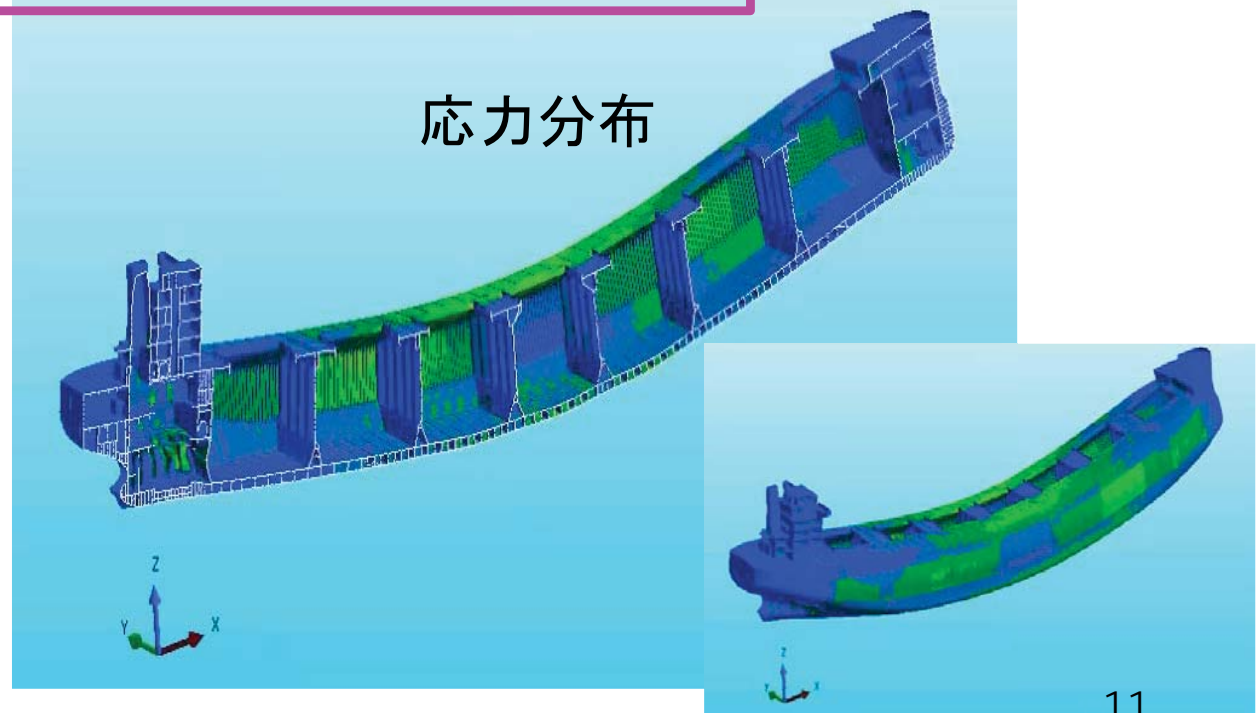
全船構造解析

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

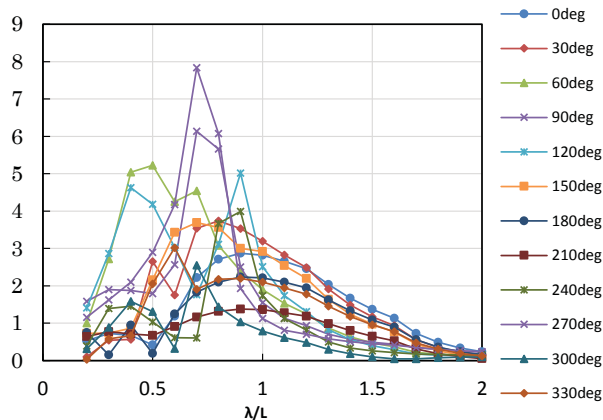
全船構造解析

船体構造強度評価

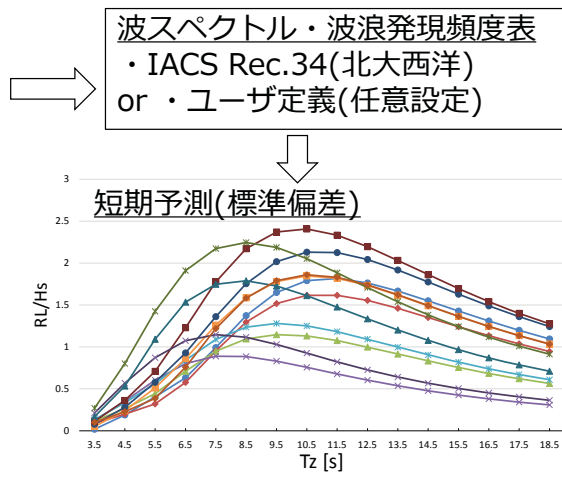
要素応力

降伏／疲労  
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)



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

