

## PS-19 平水区域の波と風の統計的性質とその評価

流体設計系 \* 金子杏実、辻本 勝

### 1. はじめに

船舶の航行区域は、我が国では明治 19 年の西洋形船舶検査細則<sup>(1)</sup>にて定められた。当時は航行区域毎に一人当たりの客室面積の下限値を確保させるものであり、そこでの平水区域は湖川及び静穏の海上と定められた。その後、明治 27 年の改正<sup>(2)</sup>により、平水区域は湖川港内の他、具体的に 26 海域が定められた。現在は船舶安全法施行規則<sup>(3)</sup>に平水区域は湖川及び港則法<sup>(4)</sup>で定める港内の水域の他、51 の海域が定められている。平水区域は地理的には陸岸に囲まれていることで外海からの波や風の影響が少なく、年間を通じて比較的穏やかな水域となっているものが多い<sup>(5)</sup>、<sup>(6)</sup>が体系的に調査は行われていない。本論では代表的な平水区域の気象海象を調査し、その特徴を明らかにする。

### 2. 波と風のデータ

平水区域の解析は、気象海象の数値予測データを使用する。本来は計測値の利用が望ましいが、海上での気象海象計測で行われているナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)<sup>(7)</sup>等は一部地点であり、平水区域内をカバーできていない問題がある。一方、数値予測技術は十分実用的な精度となっており、空間的に均質なデータ利用が可能であることが特徴である。今回の海域間の相対比較によりその特徴を抽出することを目的とするため、今回は数値予測データを使用することとする。

今回解析に使用する気象海象の数値予測データは、1 日 2 回気象庁より緯度経度各 6 分(日本近海で 9~11km 程度)格子間隔で配信される日本沿岸波浪 GPV (Grid Point Value) を基に、(一財)日本気象協会が地形による遮蔽と局所的な風波を加味し、緯度経度各 2 分(日本近海で 3~3.7km 程度)の格子間隔に内挿した推算データである。

この推算データは有義波高、有義波周期、卓越波向、平均風速、平均風向の 5 要素から構成され、領域は北緯 20~50 度、東経 120~150 度の範囲である。データ期間は 1994 年 3 月から 2004 年 2 月までの 10 年間であり、使用する波浪推算値の精度は、沿岸波浪計による観測値との比較から、有義波高の 12 時間先予測値で相関係数が 0.885~0.912 であることが報告されている<sup>(8)</sup>。

### 3. 平水区域の解析

船舶安全法施行規則に定められている 51 の平水区域のうち、代表的な海域として表-1 に示す 23 の平水区域を抽出し、気象海象の解析を行った。選出基準は、2 分格子間隔で地形の影響を十分に考慮できる事(主に大きな海域)、地形に共通点があり比較できる事(外洋に対し大きく開口している等)

である。また比較として、海岸より 20 海里以内の水域を中心に設定されている沿海区域についても解析を行った。推算データから気象海象の発現頻度表を求め、有義波高( $H$ )と平均風速( $V_w$ )の超過確率( $Q$ )を求めた。図-1 と図-2 にそのグラフを示す。比較対象として沿海区域のデータもプロットしている。

有義波高や風速の事象( $x$ )がある値  $X$  を超える超過確率  $Q$  は(1)式で求められる。ここで、 $p(x)$  は事象の発現確率(確率密度関数)である。

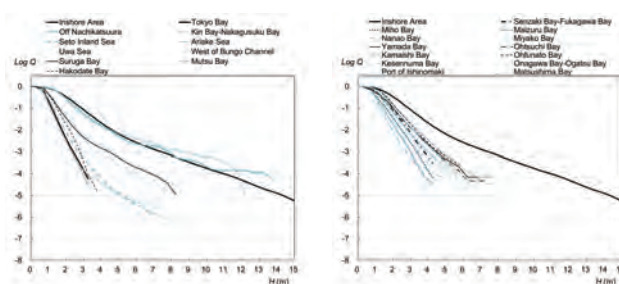


図-1 有義波高の超過確率

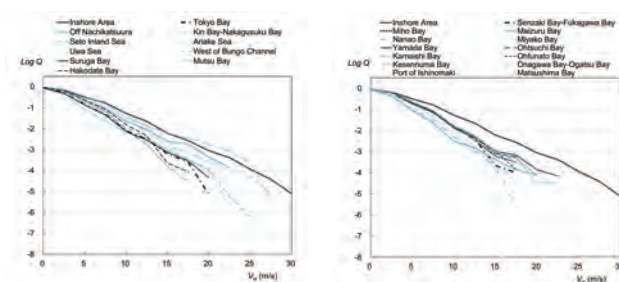


図-2 平均風速の超過確率

$$Q(x > X) = 1 - \int_0^X p(x) dx \quad (1)$$

なお、波、風の方向は向かって来る向きを示しており、0 度は北から来る波、風を示す。

平均風向・卓越波向の分布傾向は多くの海域で良く一致しているが、那智勝浦沖、金武湾・中城湾、函館湾では一致していない。

表-1 解析海域

海域名	解析データ数	海域名	解析データ数
東京湾	585, 163	舞鶴湾	85, 839
那智勝浦沖	35, 765	七尾湾	492, 306
金武湾・中城湾	264, 524	宮古湾	28, 612
瀬戸内海	11, 859, 869	山田湾	14, 306
有明海	1, 395, 593	大槌湾	21, 458
宇和海	264, 120	釜石湾	14, 305
豊後水道西沿岸	448, 066	大船渡湾	7, 152
駿河湾	264, 645	気仙沼湾	21, 456
陸奥湾	960, 977	女川湾・雄勝湾	35, 760
函館湾	57, 218	石巻港	28, 608
仙崎湾・深川湾	100, 142	松島湾	35, 760
美保湾	92, 173	沿海区域	184, 905, 506

