

船級規則における直接荷重解析及び 同解析による強度評価について

日本海事協会 船体開発部 杉本圭

- はじめに(現行要件等について)
- 新C編における直接荷重解析及び同解析による強度評価(DLSA)の位置付け
- 新C編適用船において想定される直接荷重解析及びDLSAの活用
- 「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」及びノーテーション
- まとめ

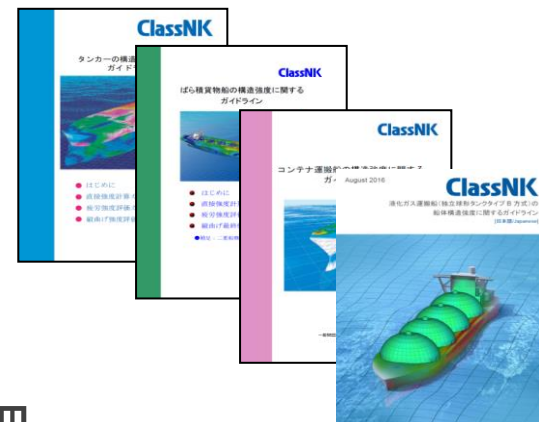
➤ 鋼船規則C編、CSR-B&T編

- 原則等一般的な規定
- 配置要件(区画等)
- 構造強度に関する要件
 - …部材ごとの要求寸法に関する算式
 - …考慮する荷重の算式
 - …構造解析(FEM)を用いた強度評価
- 材料、溶接
- 舵、艤装 etc.



➤ 関連ガイドライン①(構造強度ガイドライン)

- 考慮する荷重の算式
- 構造解析(FEM)を用いた強度評価手法詳細
- 直接荷重解析に関する規定



etc.

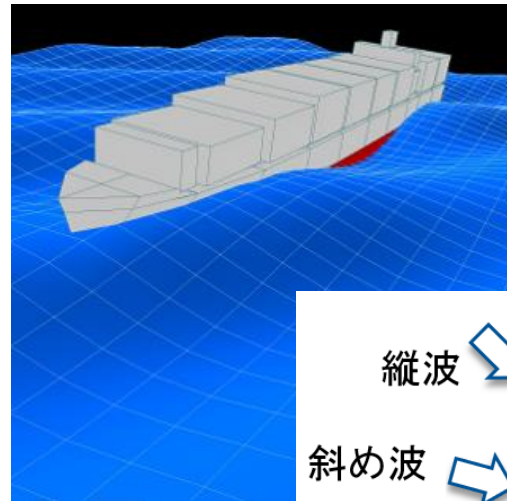
➤ 関連ガイドライン②

直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン



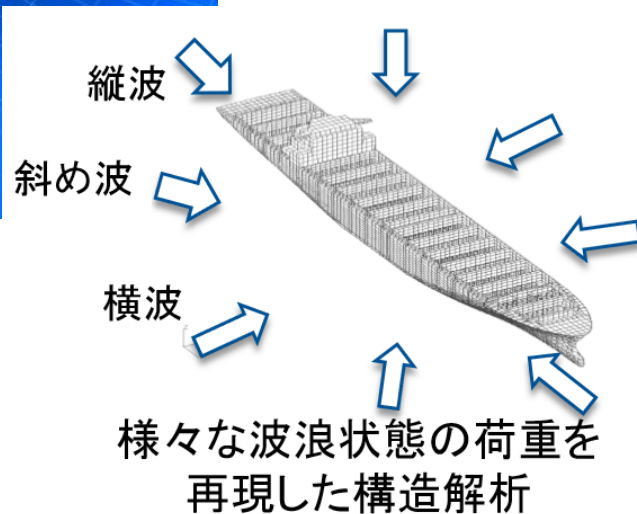
荷重構造一貫解析(DLSA)とは？

- ✓ 個船ごとに、直接荷重解析を行い、その結果(波浪変動圧や運動・加速度)を基に構造解析・構造強度評価を行う手法
- ✓ 応答(応力等)の応答関数(RAO)、統計予測(短期・長期予測)により、その船固有の構造応答を評価することができる

