

3-3 船舶データによる統計図表

船舶データから得られた統計解析結果の一部を示す。波については風浪（うねりと波浪の内の波高の大きいほう）について扱う。目視波高であるが、有義波高として扱うことにする。（付録A参照）

船舶データの海域別総数をFig. 3.11に示す。航路に沿った海域にデータが多く存在することがわかる。

3-3-1 海域別平均波高図

137頁から 145頁に海域別の平均波高を月毎、季節毎に示す。

3-3-2 海域別平均風速図

146頁から 154頁に海域別の平均風速を月毎、季節毎に示す。

3-3-3 波高のローズチャート

156頁から 165頁に季節毎の、各海域の方向別の波高分布ローズの形でまとめたものを示す。季節毎にどのように推移するかを示す。ローズの凡例についてはFig. 3.12に記す。波高3.75m以下の分析値を細線で、それよりも大波高値を太線で記す。

3-3-4 風速のローズチャート

166頁から 175頁に各海域の方向別の風速分布をローズの形でまとめたものを示す。風速の場合は、風速30ノット以下を細線、それ以上を太線で記す。図の説明はFig. 3.12の通りである。

3-3-5 海域別波高-波周期表

176頁から 271頁に船舶データから求めた海域毎の波高-波周期表を観測数で示す。これらの表においては、Calmデータは省いた数値を掲げたので、前に示した海域毎の観測数とは一致しない。左上に通年の表を置き、下側に春、夏、秋、冬の表を示す。右上に北太平洋全域の図を置き、対象海域をハッチングで示す。

