

北太平洋の波と風 (1974~1988)

渡辺 巖、富田 宏、谷澤克治

Winds and Waves of the North Pacific Ocean
1974-1988

by

Iwao WATANABE, Hiroshi TOMITA and Katsuji TANIZAWA

本研究は運輸省船舶技術研究所と財団法人シップアンドオーシャン財団の共同研究により、気象庁の協力を得て実施されたものである。シップアンドオーシャン財団の関係各位ならびに財団内に設けられた「船舶設計用標準海象データベース調査研究委員会」の平山次清委員長はじめ委員各位のご指導、ご援助に深く感謝する次第である。

北太平洋の波と風 (1974~1988)

目 次

諸 言	1
第1章 海象・気象データの収集	4
1-1 船舶通報データ	4
1-2 波浪追算データ	11
1-3 海洋観測ブイデータ	29
第2章 統計解析と海象データベース	35
2-1 基本海象情報データ	35
2-2 統計解析について	35
2-3 海象データベース	37
第3章 統計図表	48
3-1 概説	48
3-2 総括図表類、全海域の統計値	50
3-3 船舶データによる統計図表	59
3-3-1 海域別平均波高図	59
3-3-2 海域別平均風速図	59
3-3-3 波高のローズチャート	59
3-3-4 風速のローズチャート	59
3-3-5 海域別波高-波周期表	59
3-4 追算データによる統計図表	62
3-4-1 海域別平均波高図	62
3-4-2 海域別平均風速図	62
3-4-3 波高のローズチャート	62
3-4-4 風速のローズチャート	62
3-4-5 海域別波高-波周期表	62
3-5 ブイデータによる統計図表	62
3-5-1 ブイ別波高-波周期表	62
第4章 結 言	63

参考文献	64
付 録	A. 各種データの波高と波周期の定義	67
	B. 波浪追算について	68
	C. 船舶から報告される大波高値について	87
	D. 船舶、追算、ブイデータの平均値の月別変化	96
	E. 統計的検討	109
	F. パソコン版海象データベースの取り扱い説明	128
資 料	137

緒 言

海洋を航行する船舶や海洋構造物の設計・運用にとって、大洋航行中の船体に働く波浪荷重や波浪中動揺特性を正確に推定出来るようにすることは、最も重要な課題の一つである。与えられた波に対する船舶の応答特性は、理論的にも実験的にもかなり詳しく解明されるようになったが、外界条件である海洋の波浪の統計的性質は未だ十分に解明されているとは言い難い。このため実際海面での応答・波浪荷重の決定になお不十分な点が残されており、新しい船体設計法の実現や、船舶の高度自動運航技術の展開を図る上で、大きなネックとなっている。

応答・荷重推定に必要な波や風に関する情報として重要なのは、波高、波周期、波向、波のエネルギースペクトル及び風速、風向等の出現頻度などであるが、これらの統計の源となってきたのは一般商船 (Voluntary ship) による目視観測である。これまで北大西洋についてのWaldenの統計、世界の各海洋についてのHogbenらの統計が知られている。わが国に関連の深い北太平洋及びその周辺海域の波浪に関しては、山内等の統計及びそれに引き続く高石等の統計が良く知られているが、いずれも大半は船舶からの目視データに依っている。一般商船からの波浪の目視観測は、「精度がよくない、個人差がある、商船の航路に集中している、商船は荒天を避けるので荒天時のデータ数が実際と違う」等の問題点があるとされている。しかし一般商船からの目視観測データは、古くから、継続して全世界的な規模で収集されており、そのデータの収集・貯蔵・解析等は統一された形式で行なわれており、波浪の出現頻度或いは出会い頻度を予測するのに有力な資料であることには変わりがない。計器によらないための精度の悪さを別にすれば「商船の実際に遭遇する海象」という意味では十分意味のあるデータであり、今後もその活用は広く望まれている。そのためには、なんらかの方法で上で述べた様な問題点の解決を行い、データの質的向上と、精度向上を図る必要がある。

一方、大洋における気象・海象を知るための他の手段として沖合に展開された海洋観測ブイと、計器による波浪追算が最近注目を集めている。前者は、沖合の定点で長期間にわたる計器計測を行なうので基本的には最も精度が良いと考えられる。しかし、展開されたブイの数は日本近海で6基、北太平洋全域でもたかだか数十基と広大な海域に比べてその数はあまりにも少ない。これだけで北太平洋全域の海象特性を議論するには不十分である。