#### 4. 平水区域の特徴

図-1 左に示す有義波高の超過確率から、那智勝浦沖、金武湾・中城湾は沿海区域と同等の超過確率であることが分かる。これは卓越波向の分布から分かる通り、当海域が外洋に面しており台風進路にも近く、台風の影響により大波高波が侵入するためである。平均風向・卓越波向の分布が一致しないのもこれによる。

次に駿河湾・宇和海、豊後水道西沿岸がほぼ同等の有義波高の超過確率を示すことが分かる。駿河湾は外洋に面しており、南方からの台風等のうねりの侵入のためである。近接した海域の宇和海、豊後水道西沿岸の同一超過確率での平均風速、有義波高を比較すると、平均的に宇和海の方が平均風速は大きい、豊後水道西沿岸の方が有義波高は大きく、順序が逆転していることが分かる。有義波高が大きい時の卓越波向を調べると、宇和海では330度、豊後水道西沿岸では150度から180度であり、豊後水道西沿岸は地形的に太平洋からのうねりの影響をより受けることが分かる。

次に内海である瀬戸内海、有明海はうねりの侵入もなく、風により波が発達しないことから、有義波周期も短く、有義波高も大きくならない。

津軽海峡を挟んだ平水区域の陸奥湾と函館湾を比較すると、陸奥湾の方が同一超過確率での有義波高、平均風速ともに小さいことが分かる。陸奥湾では平均風向・卓越波向の頻度が高い270度から300度にかけて有義波高が大きくなり、風向と一致することから風波に起因することが分かる。対して函館湾では一致せず、有義波高が120度から240度の波向で大きく、波向でうねりの侵入があることが分かる。

図-1 右に示す有義波高の超過確率から、日本海側の海域は三陸海岸の海域に比べ低い超過確率であり、また、5mを超えるような有義波高の発現する確率は小さいことが分かる。

また、三陸海岸でも宮古湾を除く山田湾から大船渡湾の中部海域では、気仙沼湾以南の南部海域に比べ有義波高の超過確率が高いことが分かる。

図-2 右に示す平均風速の超過確率から、日本海側の海域は三陸海岸の海域に比べ低い超過確率であり、有義波高の超過確率と同様の傾向であることが分かる。一方、気仙沼湾、女川湾・雄勝湾は三陸海岸の他海域に比べて大きな超過確率であることが分かる。有義波高は三陸海岸の他海域に比べて低い、これは両海域とも外洋に面した場所に大島、出島があり、波浪が遮蔽されている影響であることが分かる。

#### 5. 結論

10年間の気象海象の数値予測データを用いて、平水区域の統計的性質を調査するため、代表的な海域で海域間比較を行った。その結果、沿海区域に相当する有義波高の発生頻度を示す海域があること、隣接した海域でも地形により、うねりが侵入しやすい海域があることが明らかとなった。日本海側の平水区域に比べ三陸海岸の平水区域は有義波高、平均風速とも超過確率が大きいこと、三陸海岸の気仙沼湾、女川湾・雄勝湾は外洋に面した場所に島があり、波浪が遮蔽され、風速に対して有義波高が比較的小さいことが明らかとなった。

今後は解析対象を広げ、地域による海域特性を見出すことができるだろうと考えている。また調査結果が航行に注意が必要な平水区域を事前に把握する一助となるよう、公開の仕方についても検討していきたい。

#### 参考文献

- (1) 西洋形船舶検査細則（明治十九逓信省令第四号），明治19年
- (2) 西洋形船舶検査細則（明治二十六逓信省令第十八号），明治26年（明治27年施行）
- (3) 船舶安全法施行規則（昭和三十八年運輸省令第四十一号），令和元年（令和2年施行）
- (4) 港則法（昭和二十三年法律第七十四号），平成28年（平成30年施行）
- (5) 辻本 勝, 石田 茂資: 日本近海の波と風の統計的性質, 日本航海学会論文集, 第2号, pp. 19-27, 2005.
- (6) 黒田 貴子, 田口 晴邦, 辻本 勝: 日本沿岸の距岸別気象海象解析と小型船舶の余裕乾舷, 日本航海学会論文集, 第137巻, pp. 1-8, 2017.
- (7) 国土交通省: リアルタイムナウファス: 国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網, <https://www.mlit.go.jp/kowan/nawphas/index.html>, (参照 2022. 5. 27)
- (8) 日本気象協会: 沿岸局地波浪予測手法の研究開発報告書, 平成6年度事業, pp. 167-176, pp. 217-230, 1995.