

研究開発レポート

海象予報を用いたコンテナ積付設定の有効性及び安全性に関する研究

2025

一般財団法人日本海事協会開発本部技術研究所 安全性評価部門

1. 概要・目的

船体構造強度評価の観点からは、疲労荷重や最大荷重は Hindcast を用いて過去の海象データから求めた波浪発現頻度表を参照して作成される。弊会規則・ガイドラインではコンテナの積付設定を行うにあたり、実遭遇海象を季節や航路ごとに考慮して作成した波浪発現頻度表を参照して設計荷重を設定することで船舶の積載能力を有効活用することを可能にしているものの、過去の海象データに依拠しているため、多くの航海に対しては過度に安全側になっている。

一方で、貨物や船体の安全輸送のために、波浪予報 (Forecast) を用いることが一般化しつつある。藤本ら(2024)は波浪予報値と波浪追算値の比較を行い、予報期間が 120 時間であれば予報値は追算値に対して安全側の評価を与えることを確認したうえで、ロール角、ピッチ角、ピッチ角加速度に対して予測有義波高を用いた荷重の修正係数を提案している。ここで、予報期間が 7 日以上になると波浪予報の精度が悪化することから、最大でも 5 日程度の予報期間としている。波浪予報は一般に予測期間が長いと精度が低下することから、適用できる航海に制約はあるものの、波浪予報を用いることでより本船の積載能力を活用できることが期待される。

これまで、同様の趣旨の手法の検討例はあるものの、提案された荷重補正係数の妥当性を実船計測データとの比較により行った事例は見当たらない。そこで、本報告では、前報 日本海事協会 (2025) 「コンテナ船の実遭遇海象分析と航路・季節に応じた荷重補正係数の活用」にて分析を行ったメガコンテナ船の実船計測データと、以下に述べる算式から得られた船体運動予測最大値の比較を行うことで、短期航海における波浪予報の活用可能性を検討する。

2. 手法

実測値として、「コンテナ船の実遭遇海象分析と航路・季節に応じた荷重補正係数の活用」にて得た航海ごとの船体応答最大値を用いる。また、船体応答の設計値 (予測最大値) X_i^f は以下の算式により計算する。

$$X_i^f = f_i X_i^{rule} \quad (1)$$

X_i^{rule} は、北大西洋における 25 年分の波浪発現頻度表を用いて計算した値 (ただし、操船影響や非線形影響を含む) であり、「コンテナ船の実遭遇海象分析と航路・季節に応じた荷重補正係数の活用」において計算したものと同一である。 f_i は運動 i に対する予報最大有義波高の係数であり、ロール角、ピッチ角、ピッチ角加速度について、それぞれ以下の式 (日本海事協会 (2025) 「気象海象予報に基づく海上貨物の安全性に関するガイドライン」) であらわされる。

$$f_\theta = 0.20 + 0.18 H_{s,fc,max} \quad (2)$$

$$f_\phi = 0.05 + 0.24 H_{s,fc,max} \quad (3)$$

$$f_{a5} = 0.16 + 0.24 H_{s,fc,max} \quad (4)$$

ここで、 $H_{s,fc,max}$ は予報最大有義波高である。予報値として気象庁 GWM のデータを用いた。

予報値と実測値を比較するにあたり、波浪予報の精度が十分保たれる期間が 5 日間程度ということを踏まえ、以下のように比較対象を検討した。また、図 1 に模式的に示した。

- ・ 航海期間が 72 時間以下の航海のみを対象とする
- ・ 航海開始時期よりも 24~29 時間前の時点で航海期間分の予報値を取得し、予報最大有義波高を取得
- ・ 予報最大有義波高を式(2)~(4)にそれぞれ代入し、荷重補正係数を評価。
- ・ 式(1)により計算した値と、各航海における最大船体応答を比較する

予報値の取得タイミングが一定ではない理由は、予報値が一定時間ごとに更新されるためである。

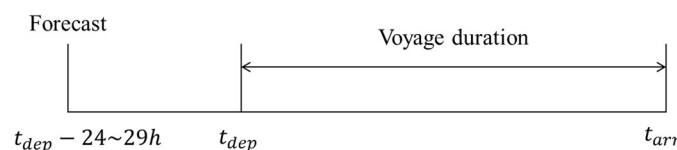


図 1 予報取得タイミングの模式図

3. 評価結果

ロール角、ピッチ角、ピッチ角加速度についてそれぞれ各航海の最大遭遇船体応答と波浪予報に基づく最大応答予測値の比較結果を図 2、3、4 に示す。図 2 に示すロール角では、予報値に基づく最大応答予測値は最大遭遇船体応答より常に大きい。一方で、ピッチ角やピッチ角加速度において、遭遇応答・予測値のいずれも非常に小さいケースではあるものの、遭遇値が予測値を上回るあるいはほぼ等しいケースがみられる。