最初に各海域の結果を示す。E海域を北方海域から順次南方海域へ、続いてM海域を同様に並べ最後にW海域を同様な順序で配列してある。

最後にE海域全域、M海域全域、W海域全域、北太平洋全域の表を置く。

NUMBER OF WAVE DATA (1974-1988) : SHIP

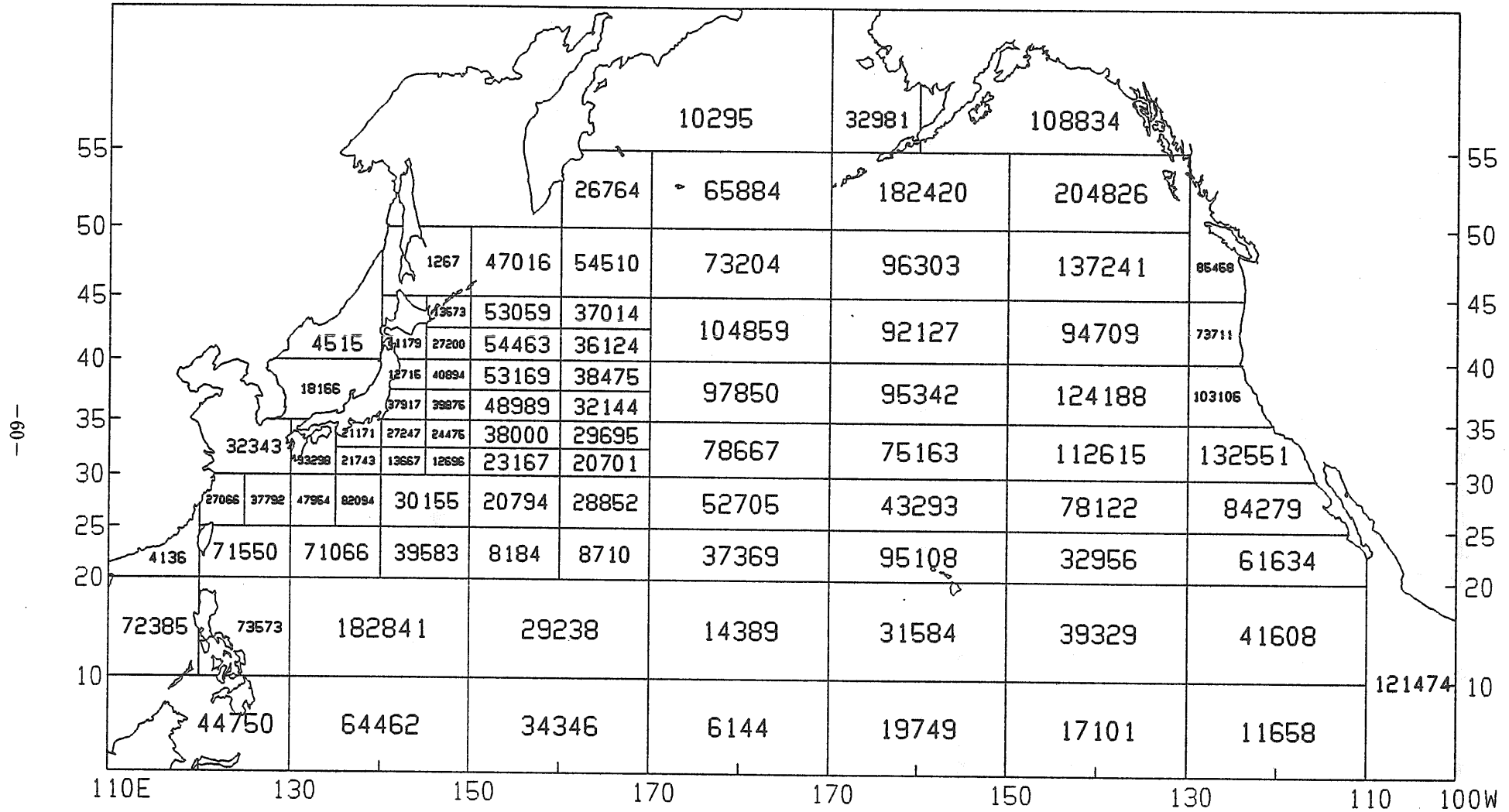


Fig. 3.11 Zonal Distribution of Ship Data Number

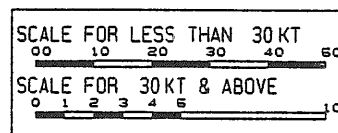
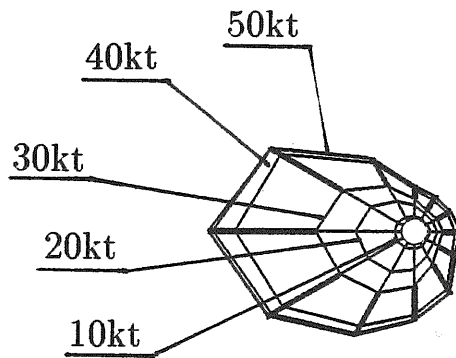
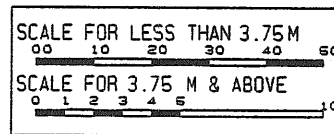
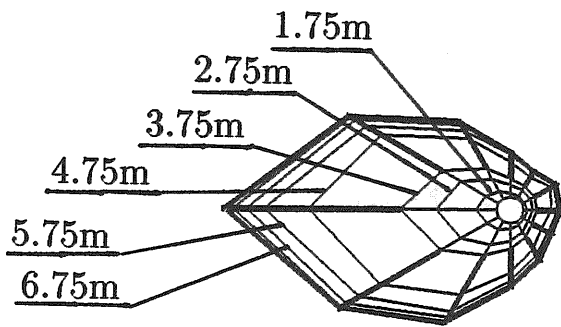


Fig. 3.12 Definition of Wave Height Rose and wind Speed rose

3-4 追算データによる統計図表

追算の結果を使った統計図表を以下に示す。船舶と同じ形式の図面で、ほぼ同じ配列となっている。ただし追算の場合は日本近海のE03S海域は計算点がないため表は作成していない。

3-4-1 海域別平均波高図

272頁から 280頁に海域別の平均波高を月毎、季節毎に示す。

3-4-2 海域別平均風速図

281頁から 289頁に海域別の平均風速を月毎、季節毎に示す。

3-4-3 波高のローズチャート

290頁から 299頁に各海域の方向別の波高分布ローズの形でまとめたものを示す。季節毎にどのように推移するかを示す。ローズの表示法は船舶データの場合と同じである。