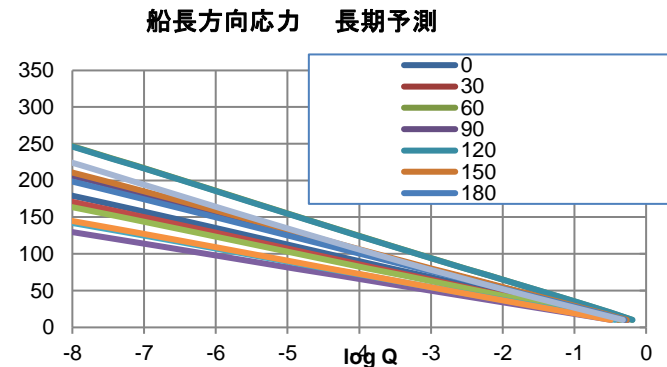
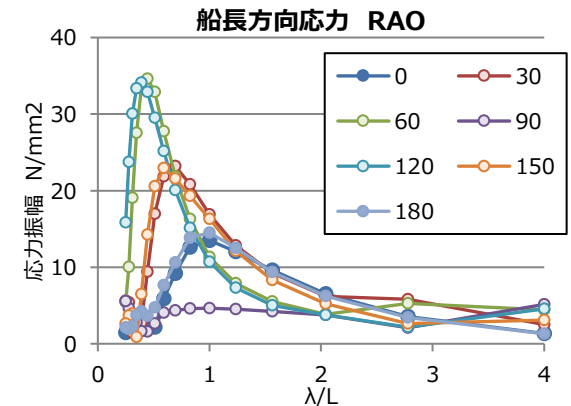


ストリップ法や
3次元パネル法等

FEモデルへ
マッピング



応力のRAOや統計予測値



構造強度評価手順の例(応力応答関数)

様々な波浪状態(規則波)における荷重を再現した構造解析

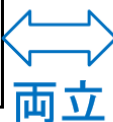
船体に生じる構造応答(応力応答)の把握(応力応答関数)

長期予測等による統計予測

構造強度評価

本会の構造強度評価手順の基本思想

構造強度に対して支配的な応力応答を適切に推定



簡易な評価手法

DLSA

膨大な解析工数

実用性を考慮



鋼船規則、構造強度ガイドラインの関連要件

Generalな形に

直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン

- はじめに(現行要件について)
- 新C編における直接荷重解析及び同解析による強度評価(DLSA)の位置付け
- 新C編適用船において想定される直接荷重解析等の活用方法
- 「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」及びノーテーション
- まとめ

- 現在見直しを図っているC編(新C編)の構造強度要件についての基本的な考え方は下表の通り。

	船のタイプ	評価基準の概要	
1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 大型船 ➤ 構造応答、積付けが複雑な船舶 	<p>ホールドモデルによる直接強度計算(ホールド解析)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 等価設計波に対応した荷重算式(同算式は直接荷重解析をベースに開発) ✓ モデルは部分構造モデル(3ホールドモデル等) <p style="text-align: right;">note: 局部強度等は小型船と共通。</p>	規則
2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 小型船 ➤ 構造応答、積付けが複雑でない船舶 	<p>寸法算式 (直接荷重解析をベースに開発された荷重算式 & 梁理論による強度要件)</p>	
3	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 新コンセプト船 ➤ 規則の適用限界を超える形状の船舶 	<p>等価設計波(直接荷重解析) DLSA</p>	ガイドライン

- 直接荷重解析・DLSAはそれぞれ、荷重算式・ホールド解析より高度な手法として位置付けられる。

➤ 新C編における同等効力の規定(直接荷重解析 & DLSA関連):

(1) 直接荷重解析

局部強度、FE解析(疲労強度評価用の解析含む)等に用いる荷重について、直接荷重解析ベースに差し替えることが可能

* IACS URに関する規定等は代替不可

(2) 全船有限要素解析(等価設計波)