現状、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

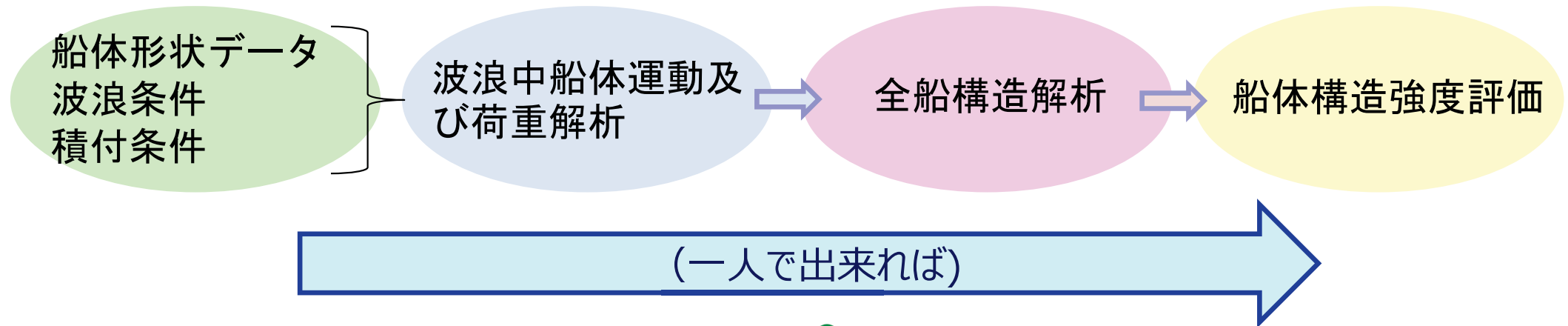
複数の設計者が実行

計算条件の伝達

計算条件の伝達

# 開発背景

## 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

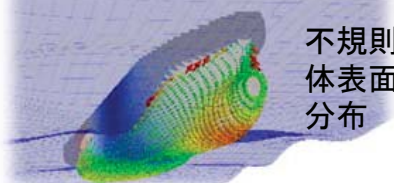
船体形状データ  
波浪条件  
積付条件

波浪中船体運動及  
び荷重解析

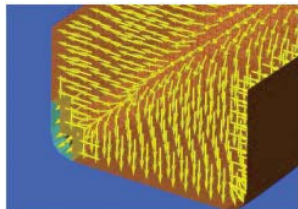
全船構造解析

船体構造強度評価

(一人でも出来る)



