

WAMとMRIによる台風9918号の 異常波浪の再現性に関する検討

INVESTIGATION OF STORM WAVES CAUSED BY TYPHOON 9918
WITH WAVE HINDCASTING METHODS, WAM AND MRI

橋本典明¹・真期俊行²・吉松みゆき³

Noriaki HASHIMOTO, Toshiyuki MAKI and Miyuki YOSHIMATSU

¹正会員 工博 独立行政法人港湾空港技術研究所 海洋水理研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

²(株) ニュージェック 河川海岸部 (〒542-0082 大阪市中央区島之内1-20-19)

³国土交通省近畿地方整備局 (〒540-8586 大阪市中央区大手前1-5-44)

In this paper, we investigated the severe sea condition around the Kyusyu-Yamaguchi area caused by the typhoon 9918 by using the wave hindcasting method. At the beginning of the investigation, the wind field was simulated by using the typhoon model (Myers' model) with appropriate parameters. Especially, the wind field on the Sea of Suou surrounded by the lands was carefully examined with the measured wind data, and was corrected in consideration of the influence of the lands. Based on the simulated wind field data, we simulated the sea conditions by using the third generation wave hindcasting model, WAM. As a results of the simulations, some characteristics of the sea conditions caused by the typhoon was clarified. In addition, we also simulated the sea conditions by using the first generation wave hindcasting model, MRI. This paper discussed the accuracy and applicability of the WAM and MRI models based on the observed records such as wave heights and periods as well as the directional wave spectra.

Key Words : WAM, MRI, Typhoon 9918, wave hindcasting, directional spectrum

1. はじめに

台風9918号は、9月19日に宮古島付近で発生し、その勢力を増大させながら北東進し、24日早朝九州地方に上陸した。台風の通過に伴い、九州・山口地方では40m/sを超える強風が吹き荒れ、不知火町では高潮により死者12人を出すなど、各地で甚大な被害を出した。

図-1 にこの台風の経路図を示す。この台風の中心付近が通過した苅田沖では、有義波高 $H_{1/3} = 3.46m$ 、有義波周期 $T_{1/3} = 8.1sec$ の波が観測されており、既往最大波高を更新した。また、苅田沖では方向スペクトル観測が実施されている(永井ほか¹⁾)。そこで本研究では、台風9918号を対象として、第一世代波浪推算モデル(MRI)および第三世代波浪推算モデル(WAM)を用いて波浪推算を実施し、今回のような台風に伴う強風による高波浪の再現性について、有義波諸元および方向スペクトルの観点から検討することにより、これら既往の波浪推算法の推算精度や適

用性および今後改良すべき方途について検討した。

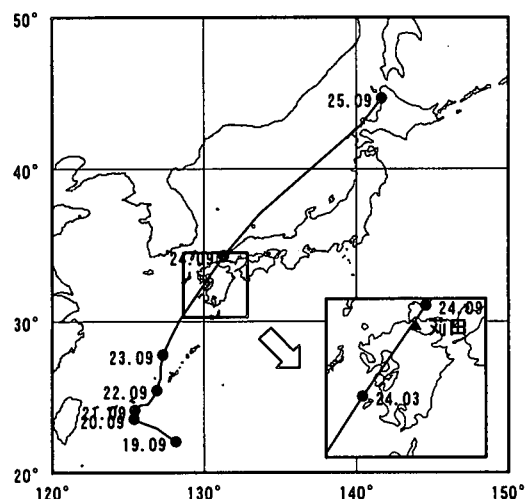


図-1 台風9918号の経路図

2. 海上風の推定

(1) 海上風推算方法

風の推算には、Myers式から求めた傾度風と、台風の進行に伴う場の風を合成する台風モデルを用いた。台風モデルにより求められた風は陸地や海面の影響を受けない自由大気の風である。したがって、波浪推算に用いるために、海上風に変換する必要がある。我が国周辺海域では、一般に外洋における風向の偏向角は30.0度、風速の補正係数は0.6~0.7の値が用いられることが多いが、本研究で対象とする領域は内湾域であり、陸上地形の影響を大きく受けていると考えられる。そこで、本研究では、荻田沖の観測風を再現するため、風向の偏向角は30度とし、風速については風が吹いてくる方向の地形の状況を考慮して、補正係数を0.9~0.3まで変化させた。すなわち、図-2 に示すように、対象とする格子点から風が吹いてくる方向5km地点周辺の格子点（25個の格子）の状況により、風速の低減係数 c を式(1)により算出するものである。