FE解析要件の代替として、DLSAによる強度評価が可能。

(3) フルスペクトル解析

(2)と同じく、DLSAによる強度評価が可能。ただし、疲労強度評価が対象。

➤ いずれも、「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」の規定に従う

- はじめに(現行要件について)
- 新C編における直接荷重解析及び同解析による強度評価(DLSA)の位置付け
- 新C編適用船において想定される直接荷重解析、DLSAの活用方法
- 「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」及びノーテーション
- まとめ

- 荷重解析:

荷重算式の代替としての使用

規則で想定していない構造様式(新コンセプト船や規則の適用範囲外の船)に対する荷重の推定。

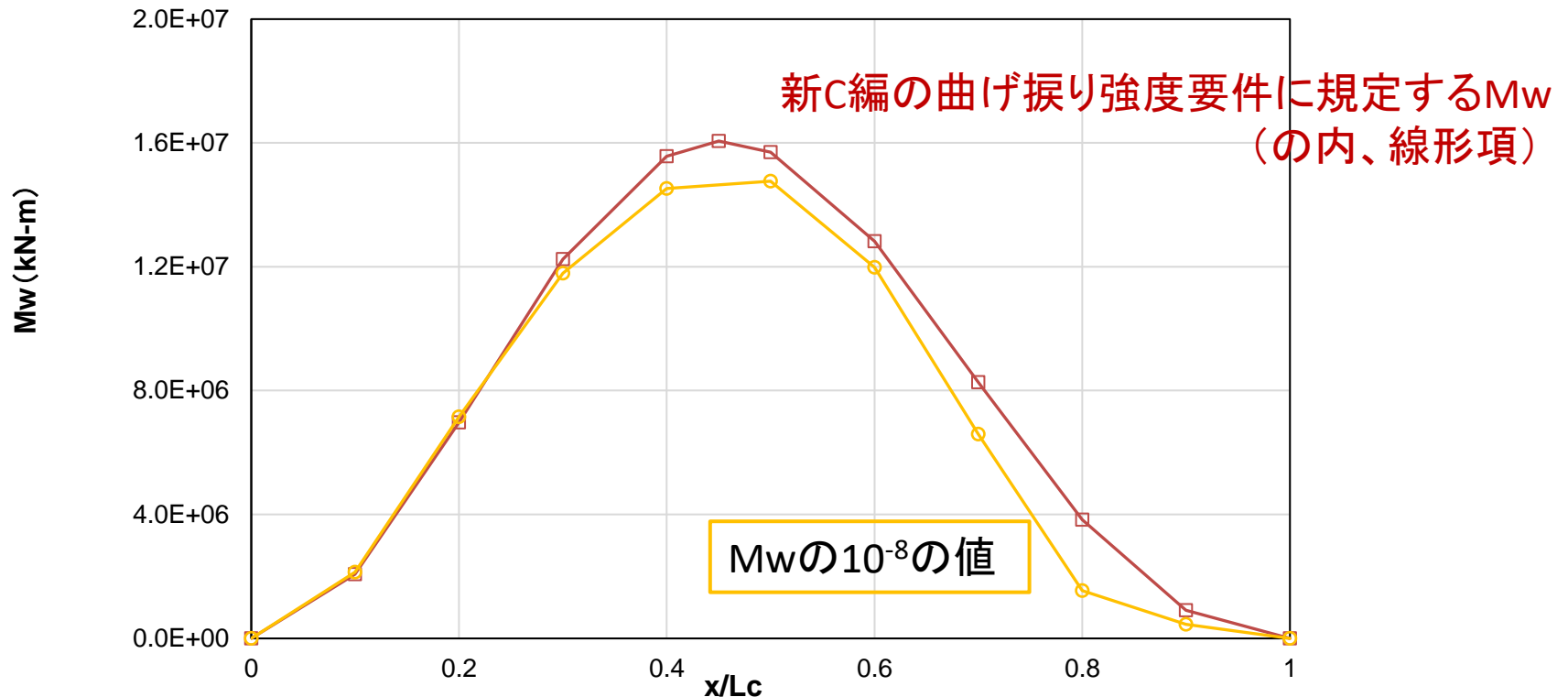
- DLSA:

