

統計的手法による波浪予測に関する研究

東北大学○学員 高橋 知道

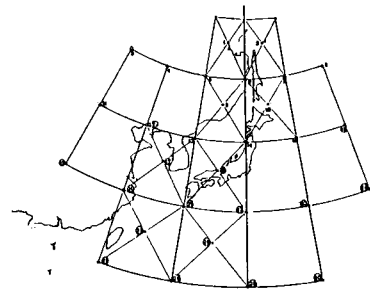
東北大学 学員 田中 伸

東北大学 正員 須田 熙

1 はじめに

近年、我国における大規模な港湾工事は、自然条件の厳しい外洋に面した場所で行なわれることが多く各地で工事が進められてきた。しかし、外洋に面した地点において港湾工事を行なう場合、大洋の大波を直接うけることになり、災害を招くような海象条件に直面する確率も高くなるものと予想される。このような厳しい自然条件の中で、稼働時間を向上させ、急速施工を行なうためには、的確な波浪予測が欠かせないものとなっている。又、遮蔽のない外洋シーバースにおける船舶の荷役時の安全管理においても、波浪予測は極めて重要である。現在すでに、いろいろな手法で予測が行なわれ、港湾工事に貢献しているが、予測手法が複雑であり長年の経験や職人的な勘を必要とするものもある。

そこで、本研究は、統計的手法を用いて波浪予測を行なおうとするものであり短期予測においては、満足すべき精度での予測が可能となった。本報告では、統計的波浪予測の考え方、サンプル数の問題、予測手法の確立を通して統計的予測手法の問題点を整理したものである。



(図-1) 気圧データとして採用したポイント

要 因	気 圧	気 温	湿 度	風 速	風 向
波 高 と の 相 関 係 数	0.450	0.155	0.141	0.410	0.467

(表-1) 波高と気象要因間の相関係数

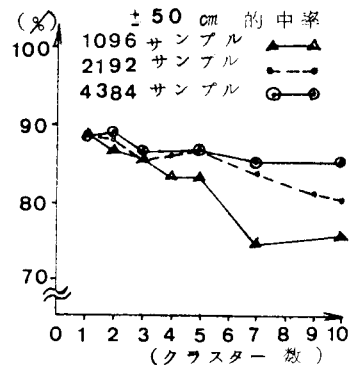
2 変数の選択

潮汐波や津波など特殊なものを除けば、波の発生原因は風の発生に最も大きな影響を及ぼす周辺の気圧配置であると思われる。よって 波浪予測を行なうにあたり、説明変数として日本周辺の気圧を用いるのが妥当ではないかと想像できる。他にも変数として、予測地つまり現場における風速や風向、気温、湿度などが考えられるので、最初にどの気象要因が波高との相関が高いかを解析することにより、どの変数を採用するのが適当であるかを調べた。

データは、北東北 A 港の観測結果を用いた。

数量化分析Ⅰ類によって波高と気象要因間の相関を調べた結果を

(表-1)に示す。この結果から、気圧、風向、風速が波高との相関が高く、波浪予測式をつくる際の説明変数として適しており、気温、湿度と波高の相関はほとんどないことがわかった。



(図-2) クラスタ数 - 的中率曲線

3 重回帰分析による波浪予測式の作成とその検証結果

(1) 変数及びサンプル

波浪予測式の作成にあたっては、前節での解析結果より、説明変数として、(図-1)に示す30ポイントの地上気圧値と、北東北 A 港における気圧、風速、波高の計33種類の変数を採用することにした。この33種類の変数について、予測時刻とその1/2時間前の測定値を用いて、合計66説明変数とした。ここで波高を説明変数として取入れたのは、波の自己相関を考慮したためである。

サンプルは、昭和47年～54年の8年間2922日分であり、1日につき9時と21時の2サンプル、合計5844サンプルである。このうち昭和47年～52年の6年分を波浪予測式の作成に用い、残りの2年分を検証用として用いた。(2)(3)では、1/2時間予測(目的変数として説明変数測定時刻の1/2時間後の波高を用いた)について述べることにする。また、的中率としては、実測値と予測値の差によって $\pm 50\text{ cm}$ 的中率と $\pm 100\text{ cm}$ の中率とを用いた。

