

台風 8 7 1 9 号の経路に沿った波浪特性とその再現性

運輸省 第三港湾建設局 正会員 津田 義久
同 同 岩崎 健次
財団法人 日本気象協会 同 鈴木 善光

1. はじめに

近年、関西国際空港を始めとする大型海洋開発と共にウォーターフロント再開発、リゾート開発の急増には目覚ましいものがあるが、これらの海洋開発プロジェクトでは外的波浪条件を的確に把握することが不可欠である。四国地方や紀伊水道沿岸、大阪湾沿岸では古くは昭和9年の室戸台風、あるいは36年の第二室戸台風、40年の台風6523号等の大型台風によって高波浪がもたらされ、甚大な被害が発生したが、昭和41年以降はこれらに匹敵する台風は来襲していない。台風は8719号は、54年の台風7916号以来8年ぶりに近畿地方を直撃した台風であり、その経路に沿った多くの波高計によって波高記録が得られた。本報告では、この台風8719号による波浪について実測記録からその特性を論じ、この台風によってもたらされた波浪の再現性をスペクトル法による波浪推算によって検討し、外的波浪条件を把握する方法を論じるものである。

2. 台風 8 7 1 9 号の経路及びその波浪

台風8719号は、図-1に示すように室戸台風（台風3412号）や第二室戸台風（台風6118号）に類似した経路を通り、四国沿岸や紀伊水道、大阪湾沿岸に最近では比較的大きな波浪をもたらした。

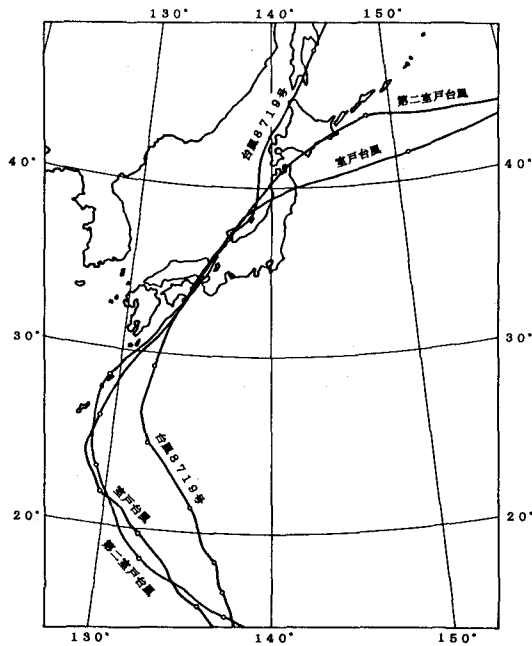


図-1 台風経路図

表-1 台風諸元の比較

台風		室戸台風	第二室戸台 風	台 風 8719号
項目				
最 低 中心示度		930mb	890mb	955mb
最低気圧 (大阪)		954.4mb	937.3mb	982.2mb
最 大 風 速	室 戸 岬	45.0m/s (W)	66.7m/s (WSW)	42.5m/s (ENE)
	大 阪	40m/s以上 (S)	33.3m/s (SSE)	15.7m/s (ENE)

室戸台風、第二室戸台風、台風8719号の台風諸元を比較すると表-1のようであるが、台風8719号は室戸岬での最大風速は室戸台風に匹敵するものの、大阪の最低気圧、最大風速は室戸、第二室戸台風に比べて規模の小さな台風であることがわかる。

表-2は台風8719号によってもたらされた各地の波浪の最大値と既応最大波浪を比較したものである。各地点で既応最大波浪か、これに近い値が観測されており、特に台風経路に近い室津港や御坊沖で10m前後の高波浪となっており、また大阪湾内でも2m以上の波浪が見られた。

表－２ 台風８７１９号による最大波浪

観測地点	台風8719号による最大波浪			既 応 最 大 波 浪		
	波 高	周 期	起 時	波 高	周 期	起 時 (気象擾乱)
上川口港	7.74m	13.9sec	10/16 22h	8.41m	13.2sec	S55 9/11 10h (台風8013号)
高知港	8.94	14.3	10/16 21h	6.96	14.3	S55 9/11 08h (台風8013号)
室津港	10.35	12.4	10/16 23h	9.01	11.3	S57 9/25 04h (台風8219号)
御坊沖	11.3	13.8	10/16 24h	4.80	8.7	S59 8/21 24h (台風8410号)
和歌山 下津港	6.29	11.7	10/17 03h	4.1	13.5	S48 8/15 14h (台風7310号)
関西国際空港 M T 局	1.89	5.0	10/17 09h	2.87	5.7	S58 2/18 17h (日本海低気圧)

