

40 日本近海の波と風データベースの構築

海上安全研究領域 *辻本 勝、石田 茂資

1. はじめに

海洋の波と風については、船舶の安全性や経済性、環境影響の評価の観点から、従来よりデータの収集、統計情報のデータベース化が行われてきた。そして、運航海域における海象評価だけでなく、船体応答を考慮した耐航性能、波浪荷重の長期予測等を通じ、設計、運航への反映が行われてきた。

これまでの海象データベースは、データが主に船舶通報に依存していたこともあり、観測精度の問題の他、主要航路に観測が偏重している影響、荒天避航の影響が存在する。そして、海域区分は十分なデータ数を確保するためにかなり広いものとなっている。

一方、波浪推算については、近年精度が向上し、また、1994年2月以降気象庁数値データが入手可能となった。さらにデータ間隔が均等であり、時間的、空間的な解像度も高いことから、利用しやすいデータとなっている。

そこで、10年間にわたる波浪推算値を基に、詳細な海域区分により海象評価が行えるよう、日本近海の波と風データベースを構築し、インターネット版及び詳細版を公開¹⁾した(図-1)。

2. データベースの概要

日本近海の波と風データベースは波浪推算値を基に、発現頻度表の形でデータベース化したものである。

波浪推算値は、1日2回気象庁より6分格子間隔で配信される日本沿岸波浪GPV(Grid Point Value)を基に、(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2分格子間隔に内挿したものである。

この波浪推算データは有義波高 H 、有義波周期 T 、卓越波向 χ 、平均風速 V_w 、平均風向 γ から構成されており、領域は北緯20~50度、東経120~150度で、図-1の白抜き部をカバーしている。期間は1994年2月1日~2004年1月31日(10

年間、12時間間隔)である。波浪推算値の精度は、有義波高の12時間先予測値で0.885~0.912であることが報告されている²⁾。

この波浪推算値を基に、緯度・経度0.5度間隔、月別に解析を行い、統計データベースを作成した。

本データベースでは H 、 T 、 χ 、 V_w 、 γ の5要素から2要素を選んだ発現頻度表が利用できるだけでなく、 $H-T-\chi$ の同時発現頻度表が利用できることが特徴である。発現頻度表における波と風の各要素の区分は、 $H:0.5\text{m}$ 、 $T:1.0\text{s}$ 、 $\chi:30\text{deg}$ 、 $V_w:2.5\text{m/s}$ 、 $\gamma:30\text{deg}$ としている。

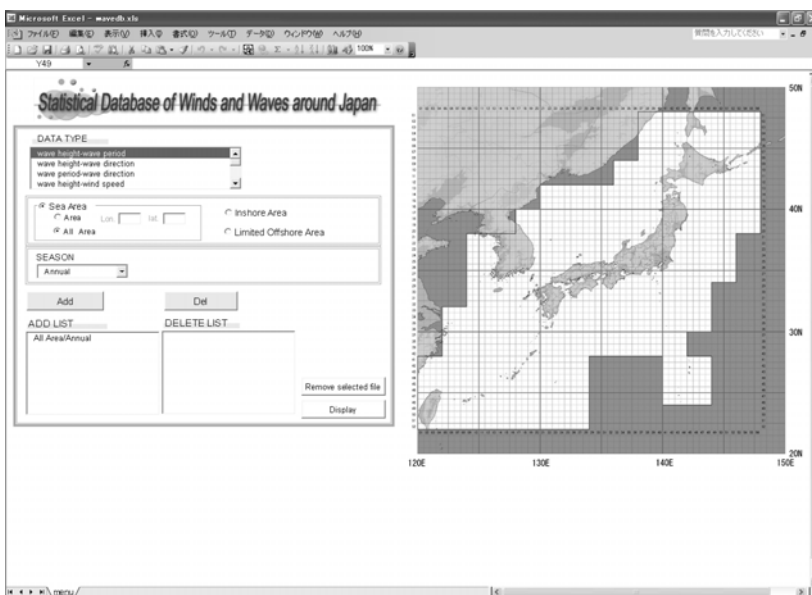


図-1 日本近海の波と風データベース

3. 統計的性質

3.1 海象の平均的傾向と荒れた状態の傾向

最初に海象の平均的傾向を調べるため、有義波高の通年平均値の等値線を作成した（図-2）。房総半島東方沖で有義波高が大きくなり 2.5m 程度、日本海側では津軽海峡西部に有義波高 1.75m 程度のピークが存在することが分かる。

