

台風第5612号による劔崎の うねりと予報の可能性について

磯 崎 一 郎*

1. はしがき

複雑な海面状態を記述する従来の方法は平均波高とか平均週期とかいうような唯一の値で波を表現しようという試みであった。しかしこのような取扱は古典波動理論と相容れぬ結果を生じ、したがって第Ⅱ次世界大戦前までは波動理論の巧緻をきわめた発展と相反して実際の海の波についてはさまざまな実験式に依存する程度であった。しかるに第Ⅱ次大戦中、作戦上の要望により波浪予報の研究は長足の進歩をとげた。すなわち米国においては Sverdrup および Munk[1947] がいわゆる有義波なるものを導入して理論的な波浪予報法を大成し、これが波浪予報の研究に飛躍的な進歩をもたらしたことは周知の通りである。しかし、この Sverdrup & Munk の予報理論においても有義波という1個の値で波を記述しようという考え方の範囲を脱していない。

一方、荒海の複雑な状態を形成している個々の成分波に注意が向けられるようになり、英国においては波浪記録のスペクトル分析が Deacon, Barber, Darbyshire 等によって1945年以来組織的に行われており、スペクトルに立脚した波浪予報の可能性が実証された[1948, 1952, 1955]。又米国において Pierson Neumann, James 等も海の波を、週期・エネルギー・進行方向の異なる多くの成分波の集合体として取扱わなければならないことを主張しスペクトルの概念にもとづく波浪予報法を完成した[1953]。

波の予報法のこのような発展にともない、従来の平均値的な波浪観測が不備なものとなってきたことは論をまたない。新しい観点に立つ波の観測は、理想的には日記録によって個々の波を読み取らなければならないのであるが、目視観測でもある程度のことは可能であって、我々は台風第5612号のうねりの場合について目視による波浪観測を行った。この報告においては観測の結果を述べ、併せて Pierson-Neumann-James が発展させた予報法の検証を行う。この予報法の使用には充分の熟練が必要であると思われるが、われわれはある程度満足できる結果を得た。

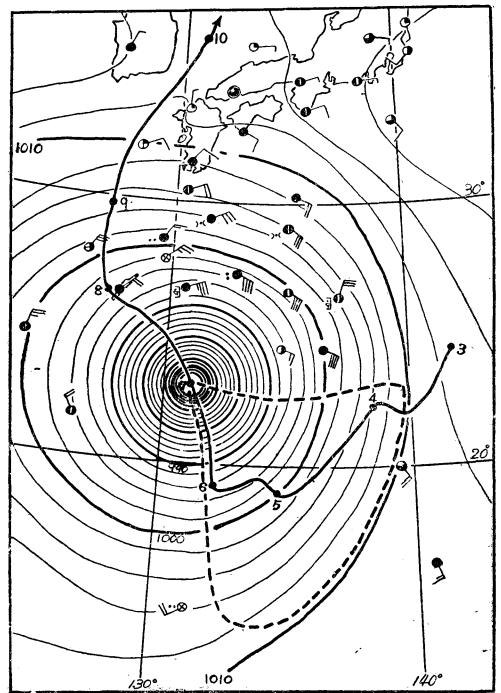
2. 観 測

台風第5612号の概況

台風第12号は昭和31年9月1日午後、弱い熱帯低気圧

* 横浜測候所 —1957年2月19日受理—

として硫黄島附近に発生、ゆっくり南西に進みつつ徐々に発達し3日9時には硫黄島の南方約150軒の海上で台風となり中心示度996mbを示した。その後更に発達しながら南西に進み、5日頃進路を西に変え急速に発達、6日夜には中心示度940mbの最盛期の状態に達した。その後進路を北西に転じ、8日朝沖繩附近通過、更に進路を北から北東に変え五島列島から朝鮮海峡を通り沿海州方面に去った。第1図には9月7日9時の天気図および台風12号の経路を示してある。



