

# 波浪推算手法（スペクトル法と有義波法）の特性について

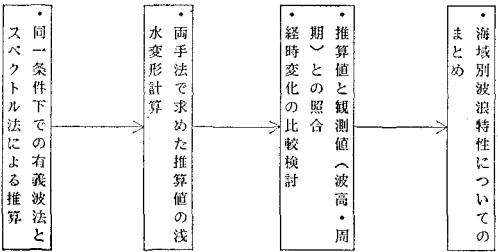
牛嶋龍一郎\*・輪湖建雄\*\*・高田直和\*\*\*・小笹博昭\*\*\*\*

## 1. はじめに

運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所では、設計に用いる沖波を算出するため、当局管内の波浪推算を実施してきたが、対象とする気象擾乱によっては推算手法（有義波法とスペクトル法）の違いによって推算結果に大きな差が生じる場合が見受けられた。

この2つの波浪推算手法の特性については、これまでも種々の検討が行なわれ、その結果についても発表がなされている（例えば、高橋，1978）。今回、管内の海域、気象擾乱タイプに適した波浪推算手法を定めるため、沿岸波浪観測によって得られた波高・周期を1つの基準として両手法による推算結果の相違点とその要因について検討を行なったので、その成果について報告する。

検討フローを図一1に示す。



図一1 検討のフロー

## 2. 検討方法

### 2.1 波浪推算条件の設定

これまで四建で実施してきた波浪推算の場合、有義波法とスペクトル法では推算条件が異なっており、計算格子、風場の推算、計算ステップ等に違いが見られる。この結果を用いても推算手法の得失を比較することは可能

であるが、筆者らは波浪推算モデルの違いからくる相違点をより明白にしようと考えた。このため、今回の検討に際しては、近年実施したスペクトル法による波浪推算の計算条件と可能なかぎり同一条件として、再度有義波法による推算を行ない、同一条件下で実施した推算結果を得た上で、両手法の特性を比較する事とした。

計算条件を表一1に示す。

表一1 波浪推算条件

| 比較要素 |        | 計算条件                                                                                           |                                                                                                                                             |
|------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 風場   | 計算格子   | (九州東海域)<br>大領域 $\Delta x = \Delta y = 100\text{km}$<br>中領域 $\Delta x = \Delta y = 50\text{km}$ | (九州北・西海域)<br>大領域 $\Delta x = \Delta y = 100\text{km}$<br>中領域 $\Delta x = \Delta y = 25\text{km}$<br>小領域 $\Delta x = \Delta y = 10\text{km}$ |
|      |        | カルドンの理論<br>大気を自由大気層，エクマン層，地表層の3層に分け大気境界層理論を用いて，計算する。                                           |                                                                                                                                             |
|      |        | 天気図                                                                                            |                                                                                                                                             |
| 波浪   | 推算手法   | 条件高度 10m (ベキ法則にて高度変換する。)                                                                       |                                                                                                                                             |
|      |        | 計算格子 風場の計算と同じ                                                                                  |                                                                                                                                             |
|      |        | 風波の推算……Wilson IV式<br>うねりの推算……Bretshneider のうねりの減衰式                                             |                                                                                                                                             |
| 推算   | 計算ステップ | (九州東海域)<br>大領域 $\Delta t = 1.0\text{h}$<br>中領域 $\Delta t = 0.5\text{h}$                        | (九州北・西海域)<br>大領域 $\Delta t = 1.0\text{h}$<br>中領域 $\Delta t = 0.5\text{h}$<br>小領域 $\Delta t = 0.25\text{h}$                                  |

### 2.2 比較検討ケースの選定

今回、新たに有義波法により波浪推算を行なう気象擾乱として、スペクトル法による既推算例の中で、波浪観測値に欠測がなくピーク値が得られている台風、低気圧計30ケースを選定した。

- 九州東部海域一油津・内海を対象 台風 14ケース
- 九州北部海域一藍島沖を対象 台風 8ケース
- 五島西海域一三井染沖を対象 季節風 8ケース

また、推算結果を比較する際に、台風については図一2に示すように、比較対象地点と台風進路の位置関係から3つの型に分類した。

\* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 次長  
\*\* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所前所長  
\*\*\* 正会員 運輸省港湾局開発課(元第四港湾建設局下関開設)  
\*\*\*\* 正会員 工博 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 所長