$$c = \frac{N}{25}(0.9 - 0.3) + 0.3 \tag{1}$$

ここで、 N は海の格子点数である。したがって、陸地の影響を多く受けている領域ほど補正係数は小さな値となる。また、台風が荻田沖を通過した後（24日8時以降）については、吹き返しの風が大きく推算されてしまうため、低減係数は0.55を上限とした。なお、このように低減係数を変化させて風場を推算するのは、後述する小領域のうち、陸上地形の影響が大きいと考えられる周防灘周辺海域のみとし、その他の領域については、風速の低減係数を0.6、偏向角を30°として推算した。

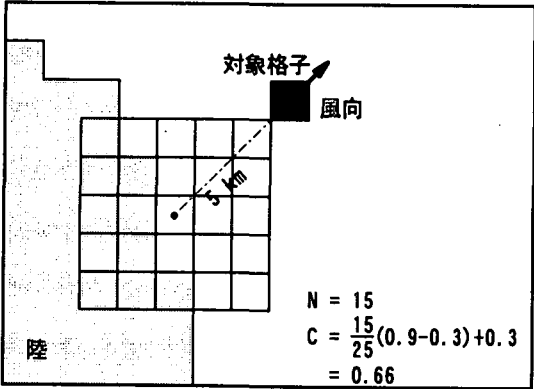


図-2 風速の低減係数の概念図

(2) 海上風推算結果

上記の方法により風場の推算を実施した。図-3 は推算風の平面分布を示したものであるが、この図の等値線より、沿岸域では陸地の影響を受けて風速が小さくなっていることが分かる。また、荻田および新門司の推算風と観測風とを比較した例を図-4

および図-5 に示す。新門司では、台風中心が通過した24日8時の風速の減少や風向の変化など、推算値は観測値をよく再現していることが分かる。荻田においても、24日7時の風速30m/s以上の風が再現されている。また、他の風観測地点についても観測値の再現性は概ね良好であったため、この推算風を用いて波浪推算を実施することとした。なお、本研究の当初では、マスコンモデルにより風場の修正を実施したが、風速が領域全体でやや小さめの値となり、観測値をうまく再現することができなかったため、上記の便法を採用することとした次第である。マスコンモデルによる風場の再現性が低い原因としては次のような理由が考えられる。台風モデルでは台風中心に向かって風が吹き込むが、これに伴う中心付近の上昇流を再現する機構が考慮されていない。一方、マスコンモデルは3次元空間で質量保存則を満たすように初期風場を調整していく方法であり、その計算結果は初期風場に強く依存する。したがって、鉛直方向成分を持たない台風モデルによる風場を初期風として、マスコンモデルにより修正した風場は、台風域内の風場の3次元構造をうまく再現できず、全体的に風速が小さくなったものと考えられる。