規則で想定していない構造様式(新コンセプト船や規則の適用範囲外の船)に対する荷重及び構造応答の推定。

- IACS URに基づく縦強度要件で考慮されるハルガーダ荷重以外は、直接荷重解析に基づく荷重を用いることができる。

➤ 例:

曲げ振り強度評価において考慮する波浪中垂直曲げモーメント M_w



- 6自由度運動・加速度について、直接荷重解析に基づく荷重を用いることができる

表 4.2.2-2. ピッチ周期 T_ϕ 及びピッチ角 ϕ

周期 (s)	ピッチ角 (rad)
$T_\phi = \sqrt{\frac{2.6\pi L_C}{g}}$	$\phi = 3.72 C_{LF_\phi} C_{50} R_5 H_{S_\phi}$

直接荷重解析から導出された値に差し替えることが可能

*ただし、線形の荷重解析では考慮できない項については差し替え不可。
 この例の場合、係数 C_{LF_ϕ} は操船や非線形等の影響を考慮した係数である為、
 それ以外を差し替えることが可能となる。

➤ 波浪変動圧

表 4.6.2-6. 等価設計波 HM における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + h_W$	$z > T_{LC} + h_W$
$HM-1$	$P_{exw} = \max(-P_{HM}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \rho g(z - T_{LC})$	0
$HM-2$	$P_{exw} = \max(P_{HM}, \rho g(z - T_{LC}))$		