次に、荒れた海象状態の傾向を調べるため、(1)式に示す超過確率 Q を用いて、 $Q=10^{-2}$ での有義波高の等値線を作成した（図-3）。

$$Q(x) = 1 - \int_{-\infty}^x p(t) dt \quad (1)$$

これより、日本海側では等値線形状は平均的傾向とほぼ同様であるが、太平洋側では異なること、台風の多い沖縄南東沖海域が荒れやすく、 $Q=10^{-2}$ となる有義波高は 6m 程度であることが分かる。

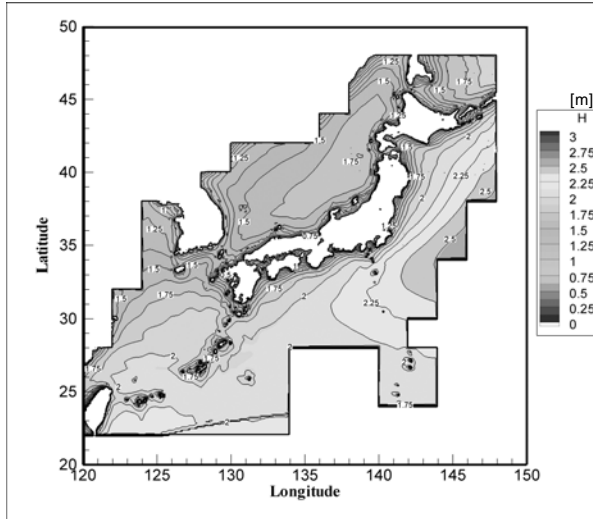


図-2 有義波高の平均値（通年）

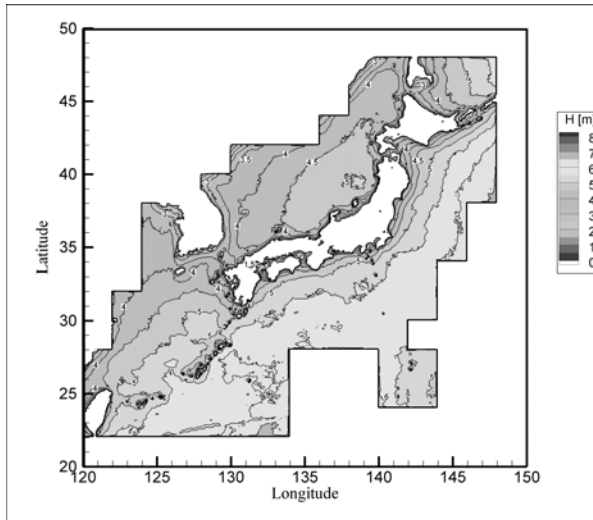


図-3 超過確率 10^{-2} での有義波高の等値線（通年）

3.2 発現確率と基本統計量

実海域では様々な海象に遭遇するが、その発現確率により、海域の統計的性質を表現することができる。また、発現確率と船体応答から、船体応答の長期予測が行われる。

航行距離と方角がほぼ等しい東京-釧路（往復）、舞鶴-小樽（往復）航路（図-4）を、それぞれ太平洋側、日本海側の例に選び、航路に沿った海象の発現確率と基本統計量（平均値、最頻値）を求めた。

東京-釧路航路の出会い波向 χ_r の発現確率 $p(\chi_r)$ を図-5に、 χ_r に関する H と T の条件付き同時発現確率 $p(H, T | \chi_r)$ を図-6に示す。ここで、出会い波向 χ_r は船の方位に対する波の進行方向で、0deg. を船首方向（向波）としている。なお、往復航行のため、発現確率は 180 度対称となり、図-6ではその部分を省略している。

図-5と6から、東京-釧路航路では向波、追波となる確率が他より低い、向波、追波で有義波高が最大となる海象が生じていることが分かる。

次に、東京-釧路航路、舞鶴-小樽航路の H 、 T 、 V_w の通年平均値、最頻値をそれぞれ表-1、表-2に示す。これらから、日本海側は太平洋側に比べ H 、 T 、 V_w の通年平均値、最頻値のいずれも小さいことが分かる。 V_w に比べて H と T の差が大きいのは、外洋からのうねりの影響と考えられる。