第1図 昭和31年9月7日9時の天気図、図中太い実線は台風の経路、経路上の黒点および数字はそれぞれの日の9時の位置を示す、太い破線で示された範囲は劔崎のうねりについての有効暴風域である。

観 測

この台風によるうねりを観測するために観測点として三浦半島南端の劔崎を選んだ。劔崎附近の海岸は遠浅でなく、海岸から100~200mで水深約10mとなり、約600mで水深20mとなっているからうねりは海岸のかな

り近くまで碎けないうで接近する。波の通過を捕える目標物としては沖合約 300m の所の孤立した岩を選んだ。観測を行ったのは 9 月 8 日から 10 日までの 3 日間の昼間であるが、交通の関係上 10 日には江ノ島の南端を選んだ。うねりの方向が 180° ~ 200° であったからここでも房総半島や伊豆半島の影響はあまり大きくないと考えられる。観測回数は 2 ~ 3 時間間隔に 1 日 3 ~ 4 回行い、目視観測であるため夜間は行わなかった。

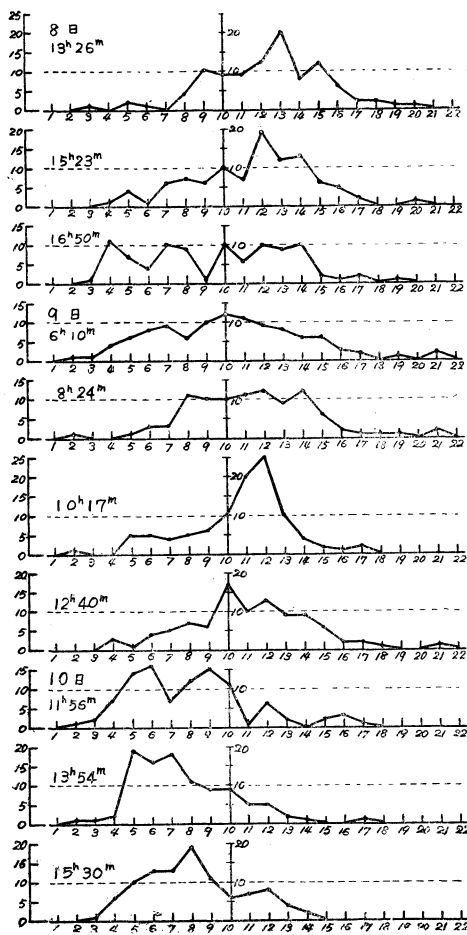
海岸における目視観測であるから観測の方法および精度はきわめて制限されたものである。理想的に言えば個々の波についての週期・波高・波長・波速・伝播方向を知りたいのであるが器械を使用しないかぎり不可能であって、実際に行ったのは観測時刻から引続いて 100 箇の波のそれぞれの週期を読みとり、又波高・波長および伝播方向はその観測時間中の平均値をとった。波速は測定困難であったが海岸附近の波について 1 回だけ測定してみた。引続いた 100 箇の波を観測するということは Neumann の方法を採用したものである。観測継続時間は理論的には 17 ~ 40 分であることが Barber & Ursell [1948] によって指摘されているが、100 箇の波の全観測時間は 20 分前後であるからこの選定は妥当なものと考えられる。

観測の結果

観測結果の要約したものを第 1 表および第 2 図に示す第 1 表には波高・波長・波の方向・最大週期・最小週期・卓越週期を示した。ここで最大週期は全観測回数のうち最大の週期の方から 3% だけ除去した後の最大週期、又最小週期は観測された最小週期の方から 5% だけの回数を除去した後の最小週期である（いわゆる有義週期範囲を決定する際に全エネルギーの 3% を最大週期の方から除去し、5% を最小週期の方から除去するという取扱いを適用した）。又第 2 図は各観測時間の波の週期の頻度分布で縦軸に観測回数、横軸に週期をとってある。