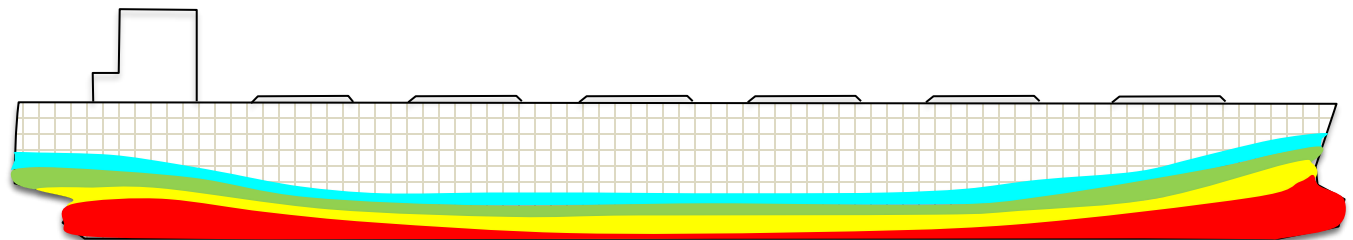
(備考)
 P_{HM} : 次の算式による。

$$P_{HM} = 0.5 C_{R_{HM}} C_{NL_{HM}} C_M C_{HM1} H_{S_{HM}} (P_{HM1} + P_{HM2} + P_{HM3} + P_{HM4})$$



直接荷重解析から導出された値に差し替えることが可能

*ただし、線形の荷重解析では考慮できない項については差し替え不可。

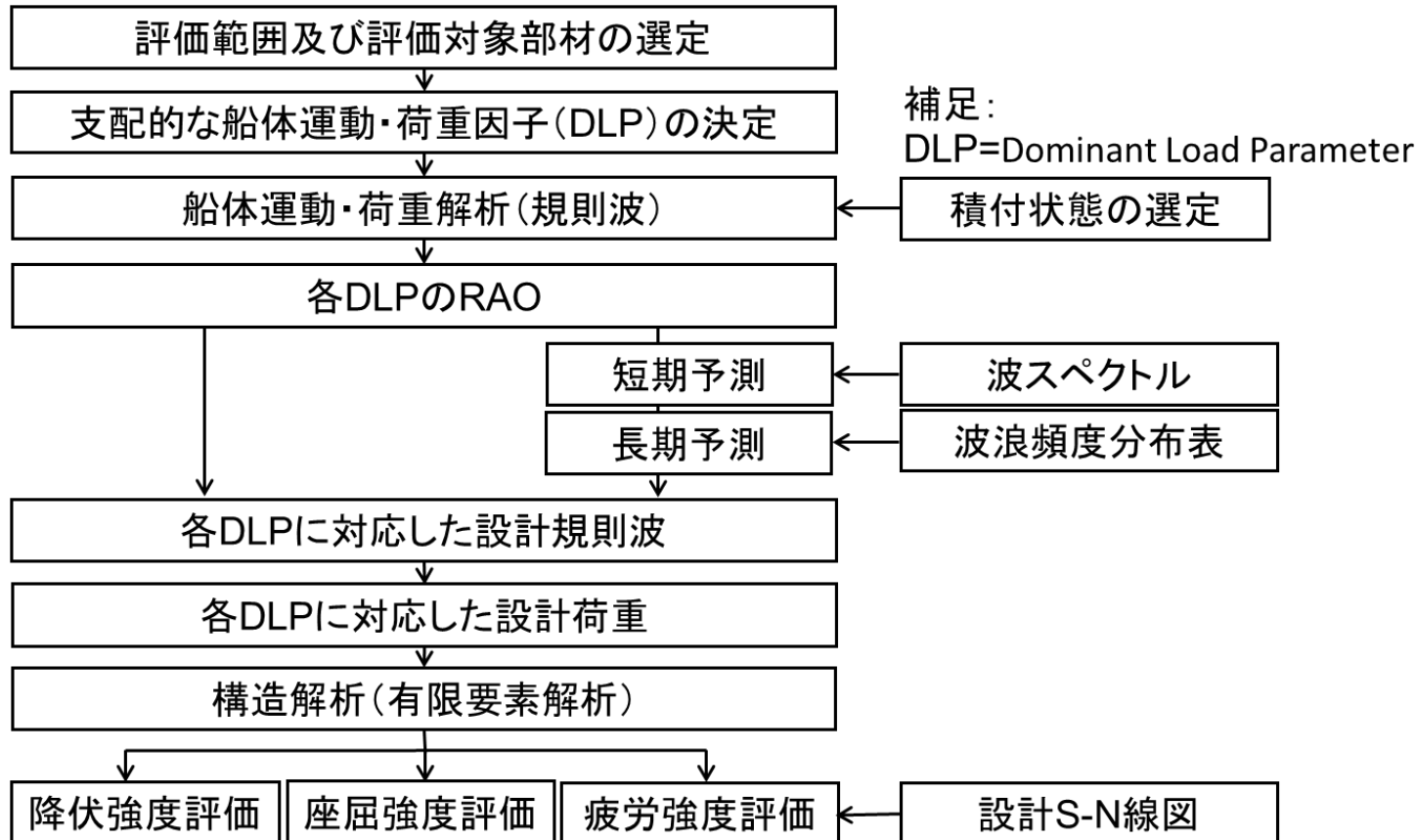


- はじめに(現行要件について)
- 新C編における直接荷重解析及び同解析による強度評価(DLSA)の位置付け
- 新C編適用船において想定される直接荷重解析、DLSAの活用方法
- 「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」及びノーテーション
- まとめ



- 2018年に直接荷重解析に基づく強度評価ガイドラインの初版を発行しており、今後、新C編の規定に沿った改正を行う計画としている。

ガイドラインに規定する評価フロー例



- DLSAに基づき、全貨物区域について評価を実施した船舶には、次のNotationを付与する。(現行C編、新C編で共通)



直接荷重解析又は全船有限要素解析により全貨物区域について降伏強度及び座屈強度評価を実施	<i>PS-DA-DLA</i>
直接荷重解析又は全船有限要素解析により全貨物区域について疲労強度評価を実施	<i>PS-FA-DLA</i>

- はじめに(現行要件について)
- 新C編における直接荷重解析及び同解析による強度評価(DLSA)の位置付け
- 新C編適用船において想定される直接荷重解析、DLSAの活用方法
- 「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」及びノーテーション
- まとめ

- 新C編において、直接荷重解析及びDLSAは、荷重要件及びFEM要件の高度な手法として位置付けられ、代替手法として活用することが可能。
- 想定される活用事例について紹介した。
- 関連するガイドラインとノーテーションについて紹介した。