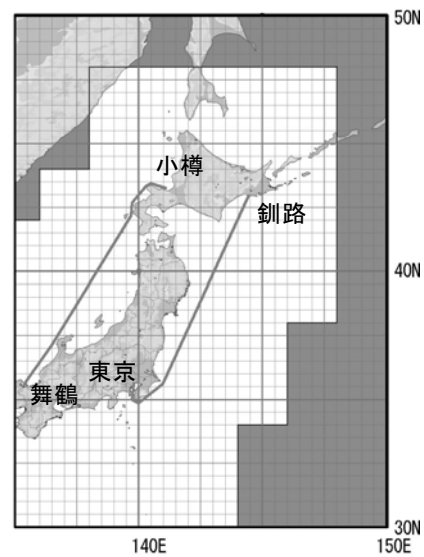
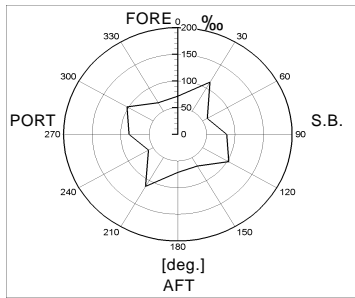
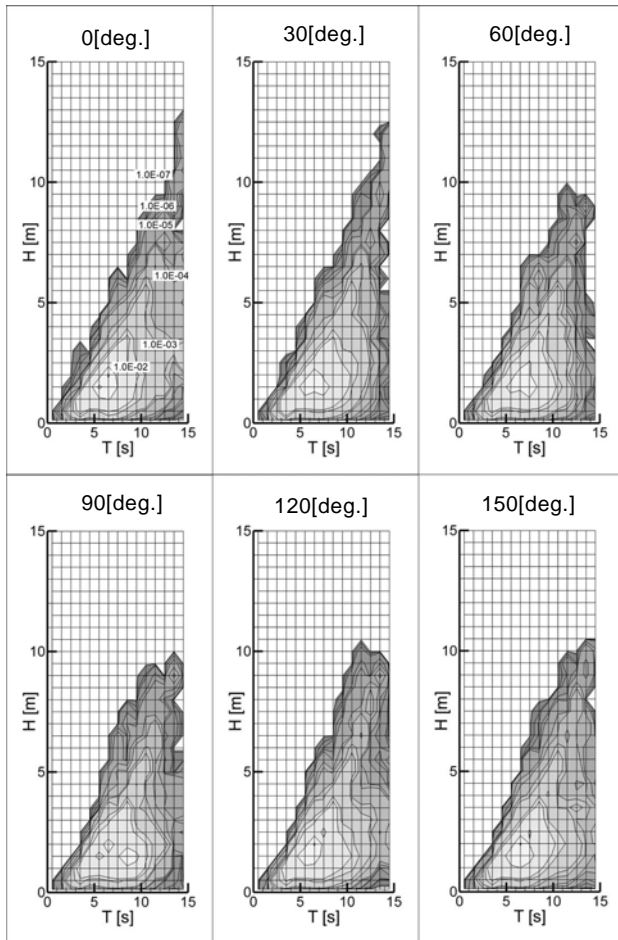


図-4 東京-釧路、舞鶴-小樽航路



図－5 出会波向発現確率 $p(\chi_r)$ (東京－釧路)



図－6 出会波向別の有義波高－有義波周期の同時発現確率 $p(H, T | \chi_r)$ (東京－釧路)

3. 3 極値統計解析による長期分布推定

長期に亘る海象の極大値の推定は、海象の示す極大値が従う長期分布を仮定して、再現期間に対する再現値を求めることにより行われる。前節と同じく東京－釧路航路、舞鶴－小樽航路に対し極値統計解析を行った。ただし、海洋構造物と異なり、船舶は荒天域を避けることが可能であり、実際にはこのような海象には遭遇しないが、航路に

沿った海象の統計的性質を調べるために解析を行

表－1 平均値と最頻値 (東京－釧路：通年)

項目	平均値	最頻値	最頻値出会方向
H	1.76m	2.0m	斜向波・斜追波
T	6.70s	6.5s	
V_w	6.96m/s	6.75m/s	斜向風・斜追風

表－2 平均値と最頻値 (舞鶴－小樽：通年)

項目	平均値	最頻値	最頻値出会方向
H	1.48m	1.5m	向波・追波
T	5.61s	5.5s	
V_w	6.56m/s	6.25m/s	向風・追風

った。

解析には 10 年分の年間最大値の全数極値資料を用い、合田⁴⁾に従い Fisher Tippet I (FT-I) 型分布 ((4)式)、Weibull 分布 (形状母数 $k=0.75, 1.0, 1.4, 2.0$: (5)式) から最良近似となる分布を最小 2 乗法により推定した。

$$P(x) = \exp \left\{ -\exp \left(-\frac{x-B}{A} \right) \right\} \quad (4)$$

$$P(x) = 1 - \exp \left\{ -\frac{(x-B)^k}{A} \right\} \quad (5)$$

ここで、 A は尺度母数、 B は位置母数である。

標本のプロットングポジションを定める非超過確率 P_m は、FT-I 型分布に対しては Gringorten 公式 ((6)式)、Weibull 分布に対しては Petruska & Aagaard 公式を修正した合田の式 ((7)式) を用いた。

$$P_m = 1 - \frac{m-0.44}{N+0.12} \quad (6)$$

$$P_m = 1 - \frac{m - \left(0.20 + \frac{0.27}{\sqrt{k}} \right)}{N + 0.20 + \frac{0.23}{\sqrt{k}}} \quad (7)$$