(a) 週 期

週期の頻度分布は第 2 図に示す通りで



第 2 図 各観測時の波の週期の頻度分布

の場合には 10 ~ 13 秒のところに頻度極大が現れ、それから上下にきれいに減少している。しかし局地風が出ると小さな週期の方にも頻度極大が現れて形が乱れる（たと

第 1 表 各観測時の波の特性

| 観測時刻 | 8日 | 8日 | 8日 | 9日 | 9日 | 9日 | 9日 | 10日 | 10日 | 10日 |
|------|--------|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 13h26m | 15h23m | 16h50m | 6h10m | 8h24m | 10h17m | 12h40m | 11h56m | 13h54m | 15h30m |
| 波 高 | 2m | 2.2 | | 3~3.2 | 3.0 | 3.0 | 3~3.3 | 2.5 | 3.0 | 3.0 |
| 波 長 | 130m | 100~120 | | 80~100 | 80~100 | 80~100 | 100 | 40 | 40 | 30~40 |
| 波の方向 | 200° | 195 | | 200 | 200 | 190 | 195 | 180 | 185 | 180 |
| 週 期 | 最 大 | 18sec | 16 | 16 | 17 | 18 | 16 | 16 | 13 | 13 |
| | 最 小 | 8sec | 6 | 4 | 4 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| | 卓 越 | 13sec | 12 | ... | 10 | 12 | 12 | 10 | 6 | 5~7 |
| 備 考 | | | 風波が立ち波がみだれる | | | | | | | |

えば9日16時50分の観測の場合)。

うねりの週期の頻度極大は最初13秒位であったものが次第に減少する傾向をもち、10日午前には9秒程度となった。10日昼頃からは南風が強まり風波が卓越してうねりがかくされてしまい週期が著しく短かくなっている。10日の観測によるとこの風波の頻度極大は風速および吹続時間の増大と共に短週期から長週期へと移る傾向を示している。

週期範囲は4~18秒であって観測期間中あまり明瞭な変化は見られなかった。ただし風波が卓越した10日には最大週期は13秒であった。

(b) 波 高

8日は2m内外の波高であったが午後から次第に増大する傾向がみられた。9日は3m内外で昼頃には3.3m、午後には3.5mを越えたものと推定される。

10日の江ノ島の観測では午前中2~2.5m位であったが午後には南風が著しく強まり風波による波高増大が起っている。波高は3m程度と推定された。これを直ちに釧崎の観測値と比較するわけにはゆかないが、茶屋の人の話によれば9日午後には4m程度の波であったことが推定されるからこの場合釧崎と江ノ島とはほぼ同等の波であったと考えて差支えないであろう。

これらの観測値は海岸近くの値であるから海底の影響を大きく受けており、したがってこれが外洋のうねりの波高であるとするわけにはゆかないことは勿論である。

(c) 波 長

波長は、沖合に規準点を求めることが困難であったので海岸のきわめて近くのものについて推定した。したがって絶対値は外洋のうねりの波長よりもかなり短かくなっている筈である。

8日から9日にかけて波長は約130mから100~80m位にまで減少しており、又10日には風波が卓越して40~30m程度となった。今、表面波に関する古典公式 $L = 5.12T^2$ (ただしLの単位は呎、Tの単位は秒) が成立つとすれば $T=13$ 秒では $L = 867$ 呎 = 254m、 $T=10$ 秒では $L = 512$ 呎 = 156mでわれわれの実測値はこれの約1/2であって傾向は非常によく合っている。つまり、外洋のうねりの波長の約1/2に減少したものを観測していると考えられる。

(d) 波 速

波速は期間中1回だけ測定してみた。すなわち9日8時24分に海岸附近の波について測定した結果7.7m/sという値が得られた。(もちろんこれは浅水波の速度である)。表面波の速度については $C = 3.03T$ (ただしCの単位はノット、Tの単位は秒) なる関係が存在する。この観測時の最多週期は12秒で、したがって $C = 36.4$ ノット = 18.8m/s、又群速度は9.4m/sでわれわれの観測値はこれとほぼ一致する。