進路A型——対象地点に対し北側を東進か西側を北上  
 進路B型—— " 南側を東進か東側を北上  
 進路C型—— " 南側を西進

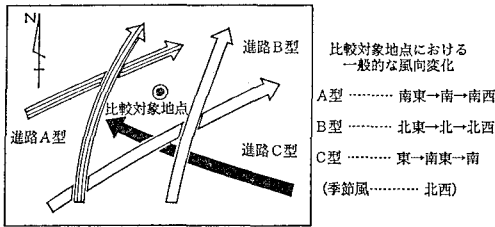


図-2 比較対象地点と台風進路との関係

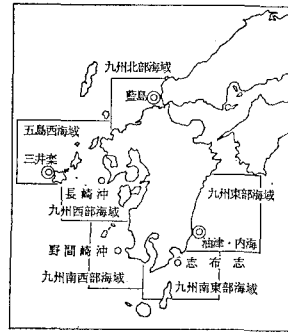


図-3 比較検討海域および代表地点

## 2.3 検討対象海域

両推算手法による結果を比較する上で、第四港湾建設局管内の海域を6海域に分け、各海域を代表する地点の推算結果を抽出する事とした。この海域と代表地点を図-3に示す。また、図中の◎印は推算値と観測値との比較および推算値の経時変化を行なった地点である。

## 2.4 推算値と観測値との比較方法

波浪推算結果を沿岸波浪観測値と比較するため、推算沖波を浅水変形計算によって観測地点の波を換算した。浅水変形計算は、推算値のピーク時について行なった。計算地点は、図-3に示した油津、内海、藍島、三井楽の4地点である。計算には、港湾技術研究所所有のエネルギー平衡方程式に基づく浅水変形計算プログラムを使

用した。

## 3. 検討結果

### 3.1 波浪推算値と実測値の比較

波浪推算によって得られた値と実測値との比較は、上記4地点において、気象擾乱別に台風A、B、C型および低気圧・季節風について行なった。図-4に地域別、擾乱別の対実測値比を示す。これによって以下のことがわかる。

#### a) 油津・内海

九州東南部の海岸で台風によるうねりが直接影響する海域である。油津・内海では、スペクトル法による推算結果の観測値に対する適合性は概ね良い。有義波法は台風進路C型ではよく適合しているものの、A型、B型で

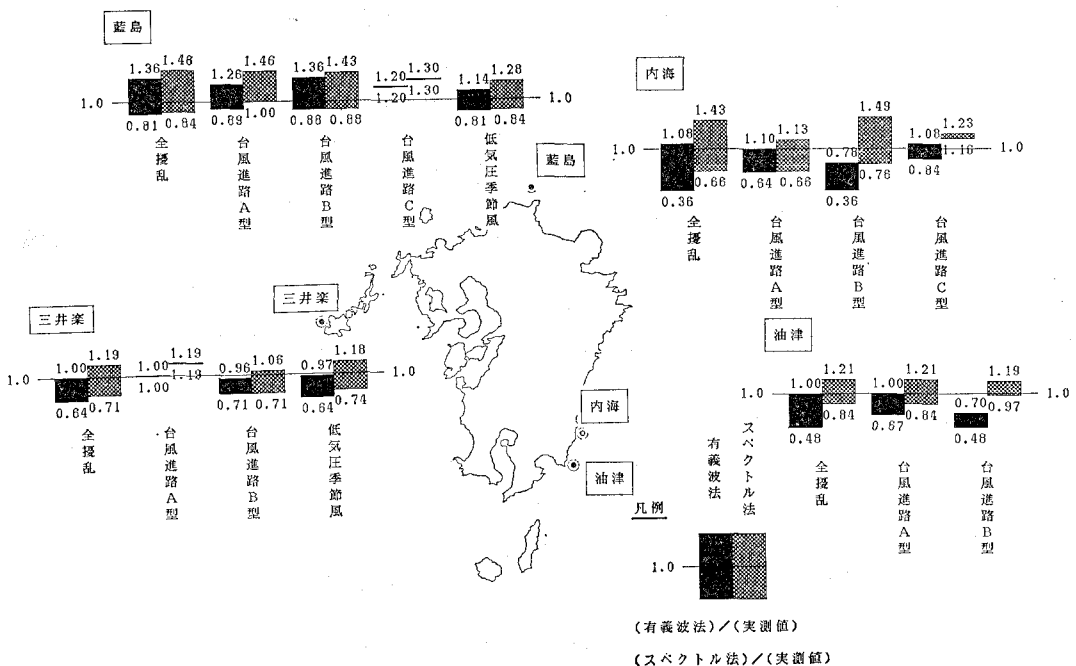


図-4 波浪推算値と観測値の比較結果

は小さい波高しか推算しない。特に、うねりと吹き返しの方向が反対となる台風進路B型では、有義波法の推算値が観測値と比較してかなり小さくなっている。

#### b) 藍島

九州北部の島で、有効吹送距離が比較的短く、北系の季節風が卓越する海域である。藍島では有義波法、スペクトル法の推算値とも実測値の前後に分布しており、両者の差はなく、適合性は良い。