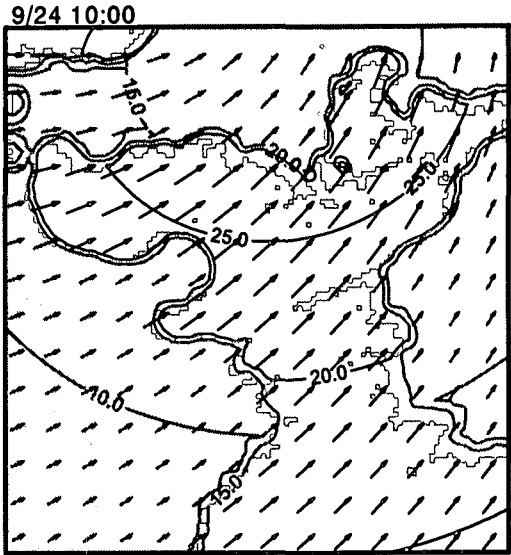


図-3 推算風の平面分布（9月24日10時）

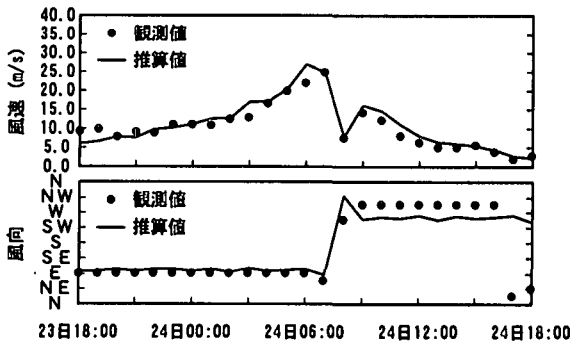


図-4 推算風と観測風の比較（新門司）

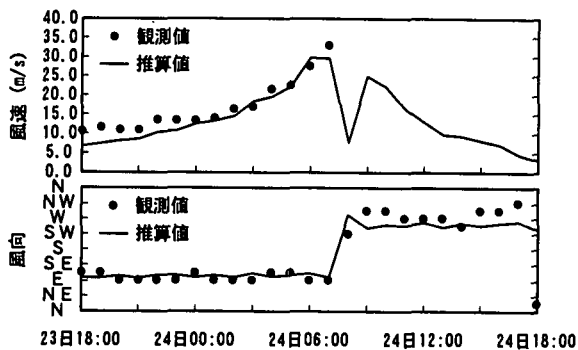


図-5 推算風と観測風の比較（苅田）

3. 波浪推算

(1) 推算方法および推算条件

台風モデルにより推算された風場を入力条件として、第1世代波浪推算法（MRI）および第3世代波浪推算法（WAM）を用いて波浪推算を実施した。計算格子は大・中・小の多重格子とし、推算精度の検討には、小領域の計算結果を用いることとした。各領域の格子間隔は $1/6$ 度・ $1/18$ 度・ $1/54$ 度である。なお、大領域は東シナ海から西日本周辺海域、中領域は九州沿岸海域を対象としている。また、小領域については苅田を対象として周防灘周辺海域について計算を行った（図-6）。

方向スペクトルの角度分割数はWAM・MRI両モデルとも16とし、周波数分割数については、WAMは $0.042 \sim 0.453\text{Hz}$ を25分割（対数分割）、MRIは $0.04 \sim 0.25\text{Hz}$ を22分割（等分割）とした。

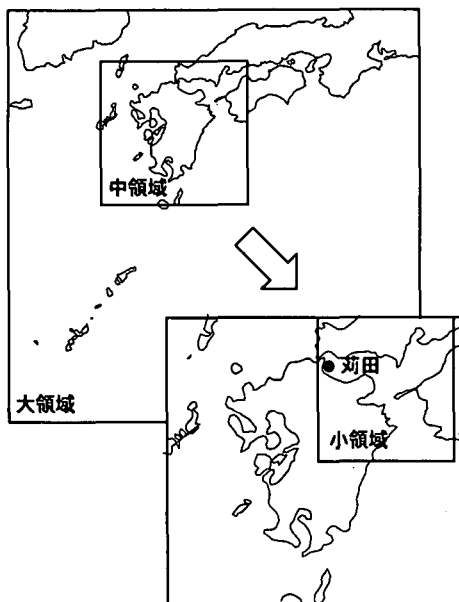


図-6 波浪推算計算格子

(2) 推算結果

上記の方法により推算した風場を入力条件として、WAMおよびMRIを用いて波浪推算を実施した。図-7は苅田沖における波浪推算結果と観測値を比較したものである。WAM、MRIとも観測波高をよく再現している。しかし、WAMについては波浪減衰時の周期が過大に推算され、MRIでは発達・減衰時の周期が過大に推算されている。

減衰時にWAMの周期が過大に推算される理由として、WAMでは逆風の影響による波浪の減衰が陽的には考慮されていないことも一因と考えられる。

一方、MRIで周期が過大に推算される理由は、Phillips機構とMiles機構から構成される風から波へのエネルギー入力項（Isozaki・Uji²⁾）のうち、Phillips機構がその一因になっているものと考えられる。図-8はMRIで波浪推算した波高減衰時の方向スペクトル推算値の一例である。左図はMRIのエネルギー入力項でPhillips機構とMiles機構の両方を考慮した計算結果、右図はPhillips機構のみを用いた場合の結果である。これによると、左図に見られる周波数が 0.05Hz 付近のスペクトルのピークは、右図と比較して分かるように、Phillips機構の影響によるものと考えられる。すなわち、波浪の発生初期においては、Phillips機構により初期波が発生するが、今回のように短時間で風速が著しく強まり、またその向きを急激に変化させる場合には、Phillips機構による初期波がその風速に応じて著しく発達し、しかも低周波数側にピークを有するエネルギー分布となるため、この影響によりスペクトルの1次モーメントから計算される周期がやや過大に評価された可能性がある。