3. うねりの予報

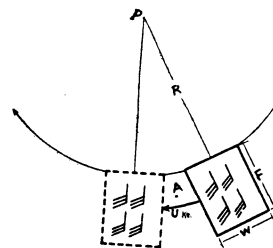
前節でのべた台風第12号の場合について釧崎の沖合のうねりの予報を Pierson-Neumann-James の方法によって行い、この予報法の検証を試みた。波は風速・吹続距離・吹続時間の三要素によって決まるのであるが、台風の場合のように擾乱が円形であって風速分布が一律でなく、かつ風向が直線的でない場合には風の決定にかなりの任意性がある。われわれは次のような取扱によって予報の客観化を試みた。

有効暴風域の決定

台風はほぼ円形をした渦巻状の擾乱であってしたがって暴風域は円形に拡がっており、又あらゆる方向に進む波を生ずる。われわれは釧崎附近のうねりを予報しようとするのであるから、釧崎附近に到達するうねりを生ぜしめた暴風域にのみ注目すればよいわけで、このような考えで決定された暴風域を有効暴風域と呼ぶ。有効暴風域は風速が10m/s以上で、風向が観測点の方向と30°以内の角度であるような地域として決定する。たとえば第1図の天気図中で、太い破線で囲まれた地域が釧崎附近のうねりの有効暴風域である。

このような有効暴風域を各天気図時間ごとに決定する。これは位置・風速・大きさなど時間の経過とともに変化してゆく。次にこれらの天気図時間ごとの有効暴風域から24時間内の平均の有効暴風域を決定し、この平均の有効暴風域が24時間移動せず同じ波を発生していたと考え、次の24時間は別の平均有効暴風域から波が発すると考える。資料の関係上平均有効暴風域の時間間隔を24時間にとったが、実際には各天気図時間の状態が6時間継続するとした方がよいであろう。

平均有効暴風域を発する波は平均風速・吹続距離・吹続時間によって決まる。平均暴風域の平均風速および吹続距離は天気図から直ちに求められる。吹続時間は個々の暴風域の移動から決定しなければならない。すなわち



第3図 横に移動する暴風域の模型

第3図において、最初に巾W埋、吹続距離F埋、平均風速Vノットの暴風域がUノットで西進しているとする。しからばこの暴風域がA点を通ずるのに要する時間は W/U 時間である。したがってA

点の波は究極において W/U 時間の吹続時間をもつと考えられ、これは暴風域自体の吹続時間でもある。

以上の3要素から、暴風域前縁を発する波のエネルギー・週期範囲などが決定され、これが24時間持続すると考える。

波の伝播

暴風域を離れた波は群速度で伝播すると考える。すなわち $U = 1.515T$ (ただし U の単位はノット, T の単位は秒) なる速度で伝播する。したがって最初に暴風域内に存在したいろいろな週期の各成分波が同時に暴風域を出発しても、それぞれの週期によって伝播速度が異なり伝播の途上において次第に分散して波高が低くなる。

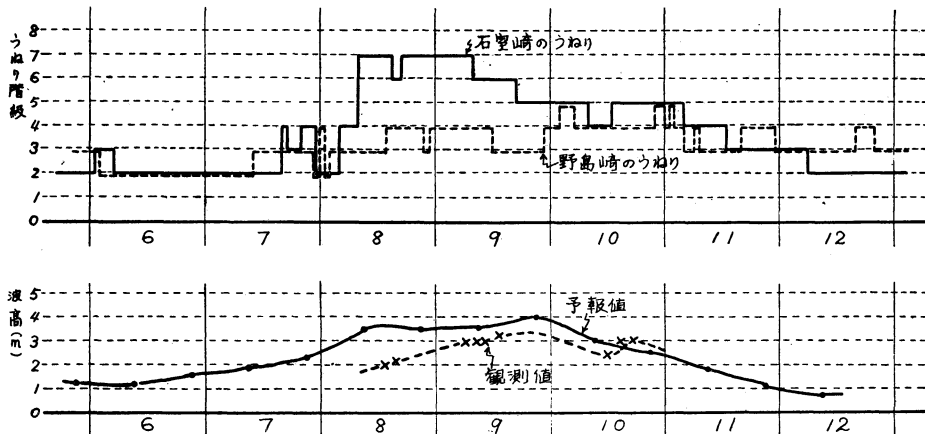
又最初に一つの方向に向かって出発した波は次第に広い範囲へと拡散してゆく性質を持っており、これによっても波高は次第に低くなる。これら二つの作用によって波高の減少が起ると考え、伝播途上の風や粘性などによる減衰は二義的なものとして無視する。