3-4-4 風速のローズチャート

300頁から 309頁に各海域の方向別の風速分布をローズの形でまとめたものを示す。季節毎にどのように推移するかを示す。表示法は船舶の場合と同じである。

3-4-5 海域別波高-波周期表

310頁から 400頁に追算データから求めた海域毎の波高-波周期表を示す。左上に通年の表を置き、以下春、夏、秋、冬の表を示す。右上に対象海域を示す。E03S海域が欠けている点を除き、船舶の場合と同じである。

3-5 ブイデータによる統計図表

3-5-1 ブイ別波高-波周期表

401頁から 418頁に海洋観測ブイで計測された波高-波周期表を示す。海域図の中にブイの位置を○で示す。NOAAのブイの若い番号から始まり、次に気象庁のブイの順に解析結果をならべた。入手できたデータすべてを使っているため、計測期間はブイによって異なっている。

第4章 結 言

当初予定していた北太平洋における海象情報を様々なソースから探り、その実態を明らかにし、その結果を船舶設計あるいは運航支援用に利用し易い形にまとめるという作業は計画通りに遂行できたと思われる。

今回の波浪データベースおよび統計表の特徴は以下の通りである。

- (1) 北太平洋における波浪について、船舶通報データ、海洋観測ブイデータ等、既存の海洋観測を可能な限り収集解析を行った。船舶については1974年から1988年の15年間、約 500万件のデータを解析した。ブイについては、北太平洋の沖合いに展開されている気象庁、NOAAの海洋観測ブイのデータを1978年以降1989年までの分を入手解析した。
- (2) 船舶データの信頼性チェックを細かく行った。その結果、データの二重登録が少なからず存在すること、伝送過程で混入する誤りがデータの精度を損なう例が多いこと等が分かった。そこでデータ入力に際して二重登録のデータはすべて排除するようにした。また雑音によるデータ変化が異常に大きな波高値を生み出す一つの原因であることが明らかになったので、大きな波については可能な限り船舶の報告履歴に照らして、明らかに誤りと考えられるものについては統計解析の対象から除外した。従来のものと比べ船舶データの信頼性は格段に向上させることができた。
- (3) 今回新たに波浪追算を行い、数値予測手法による波浪情報の生成を過去10年間の北太平洋全域について行った。これにより北太平洋全域を一様な密度で波浪情報を得ることができた。この情報を船舶、ブイのデータと同じ手法で解析した。これにより、船舶による観測のない海域でも同じように波浪統計を作ることができた。
- (4) 以上の情報を元に、波浪海象情報のデータベースを計算機上に初めて構築した。これにより利用者の多様な要求に柔軟、迅速に対応できるシステムが完成した。またデータベースシステムはデータの品質向上、管理にも有効である。
- (5) 本研究は北太平洋における波浪について、船舶通報データ、海洋観測ブイデータおよび波浪追算結果の三種類の情報が、同一のレベルでの比較に耐える形にまとめられた初めてのものである。三者の比較考察によれば船舶、追算、ブイの月別平均波高を比較すると三者とも良い一致を示す。しかし波高-波周期相関表の形は、三者それぞれ特徴を持っており、明確な違いが見られる。例えば、船舶の場合は分布の広がりが大きく、波傾斜の非常に大きい所に幾つか観測値がある。これらの値は信頼性について更に検討する必要がある。一方、追算の結果による統計表は大きな波傾斜の値は殆どなく、対角線上に集中した分析形状である。ブイによる統計表は船舶と追算の結果の中間的な性格をもつ。

このような三者の独自性が存在する現状では三つの波浪統計を合成して一つにまとめることは

時期尚早と思われたので、統一化作業は今後の研究に待つことにし、ここではそれぞれの特徴が明らかになるような整理にとどめることにした。

- (6) 最後に利用者の便を図るために、波浪海象データベースの統計情報を要約したパソコン版波浪統計データベースを作成公開した。より詳細な海域毎の海象情報を簡単に検索利用することができる。

この波浪情報データベースは本来の目的である船舶設計運航用標準海象データベースとしておおいにその活用が期待できる。すなわち、船舶、海洋構造物の設計にあたって航路、作業海域に応じた波浪荷重、稼働条件の設定を行う際の波浪情報として活用できる。また船舶の運航計画をたてる際に必要な航路毎の波浪情報として使う場合、長期間の結果が整理されている本情報は活用が期待できる。