３．台風８７１９号の波浪推算（その１）

３．１ 波浪推算手法

台風の波浪推算は井上のスペクトル法波浪推算モデルを用いて行った。このモデルは次式に示すHasselmannによるエネルギー平衡方程式のうち、エネルギーの授受に関する項として、PhillipsとMilesによる風波の発生・発達に関する項及び砕波によるエネルギー消散に関する項を考慮したものを基本式にしている。

$$\frac{dS}{dt} = -C_g \cdot \nabla S + (A + B S) \left\{ 1 - \left(\frac{S}{S_\infty} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、Sは時間t、位置xでの周波数fの成分波のスペクトル、 C_g は成分波の群速度、AはPhillipsの共振理論における直線の成長率、BはMilesの不安定理論における指数関数的成長率であり、また S_∞ はPierson-Moskowitzのスペクトルである。

３．２ 計算領域及びタイムステップ

本計算の計算領域は大阪湾を最終計算領域とし、日本南方から広、中、狭の三領域に分け、各領域の間でスペクトルの受け渡しを行いつつ計算を進めるように設定した。格子点間隔は各々111km、20km、5kmとし、格子点数は 23×23、21×15、17×21、タイムステップは 1.5時間、15分、3.75分とした。

３．３ 風場推算手法

波浪推算の入力データとなる風場の推算法は次の表－３の通りとした。

表－３ 風場推算手法（波浪推算その１）

領 域	広 領 域	中 領 域	狭 領 域
風場推算 手 法	台風モデル法 (Myersモデル)	台風モデル法 (Myersモデル)	実測風による 平面近似補間法

これは、台風が太平洋上にある時には気圧分布が円形に近いことを用いてモデル化し、一方で紀伊水道、大阪湾等では風場分布が周辺の地形の影響を受けて変形することを取り入れたものである。

① 台風モデル法

これは、次式に示すMyersの台風モデルによって同心円上の気圧分布を与え、中心対称風と場の風から各格子点上の風向・風速を求める方法である。

$$P = P_c + \Delta P \cdot e^{-r_0/r} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 P_c ：台風の中心気圧、 ΔP ：台風中心の気圧深度、 r_0 ：台風の最大風速点までの距離、 r ：台風中心から格子点までの距離である。

② 平面近似補間法

平面近似補間法は計算領域を各風速観測点による三角形網でおおひ、各々の三角形の内部で風速成分毎に平面による直線内挿を行い、各格子点上の風向・風速を求めるものである。
平面近似補間法は次式で表される。

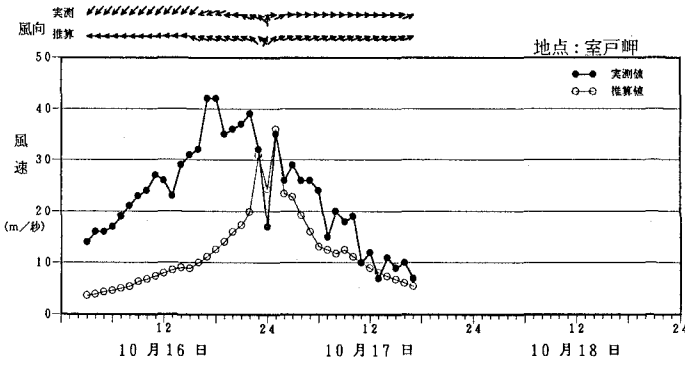
$$u_x = \sum_{i=1}^3 N_i u_{xi}, \quad u_y = \sum_{i=1}^3 N_i u_{yi} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 u_{xi} および u_{yi} ：観測点における
 x 方向および y 方向の風速成分、 N_i ：座標系の一次関数で表される形状関数である。