このようにして、ある予報時間には一つの平均暴風域*

*からはある特定の週期の成分波のみが到達しており、他の平均暴風域からは別の週期をもった成分波が到達している筈である。このようにしていろいろの平均暴風域から到達すべき成分波のエネルギーの総和を求め、これがその時間に釧崎附近の波が持つべきエネルギーと考える。更にこれを平均波高、有義波高などに換算する。また存在する週期は各成分波の週期であり、卓越週期は一番多くのエネルギーを持った週期とすればよい。

得られた結果

以上の取扱によって得られた予報結果を第2表に示す。また第4図には観測波高と予報波高の比較を示してある。波高の予報値としては平均波高を採用した。



第4図 波高の観測値と予報値の比較。上段は石室崎および野島崎のうねりの観測値
下段は釧崎における観測値と予報値の比較である。

第2表 釧崎沖のうねり予報値

| 日 時 | 9月6日 | | 7日 | | 8日 | | 9日 | | 10日 | | 11日 | |
|------------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| | 9時 | 21時 | 9時 | 21時 | 9時 | 21時 | 9時 | 21時 | 9時 | 21時 | 9時 | 10時 |
| 平均波高 (m) | 1.2 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 4.0 | 3.0 | 2.5 | 1.8 | 1.1 |
| 最大週期 (sec) | 16 | 16 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 15 | 11 | 9 |
| 最小週期 (") | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 卓越週期 (") | 7~11 | 11~13 | 8~13 | 11~14 | 9~14 | 9~14 | 11~14 | 9~14 | 7~11 | 9~15 | 7~11 | 6~9 |
| 波の方向 | SSE | S | S | S | SSW | SSW | SSW | SW | SW | SW | SW | SW |

第1表と第2表を比較してみると週期および波の方向は非常によく合っている。波高は予報値の方がやや高目になっているが傾向はよく合っており、この程度ならば満足できる。ただし観測値で10日午後には波高が約50cm増大しているが、これは風波によるものであって予報の方では考慮に入れなかった。

第4図の上段には石室崎および野島崎の灯台の観測値を示してある。これと予報値とを比較すると石室崎のうねりは予報値とかなりよく合っているが野島崎は全然異なった傾向を示している。これはうねりの方向が南々西

ないし南西であって野島崎が半島の蔭になったためであろう。

4. 台風第5606号のうねりの予報

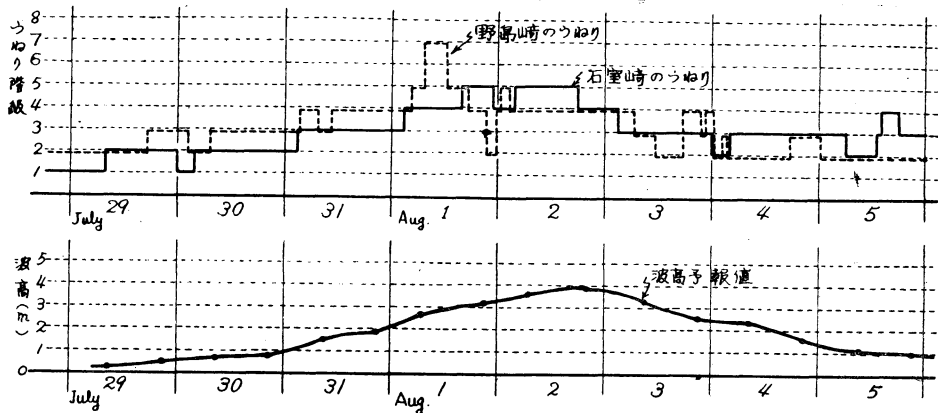
同じような予報の取扱いを台風第5606号の場合に適用してみた。台風第6号は昭和31年7月27日午前には硫黄島の南々東約600軒の海上に中心示度997mbの台風として発生し、発達しながら西進し29日9時には硫黄島の南西660軒の海上で945mbとなり、その後更に発達しながら西北西進し30日夜には南大東島の南方400軒の海上