波向について見ると、WAMでは観測値をほぼ再現しているのに対し、MRIでは風向が大きく変化する24日8時に風向の変化に伴って波向も鋭敏に変化しており、観測結果を再現することができない。図-9には苅田沖地点で風向が急変する24日8時～24日10時の波浪推算結果の平面分布を示す。図-9をみると、周防灘西部の海域で、WAMでは佐田岬から侵入してくる波浪が卓越し、E方向の波向であるのに対し、MRIでは風向の急変に伴って波向も急変しており、その波向は10時にはW方向となり風向に一致する。

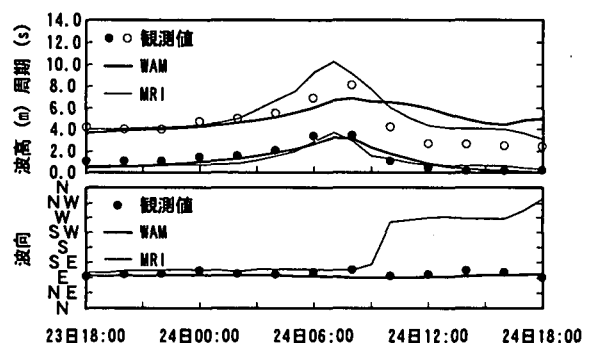


図-7 波浪推算結果（苅田沖）

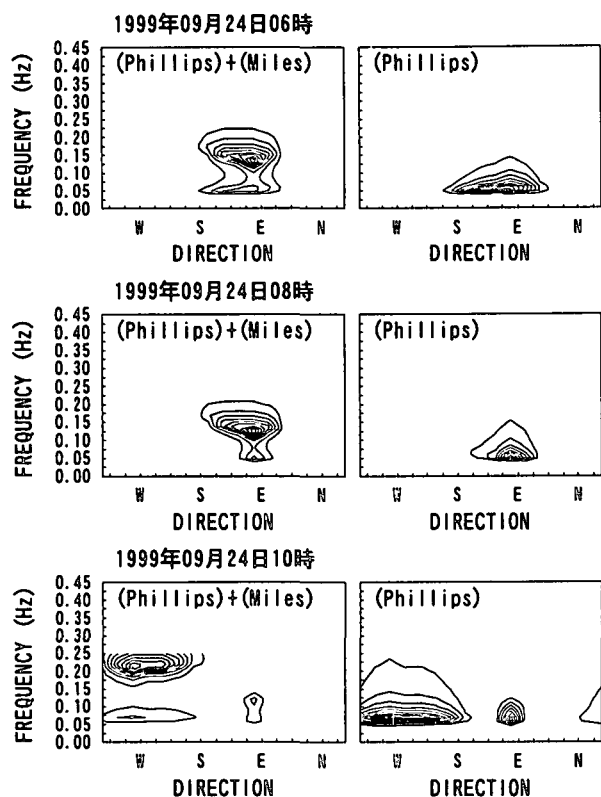


図-8 MRIによる方向スペクトル

図-10 は、波浪最盛時前後の方向スペクトルの観測値と推算値とを比較した一例である。これによると、WAM・MRIとも波浪最盛時のE方向からの一方方向波浪は再現している。しかし、風向が急激に変化した後の24日10時では、観測値にはE方向からのうねり成分と、NW方向からの風波成分が認められるが、MRIではW方向の風によるエネルギーが顕著であり、WAMではE方向のエネルギーが顕著に現れていることが分かる。前述のように、MRIではエネルギー入力項にPhillips機構とMiles機構の両方を考慮しているのに対し、WAMではMiles項のみを考慮している(Komen et al³⁾)。MRIでは、風向が変化するとPhillips機構によりその風向の初期波が発生する。Miles機構は、そのPhillips機構によって発生した波をさらに指数関数的な増幅率で発達させると考えられる。今回は風向が急変し、しかもその風速が極めて大きかったため、W方向の風波成分が過大に推算され、図-7 や図-10 に見られるような結果になったものと考えられる。