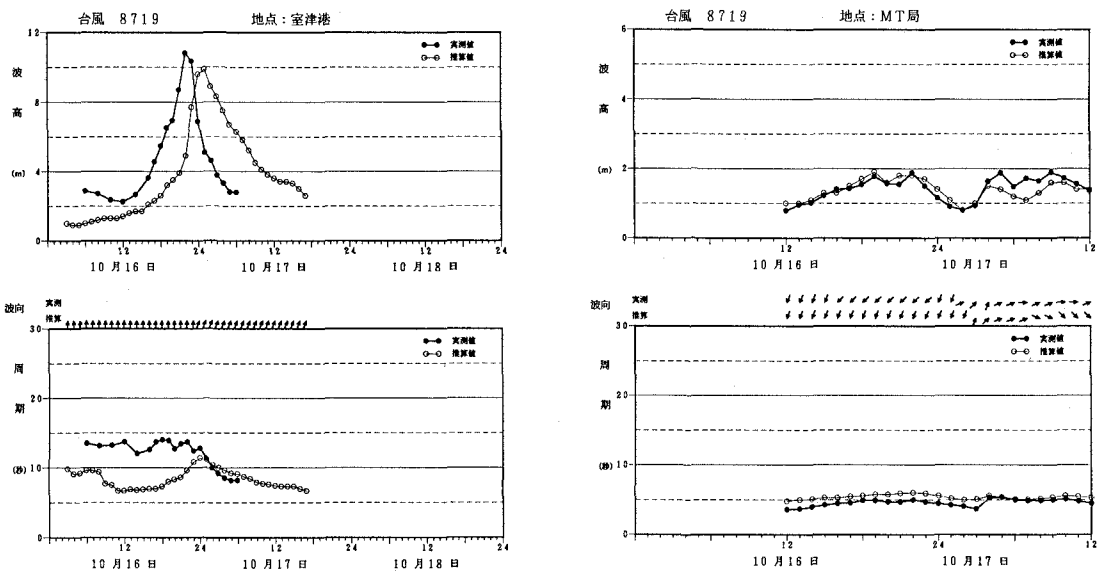
図－２に風場推算結果の例を示す。

3.4 波浪推算結果

図－３に波浪推算結果の例として室津港とMT局について実測値と推算値を比較して示す。室津港については波高のピーク値はよく合っているが、ピークの時刻が３時間程度遅れている。また周期については波浪ピーク前でかなりの差が見られる。これは図－４の天気図によれば、台風が北緯25°～30°付近に



図－２ 風場推算結果の例（その１）



図－３ 波浪推算結果の例（その１）

ある時に日本の南岸に前線が停滞し、その北側で強い東～北東風が吹いており、この風によって発達した波浪が台風接近前の波高を高めていたためと考えられる。

一方、MT局については波高、周期共よく一致しているが、これは実測風から内挿した風場によって波浪を求めているため、再現性が優れていたためと考えられる。

4. 台風8719号の波浪推算（その2）

台風モデル法による風場を用いた波浪推算ではいくつかの問題が発生した。そこで、ここでは波浪推算モデルやその他の推算条件を変えずに天気図から算定した風場を用いて波浪推算を行い、その結果を比較した。