で 915mb に発達、最盛期の状態となった。その後進路を北西に変え 8 月 1 日朝沖繩と石垣島の間を通り、更に北西進して中華大陸へと上陸したきわめて著しい台風である。この台風によるうねりは 8 月 1 日から 2 日にかけて、関東地方から西の太平洋岸の随所に被害を起した。

第 5 図には野島崎灯台および石室崎灯台のうねりの観測値（上段）と予報値（下段）とを示してある。予報によれば 31 日からうねりが次第に大きくなり始め、午後には波高 2m を越える。その後次第にうねりは高くなり 8 月 1 日午後には 3m を越え、2 日午後には 4m に達すると推定される。それからは次第に波高は低くなり 4 日

後には 2m 以下となっている。石室崎のうねりの観測値は予報値と非常によく合っている。野島崎のうねりは 7 月 30 日から 8 月 1 日まではやや高目となっており、3 日以降がやや低目となっている。前者のうねりの方向が南々東から南であり、後者は南西である。すなわち台風第 12 号の場合と同様、うねりが南西方向から来ると野島崎は半島の蔭になってしまうのであろう。

なお、南海上を西進する台風による八丈島のうねりの最大は台風が中華大陸に上陸して後に起ることを宇野木氏あるいは樺沢氏が指摘しているが、台風 6 号の場合うねりの最大が 8 月 2 日午後とすればこの時台風はすでに大陸に上陸した後である。



第 5 図 波高の観測値と予報値、上段は野島崎、および石室崎のうねりの観測値、下段は予報値である。

5. むすび

以上の報告から特に指摘すべき点は次の通りである。

1. 波の観測方法は従来の平均値的な観測からスペクトル概念による観測へと移行すべきであって、われわれの簡単な試みでもこれの有効性が立証された。
 2. Pierson, Neumann, James, の波浪予報法は理論にかなり大胆な仮定があるが, Sverdrup, Munk の方法よりも一段の進展を見せており考え方が合理的であって発展性のあるものであると思われる。又実際行った結果もかなり満足できるものであった。
- この報告は久保所長の指導によって成ったもので、ことに観測については懇切なる指示を与えられた。又釧崎航路標識事務所長藤野勝利氏には観測の際いろいろ御便宜を計っていただいた。謹んで感謝の意を表す次第である。

文 献

- (1) Barber, N. F., 1948: The generation and propagation of ocean waves and swell, Phil. Trans. Roy. Soc. London.

- (2) Darbyshire, J., 1952: The generation of waves by winds, Proc. Roy. Soc. London.
 - (3) Darbyshire, J., 1955: An investigation of storm waves in the North Atlantic Ocean, Proc. Roy. Soc. London.
 - (4) Neumann, G., 1953: On ocean wave spectra and a new method of forecasting wind-generated sea, Beach Erosion Board Tech. Memo. No. 43.
 - (5) Pierson, W. J., Neumann, G., and James, R. W., 1953: Practical methods for observing and forecasting ocean waves by means of spectra and statistics, New-York Univ.
- 予報法についての詳細な解説書である。最近久保時夫氏による翻訳が出版される予定。
- (6) Sverdrup, H. U and Muuk, W. H., 1947: Wind, Sea and Swell: Theory of relations for forecasting, U. S. Hydro. Off. Tech. Rep. No. 1.