(2) クラスター数についての考察

日本周辺の気圧配置は、夏型、冬型などと呼ばれるように数種類の型に分けることが出来る。そこで、まずサンプルを気圧配置によって数種類の型に分け、それぞれについて予測式をつくることにした。気圧パターンの分類には非階層的クラスター分析を用い、クラスター数は1から10までとした。又、予測式を作成するための総サンプル数が変われば、それに対応して、クラスター数-的中率曲線の形も変化するであろうことが予想されたため、総サンプル数を3種類(1096、2192、4384)の場合について考え、それぞれについてクラスター数-的中率曲線(図-2)を求めてみた。(図-2)から解るように、的中率は、いずれもまったく分割を行わず、全サンプルで1つの予測式をつくった時に最も高い値を示し、又、分割を増した場合、的中率の下降は、サンプル数が少ない時ほど大きいことが解った。このことから、予測式を作る際に気圧配置の型により天気図を分類することはあまり意味がなく、色々な気圧配置パターンを取入れる方がよい精度の予測式を作れることが判った。

(3) サンプル数についての考察

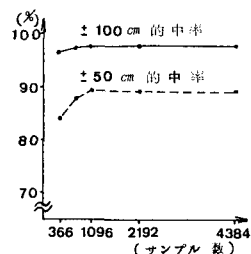
上記(2)の結果から、気圧配置パターンによる分類を行わない方がよい精度の予測式が得られることが解ったが、その場合どの程度のサンプル数が必要であるのか調べた。その結果を(図-3)に示す。ここでサンプル数366～2192については、1日1つのサンプルを1年分～6年分用い、4384サンプルについては、1/2時間おきの1日2つのサンプル6年分を用いた。グラフからも解る通り、的中率は、1096サンプルつまり3年分までは、その増加に伴って上昇してゆき、 $\pm 50\text{ cm}$ の中率で89%に達するが、それ以後は横ばい状態になることが解る。従って、この予測式を作るには3年分の気象、波高データで充分であることが判明した。

(4) 予測時間と的中率の関係

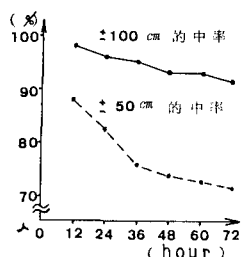
4392サンプル(1日2サンプル6年分)、分割なしという条件(図-5)1/2時間予測波高Eと実測波高O件で、1/2時間予測から、1/2時間おきに72時間予測まで行なってみた。その結果を(図-4)に示す。長時間予測になるに従って的中率は下降して行くものの、48時間予測以上になると、その下降の割合が鈍くなり、予測式自体がその限界に来ていることを示している。(48時間を越えると、もはや、(図-1)の範囲の気圧状態では予測しえないといえよう。)

4 結 論

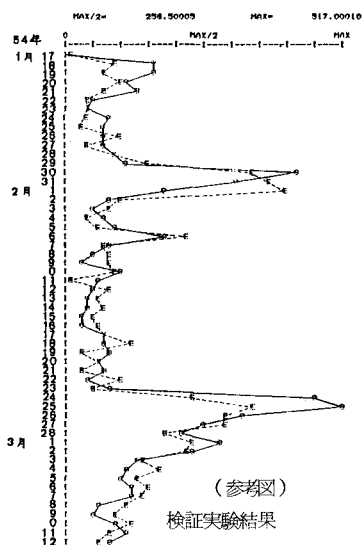
以上の結果、3年分の気象、波高データにより、1/2時間予測、 $\pm 50\text{ cm}$ 的中率で90%近い値を得ることが出来た。長時間予測に関しては、今後気圧の把握範囲のわくを広げるなどして、改善の余地が残されているといえる。この予測方法の長所は、数式による予測である為、主観が入らず、経験も必要としない点にあり、又 それゆえに、港湾工事やタンカーの荷役などのシミュレーションも行なうことが出来るという利点がある。今後さらに研究を深め、予測精度の向上や応用分野の拡大に努める予定である。



(図-3) サンプル数と的中率の関係



(図-4) 予測時間と的中率の関係



(参照図)
検証実験結果