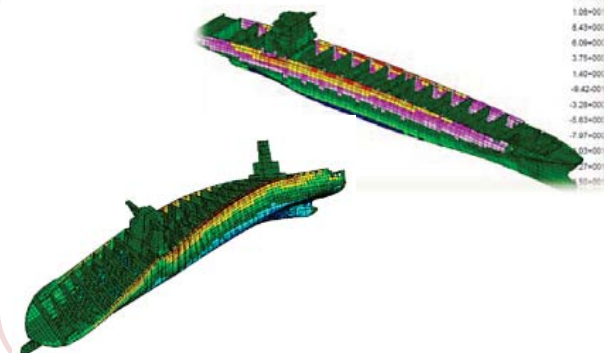
不規則波中における船体表面に作用する圧力分布



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





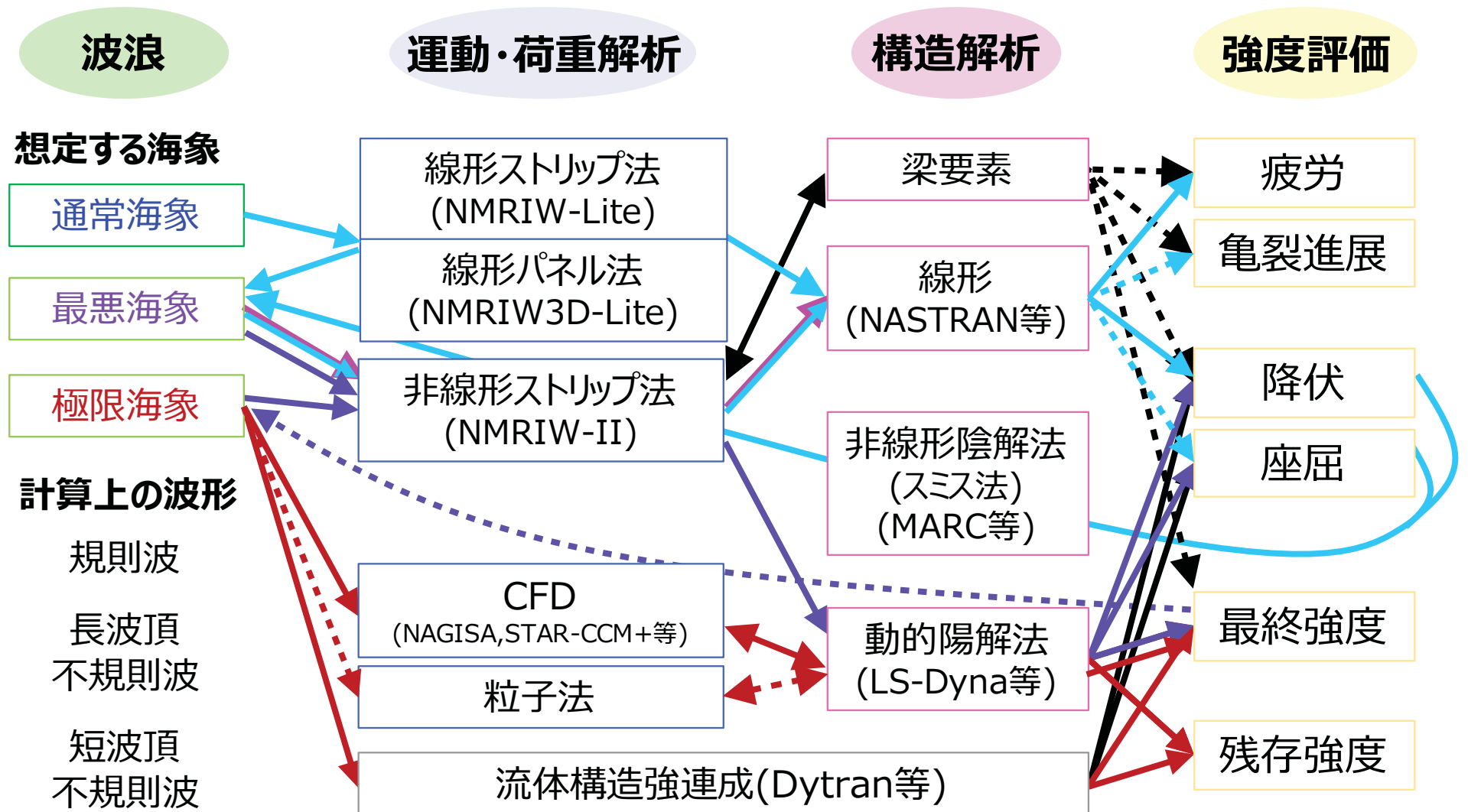
# DLSA-Basicのプラットフォーム

- ・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一連のプラットフォームを用意、解析手順を提示

The screenshot displays the DLSA-Basic software interface. The title bar shows the file name "Jupiter-Pre - [TSBC-190814.jtodb]". The menu bar includes options like "ホーム", "ジオメトリ", "メッシュ", "メッシュ修正", "メッシュ編集", "ヘキサモデリング", "接続", "境界条件", "プロパティ", "解析", and "ツール". The toolbar contains icons for "NMRW-Lite", "インポート", "Working Folder", "Tank Info.", "グループ", "コンテナ検索", "計算設定", "DLSA-Basic BRIDGE", "Pressure Confirmation", "出力設定", "Read OP2", "DLSA-Basic POST", and "ヘルプ". The main workspace shows a 3D model of a ship hull with a mesh overlay. The left sidebar lists various components, including "DOT\_1\_G1", "DOT\_1\_G2", "DOT\_2\_G1", "DOT\_2\_G2", "FPT\_G1", "FPT\_G2", "FWT&DRWT(P)\_G1", "FWT&DRWT(P)\_G2", "FWT&DRWT(S)\_G1", "FWT&DRWT(S)\_G2", "No.1CH\_G1", "No.1CH\_G2", "No.1TOP SIDE FOT(P)\_G1", "No.1TOP SIDE FOT(P)\_G2", "No.1TOP SIDE FOT(S)\_G1", "No.1TOP SIDE FOT(S)\_G2", "No.1WBT(P)\_G1", "No.1WBT(P)\_G2", "No.1WBT(S)\_G1", "No.1WBT(S)\_G2", "No.2CH\_G1", "No.2CH\_G2", "No.2FO SIDE T(P)\_G1", "No.2FO SIDE T(P)\_G2", "No.2FO SIDE T(S)\_G1", "No.2FO SIDE T(S)\_G2", "No.2WBT(P)\_G1", "No.2WBT(P)\_G2", "No.2WBT(S)\_G1", "No.2WBT(S)\_G2", "No.3CH\_G1", "No.3CH\_G2", "No.3FO SIDE T(P)\_G1", "No.3FO SIDE T(P)\_G2", "No.3FO SIDE T(S)\_G1", "No.3FO SIDE T(S)\_G2", and "No.3WBT(P)\_G1". A 3D coordinate system (X, Y, Z) is visible at the bottom left, and a scale bar (0 to 21.36) is at the bottom center. The status bar at the bottom right shows "出力" and the page number "16".

# NMRI-DLSAの概要

- ・一貫解析をシームレスに行える一連のプラットフォームを用意、解析手順を提示
- ・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