波浪追算は過去の気象データをもとにして波の生成・発達・変化の過程を波のエネルギー方程式を数値的に解くことによって明らかにしようという手法である。この方法では大洋上の任意地点、任意時刻における波浪についての値が求められる。もとになる海上風のデータはリモートセンシング、予報技術の進歩によりかなり精度が良くなっている。しかも波の性質は風によって大きく支配されるので計算によるこの結果は、実用上十分な精度が得られるものと期待されている。しかし、その結果は未だ十分に検証されたとは言い難い。

現在の大洋上の波浪情報に対する要望は船舶設計のみならず、船舶、海洋構造物の運航・運用の面からも強いものがある。船舶の自動運航の進歩ともあいまって、安全性・経済運航の両面から、海域別・季節別の海象情報データを活用した船舶運航が今後益々盛んになることが予想される。そこで期待されている海洋波浪・海象についての情報は、従来のような北太平洋を航行する商船から報告され

たものの単純な集計ではなく、より高度な、海洋波浪の理論的成果を踏まえた整理を行って標準化された海象情報である。また利用方式についても、予め決められた項目についての統計図表を読み取るだけでなく、利用者が必要とする波浪情報がその都度、容易に抽出できるシステムの構築が期待されている。

そのためにはいずれか一つの情報ソースに全面的に依存するのではなく、上記三種類のデータ相互間の比較検討を通して、海洋波浪の実態に迫る手法が必要である。そこで本調査研究では、上記三種の海象データを基礎に、北太平洋の波浪・海象の実態をより良く反映した統計データを作成し、今後出現する新しい船体構造設計手法にも応えられ、また船舶等の運航上にも利用しやすい、幅広く詳細な波浪情報を含んだ海象データベースを構築することにした。

そのために平成元年度から3年間の本調査研究を開始した。作業の概要は以下の通りである。

(1) 既存海象・気象データの収集と統計解析

船舶からのデータの整理として、1974年から1988年に至る15年間の同種データの統計解析を行なうこととした。わが国の気象庁海洋気象部に集積保管されている、北太平洋の西半分(110° E ~ 170° W、0° N ~ 65° N)の海域の気象・海象(風向、風速、波向、波高、波周期等)のデータと、米国のNOAA(米国商務省国立海洋大気庁)が収集保管している北太平洋の東半分(170° W ~ 100° W、0° N ~ 65° N)のデータを入手した。データの品質、信頼性に新たな観点から検討を加えた後に、これらを素材に統計解析を行い、波浪情報のデータベース化を行った。

沖合い海象ブイのデータについても、気象庁が日本近海に展開している海洋観測ブイで計測されたデータと、米国NOAAが北東太平洋北米大陸沿岸に設置した沖合いブイのデータを入手して、統計解析、データベース化を行った。収録したのはブイによる波浪計測が本格化しだした1978年以降1988年末のデータである。

(2) 波浪追算による海象・気象データの創成

波浪追算を行って波浪情報を求める作業は風情報の入手が可能な1980年から1989年までの、10年間の北太平洋全域の波浪を対象に行った。先ず、北太平洋全域の追算を行うに先だって、追算モデルの妥当性を検証するために、比較的狭い領域、短い時間間隔で追算を行い、波浪スペクトルの変化の様子等を調べた。次に北太平洋全域にわたる波浪の状況を追算して波浪の時間的、空間変動の様子を計算機上でシミュレートした。追算した波浪情報は追算海象値として船舶通報、ブイ観測値等と同じ形式で波浪情報データベースの中に組み込んだ。

(3) 波浪データの検証

上述のようにして得られた同一形式の三種類の情報、船舶情報、ブイ情報、追算情報に対してそれぞれのデータの信頼性、相互間の整合性について検討を行い、波浪データの実用性を検証した。

(4) 海象データベースの構築

以上の時系列情報、統計情報をまとめて扱えるよう、北太平洋の海象情報に関するデータベースを作り上げた。

(5) 成果のまとめ

まとめられた海象データベースは計算機上に収められており、その全体は膨大な情報量なのですべてを公表することは不可能である。そこでその中から抽出した主要な統計表類を、ここに示す印刷物とパソコン版データベースの形で公表することにした。

第1章 海象・気象データの収集

1-1 船舶通報データ

(1) 原データについて

一般商船の多くは気象庁をはじめとする各国の気象機関に決められた時刻に所在地点での気象・海象状況を通報してくる。北太平洋の西側（西経170度以西）の船舶通報は日本の気象庁で、それより東側の海域からの通報は米国NOAAで責任をもって収集することになっている。

わが国においては、気象業務法に基づき、日本船籍の船舶が帰港した後、10日以内に気象庁にこれらのデータが郵送されてくることになっている。今回の作業に気象庁から提供を受けたデータは、これと外国船舶が各国の気象機関を通して報告してきた海象情報を含めたものである。