一方、WAMはNW方向の風波成分をうまく再現できておらず、風速と風向の急変に対する波浪場の応答性は必ずしも良いとは言えない。WAMにおいてもPhillips機構に対応するような初期波の発生機構に関する改良の余地が残されていると考えられる。なお、WAMにおける初期波の発生に影響を与えられと考えられる非線形相互作用については、川口ら⁴⁾がその計算に拡張DIAを導入した検討を行っており、非線形相互作用の計算精度を向上させることにより、

波浪の発達速度が若干早くなることが報告されている。したがって、非線形相互作用の計算精度を高めることにより、風場の急変に対する波浪場の応答特性を向上できる可能性がある。

4. 結論

台風9918号を対象として、台風モデルによる推算風を入力条件として、WAMおよびMRIを用いて波浪推算を実施した。主要な結論は以下のとおりである。

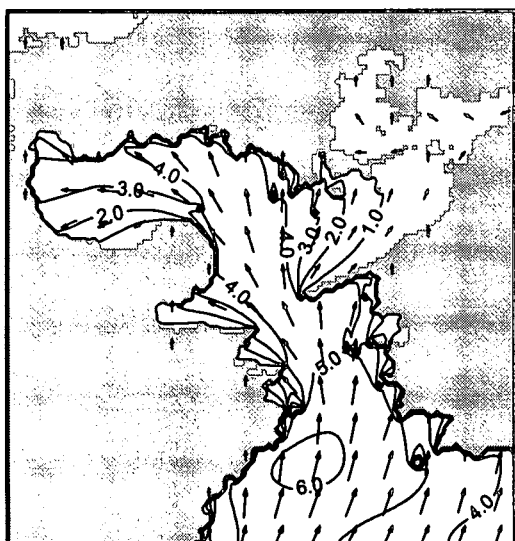
- ① 当初、海上風の推算にマスコンモデルを用いたが、台風における風場の3次元構造をうまく再現できないため、全体的にやや小さ目の風速となった。そこで、陸上地形の影響を考慮して、風速の補正係数を変化させ、海上風の推算を行ったところ、風観測値を概ね良好に再現できた。
- ② 苅田の波浪推算結果は、波高に関しては観測値を再現しているが、WAMについてはピーク後の周期を過大に評価する傾向があり、MRIについては風場が急変した際の波向を妥当に推算することができなかった。この原因としては、WAMについては減衰項、MRIについてはエネルギー入力項の取り扱いに問題があると考えられる。

5. あとがき

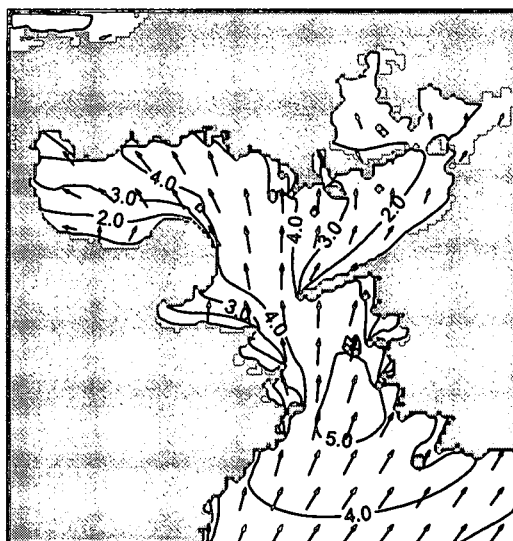
本研究では、台風9918号を対象として海上風の推算および波浪推算を行った。検討に際しては種々の試算を行い、多くの検討を繰り返した。結果として、いくつかの便宜的な工夫や独断的なパラメータ設定を導入して推算せざるを得なかった。今回の検討により、解決していかなければならない課題が多く残されていることが分かった。海上風の推算、陸上地形の影響を考慮した内湾海上風の修正、波浪推算、いずれの技術もまだまだ改良すべき多くの課題が残されている。特に、今回は検討を行っていないが、WAMを小領域に適用する場合には、単位時間あたりの波浪の発達を制限するリミッターが過度に効き、波浪の発達を過小評価してしまうことが指摘されており、この点についても検討を行う必要がある。また、今後、本研究で得られたいくつかの知見をもとに、さらに高精度かつ信頼性の高い波浪推算技術を構築していく必要がある。

最後に、本研究を行うに際し、波浪および風の定常観測を担当された運輸省第四港湾建設局の関係各機関に謝意を表します。また、本研究のとりまとめに際しては、独立行政法人港湾空港技術研究所加藤一正監事には、種々適切な助言、御指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。