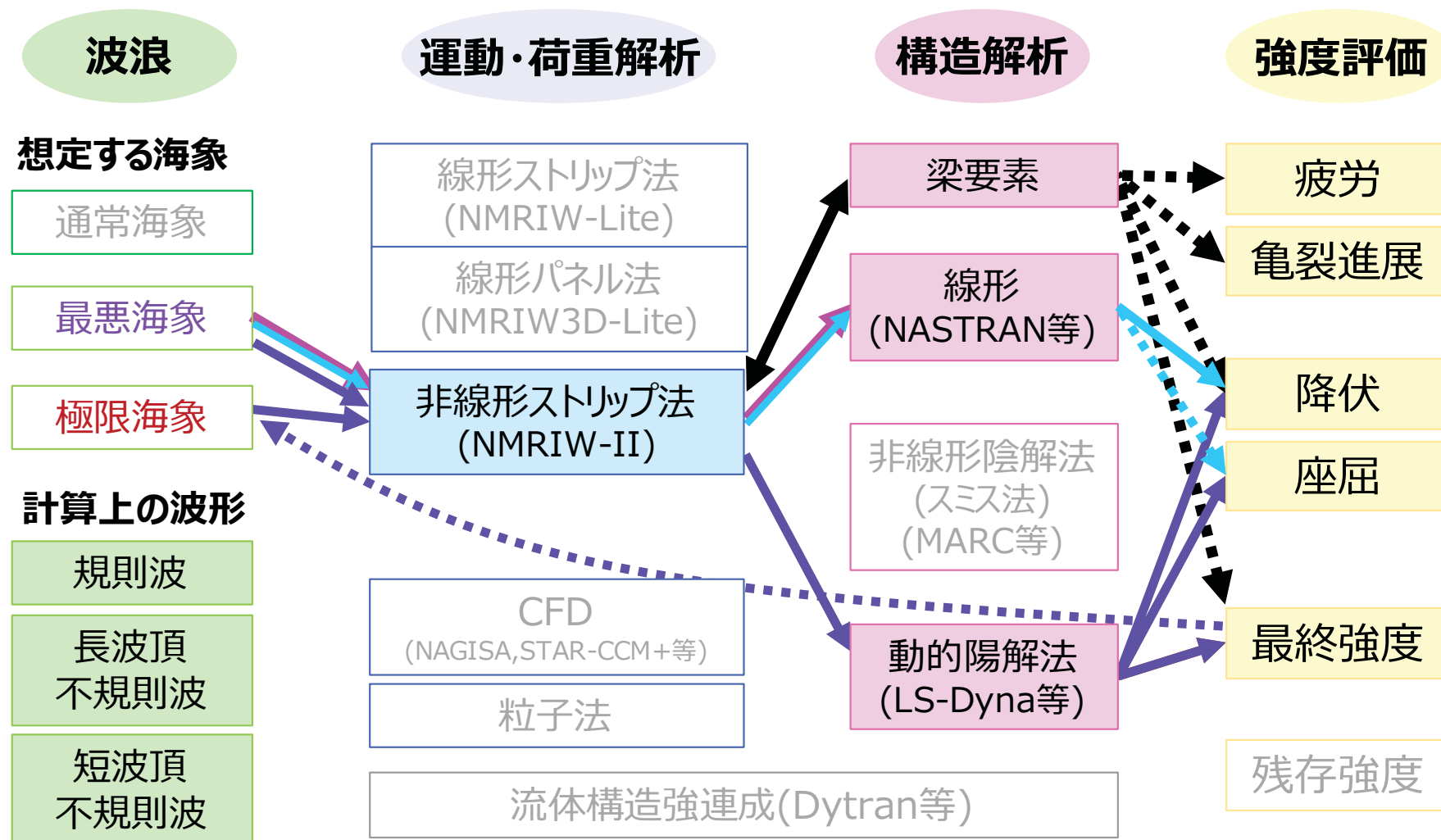
計算コスト





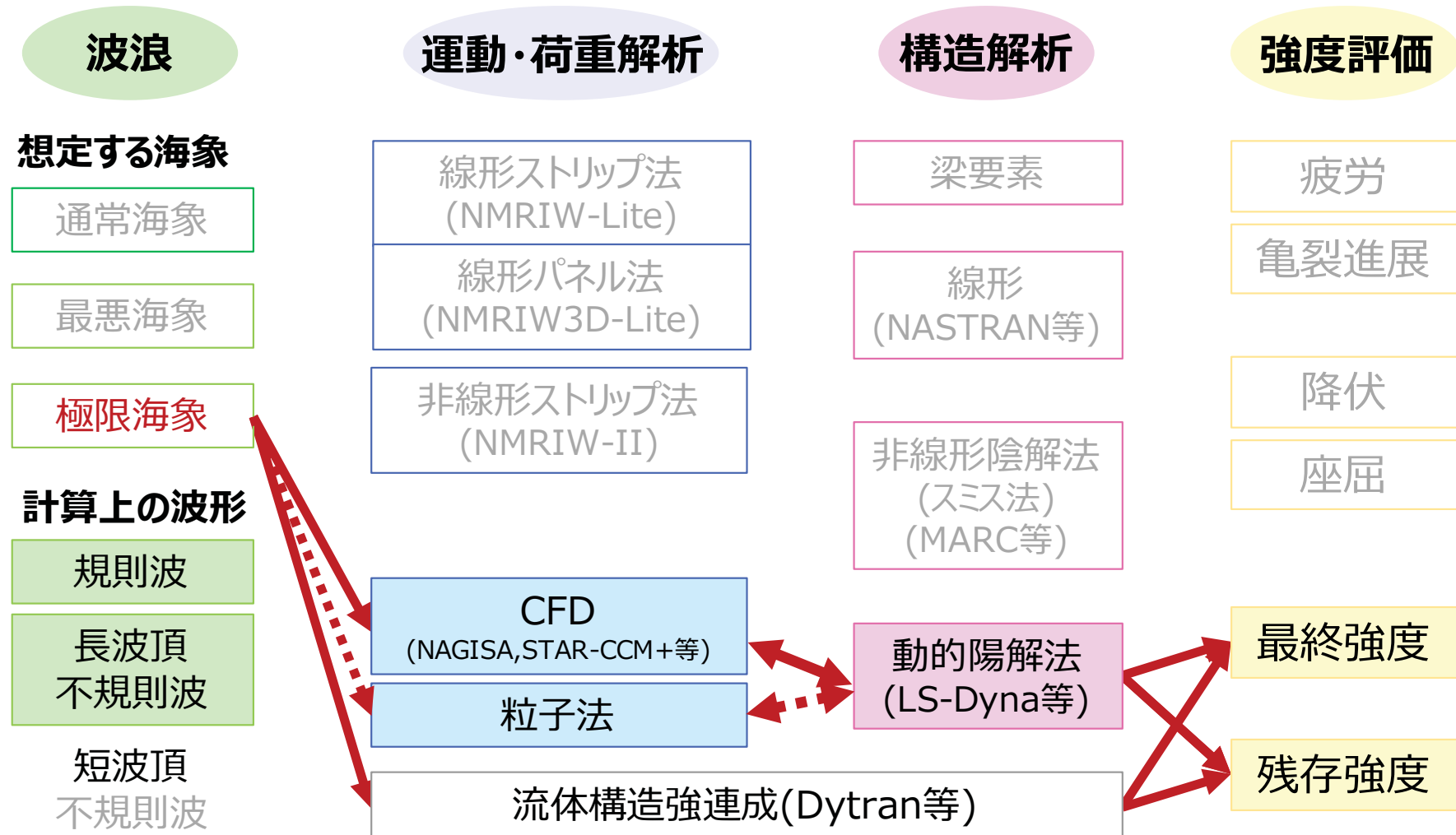
# DLSA-Professional

計算コスト



# DLSA-Ultimate

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)																
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
significant wave height (m)	0 - 1	0.9	102.6	999.1	2085.5	1540.8	556.9	122.6	19.1	2.3	0.2	0.0						5430
	1 - 2	0.2	74.7	1584.0	6332.1	8225.3	4871.2	1655.5	378.7	65.2	9.2	1.1	0.1	0.0				23197
	2 - 3	0.0	11.5	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
	3 - 4		1.8	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
	4 - 5		0.3	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
	5 - 6		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
	6 - 7		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
	7 - 8			0.6	20.6	170.3	492.9	662.3	502.0	247.0	87.4	24.0	5.4	1.1	0.2	0.0		2214
	8 - 9			0.1	6.2	60.6	204.1	312.8	266.1	145.0	56.2	16.8	4.1	0.9	0.2	0.0		1073
	9 - 10			0.0	1.8	20.5	79.0	136.4	129.0	77.2	32.5	10.5	2.7	0.6	0.1	0.0		490
	10 - 11			0.0	0.5	6.6	28.8	55.5	57.8	37.7	17.2	5.9	1.7	0.4	0.1	0.0		87
	11 - 12				0.1	2.0	9.9	21.2	24.2	17.1	8.4	3.1	0.9	0.2	0.1	0.0		34
	12 - 13				0.0	0.6	3.3	7.7	9.5	7.3	3.8	1.5	0.5	0.1	0.0	0.0		13
	13 - 14				0.0	0.2	1.0	2.6	3.5	2.9	1.6	0.7	0.2	0.1	0.0			5
	14 - 15					0.1	0.3	0.9	1.2	1.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0			2
	15 - 16					0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0				1
	16 -							0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0				10000
		1	191	3273	14469	26612	26724	17188	7825	2721	761	179	37	7	1	0		