ここで、 m は標本を降冪に並べたときの順位、 N は極大値の総数である。

また、母集団が未知であることに起因する偏り修正も行った。

これら標本パラメータと推定した分布パラメータを表－3に示す。ここで \bar{x} 、 s は標本の平均値

及び標準偏差、 k 、 \hat{A} 、 \hat{B} は推定した形状母数、

表-3 標本及び最適分布パラメータ

項目	航路	
	東京-釧路	舞鶴-小樽
\bar{x}	8.73m	7.37m
s	1.82m	0.75m
最適分布形状	FT-I	Weibull
k	-	1.0
\hat{A}	1.51m	0.82m
\hat{B}	7.91m	6.55m
r	0.985	0.988

表-4 再現期間と確率波高

再現期間	東京-釧路		舞鶴-小樽	
	H_R	$\sigma(H_R)$	H_R	$\sigma(H_R)$
10年	11.9m	1.7m	8.5m	0.8m
20年	13.2m	2.3m	9.1m	1.1m
30年	13.9m	2.7m	9.5m	1.3m
50年	14.8m	3.3m	9.9m	1.6m
100年	16.1m	4.1m	10.6m	2.0m

尺度母数及び位置母数、 r は相関係数である。

表-4に再現期間 R 、有義波高の再現値(確率波高) H_R 及び標準誤差 $\sigma(H_R)$ を示し、分布形状と標準誤差の幅を航路別に図-7、図-8に示す。これらから、太平洋側航路は日本海側航路に比べ、確率波高が約1.5倍大きく、推定の標準誤差は約2倍大きいことが分かる。

また、有義波高の年間最大値の発生時期と海域を調べると、東京-釧路航路では、秋季の房総半島沖で生じることが多く、舞鶴-小樽航路では冬季の津軽海峡西部で生じることが多い。

4. まとめ

日本近海の波と風の統計的性質の情報を提供するデータベースを構築し、公開した。

このデータベースを利用して、有義波高の平均値及び超過確率 10^{-2} での等値線図を示した。これから、房総半島東方で平均的に有義波高が大きく、日本海側では津軽海峡西部に有義波高のピークが存在すること、また、沖縄南東沖海域が荒れやす

いことが分かった。

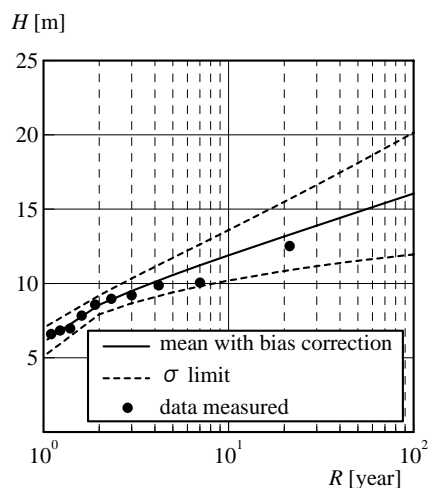


図-7 再現期間と確率波高(東京-釧路)

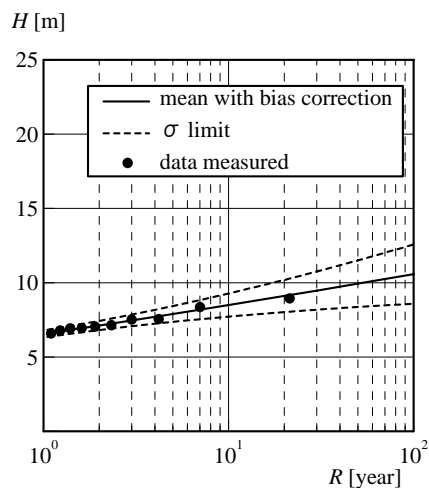


図-8 再現期間と確率波高(舞鶴-小樽)

また、東京-釧路、舞鶴-小樽航路を選び、航路に沿った海象の発現確率、基本統計量、極値統計解析による確率波高を求めた。その結果、太平洋側と日本海側では海象の統計的性質が異なり、有義波高は太平洋側が日本海側に比べ大きいこと、極値統計解析による確率波高の標準誤差も太平洋側が大きいことを定量的に示した。

参考文献

- 1) http://www.nmri.go.jp/wwjapan/namikaze_main.html
- 2) 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,1995.
- 3) 合田良実:極値統計におけるプロットング公式ならびに推定値の信頼区間に関する数値的

檢討, 港灣技研報告, 第 27 卷第 1 号, 1988.