太平洋東側のデータについては米国NOAAが同様な形でデータ収集保管にあたっているので、北太平洋東側（西経170度以東）の海象情報の解析にあたってはこのデータを入手して作業した。

気象庁より提供された船舶気象観測データの書式は、Table 1.1と1.2に示す通りである。1981年以前と1982年以降では、世界気象機関（WMO）の決定に基づき、データフォーマットの変更があった。いずれのフォーマットも観測年月日（グリニッチ標準時）、観測位置、船舶所在地から始まって風、天気、雲量、温度、波に関する情報が引き続いて記載されているが、82年以降では項目数が増加して、より詳細な情報が記載できるようになっている。ただし本研究に関係した項目の関係では、二種類のうねりが存在する場合に別項目で記入するようになった程度で本質的には大きな変更はない。

いずれのフォーマットでも観測結果がコードで処理されているものが多い。例えば、波高は0.5m毎のコードで表記されている。

波周期については、風浪の周期は1秒単位で実際の値が記入されているが、うねりの周期は、81年以前では5秒以下のものはないとして0、1、2、3、4は各々10、11、12、13秒及び14秒以上に割り付けて、周期を1文字のコードで処理してきた。これが82年以降のデータからは風浪と同じく2文字のコードとなり、秒の10位と1位にそのまま対応させるようなコードとなっている。

その他、風速についてはノット単位で、波や風の方向については10度単位の報告となっている。

NOAAのデータも気象庁のそれと同じく、WMOの決定に基づいているのでデータフォーマット等はほとんど同じであるが、若干の違いが見られる。Table 1.3に示すのはNOAAのデータフォーマットである。

NOAAのデータフォーマットは1981年以前、82年以降とも統一したデータフォーマットになっているが、記述の実際面では若干の違いがある。特にうねり周期の扱いが、1981年以前でも秒単位の欄があるにはあるが、コード欄（気象庁データと同じ1桁コード）のみの記述となっている。一方、1982年以降は秒単位の記述のみとなっている。

船舶から報告される波（うねり、風浪）に関する情報は目視による観測値である。経験的にこの時の目視波高（ H_v ）は有義波高（ $H_{1/3}$ ）に、目視の波周期（ T_v ）はモーダル周期（ $T_{0.1}$ ）あ

るいは有義波周期 ($T_{H1/3}$) にほぼ等しいと言われているが、ここでは観測値そのものとして処理を行っている。付録Aに各種の定義の関係をまとめておく。

(2) データ処理

このデータをもとに北西太平洋の波浪・海象の統計的特性を求める作業を行った。まず第一の段階として、本研究に必要なデータを抽出して個々の船舶情報を本研究で扱うのに便利な形にまとめ直す作業を行った。取り込み時にデータとしての妥当性の検証と重複データの棄却を実施した。

- ① 年月日、緯度、経度、船舶が同一なデータは、重複データと見なして、登録しないことにした。年によっては、一割近い数が重複していることもあった。またデータの中には同一船舶名で同一時刻で異なった緯度経度に存在することになっているデータも少なからず見られたが、それは除きようがないのでそのまま残した。二重登録は各国気象機関を経由したデータが集積されるため発生するものようである。
- ② NOAAの船舶データには海洋観測ブイの値が含まれていることが判明した。データの性質が違ふこと、ブイデータは別に扱っていることから、船舶データからは分離することにした。
- ③ 物理的に考えて存在し得ないと思われる大きな値については統計解析の対象としないことにした。判定基準はTable 1.4に示す。ただし一つの報告でそれ以外の問題がない部分は解析の対象としている。以下の④⑤⑥についても同様である。
- ④ NOAAの船舶データの中には項目毎に報告値の信頼性を確認し、品質管理コード(QCコード)が添付されたデータがある。登録を行う際このコードを参照して、信頼できるとされたもののみ解析に使用することにした。なお気象庁のデータには明示的な品質管理情報はついていないが、収集の段階である程度のデータ選別を行っているものと考えられる。
- ⑤ 更に付録、Cで述べるような大波高を報告してきた船舶についてその前後の波浪報告と関係づけて、報告値の信頼性のチェックを行い、収集、転記、データ伝送の過程で生じた誤りと考えられるものについては統計処理対象からは省くことにした。これは主として波高10m以上の大波高の報告例に対して行った。

以上の作業の流れをまとめたものをFig. 1.1に示す。この作業を経た後のデータを、フォーマットを揃えて船舶通報の基本情報データとしてまとめた。

波については、うねり、風浪および波浪が独立に扱えるようにした。波浪は、うねりと風浪の振幅を比較して大きいほうを波浪と定義して作業を行った。すべての値はコードを用いずに物理量で表されている。