#### c) 三井楽

九州西部五島列島の西に位置し、南向に開けた海域である。三井楽では、藍島とほぼ同様の傾向にあるが、全体に有義波法の推算値が低めになる傾向が見られる。

### 3.2 推算値の経時変化の比較

4代表地点において気象擾乱タイプ別に行なった経時変化の代表的な例を図5～7に示した。経時変化比較図の中、細線は有義波法、太線はスペクトル法による推算値を示しており、実線は波高、破線は周期、図上方の矢印は波向を表し、矢羽は風向・風速を示している。

また、図中に記した数値は、各推算手法による最大波高およびその波の周期、波向き、最大波出現時の風速、

風向を示している。

#### a) 油津・内海における台風進路A型の例

T7808号は、油津・内海南方海上を西進傾向で北上した台風で、台風が遠方を通過した時のうねりの推算状況を見た例である。

台風が南大東島付近を北上する7月27日～28日は、当地点では台風からのうねりが障害なしに伝わると考えられるが、スペクトル法ではその様子が良く表現されている。28日前後は、スペクトル法による推算値は、波高5m・周期11秒前後であり、有義波法による値と比較して波高で、2m、周期で5秒程大きくなっている。

台風が中心が東シナ海に入り台風からのうねりが大隅半島により遮蔽されて、うねりの影響が少なくなった29～30日には、両手法の推算値の差は波高で1m程度に減少している。

T7808号による最大波は、油津での実測値(5.8m, 10.9s)、スペクトル法(7.0m, 10.7s)、有義波法(5.8m, 8.7s)、内海では実測値(6.4m, 12.2s)、スペクトル法(6.2m, 10.8s)、有義波法(5.3m, 8.5s)となっている。波高の面では両手法の優劣は付けにくい、

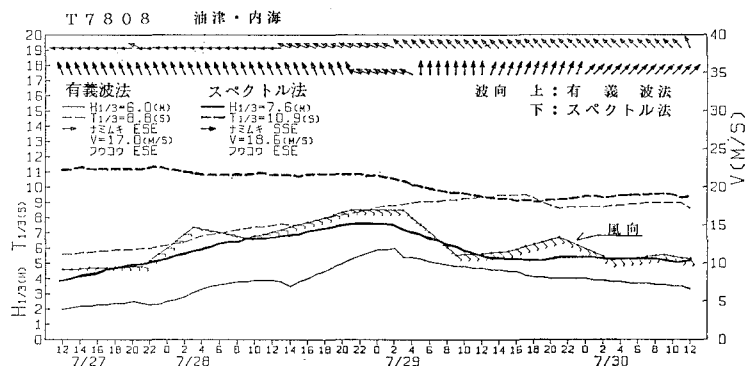


図-5 波高・周期・波向の経時変化図(台風進路B型)

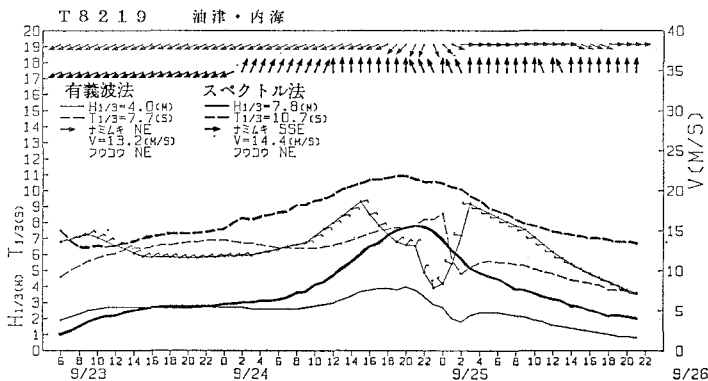
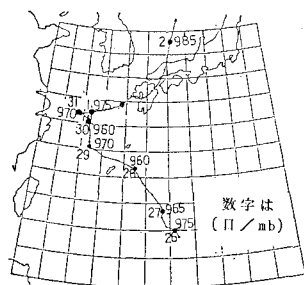
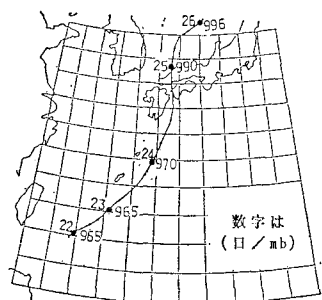