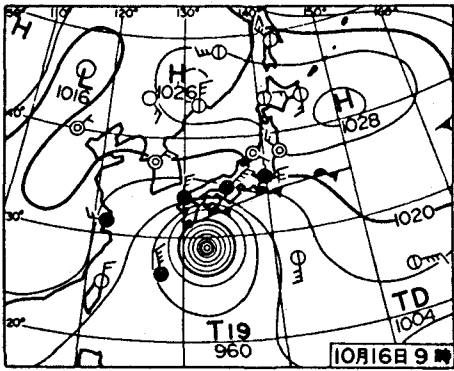


図-4 天気図（台風8719号）

4.1 風場推算手法

波浪推算の入力データとしての風場の推算法は次表の通りとした。

表-4 風場推算手法（波浪推算その2）

領域	広領域	中領域	狭領域
風場推算 手法	天気図による方法 （傾度風モデル）	天気図による方法 （傾度風モデル）	実測風による 平面近似補間法

天気図による方法は、アジア太平洋天気図から各格子点上の気圧値を読み取り、傾度風の計算式に従って各格子点上の風向・風速を求めた。

傾度風は等圧線が曲率を持っているような気圧場で、気圧傾度力と転向力、遠心力が釣り合った状態で生ずる風であり、傾度風速は次式で表される。

$$V_{gr} = \pm r \left(\sqrt{\omega^2 \sin^2 \phi \pm \frac{\partial P / \partial r}{r \rho_a}} - \omega \sin \phi \right) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、+：低気圧性の曲率の場合、-：高気圧性の曲率の場合を表わし、 ω ：地球自転の角速度、 ϕ ：緯度、 P ：気圧、 ρ_a ：空気密度、 r ：曲率半径 である。

図-5に風場推算結果の例を示すが台風モデル法による推算風（図-2）に比較して、特に台風の接近前において実測風とよく一致していることがわかる。

4.2 波浪推算結果

図-6に天気図による方法で算定した風場を用いて得られた波浪推算結果を示す。波浪ピーク前後に推算値が実測値より大きいという欠点はあるが、3.4で問題となった波浪ピーク時刻のずれはほとんど無くなり、また周期の再現性も良好に改善された。

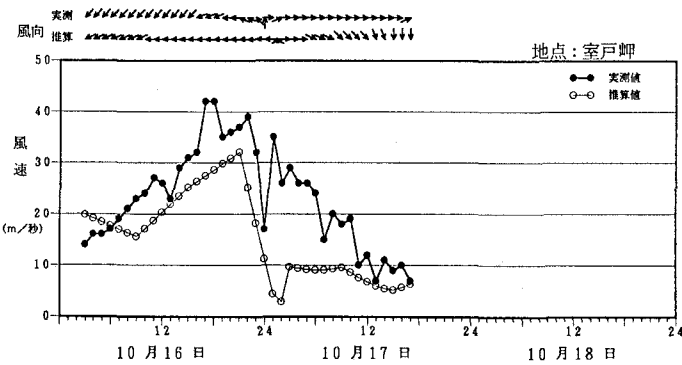


図-5 風場推算結果の例（その2）

5. おわりに

外的波浪条件把握のための波浪推算を、四国、紀伊水道、大阪湾沿岸に高波浪をもたらした台風8719号について例を取り、3種類の風場推算手法を用いて行った。その結果、台風モデル法による風場を用いた波浪推算では再現が難しい場合でも、天気図を用いた風場推算手法を用いればかなりの改善が可能であることが示された。また、実測風による風場を用いた推算もよい再現性を示すことがわかった。

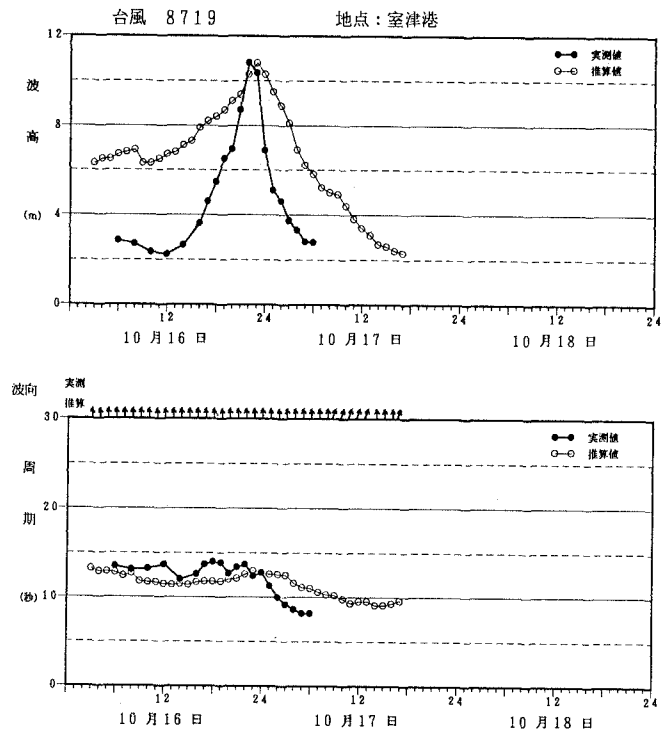


図-6 波浪推算結果の例 (その2)