また、本来の目的とは離れるが、データベースの中に収められている情報を抽出すれば、最近注目を浴びつつある地球環境の変化を解明する資料としても利用できるものと考えられる。

本報告は解析した結果の一部を紹介できたにすぎない。データベース本体に収納されている情報のすべてをそのままの形で公開することは不可能であろう。今後の作業、研究によってその中のエッセンス的な情報を探り、それを明かにしていくことが必要であると考えられる。その意味で本報告並びに今回公開するパソコン版データベースは一連の作業の一里塚にすぎないともいえる。今後もこのデータベースを活用して、北太平洋の海象のいっそうの明確化に向けて研究する必要がある。

謝辞

最後に、本研究の遂行に当たっては運輸省海上技術安全局技術課の全面的なご支援を戴いた。また気象庁海洋気象部ならびに米国海洋大気庁（NOAA）には、船舶データ、ブイデータの提供をはじめ、様々な援助を得た。関係各位に感謝する次第である。NOAAからの船舶、ブイデータの入手にあたっては、天然資源の開発利用に関する日米会議／海洋構造物専門部会（VJNR/MFP）の共同研究として採り挙げて頂いた。Joseph Vadus米側部会長はじめ委員各位の援助に感謝する。

また波浪追算に当たっては財団法人日本気象協会に、データベースの開発に当たっては日本電気株式会社に協力戴いたことを付記する。

参考文献

1. 第 210 研究部会「新世代造船システムに関する調査研究報告書」研究資料、No.393、日本造船研究協会（平成元年 3 月）
2. Hogben, N. et.al. "Global Wave Statistics". BMT (1986)
3. Y.Yamanouchi, et.al. "Statistical Diagram on the Winds and Waves on the North Pacific Ocean"、船研報告別冊、No.2（1970. 3）

4. 高石敬史他、「北太平洋の風と波の統計図表（1964年－1973年）」（1980. 3）、船研報告別冊No. 3（1980. 3）
5. 第 163研究部会、「気象海象および船舶の波浪中応答に関する統計解析ならびに実船計測報告書」、研究資料、No.277、日本造船研究協会、昭和52年 3 月、No.293(昭和53年 3 月)、No.312(昭和54年 3 月)
6. 気象庁海洋気象パイロット観測資料、No. 1 (1977. 3) - No.11(1988. 9)、気象庁
7. “CLIMATIC SUMMARIES FOR NDBC DATA BUOYS”, NOAA (1886)
8. 日本気象協会 沿岸波浪予測プログラムの研究開発報告書「波浪追算のためのデータベースの整備と活用方の研究開発」（その 1）(昭和60年 3 月)、（その 2）(昭和61年 3 月)、（その 3）(昭和62年 3 月)
9. 国際海洋科学技術協会 振動部会「海洋構造物の振動問題－振動源となる外乱及び外力の予測技術－」（1988. 9）
10. 山内保文、「波浪統計－その変遷と最近の傾向について－」、平成元年11月、日本造船振興財団
11. 山内保文、「海洋波浪統計の最近の話題－その 1、その 2」、Vol. 4.No. 1（平成元年 6 月）、Vo 1. 4, No. 2（平成元年 9 月）、造船技術の海洋開発、日本造船振興財団
12. 山内保文監修「船舶・海洋技術者のための不規則現象論」、海文堂（1986）
13. 日本造船振興財団「平成元年度船舶設計用標準海象データベースの構築と利用技術の調査研究報告書」、（平成 2 年 3 月）
14. 日本造船振興財団「平成 2 年度船舶設計用標準海象データベースの構築と利用技術の調査研究報告書」、（平成 3 年 3 月）

付 録

付録 A. 各種データの波高と波周期の定義

1. 波高値について

船舶通報データは目視波高であるから通常統計的な意味で有義波高と等価なものとなされる。一方、気象庁ブイの計測データは20波を取り出した平均波高であるので、線形ランダム過程の理論によりその1.6倍が有義波高に対応するものとした。NOAAブイデータおよび追算データでは、それぞれ計測および計算されたスペクトルの面積から有義波高を報告している。各報告値とそれらの間の関係を下記に示す。