通常海象

最悪海象

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。



# 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)	1 - 2	999.1	2085.5	1540.8	556.9	122.6	19.1	2.3	0.2	0.0						5430	
	2 - 3	584.0	6332.1	8225.3	4871.2	1655.5	378.7	65.2	9.2	1.1	0.1	0.0				23197	
	3 - 4	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	
	4 - 5	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	
	5 - 6	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	
	6 - 7	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	
	7 - 8	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	
	8 - 9		0.6	20.6	170.3	492.9	662.3	502.0	247.0	87.4	24.0	5.4					
	9 - 10		0.1	6.2	60.6	204.1	312.8	266.1	145.0	56.2	16.8	4.1					
	10 - 11		0.0	1.8	20.5	79.0	136.4	129.0	77.2	32.5	10.5	2.7					
	11 - 12		0.0	0.5	6.6	28.8	55.5	57.8	37.7	17.2	5.9	1.7					
	12 - 13			0.1	2.0	9.9	21.2	24.2	17.1	8.4	3.1	0.9					
	13 - 14			0.0	0.6	3.3	7.7	9.5	7.3	3.8	1.5	0.5					
14 - 15			0.0	0.2	1.0	2.6	3.5	2.9	1.6	0.7	0.2	0.1	0.0		13		
15 - 16				0.1	0.3	0.9	1.2	1.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0		5		
16 -				0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0		2		
					0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0		1		
		1	191	3273	14469	26612	26724	17188	7825	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  
DLSA-Ultimate

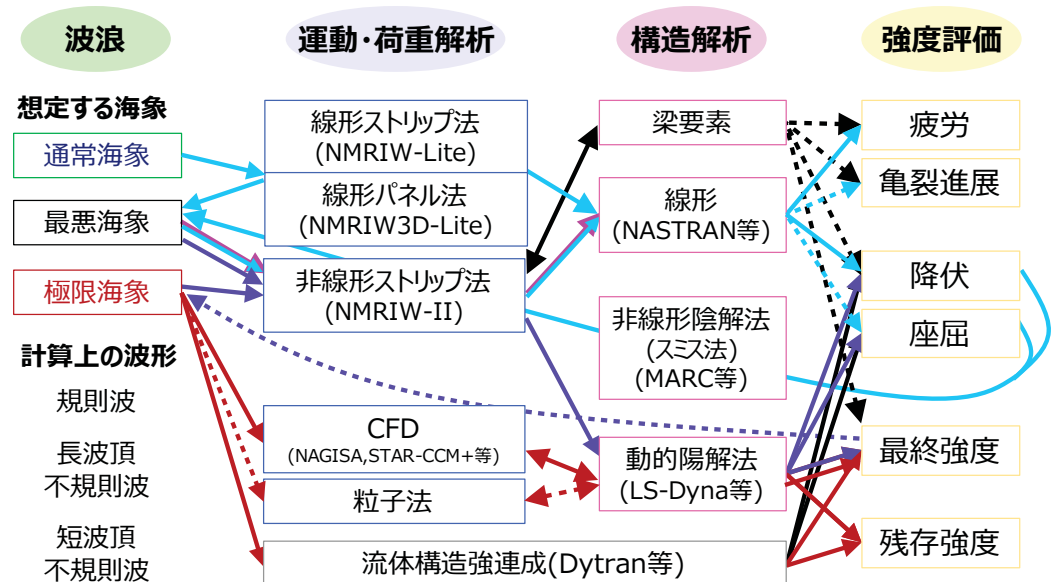




# NMRI-DLSAの概要

【新設計・初期設計、不具合検証】		
DLSA-Basic	降伏・疲労(・座屈)を網羅的に実施 →設計海象から最悪海象を特定	1日
DLSA-BasicW	最悪海象での強度評価	0.5日
DLSA-Professional	最終強度(極限海象・設計不規則波)	1.5日
【事故調査、研究】		
DLSA-Ultimate	事故時残存強度・最終強度	20日~

- ◆一貫解析をシームレスに行える一連のプラットフォームを用意、解析手順を提示
- ◆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の適用例

## 全船荷重構造一貫解析のリードタイム