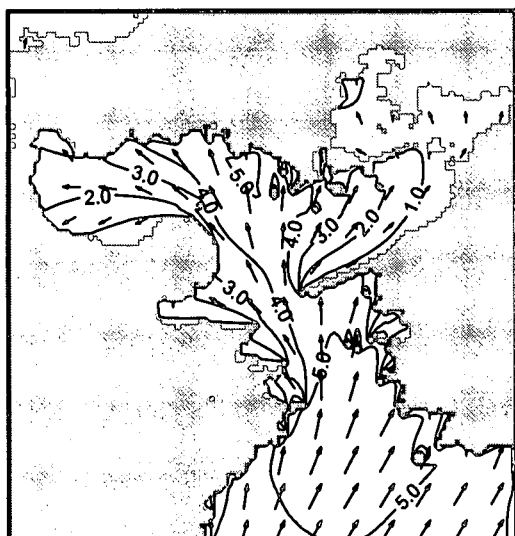
(WAM) 9/24 8:00



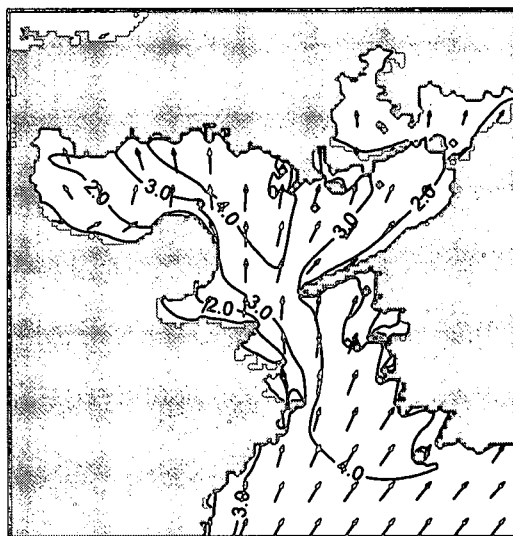
(MRI) 9/24 8:00



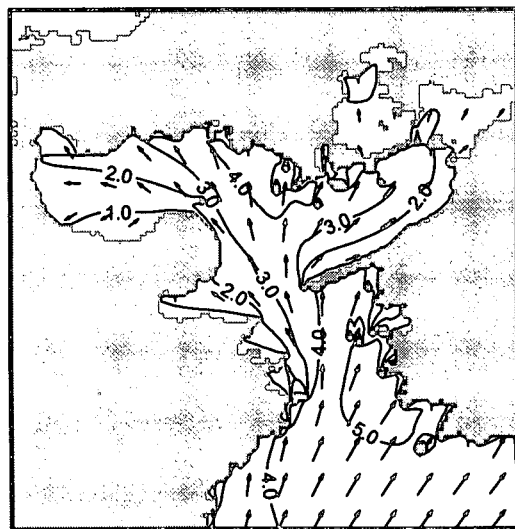
(WAM) 9/24 9:00



(MRI) 9/24 9:00



(WAM) 9/24 10:00



(MRI) 9/24 10:00

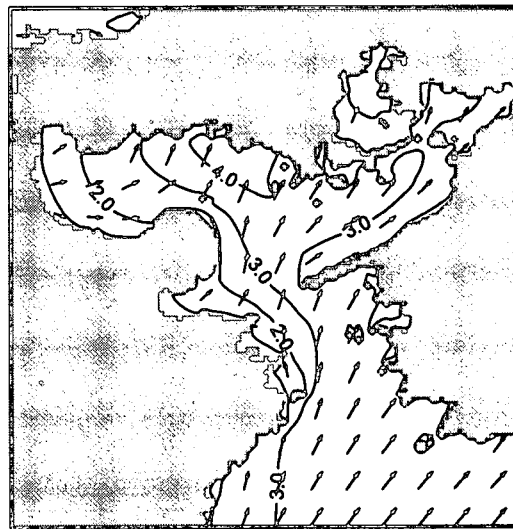


図-9 推算波浪の平面分布

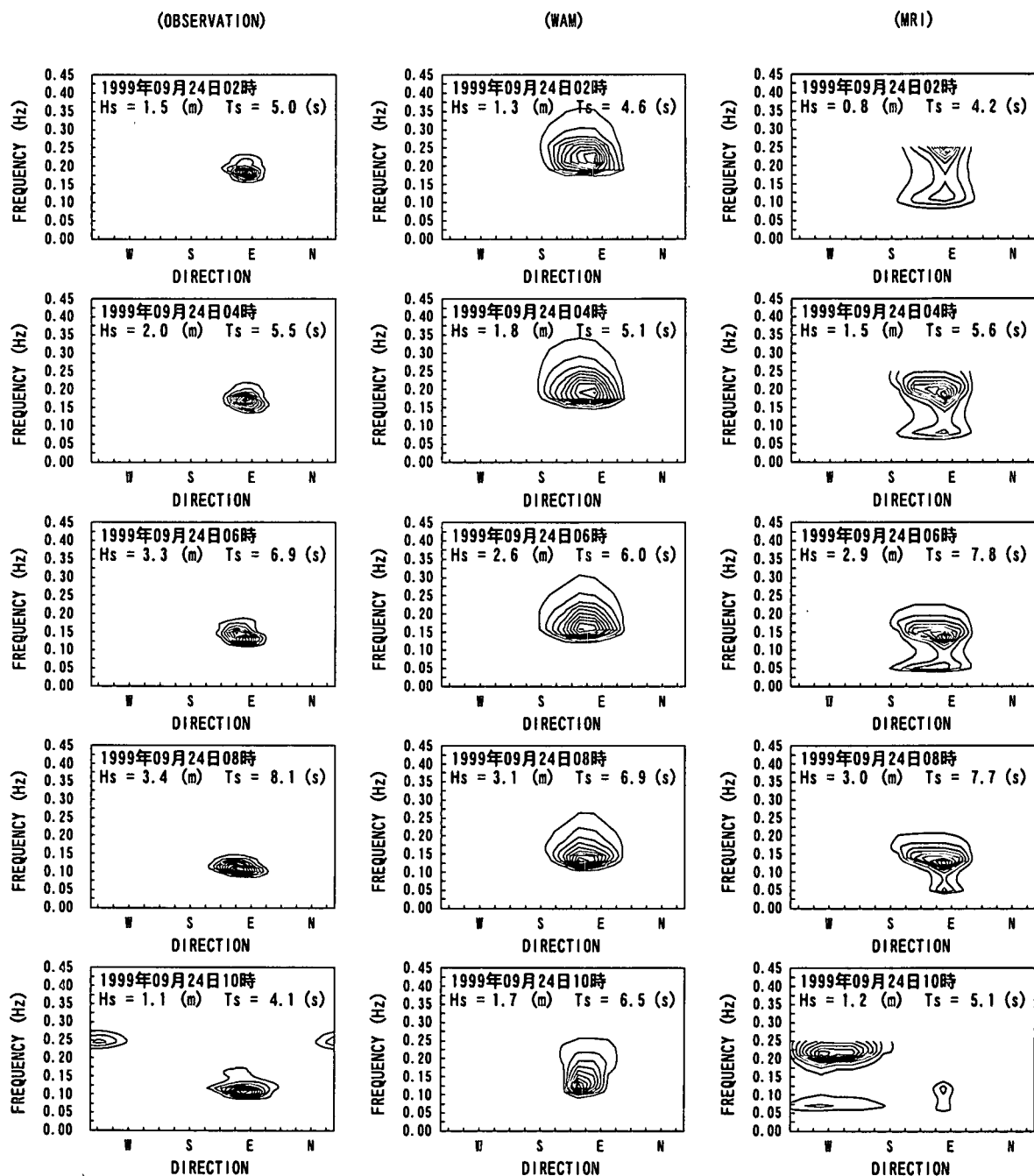


図-10 方向スペクトルの比較

参考文献

- 1) 永井紀彦・橋本典明・佐藤和敏・鈴山勝之・久高将信：台風9918号における我国沿岸波浪の出現特性，第47回海講論文集，pp. 286-290，2000。
- 2) Isozaki, I. and T. Uji : Numerical Prediction of Ocean Wind Waves, Papers in Meteorology and Geophysics, Vol.24,

No.2, pp.207-231,1973.

- 3) Komen, G.J. and 5 authors : Dynamics and Modelling of Ocean Waves, Cambridge University press, 1994.
- 4) 川口浩二・橋本典明・永井紀彦：波浪推算における非線形相互作用の働きとその精度が及ぼす影響，第47回海講論文集，pp. 251-255，2000。