船舶通報データ	ブイデータ (JMA)	ブイデータ (NOAA)	追 算
H_v	H_{zc}	$H_{1/3}$	$H_{1/3}$
目視波高	平均波高	有義波高	有義波高

ここに、 $H_{1/3} = H_v = 1.6 H_{zc}$ 。

2. 波周期値について

波周期データについても波高値と同様に統計的対応関係があり、気象庁ブイによる20波の平均周期、NOAAブイによるスペクトル2次モーメントから求めた周期等はこれを1.1倍したものが有義波の周期に対応するものとされている。追算の場合はこの関係を使って有義周期を計算している。各報告値とそれらの間の関係を下記に示す。

ただし実際のデータにおいては、その観測精度が±1秒程度であることからこの換算を行わなかった。

船舶通報データ	ブイデータ (JMA)	ブイデータ (NOAA)	追 算
T_v	T_{zc}	$T_{0.2}$	$T_{1/3}$
目視周期	平均周期	スペクトル平均周期	有義周期

ここに、 $T_{1/3} = T_v = 1.1 T_{zc} = 1.1 T_{0.2}$

付録 B . 波浪追算について

1. 海上風の生成

狭領域の計算では日本近海およびアラスカ沖を移動する台風、低気圧等の風場を忠実に表現していなければならないので、詳細な風データが必要である。そのために細かい計算格子のもとで次のような手法により風を求めた。風の計算のための入力データは、気象庁のアジア太平洋天気図から気圧・気温を、海況旬報から海面水温を読み取り、計算格子に割り当てる。これら気圧・気温・水温から海上風の推算を行った。風推算の概略フローをFig. B. 1 に示す。

2. 数値波浪予測の原理

任意の時刻 t 、位置 x における海面のエネルギースペクトル $E(t, x; f, \theta)$ の時間的空間的变化は次のようなエネルギー輸送方程式によって記述される。ここで、 f, θ は成分波の周波数および伝播方向である。

$$\frac{\partial E}{\partial t} + C_g \frac{\partial E}{\partial x} = S_{in} + S_{ds} + S_{nl}$$

この式で、右辺第1項は風の場合からのエネルギー流入、第2項は砕波、粘性、逆風等によるエネルギー流出、第3項は成分波間の非線形相互作用による波成分間のエネルギー輸送を表している。

海洋波の数値予報では上記の式の右辺各項をモデル化し、海上風の予報値を駆動力として与えてこの式を解き、波浪のスペクトルの時空変化を求めるのであるが、これによって E が定められれば（線形）ランダム理論にもとづいてそこでの有義波高、平均波周期、平均波向等の統計量が求められるのは周知のところである。このとき用いられる方程式のモデル化の段階に応じて、計算方式は歴史的に次の3つの世代に分けられている。

第1世代：第1項は2つの要素よりなり、Phillipsの共鳴機構およびMilesの不安定機構による風波の発生を表現しているが、係数等は経験的に修正されている。第2項の減衰効果もまた経験式が用いられている。第3項の非線形効果を無視する。

第2世代：観測、実験の結果にもとづいて第3項の効果をパラメトリックに取り入れている（詳細については次節参照）。

第3世代：重力波間の非線形相互作用の研究を基礎にして第3項を理論的に取り入れている。

1977年わが国で初めて実用化されたMRIモデルは第1世代に属するもので、Discrete Propagationモデルと呼ばれている。また現在気象庁が使用しているMRI-IIモデルは第2世代に当たる方式であり、Coupled Discreteモデルの範疇に属する。このモデルでは第1世代のそれに較べ特に減衰域でのスペクトルの計算精度が非常に良くなったと言われている。この段階では世界各国が独自のモデルを提唱しており、VENICE（伊）、NOWAMO（ノルウェー）、GONO（蘭）、TOHOKU（日）、HYPA（独）、BMO（英）、SAIL（米）、DNS（デンマーク）等が代表的なものである。第3世代は未だ研究段階にあるが、特に近年波浪伝播の過程における非線形相互作用の役割が予想以上に大きいことが知られてきて、この効果を取り入れたモデルの早急な開発が望まれている。