図-6 波高・周期・波向の経時変化図(台風進路B型)



周期ではスペクトル法が実測値と近い値を推算しており、うねりについては、スペクトル法が適していることがわかる。

#### b) 油津・内海における台風進路B型の例

T8219号は台湾、沖縄、日向灘の東を北上し、瀬戸内海西部から日本海に抜けた台風で、対象地点付近を台風が通過する時、および強い吹き返しを受けた時の推算値の変化状況を見た例である。

9月23日の時点では本州から四国南岸にかけて風向きが一般的な東風となるので、両推算値はほとんど一致している。しかし、24日以後は、台風からのうねりの影響で、スペクトル法による推算値は波高、周期とも大きく変化しているのに対し、有義波法による推算値にはあまり変化が見られない。台風通過後は吹き返しとなり、風向は西に変わってフェッチは非常に短くなる。このため有義波法による推算値は減衰し、波向も西系に変化している。一方、スペクトル法による推算値にも減衰は見られるが、台風の余波をよく表わしており、波向も南系のままである。

T8219号による最大波は、油津での実測値（6.2m、

12.8s）、スペクトル法（7.0m、11.4s）、有義波法（3.4m、7.4s）、内海では実測値（8.2m、11.7s）、スペクトル法（6.2m、11.5s）、有義波法（2.9m、7.4s）となっており、波高、周期ともスペクトル法が実測値との整合が良く、この場合にもスペクトル法が適している。

#### c) 藍島・三井楽における低気圧・季節風型の例

L8123は、西高東低の冬型気圧配置の低気圧である。季節風による風向の変化は、一般に台風と比較して少なく、平面的にも様な方向を向いており、推算手法による差が小さくなると考えられる。藍島、三井楽における推算値の経時変化を見ても波高、周期、波向とも台風の場合より差が少なくなっており、このことが確認された。

L8123号による最大波は、藍島で実測値（2.9m、6.7s）、スペクトル法（3.7m、8.2s）、有義波法（3.3m、6.7s）、三井楽では実測値（3.7m、7.9s）、スペクトル法（3.7m、8.2s）、有義波法（3.4m、6.6s）で推算値間に大きな差がなく、どちらの推算法でも適用出来ると考えられる。

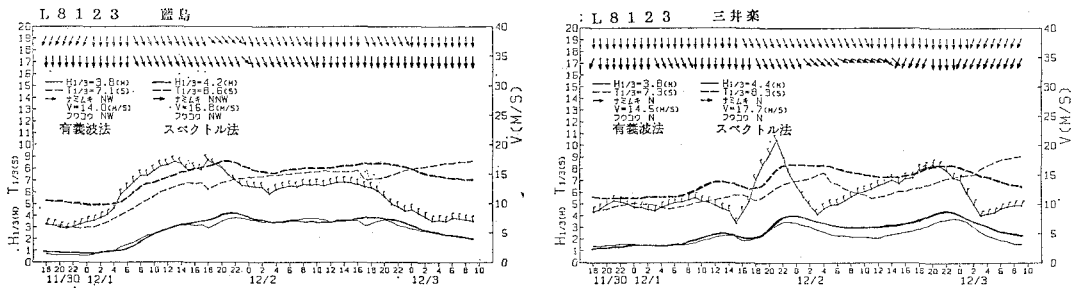


図-7 波高・周期・波向の経時変化図(季節風)

### 3.3 有義波法が適用しにくい場合についての検討

今回の比較検討結果により、スペクトル法はほとんどの条件で概ね妥当な推算値を与えることがわかった。一方、有義波法では現実の再現が難しい場合として、遠距離からのうねりの他に以下の場合について検討をおこなった。

#### a) 台風の進路と陸域の関係で再現が難しい場合

推算値の経時変化、実測値との比較を行なった中で、油津・内海に対する台風進路B型の場合は推算手法による波高、周期、波向の違いが特に大きかった。この原因を検討するため、最大波高が出現する時刻の推算領域全体の波高、波向分布を調べた。図-8にその状況を示す。この図によると、有義波法の場合、波向が台風の目を中心とした円形状になっており、太平洋沿岸部に南からのうねりが入っていないため、沿岸部の波高が2~3m