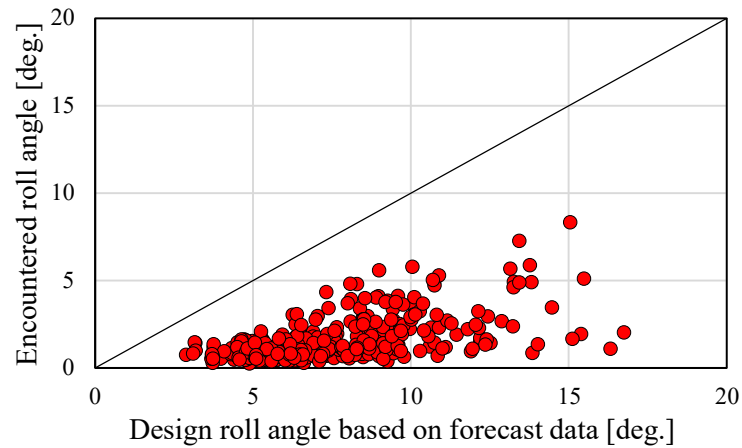


図 2 ロール角

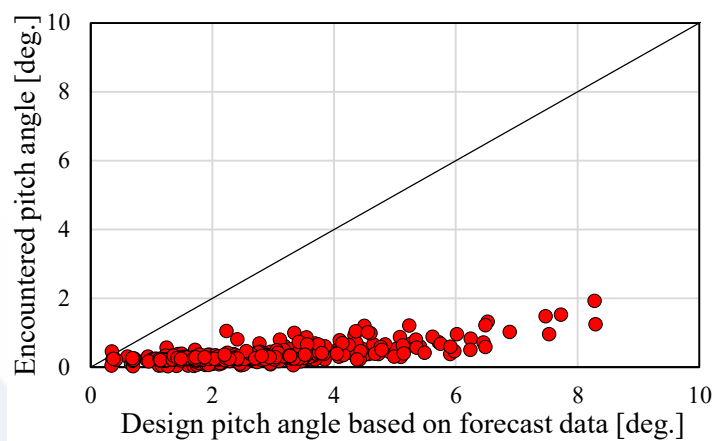


図 3 ピッチ角

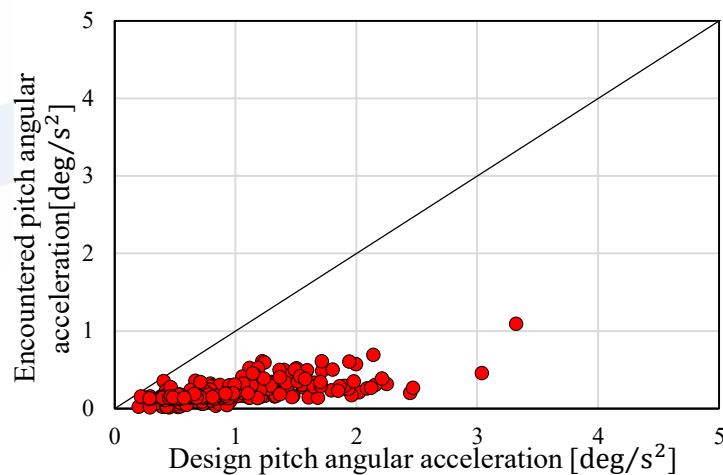


図 4 ピッチ角加速度

遭遇値が予報値を上回るケースの航路を図 5 に示すが、非常に短い航路でかつ陸との距離が非常に近いものであった。予報最大有義波高が 0m であり、陸に近すぎることで正常な予報値の取得ができていないものと推測される。



図 5 遭遇値が予報値を上回るケースの航路（赤線）

図 6 に、予報に基づく設計ロール角に対する遭遇ロール角の割合を累積確率分布で示す。WACDASと表記している分布は、航路と季節による荷重補正係数を考慮した設計ロール角に対する遭遇ロール角の割合である。遭遇ロール角が設計ロール角に対して小さい領域では予報に基づいて設計ロール角を規定することで貨物積載能力を有効活用することができていることがわかる。ただ、今回の検討では予報に基づく設計ロール角は航海期間が 3 日以下の航海に対して計算しており、すべての航海を対象としている WACDAS とは母集団が異なることに留意する必要がある。

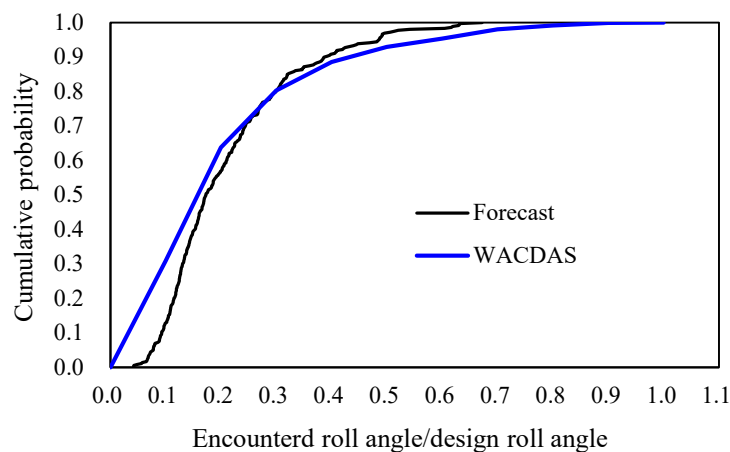


図 6 設計ロール角に対する遭遇ロール角の累積確率分布

4. まとめ

3. で述べたとおり、航海期間が 3 日以下かつ予報有義波高が適切に取得できていれば、Forecast を用いた設計荷重設定により、安全側の設計荷重を与えつつ、従来の航路・季節に応じた航路修正係数よりも搭載能力を生かした積付が実現可能であると考えられる。一方で、短期航海では陸上に近い航路を通るケースが多いものと想定されることから、予測値が適切に取得できないケースも想定されるため、設計荷重に対して下限値を与える（例えば、予報最大有義波高 $H_{s,fc,max}$ の下限値を 2m などとする）ことが望ましく、将来の研究課題として挙げられる。

Reference

- ・ 藤本ら、波浪予報値の不確実性を考慮した船体運動の長期予測、日本船舶海洋工学会講演会論文集、39 号、2024A-GS14-3、2024。
- ・ 日本海事協会開発本部技術研究所、コンテナ船の実遭遇海象分析と航路・季節に応じた荷重補正係数の活用、

2025。

- ・ 日本海事協会、気象海象予報に基づく海上貨物の安全性に関するガイドライン、2025。

ClassNK