とかなり小さくなっている。スペクトル法では波向は南からのうねりが卓越し、波高も7m前後となっており現実の姿を良く再現していると考えられる。

#### b) 推算海域に島があって再現が難しい場合

島や半島など影になる地域で推算値がどのような影響を受けるのかを調べるため、風の条件を単純化して、両手法により波浪推算を行なった。その結果を図-9に示す。西風20m/sを維持させた場合の波高、波向の分布である。有義波法では島影にあたる海域に回折波が見られず現実ばなれた分布となっていることが分かる。

## 4. ま と め

今回の調査によって得られた事項を、海域別に整理すると次のようになる。

#### a) 油津・内海

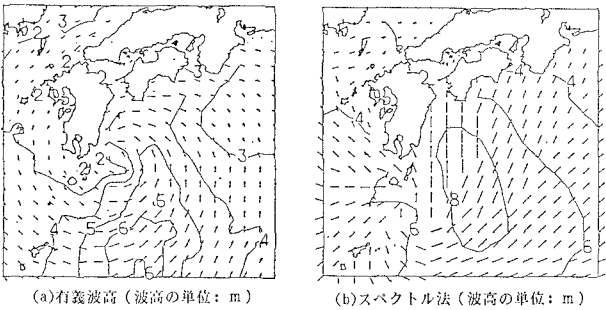


図-8 波高・波向の分布の比較図(T 8219, '82.9, 24, 20 h)

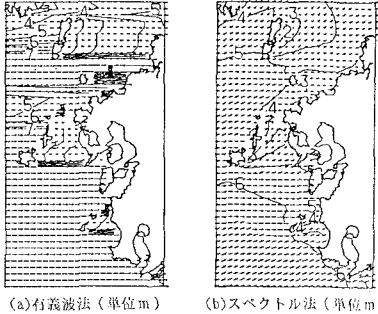


図-9 波高・波向の分布の比較図(西風 20m/s)

表-2 波浪推算手法選択のまとめ

| 選択上の注目点              | 波 浪 推 算 手 法                    |                                                |
|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
|                      | 有 義 波 法                        | ス ペ ク ト ル 法                                    |
| 推算海域の波浪特性            | 風波が卓越する                        | 風波, うねりおよびそれらの重畳のあらゆる波の形態に対応                   |
| 推算海域の地形特性            | 小海湾, 内湾                        | 外洋に面する沿岸, 島などを有する複雑な海域                         |
| 四建管内の海域              | 周防灘, 有明海<br>八代海, 大村湾<br>鹿児島湾など | 響 灘, 玄界灘<br>日向灘, 五島灘<br>天草灘, 豊後水道<br>南西諸島近海 など |
| 推 算 結 果              | 有 義 波                          | スペクトル特性情報<br>有 義 波                             |
| 作 業 量<br>( 計 算 時 間 ) | 小                              | 大<br>有義波法の約10倍                                 |

台風のうねりの影響が大きい海域で、台風の進路によって推算傾向に差がある。西進型（台風進路C型）は両推算手法の差が小さく実測値との適合も良い。その他の進路ではスペクトル法は実測値に近い値が推算されるが、有義波法は実測値よりかなり小さくなる。特に、日向灘を北上する台風の場合その傾向が大きい。

- b) 志布志  
油津・内海と同様の傾向である。
- c) 藍島

うねりの少ない海域で有義波法でもスペクトル法でも大差なく、観測値に近い推算が可能である。とくに、風向きの変化の少ない季節風時にはその傾向が強い。

- d) 三井楽  
有義波法による推算値がやや小さく出る傾向は有るが、両手法とも観測値との適合度は良い。
  - e) 長崎沖  
季節風では三井楽と同様、手法による差は小さいが、台風の場合、有義波法による推算値がかなり小さくなる。
  - f) 野間崎沖  
台風のうねりが入る海域のため、油津・内海、志布志と同様の傾向にある。
- また、これからの波浪推算手法選択の際に注意すべき点を取りまとめたものを表-2に示す。この中で、季節風による高波浪が多い響灘、玄関灘海域を計算量の多いスペクトル法が有利としたのは、この海域に島が多いことを考慮したためである。

5. おわりに

本調査は、同一の気象擾乱を対象に波浪推算を行なった場合でも、手法によってはかなり差のある結果を算出することを受けて実施したものである。実測値を基に両手法の推算値を比較することによって、管内での波浪推算特性の相違が把握でき、海域ごとに適した手法を確認することが出来たと考える。今後、さらに波浪推算の精度向上をめざし、実測値を基にした検討を進めていく考えである。

参 考 文 献

高橋智晴 (1978): 沿岸波浪推算法についての考察, 港研報告, 17巻, 1号, pp. 89~118.